



Manual de  
Planificación  
Energética

---

2017

**olade**  
Organización Latinoamericana de Energía



Global Affairs  
Canada

Affaires mondiales  
Canada

# Manual de Planificación Energética

---

# 2017



Global Affairs  
Canada

Affaires mondiales  
Canada

**olade**

Organización Latinoamericana de Energía



Este documento fue preparado bajo la dirección de:  
**Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)**

**Alfonso Blanco**  
Secretario Ejecutivo

**Jorge Asturias**  
Director de Estudios y Proyectos

Con el apoyo financiero de:  
**Cooperación Canadiense**

Los autores de este documento son:

Fernando Abadie  
Daniel Bouille  
Víctor Bravo  
Nicolás Di Sbroiavacca  
Wilfredo Flores Castro  
Esperanza González  
Elsa Kraisman  
Raúl Landaveri  
Luis Mosquera  
Clara Pardo Martínez  
Régis Rathmann  
Andrés Romero Quete  
Rafael Soria  
Santiago Torres Contreras

Gerardo Blanco  
Gonzalo Bravo  
Mauro Chávez  
Hilda Dubrovsky  
André Frossard Pereira de Lucena  
Roberto Kozulj  
Francisco Lallana  
Eduardo Lerner  
Gustavo Nadal  
Héctor Pistonesi  
Estela Riveros  
Roberto Schaeffer  
Alexandre Szklo  
Tatiana Castillo Moreno

Revisión del documento: ESENERG – Estrategias Energéticas para un Desarrollo Sustentable

Se agradece a los Países Miembros de la Organización por la colaboración brindada en la revisión de este documento.

*Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad del autor y no comprometen a las organizaciones arriba mencionadas. Se autoriza la utilización de la información contenida en este documento con la condición de que se cite la fuente.*

ISBN 978-9978-70-109-6  
2da edición, marzo 2017  
Copyright © OLADE 2017

#### **Contacto**

OLADE  
Avenida Mariscal Antonio José de Sucre N58-63 y Fernández Salvador  
Edificio OLADE- Sector San Carlos  
Quito - Ecuador  
Teléfono:(593-2) 2293-527 / 2598-122  
[enerplan@olade.org](mailto:enerplan@olade.org)

## ÍNDICE

<b>ACRÓNIMOS</b>	<b>xi</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO I.</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I.1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>I.2. Antecedentes, Motivaciones y Objetivos del Manual</b>	<b>2</b>
<i>I.2.1. Referencias históricas sobre la vinculación energía y desarrollo humano</i>	2
<i>I.2.2. Motivación del Manual de Planificación Energética</i>	3
<b>I.3. Sustentabilidad como marco de análisis</b>	<b>6</b>
<i>I.3.1. Conceptos introductorios</i>	6
<i>I.3.2. Planificación Energética como herramienta de gestión para el desarrollo sustentable</i>	7
<b>I.4. El desarrollo de un plan energético</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II.</b>	<b>13</b>
<b>EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>II.1. Introducción</b>	<b>14</b>
<i>II.1.1. La política y la planificación energética</i>	15
<i>II.1.2. La relevancia asignada a la política y la planificación energética en diferentes periodos históricos</i>	16
<i>II.1.3. Entidades y equipos encargados de la formulación, ejecución y control</i>	18
<i>II.1.4. Naturaleza del diagnóstico para la formulación de la política y la planificación energética</i>	19
<b>II.2. La política energética</b>	<b>21</b>
<i>II.2.1 Naturaleza de la política energética</i>	21
<i>II.2.2. El equipo encargado de la formulación de la política energética</i>	21
<i>II.2.3. Enfoque para la formulación de la política energética. La situación de partida y la imagen objetivo</i>	22
<i>II.2.4. Los objetivos, estrategias e instrumentos de la política energética</i>	23
<i>II.2.5. La construcción de viabilidad de la política, el rol de los actores y la etapa de socialización de la propuesta</i>	25
<b>II.3. El proceso de planificación energética</b>	<b>26</b>
<i>II.3.1. La planificación como herramienta de la política energética</i>	26
<i>II.3.2. Las modalidades de la planificación energética y los diferentes contextos político-institucionales</i>	28
<i>II.3.3. El diagnóstico para la planificación energética. Los niveles de carácter global y sectorial</i>	29
<b>II.4. Análisis subsectorial y global</b>	<b>31</b>
<i>II.4.1. Impacto y gobernanza</i>	33
<i>II.4.2. Las herramientas de la planificación energética</i>	34
<i>II.4.3. Las etapas de formulación, implementación, control y revisión</i>	34
<i>II.4.4. Frecuencia y actores intervinientes</i>	40
<b>II.5. Indicadores</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO III.</b>	<b>43</b>
<b>GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>43</b>
<b>III.1. Introducción</b>	<b>44</b>
<b>III.2. Información para la planificación energética</b>	<b>45</b>
<b>III.3. Caracterización de la información energética</b>	<b>45</b>
<i>III.3.1. Dimensión física</i>	46
<i>III.3.2. Dimensión económica</i>	47
<i>III.3.3. Dimensión ambiental</i>	47

<i>III.3.4. Dimensión social</i>	47
<i>III.3.5. Dimensión política</i>	47
<i>III.3.6. Dimensión tecnológica</i>	48
<i>III.3.7. Dimensión legal</i>	48
<b>III.4. Tratamiento de la información energética</b>	<b>48</b>
<i>III.4.1. Recolección de la información</i>	48
<i>III.4.2. Alcance y cobertura de las actividades de recolección de datos</i>	50
<i>III.4.3. Organización de los datos recolectados</i>	52
<i>III.4.4. Fuentes de información</i>	53
<b>III.5 Criterios de calidad de la información</b>	<b>62</b>
<b>III.6. Tipos de información energética</b>	<b>63</b>
<i>III.6.1. Información estadística</i>	63
<i>III.6.2. Información prospectiva</i>	65
<i>III.6.3. Indicadores</i>	67
<b>III.7. Sistemas de información</b>	<b>68</b>
<i>III.7.1. Definición</i>	68
<i>III.7.2. Modelo de Sistema de Información</i>	69
<i>III.7.3. Ciclo de vida de los Sistemas de Información</i>	69
<b>III.8. Sistemas de información Energética</b>	<b>70</b>
<i>III.8.1. Definición</i>	70
<i>III.8.2. Sistemas de Información Energética en ALC</i>	71
<i>III.8.3. Sistema de Información Energética Regional de OLADE</i>	73
<b>CAPÍTULO IV.</b>	<b>79</b>
<b>CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS</b>	<b>79</b>
<b>IV.1. Introducción</b>	<b>80</b>
<b>IV.2. ¿Qué son los “Escenarios de Planificación?”</b>	<b>80</b>
<i>IV.2.1. Definiciones en la literatura especializada</i>	81
<b>IV.3. Antecedentes y Evolución Histórica</b>	<b>82</b>
<i>IV.3.1. Escenarios estratégicos</i>	82
<i>IV.3.2. Escenarios en planificación o prospectiva energética.</i>	82
<b>IV.4. Variables e hipótesis significativas</b>	<b>83</b>
<i>IV.4.1. Los sistemas y sus relaciones</i>	84
<i>IV.4.2. Hipótesis relevantes del contexto mundial</i>	84
<i>IV.4.3. Hipótesis relativas al espacio regional</i>	85
<i>IV.4.4. Hipótesis del sistema nacional</i>	85
<i>IV.4.5. Variables significativas</i>	86
<i>IV.4.6. Selección de variables</i>	87
<i>IV.4.7. Variables y Escenarios</i>	88
<i>IV.4.8. Variables e Implementación</i>	89
<b>IV.5. Metodología de construcción y evaluación de escenarios</b>	<b>90</b>
<i>IV.5.1. El “Equipo de Proyecto”</i>	92
<i>IV.5.2. Las definiciones básicas</i>	92
<i>IV.5.3. La integración e los planes</i>	93
<b>IV.6. Las técnicas de construcción de escenarios</b>	<b>94</b>
<i>IV.6.1. Opiniones de expertos</i>	94
<i>IV.6.2. Construcción de un primer conjunto manejable de escenarios</i>	95
<i>IV.6.3. Simulación y control de consistencia</i>	95



IV.6.4. <i>Formulación de opciones reducidas y abarcadoras</i>	96
IV.6.5. <i>Evaluación Multicriterio de Opciones</i>	96
<b>IV.7. Relación entre escenarios y previsiones</b>	<b>97</b>
IV.7.1. <i>Espacio de soluciones</i>	98
IV.7.2. <i>Exposición multi o unidimensional</i>	99
<b>IV.8. Escenarios de planificación en ALC</b>	<b>99</b>
<b>CAPÍTULO V.</b>	<b>101</b>
<b>PROSPECTIVA</b>	<b>101</b>
<b>V.1. Introducción</b>	<b>102</b>
<b>V.2. Caracterización de la Prospectiva</b>	<b>102</b>
V.2.1 <i>El análisis prospectivo</i>	102
V.2.2 <i>Los métodos y modelos y la información de Escenarios para la Prospectiva</i>	103
<b>V.3. Enfoque simplificado: Prospectiva del balance energético</b>	<b>106</b>
<b>V.4. Prospectiva de la demanda: Enfoque analítico.</b>	<b>108</b>
V.4.1. <i>La prospectiva</i>	108
V.4.2. <i>Residencial</i>	109
V.4.3. <i>Comercial, Servicios y Público</i>	110
V.4.4. <i>Industria</i>	111
V.4.5. <i>Transporte</i>	113
V.4.6. <i>Agropecuaria</i>	114
V.4.7. <i>Otros sectores</i>	115
<b>V.5. Planeamiento de las principales fuentes de energía</b>	<b>115</b>
V.5.1. <i>Planificación del Sector Eléctrico</i>	115
V.5.2. <i>Planificación del abastecimiento de energías renovables</i>	143
<b>V.6. Recursos</b>	<b>145</b>
V.6.1. <i>Cuantificación de los recursos energéticos primarios</i>	145
V.6.2. <i>Problemas</i>	157
<b>V.7. Modificadores</b>	<b>160</b>
V.7.1. <i>Modificadores tecnológicos</i>	160
V.7.2. <i>Modificadores ambientales</i>	166
<b>V.8. Inversiones</b>	<b>169</b>
V.8.1. <i>Marcos institucionales, regulación e inversiones</i>	169
V.8.2. <i>La definición técnica de las inversiones requeridas y su cuantificación</i>	171
V.8.3. <i>Plan de inversiones del sector energético</i>	175
<b>CAPÍTULO VI.</b>	<b>177</b>
<b>UTILIZACIÓN DE MODELOS EN LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA</b>	<b>177</b>
<b>VI.1. Introducción</b>	<b>178</b>
<b>VI.2. Papel y clasificación de los modelos de planificación energética</b>	<b>178</b>
VI.2.1. <i>Papel de los modelos de planificación energética</i>	178
VI.2.2. <i>Clasificación de los principales modelos aplicables a la planificación energética</i>	180
<b>VI.3. Descripción del funcionamiento de modelos seleccionados de planificación energética</b>	<b>187</b>
VI.3.1. <i>RETScreen</i>	187
VI.3.2. <i>SAM (System Advisor Model)</i>	189
VI.3.3. <i>HOMER</i>	191
VI.3.4. <i>WASP (Wien Automatic System Planning)</i>	192

VI.3.5. <i>EEPPS (Economic and Environmental Power Planning Software)</i>	193
VI.3.6. <i>LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)</i>	196
VI.3.7. <i>MESSAGE</i>	198
VI.3.8. <i>ENPEP (Energy and Power Evaluation Program)</i>	201
VI.3.9. <i>SUPER-OLADE (Sistema Unificado de Planificación Eléctrica Regional)</i>	202
VI.3.10. <i>SAME-OLADE (Simulación y Análisis de la Matriz Energética)</i>	204
<b>VI.4. Ejemplos de aplicaciones de los modelos de planificación energética</b>	<b>206</b>
VI.4.1. <i>RETSCreen</i>	206
VI.4.2. <i>SAM</i>	206
VI.4.3. <i>HOMER</i>	206
VI.4.4. <i>WASP-IV</i>	207
VI.4.5. <i>EEPPS</i>	207
VI.4.6. <i>LEAP</i>	208
VI.4.7. <i>MESSAGE</i>	208
VI.4.8. <i>ENPEP</i>	208
VI.4.9. <i>SUPER-OLADE</i>	208
VI.4.10. <i>Resumen de las aplicaciones de los modelos en los diferentes países de LAC</i>	209
<b>VI.5. Selección de los modelos de planificación energética</b>	<b>210</b>
<b>CAPÍTULO VII</b>	<b>215</b>
<b>INTERDEPENDENCIA ENTRE MARCO REGULATORIO Y PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA</b>	<b>215</b>
<b>VII.1. Introducción</b>	<b>216</b>
<b>VII.2. Análisis Doctrinal de la Interdependencia entre Marco Regulatorio y Planificación</b>	<b>216</b>
<b>VII.3. Seguridad y Estabilidad Jurídica</b>	<b>218</b>
<b>VII.4. Relación entre Planificación Energética y Marco Regulatorio</b>	<b>219</b>
<b>VII.5. Parámetros para Analizar Interdependencia entre Planificación y Marco Regulatorio por Tipo de Norma</b>	<b>219</b>
VII.5.1. <i>Tratados Internacionales</i>	220
VII.5.2. <i>Constitución</i>	220
VII.5.3. <i>Leyes</i>	221
VII.5.4. <i>Decretos</i>	221
VII.5.5. <i>Reglamentos</i>	221
VII.5.6. <i>Resoluciones Administrativas</i>	221
VII.5.7. <i>Normas Técnicas:</i>	222
VII.6. <i>Planificación Enfocada al Desarrollo Energético Sostenible</i>	222
<b>VII.7. Diagnóstico del Comportamiento del Marco Regulatorio en América Latina y El Caribe en los últimos 40 años.</b>	<b>223</b>
<b>VII.8. Análisis General sobre la Evolución del Marco Regulatorio Energético en los Países Miembros desde la Creación de OLADE</b>	<b>223</b>
VII.8.1. <i>Hidrocarburos</i>	224
VII.8.2. <i>Electricidad</i>	224
VII.8.3. <i>Eficiencia Energética</i>	224
VII.8.4. <i>Renovables</i>	225
VII.8.5. <i>Energía y Ambiente</i>	225
VII.8.6. <i>Nuclear</i>	226
<b>VII.9 Relación entre Integración y Planificación</b>	<b>226</b>
<b>VII.10 Consideraciones Finales</b>	

<b>CAPÍTULO VIII</b>	<b>229</b>
<b>INSTITUCIONALIZACION DE LOS RECURSOS HUMANOS</b>	<b>229</b>
VIII.1. Introducción	230
VIII.2. Consideraciones preliminares sobre desarrollo de capacidades	231
VIII.3. Desafíos	231
VIII.4. Competencias transversales y habilidades de los recursos humanos en un equipo de planificación	232
VIII.5. Estructura institucional para el desarrollo de la planificación energética	234
VIII.6. Situación de las capacidades de recursos humanos en los sistemas energéticos en la región	236
VIII.7. Desarrollo de capacidades y el potencial de la región	238
VIII.8. Modalidades de capacitación	239
VIII.9. Destinatarios de la capacitación	241
VIII.10. Habilidades y conocimientos exigidos para afrontar los desafíos de la planificación energética: Una currícula tentativa	243
VIII.11. Un potencial perfil de un equipo de planificación energética	246
VIII.12. Aspectos institucionales e implementación	249
VIII.13. Sustentabilidad, monitoreo y evaluación periódica	252
VIII.14. Consideraciones finales	252
<b>GLOSARIO</b>	<b>255</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>265</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>285</b>
ANEXO III-A: BALANCES DE ENERGÍA	286
ANEXO III-B: INDICADORES	290
ANEXO IV-A: Evaluación multicriterio de opciones	306
ANEXO IV-B: Escenarios en el Planeamiento de ALC y otros	312
ANEXO V-A: Modificadores	315



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. I.1:	Sistema Energético	4
Fig. II.1:	Estructura de las “situaciones problema”	19
Fig. II.2:	Presentación esquemática del proceso de formulación de políticas	23
Fig. II.3:	Matriz de identificación de líneas estratégicas	24
Fig. II.4:	Matriz de identificación de instrumentos	24
Fig. II.5:	Matriz de reacción	26
Fig. II.6:	Etapas de la planificación energética y su vinculación con las herramientas para modelación energética	27
Fig. II.7:	Esquema del diagnóstico para planificación	30
Fig. II.8:	Esquema de matriz subsectorial de diagnóstico	31
Fig. II.9:	Análisis de los recursos hidrocarburíferos: Matriz de McKelvey	32
Fig. II.10:	Esquema del diagnóstico de hidrocarburos	32
Fig. II.11:	Esquema del Diagnóstico de Electricidad	33
Fig. II.12:	Agenda y aplicación de la planificación	35
Fig. III.1:	Proceso de transformación de datos en conocimiento	44
Fig. III.2:	Categorías de sistemas de información energético.	71
Fig. III.3:	Etapas de implementación del SIE_País	75
Fig. IV.1:	Caracterización de distintos tipos de escenarios por las hipótesis sobre la evolución de las variables	89
Fig. IV.2:	Componentes del proceso de construcción de escenarios	92
Fig. IV.3:	Espacio de soluciones posibles	98
Fig. V.1:	Formulación de Escenarios	102
Fig. V.2:	Decisiones robustas	103
Fig. V.3:	La cadena de producción de electricidad	106
Fig. V.4:	Esquema General de Planeamiento Energético	120
Fig. V.5:	El balance eléctrico	121
Fig. V.6:	Esquemas de manejo de la demanda	124
Fig. V.7:	Costos y Margen de reserva	127
Fig. V.8:	Procesos de Despacho y Planeamiento	129

Fig. V.9:	Procesos de Despacho y Planeamiento	130
Fig. V.10:	Selección de Inversiones	134
Fig. V.11:	La necesidad de planificar	136
Fig. V.12:	Esquema del subsistema de petróleo y su conexión con el gas natural	139
Fig. V.13:	Matriz de McKelvey, actualizada a 2007	146
Fig. V.14:	Flujos del Balance de Reservas	159
Fig. V.15:	Aspectos que aceleran o retrasan el desarrollo de la tecnología energética	163
Fig. V.16:	Evolución temporal de la participación en los correspondientes mercados de diversas tecnologías energéticas	165
Fig. V.17:	Subsistemas bifásicos o procesos, representando nuevas fronteras planetarias	167
Fig. V.18:	Esquema para la determinación del Plan de inversiones en Hidrocarburos (Upstream)	175
Fig. VI.1:	Circularidad entre los modelos de demanda y modelos de oferta	182
Fig. VI.2:	Estructural regional del modelo	194
Fig. VI.3:	Estructura del modelo	194
Fig. VI.4:	Flujo de cálculos	196
Fig. VI.5:	Diagrama de flujo simplificado de las cadenas energéticas en el	199
Fig. VI.6:	Principales entradas y salidas de MESSAGE	200
Fig. VI.7:	Principales entradas y salidas de ENPEP-BALANCE	201
Fig. VI.8:	Flujo de Información en el SUPER-OLADE para elaborar un plan óptimo	203
Fig. VI.9:	Datos principales para los diversos tipos de modelos de planificación energética	211
Fig. VI.10:	Árbol de decisión para posibles aplicaciones de los modelos de planificación energética en los países de ALC	212
Fig. VII.1:	Interdependencia entre Marco Regulatorio y Planificación	217
Fig. VII.2:	Pirámide de Kelsen	219
Fig. VII.3:	Características de la Ley	221
Fig. VIII.1:	Ciclo de implementación de capacidades	250
Fig. 4-A.1:	Ponderación de los criterios mediante el “juego de naipes”	308

## INDICE DE TABLAS

Tabla I.1:	Energía y sustentabilidad	8
Tabla II.1:	Caracterización de las situaciones problema para el diagnóstico	19
Tabla III.1:	Situación en América Latina y El Caribe de la gestión de la información energética	71
Tabla III.2:	Esquema de la información energética en el SIELAC - OLADE	74
Tabla III.3:	Esquema SIE_País	75
Tabla V.1:	Matriz de Recursos y Reservas de Argentina	147
Tabla V.2:	Matriz de Recursos y Reservas de Argentina, al 31/12/11 en millones de m <sup>3</sup> equivalentes de petróleo	148
Tabla V.3:	Etapas en el proceso de innovación y desarrollo tecnológico	161
Tabla V.4:	Escala para la evaluación del nivel de desarrollo tecnológico de tecnología de generación eléctrica	162
Tabla V.5:	Ejemplos de los tiempos involucrados en la penetración comercial e incremento de eficiencia y reducción de costo de algunas tecnologías energéticas	164
Tabla VI.1:	Diferencias básicas entre los enfoques puramente TD y puramente BU	181

Tabla VI.2:	Tipos de modelos para la planificación energética	183
Tabla VI.3:	Desarrolladores de los modelos y número de usuarios en términos de descargas / ventas (posición hasta 2010)	185
Tabla VI.4:	Modelos aplicados en los países de América Latina y El Caribe por los expertos de planificación energética	210
Tabla VIII.1:	Ventajas y desventajas de diferentes modalidades de capacitación	240
Tabla VIII.2:	Matriz de perfiles, experiencia y responsabilidades	247
Tabla 4-A.1:	Tabla de ponderación de los criterios mediante el empleo de coeficientes	308
Tabla 4-A.2:	Tabla de ponderación de los criterios mediante el "juego de naipes"(I)	309
Tabla 4-A.3:	Tabla de ponderación de los criterios mediante el "juego de naipes"(II)	310
Tabla 4-A.4:	Tabla de valoración por actor	311
Tabla 4-A.5:	Tabla de Valoración del Grupo	311
Tabla 5-A.1:	Gases Emitidos a partir de Fuentes Naturales y Antropogénicas	314





## ACRÓNIMOS

AGEERA	Asociación de Generadores de Energía Eléctrica de la República Argentina
AIF	Asociación Internacional de Fomento
ALC	América Latina y El Caribe
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AT	Líneas de Alta Tensión
BEEF	Balances Energéticos en Términos de Energía Final
BEEU	Balances Energéticos en Términos de Energía Útil
BEI	Balance Energético Integral
BEN	Balance Energético Nacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento
BM	Banco Mundial
BOMT	Build Operate Maintain and Transfer
BRIC	Brasil, Rusia, India y China
BU	Modelos <i>Bottom-Up</i>
CA	Centro América
CC	Ciclo Combinado
CEARE	Centro de Estudiantes de la Actividad Regulatoria Energética
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y Caribe, Naciones Unidas
CIADI	Centro Internacional de Arreglo de Diferencias Relativas a Inversiones
CII	Corporación Interamericana de Inversiones
CIU	Clasificación Internacional Industrial Uniforme
CME	Consejo Mundial de la Energía
CNE	Comisión Nacional de Energía
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala.
CONELC	Consejo Nacional de Electricidad, Ecuador.
CT	Centros de Transformación
CTI	Cooperaciones Técnicas Internacionales
CW	Consenso de Washington
DEG	Diagnóstico Energético General
DOE	<i>Department of Energy</i> de los Estados Unidos de América
EBH	Estrategia Boliviana de Hidrocarburos

EF	Energía Final
EIA	Energy Information Administration, Estados Unidos
ENPEP	Energy and Power Evaluation Program
EPE	Empresa de Investigación Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética, Brasil.
ESMAP	Programa de Asistencia a la Gestión del Sector de la Energía
EU	Energía Útil
EUROPEAID	Dirección de Desarrollo y Cooperación de la Unión Europea
FB	Fundación Bariloche
DAFO	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA)
FOMIN	Fondo Multilateral de Inversiones
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GISE	Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos
GLD	Gerenciamiento por el Lado de la Demanda
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNL	Gas Natural Licuado
GTPIR-CEAC	Grupo de Trabajo de Planificación Regional – Consejo de Electrificación de América Central
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBGE	Instituto Brasileño de Geografía y Estadísticas
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IDEE	Instituto de Economía Energética
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineer
IFC	Corporación Financiera Internacional
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
INE	Instituto Nacional de Estadística
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
LE	Leña
LEAP	Long Range Energy Alternatives Planning System
LED	Light Emitting Diode
MAED	Model for Analysis of Energy Demand
MARKAL	Market Allocation Model
MCMLP	Modelo de Consistencia Macroeconómica a Largo Plazo

MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MEDEM	Modelo de Estimación de Parámetros Demográficos
MELP	Modelo de Expansión a Largo Plazo
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
MEMSP	Sistema Patagónico
MESSAGE	Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts
MIPE	Modelo Integrado de Planificación Energética
M-Ref	Modelo de estudio de Refinación
MSR	Modelo de Proyección de la Demanda de Energía Residencial
MT	Líneas Media Tensión
MW	Megavatio
NGC	National Grid Company – UK
OEA	Organización de Estados Americanos
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
OPTGEN	Generation and Interconnection Capacity Expansion Planning Model
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, Lima Perú
PBI o PIB	Producto Bruto Interno o Producto Interno Bruto
PCB	Policlorobifenilos, material aislante usado en transformadores de potencia
PCI	Poder Calorífico Inferior
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energía
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PEN	Plan Energético Nacional
PESE	Plan Estratégico del Sector Energético

PIB	Producto Interno Bruto
PICC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
PNE	Planificación Energética Nacional
PROCEL	Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica
RB	Residuos de Biomasa
SEC	Securities and Exchange Comission
SEI-B	Stockholm Environment Institute-Boston
SENER	Secretaría de Energía
SHELL	Royal Dutch Shell Ltd.
SIELAC	Sistema de Información Energética de América y El Caribe
SIEPAC	Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central
SPE	Sociedad de Ingenieros en Petróleo
TD	Modelo <i>Top-Down</i>
TG	Turbo Gas
TRL	Technology Readiness Level
UEE	Uso Eficiente de la Energía
UK	United Kingdom
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
URE	Uso Racional de la Energía
USA	United States of America
USGS	United States Geological Survey
VMDE	Viceministerio de Desarrollo Energético
VP o VA	Valor Presente o Valor Actual
WASP	Wien Automatic System Planning
WEC	World Energy Council
WPC	World Petroleum Congress
WWF	World Wildlife Fund
YPF	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos

## PRÓLOGO

Desde la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), estamos ampliamente conscientes de la importancia y beneficios que representa la planificación energética a nivel nacional y regional para la formulación, evaluación y seguimiento de acciones que contribuyan a la seguridad energética, desarrollo sostenible y la integración regional.

Nuestros esfuerzos se encuentran enfocados a fortalecer la planificación energética a través de la implementación de acciones, así como el desarrollo de herramientas que apoyen a la gestión y administración de la información energética, a la prospectiva, política energética y la transferencia de conocimientos entre los países de América Latina y El Caribe.

OLADE ha trabajado de forma consistente en contribuir al fortalecimiento de la planificación energética; es así que en el año 2012, gracias al apoyo del Gobierno de Canadá en el marco del proyecto: “Energía Sostenible para América Latina”- subproyecto “Desarrollo de Capacidades en Planificación Energética”, se elaboró el presente Manual que constituye una guía única en la región, que pretende convertirse en un instrumento de referencia para los generadores de política.

Mi actual gestión concede principal importancia a la planificación energética, con énfasis en el fortalecimiento de las capacidades técnicas y el apoyo a las políticas de los Países Miembros de OLADE, para así robustecer el desarrollo de la planificación y las acciones sectoriales.

La planificación constituye un elemento clave dentro de la política y a la vez es un método y una disciplina práctica, que se convierte en un proceso continuo que profundiza el fortalecimiento institucional.

El proceso de la planificación en energía inicia con un diagnóstico a partir del comportamiento histórico, tanto de la demanda como de la oferta de energía, que se analiza de manera integral o subsectorial. Con esta base el desarrollo de escenarios de prospectiva proporcionará información básica para la toma de decisiones de política y estrategias a corto, mediano y largo plazo.

De esta manera ponemos a disposición de la comunidad energética este manual, documento que abarca de forma detallada cada una de las etapas que tiene la planificación. Nuestro interés es que su aplicación constituya un ejercicio práctico en pro del fortalecimiento de las capacidades de nuestras instituciones, y que cuyas experiencias y conocimientos puedan ser replicables en toda la región.

Finalmente expreso mi agradecimiento a las autoridades y equipos técnicos de los países miembros, consultores y funcionarios de la Secretaría Permanente, quienes han contribuido a la elaboración del presente Manual.

**Alfonso Blanco Bonilla**  
**Secretario Ejecutivo**  
**OLADE**





The left side of the page features a vertical decorative strip. It contains a blue-toned background with several overlapping gears of different sizes and orientations. A prominent feature is a complex, white wireframe structure that resembles a stylized eye or a lens, composed of numerous intersecting lines forming a grid-like pattern. The overall aesthetic is technical and modern.

# CAPÍTULO I

---

## Introducción

## PALABRAS CLAVES

Energía, Estado, Instrumentos de Planificación, Modelos de Planificación, Planificación Energética.

### I.1. Introducción

La planificación integrada del sistema energético de un país es una tarea crucial para alcanzar un desarrollo sustentable. Este capítulo introductorio resalta, desde diversos aspectos, la importancia de la Planificación Energética en las sociedades modernas, remarcando el rol fundamental del Estado en ese proceso. Así, en la Sección I.2 se presentan los antecedentes y los elementos que justifican la necesidad de la planificación energética para garantizar un suministro confiable y sustentable de energía. Enseguida, en la Sección I.3 se consignan consideraciones conceptuales sobre el desarrollo sustentable y el desarrollo energético, como marco de referencia de una planificación moderna y adecuada a las responsabilidades ambientales y sociales de orden local y global. En la Sección I.4 se describen, muy brevemente, los elementos de un Plan Energético como marco general de los contenidos que se proponen en este manual. Finalmente, en la última sección de este capítulo es presentada una reseña del contenido de los capítulos posteriores incluidos en este manual.

### I.2. Antecedentes, Motivaciones y Objetivos del Manual

#### I.2.1. Referencias históricas sobre la vinculación energía y desarrollo humano

El desarrollo de la humanidad está íntimamente ligado a la evolución del dominio que fue logrando sobre las diversas fuentes de energía que la naturaleza pone a su disposición y sus diversas transformaciones para su uso. Se puede identificar el incremento histórico de la energía aprovechada *per cápita* y la eficiencia de los medios para servirse de ella. Esta circunstancia implica una relación directa y permanente entre las fuentes de energía, como parte del sistema energético, y el ambiente considerado en un sentido amplio y sistémico<sup>1</sup>.

Tal evolución reconoce etapas que, incluso, podrían denominarse “modelos socio-energéticos”, a saber: Pre-agrícola, Agrícola, Agrícola avanzado, Preindustrial, Industrial, Industrial avanzado.

El hecho de que un modelo determinado impere en una región no quiere decir que se imponga en otros lugares en el mismo momento. Están condicionados por sus fuentes de energía y su aprovechamiento, y al pasar de un modelo a otro se registra un incremento del consumo de energía *per cápita* y de su consumo global, dando lugar a procesos de transición energética<sup>2</sup>

En la primera de ellas sólo se utilizaban los *flujos naturales de energía* (el sol, el viento y el agua) de una manera directa, es decir sin ningún equipo o tecnología intermedia. Por otra parte, existía un consumo energético vinculado a los alimentos que se obtenía también en forma directa de la naturaleza. Es la etapa primitiva y su consumo energético, tal como se lo mide actualmente, se puede decir que era prácticamente marginal. Si se incluye el contenido energético de los alimentos se puede estimar una cifra del orden de las 2.000 kcal/día/persona.

El descubrimiento del fuego que va a permitir, por primera vez, pasar a consumir una *forma de energía acumulada*, la leña, que puede ser considerada como energía solar almacenada, a través del proceso de fotosíntesis, en un período de tiempo variable, pero en el orden de magnitud de una vida humana. Es la etapa que comienza con la cultura nómada, cazador, que aún no ha descubierto la agricultura y cuyo consumo energético se ha estimado en unas 5.000 kcal/día/persona, parte de las cuales correspondían a la “producción” del fuego. A partir de allí se producen una serie de desarrollos tecnológicos simples que le permiten mejorar la captación de los flujos energéticos (la vela, la palanca, la rueda), perfeccionar el aprovechamiento de la energía animada (humana y animal) y por lo tanto incrementar paulatinamente su consumo de energía.

Entre estos desarrollos se puede mencionar el uso del gas natural por parte de los chinos (1000 años A.C.) utilizando cañas de bambú como cañerías, ruedas primitivas para captar energía hidráulica en Babilonia, Egipto y China, el viento para mover los barcos miles de años antes de Cristo, a pesar de que la energía humana de los esclavos fue una fuente de energía importante hasta 1000 años después.

<sup>1</sup> La definición y el alcance de Ambiente incluye las componentes biótica, físico-química y antrópica.

<sup>2</sup> El concepto de transición energética se explica más adelante.

Los antiguos griegos consideraban al fuego como uno de los cuatro elementos básicos de la naturaleza, junto con el agua, la tierra y el aire. Por otra parte la aparición de nuevas actividades socioeconómicas como la agricultura, el comercio (que implica el transporte) y la artesanía contribuyen a dicho incremento.

Así, los seres humanos organizados en sociedad y establecidos en un lugar geográfico determinado recorrieron una trayectoria histórica desde la agricultura de subsistencia, con un consumo del orden de 12.000 kcal/día/persona, a un sistema socioeconómico de desarrollo comercial de largas distancias, como el que se verificó en la Edad Media. El consumo de energía alcanzó así unas 27.000 kcal/día/persona, en las áreas más desarrolladas del mundo en esa época, de las cuales unas 7.000 kcal correspondían a las necesidades de alimentación, unas 12.000 kcal a la satisfacción de otras necesidades personales y el comercio, 7.000 kcal al desarrollo de la agricultura y unas 1.000 kcal al transporte. La vida de una persona en la sociedad industrializada de hoy comporta el consumo diario de unas 230.000 kilocalorías.

Esta evolución ha implicado sucesivos procesos de *transición energética*, entendidos como cambio de un sistema energético a un estado diferente en términos de *cantidad*, *estructura de usos finales* y *calidad de las fuentes*, sin olvidar que existieron y aún existen, diferencias en *espacio* (donde) y *tiempo* (cuando).

Los procesos de transición, como parte de la historia de la energía, implican cambios de energía no comercial a comercial, de renovables a fósiles, de consumo rural a urbano, de baja energía a alta energía, mejoras de eficiencia y productividad, profundización de la conversión (p.ej. Electricidad), incremento de densidad oferta/demanda y/o decarbonización, solo por mencionar algunas de las modificaciones de mayor relevancia.

## 1.2.2. Motivación del Manual de Planificación Energética

Las funciones de planificación estratégica energética en América Latina y El Caribe, por parte de los Estados, han correspondido a los cambios de visión económica y política en las últimas tres décadas (reformas neoliberales, retorno de las nacionalizaciones y enfoque que destaca el carácter estratégico del sector energético); y a las cuestiones de carácter global, tales como: la variación del precio del petróleo, los ciclos económicos y los temas ambientales. Como resultado de ello, a nivel nacional, las unidades de planificación energética han pasado, de manera general y dependiendo de cada caso, por diversos períodos de fortalecimiento institucional y de reducción de funciones (desaparición institucional, en algunos países).

Recientemente, se ha identificado la clara necesidad de aumentar y fortalecer las capacidades de planificación energética en América Latina y El Caribe. En algunos casos, para volver a poner en marcha las oficinas de planificación energética estratégica y la aplicación de modelos de planificación energética, se requiere que se ocupen de los nuevos paradigmas de la oferta y la demanda de energía, que reflejen, por ejemplo, las preocupaciones sobre el cambio climático, la dinámica de la política mundial y la influencia financiera, cambios de precio y la percepción pública de las responsabilidades del sector energético.

A continuación, se reseñan los enfoques que justifican las atribuciones de los Estados en los temas de planificación energética.

### *El enfoque sistémico*

Una concentración en las etapas más recientes muestran que el consumo de energía en el mundo se ha casi cuadruplicado en los últimos 60 años y la humanidad, para alcanzar estas necesidades, ha recurrido a la explotación de recursos naturales a gran escala, mayoritariamente no renovables. En las culturas modernas, la vinculación entre la energía y la sociedad aparece en todos los estratos -desde lo político hasta lo económico- y el desempeño del sector energético es crucial, ya que genera los insumos básicos para el funcionamiento conjunto del aparato productivo, y, en consecuencia, constituye un objetivo económico fundamental.

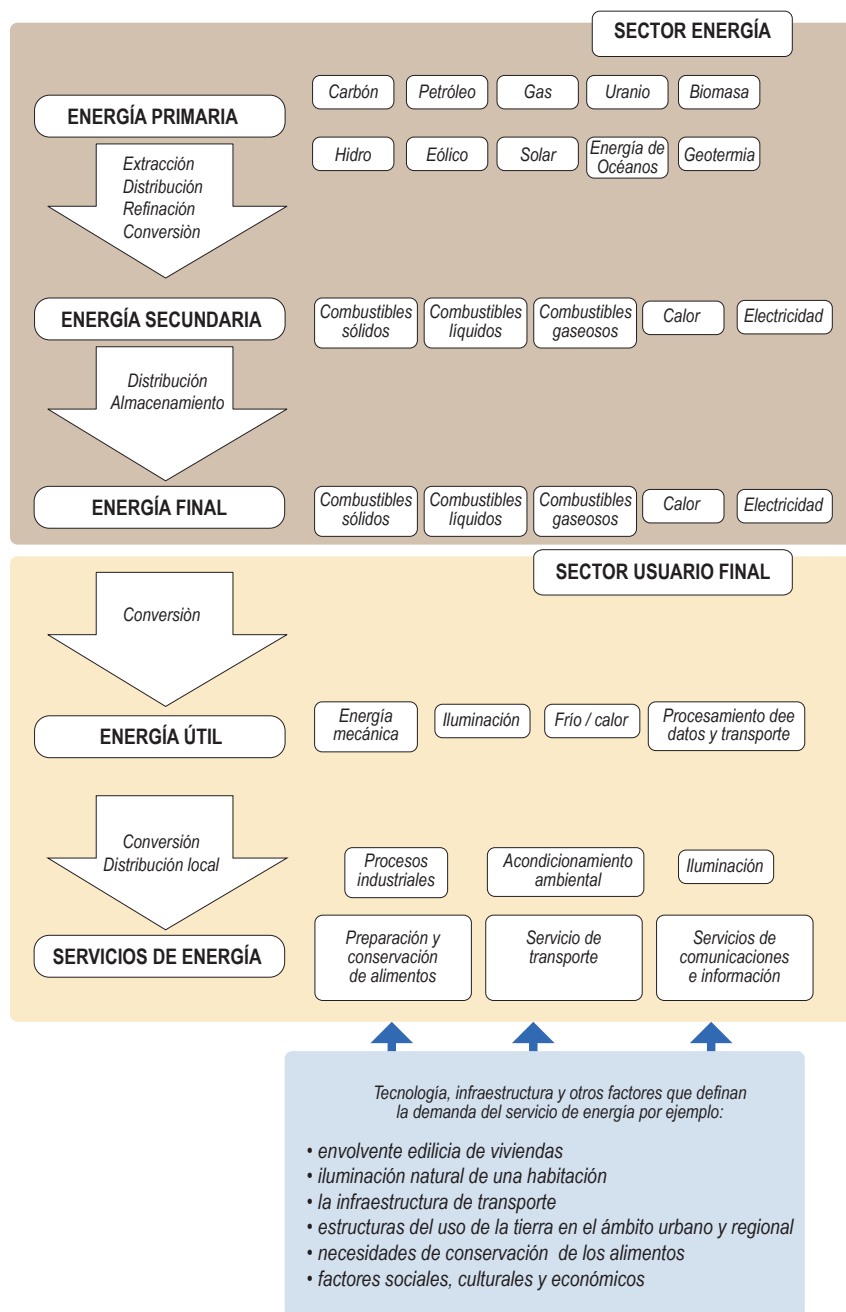
La evolución en complejidad de la energía, tanto en sus dimensiones técnicas, como socio-culturales, geopolíticas, económicas y ambientales ha implicado la necesidad de una intervención creciente de los poderes públicos sobre los sistemas energéticos.

Una referencia histórica, que podría considerarse, en una época reciente, un punto de quiebre, lo constituye el *shock* de los precios del petróleo. Previa a la crisis del petróleo en 1973, la actividad de política y planificación energética se concentraba en la planificación del abastecimiento en respuesta al crecimiento de la demanda, sin que acciones sobre esta última formaran parte de las políticas de intervención y planificación. La industria de la energía y sus diferentes cadenas productivas (considerada como sector) era el exclusivo objeto de análisis que debía dar respuesta a los requerimientos que planteaba el sistema socio-económico bajo análisis.

Una incorporación notoria en la conceptualización del análisis energético lo constituye la definición de sistema energético entendido como el estudio de los procesos sociales de producción, transformación, transporte o transmisión, distribución y consumo de energía, en toda su conformación multidimensional. El centro de la atención no se fija solo en recursos escasos y necesidades ilimitadas sino, también, sobre los agentes sociales que tienen poder de administración sobre los recursos y los que representan las necesidades. En consecuencia trasciende la visión centrada en la industria energética e introduce nuevas dimensiones en la vinculación energía-sistema socio-económico y ambiental.

Así, el reconocimiento de la necesidad de actuar sobre las pautas y patrones de consumo de energía en la búsqueda de una mayor eficiencia y procesos de sustitución entre fuentes, incorpora la componente del consumo al análisis energético y las políticas de intervención pública relacionadas con el sistema energético.

Figura I.1: Sistema Energético



Fuente: Elaboración propia a partir del Summary for Policy Makers – Global Energy Assessment Report.

GEA-IIASA – 2012.

Las razones que justifican la necesidad de tal intervención es que los sistemas energéticos comparten, en diverso grado, algunos atributos específicos. En efecto, “la energía no es un bien como los demás” (Percebois, 2013).

*“En principio, la (las) energía (s) reviste (n) en su naturaleza una doble dimensión: son bienes estratégicos por un lado, y por el otro tienen la misión del servicio público. No es sorprendente que los distintos poderes públicos involucrados por una u otra de estas dimensiones (Estados, conjunto de Estados, Regiones, Colectividades locales...) busquen controlar o supervisar el acceso, desarrollo y funcionamiento de estos mercados.*

*Las industrias energéticas se caracterizan por tener costos fijos muy altos: son “intensivas en capital” y la programación de las pesadas inversiones se realiza sobre largos periodos (20 a 60 años) en comparación con la mayoría de los otros sectores industriales, y con el horizonte de los mercados financieros.*

*Teniendo en cuenta, por otra parte, su carácter agotable, sus localizaciones espaciales, sus diferencias perennes de calidad o ciertas diferencias de costo (producción, transporte,...), las actividades de la energía son de las que generan la mayor cantidad de rentas y superbeneicios, de origen, naturaleza e importancias diversas. Los precios formados por estos mercados son a priori muy diferentes de los costos de acceso (por ej.: costo marginal de producción) a las energías. Debe señalarse que, incluso en competencia perfecta, las rentas existen y persisten.*

*Diversos motivos (concentración geográfica de muchos recursos, tecnologías, disposiciones legales...) conducen a algunos actores a disponer de un poder de mercado, en uno u otro lugar de la cadena energética: productores, por supuesto, pero también transportistas, distribuidores e incluso consumidores. La consecuencia es la observación de formas de mercado muy diferentes, y además evolutivas (por ejemplo, el petróleo) que van de la competencia (casi) perfecta al monopolio, pasando por diversas estructuras oligopólicas”.*

Además, el desarrollo de las actividades relacionadas con el sistema energético posee algunas características peculiares, entre las que se destacan las siguientes:

- La presencia de monopolios naturales en varios segmentos de las cadenas productivas energéticas,
- El uso de recursos naturales de dominio social,
- La importancia del ambiental natural en la producción y el consumo de energía, tanto en lo referente a los impactos generados desde la energía como la vulnerabilidad del sistema energético al sistema ambiental y climático,
- Necesidad de coordinación debido las múltiples interacciones internas al Sistema Energético, tanto en el abastecimiento (Recursos, Producción, Transformación) como en consumo (nodos de disputabilidad, URE),
- La necesidad de definir la expansión de las diferentes cadenas energéticas,
- La imperiosa búsqueda de una mayor eficiencia productiva de las empresas de abastecimiento,
- La posibilidad de asociar nichos tecnológicos o acciones de desarrollo regional a los sistemas energéticos.

Frente a características que refuerzan la idea de que la energía no puede ser considerada de manera fragmentada (sin un enfoque sistémico) y por sus características intrínsecas, la necesidad de intervención mediante políticas públicas se hace notoria; y la planificación energética, como instrumento de tales políticas comprende diversos espectros de la actividad política, económica y cultural de una energética, de esta forma, adquiere un carácter multidisciplinario y complejo.

En síntesis, el Estado tiene la responsabilidad ineludible de diseñar y poner en práctica una política energética. No puede dejar en manos de los actores del sistema tomar de manera descentralizada las decisiones de asignación de los recursos. Esto principalmente por ser los objetivos de tales actores, sea públicos o privados, no necesariamente coincidentes con los que se plantea la sociedad a nivel global.

#### *Desde el enfoque histórico*

La reestructuración económica en los países de América Latina y El Caribe en los años 90 ha requerido un ajuste de los roles del Estado en el sector energético en lo que se refiere a los mecanismos de coordinación y asignación de los recursos, lo que repercutió directamente sobre el sector energético.

Por una parte, dicho proceso priorizó los mecanismos del mercado como instrumentos de coordinación de las decisiones de asignación de los recursos y ha impulsado un nuevo esquema de decisión descentralizada en las actividades productivas energéticas.

Por otro lado, la reforma abarcó tanto a la estructura del Estado, como a sus funciones de aplicación de políticas al conjunto de las actividades productoras de bienes y servicios pertenecientes al ámbito público, alcanzando en particular a las áreas previamente consideradas como estratégicas. En el sector energético –así como en otros sectores productivos–, se ha establecido un sistema regulatorio explícito, ya sea para acotar los ámbitos para la libre competencia basada en las fuerzas de mercado o para sustituirlos cuando no se los considera aptos para alcanzar resultados satisfactorios o aceptables desde el punto de vista de la comunidad en su conjunto. Estas nuevas modalidades de regulación se han ido plasmando en instituciones con diferentes grados de independencia respecto del Poder Ejecutivo del Estado. (Organización Latinoamericana de Energía, 2003).



Correspondientemente, se alteró también la relación entre el Estado central y los gobiernos subnacionales y locales, detectándose una intrusión progresiva de gobiernos locales y sectores de la sociedad en el control o la discusión de las cuestiones de interés público. Sin embargo, estas últimas formas de participación presentan aún un desarrollo embrionario y sus canales en muchas ocasiones no están aun debidamente constituidos.

La experiencia internacional reciente indica que, a pesar de que en casi todos los países de Latinoamérica se han emprendido reformas que afectan las estructuras institucionales de los mercados energéticos, siempre el rol del Estado ha sido crucial, tanto cuando su abandono del rol empresario resultó drástico, como al retomar con fuerza su liderazgo en la toma de decisiones del sector. (Cenergía, 2009)

Así, se ha notado que el Estado debe involucrarse en la planificación integral del sector energético. De otro modo, las múltiples interacciones de las políticas públicas con las múltiples decisiones privadas podrían generar severos problemas de coordinación y sustentabilidad en el sector energético. Esto, debido a que aunque el sector energético susceptible de ser considerado un sector económico más –que puede supuestamente ser guiado por el mercado–, sigue constituyéndose en un sector estratégico y de capital importancia para los países, los que deben garantizar su suministro energético de un modo equilibrado y acorde a sus realidades de desarrollo económico y progreso social.

Por consiguiente, es vital que el Estado recupere su rol planificador de modo tal de brindar la posibilidad de acciones directas, identificando e implementando las modificaciones regulatorias necesarias para seguir el sendero deseado. Así sería posible desarrollar los incentivos propicios y efectivos para orientar la inversión privada en convergencia con los intereses colectivos y en cumplimiento de los ejes de una planificación energética sólida.

En dicho contexto, el Estado debe liderar los procesos de planificación de la expansión de infraestructura para garantizar el abastecimiento, evitando que las brechas entre capacidad de producción y demanda se vayan acortando en exceso, detectando y proponiendo correcciones oportunas de rumbo cuando sean requeridas.

Como se menciona en Cenergía (2009), aun cuando, por la estructura institucional del sector energético, el proceso de toma de decisiones podía estar sujeto por acciones descentralizadas, la fijación de políticas, la regulación y coordinación por parte del Estado lejos de convertirse en algo accesorio o limitado a otorgar las señales de mercado adecuadas, se transforma en crucial, toda vez que se entienda que las señales de mercado son solo un componente de esta compleja problemática y que la coordinación de los procesos concretos que conducen a una adecuada planificación del sector no desaparecen por el simple hecho de que el Estado haya deslindado su rol como empresario del sector. La responsabilidad de las políticas públicas es inherente al papel del Estado, legítima e intransferible. Las necesidades de planificar e intervenir crecen con la descentralización del proceso de toma de decisiones que se origina a partir de la presencia de múltiples actores privados en los distintos eslabones de las cadenas productivas energéticas. Así, si las señales de mercado no logran inducir las inversiones privadas en el plazo necesario, será indispensable que el Estado a través de sus empresas públicas se encargue de realizarlas. Esto debe ser tomado en cuenta de manera a anticipar debidamente las incursiones del Estado como ejecutor de obras de infraestructura.

Todo esto indica la necesidad que tiene el Estado de fortalecer a sus organismos de Planificación, a fin de orientar las inversiones que se requieren según un concepto integrado de uso de los recursos energéticos en función de metas económicas, políticas, sociales y ambientales.

### **I.3. Sustentabilidad como marco de análisis**

#### **I.3.1. Conceptos introductorios**

A partir de la finalización de la segunda guerra mundial las preocupaciones por los problemas del desarrollo se reflejaron abundantemente en la literatura económica. Aunque, la discusión acerca de la naturaleza del proceso de desarrollo, de sus múltiples dimensiones y del diseño de políticas dirigidas a impulsar su dinamismo ocupó una parte sustantiva en dicha literatura, quedaron claras las dificultades para abarcar teóricamente toda la complejidad de ese proceso que despliega su dinámica en el largo plazo.

El rápido crecimiento de la economía mundial hasta mediados de la década del 60<sup>3</sup>, hizo olvidar, al menos en parte, la incidencia de los aspectos sociales y ambientales en el proceso de desarrollo. Sin embargo, ya en la década del '70 quedó en evidencia la insatisfacción acerca de las características y consecuencias de ese crecimiento que, por otra parte, ya había agotado sus fuentes de dinamismo.<sup>4</sup>

3 Ese crecimiento, que se basó esencialmente en el paradigma tecnológico gestado durante la Segunda Guerra Mundial, tuvo como principales impulsores a los sectores industriales de la metalmecánica (Equipos de capital, bienes de consumo durables) y la petroquímica (sustitución de materiales naturales). En dicho período, la industria mundial se expandió a una tasa anual acumulativa de 6%. El consumo de las fuentes de energía comercial se triplicó en el lapso 1950-1973.

4 El llamado "período de edad de oro del crecimiento" comenzó a evidenciar síntomas de crisis hacia fines de la década del '60.



Los trabajos de algunos autores vinculados a la CEPAL expresan tal insatisfacción refiriéndose a los “estilos de desarrollo” que acompañaron a ese crecimiento en el caso de la región de ALC, enfatizando especialmente su carácter concentrador: a pesar de algunas mejoras en las condiciones de vida de la población, las asimetrías sociales se habían profundizado. Tales asimetrías se profundizaron aún más durante la década del 80, como consecuencia de los ajustes vinculados con la reversión de los flujos de capital financiero, ocasionada por la crisis de la deuda externa. En la mayor parte de los países de la región los ingresos medios de la población retrocedieron considerablemente y los índices de pobreza se agravaron de modo significativo.

Por otra parte, ya a principios de los años '70 comenzaron también a manifestarse las preocupaciones referidas a los impactos del crecimiento económico sobre los recursos naturales y sobre el medio ambiente. Durante el transcurso de la “edad de oro del crecimiento” los problemas del desarrollo fueron examinados poniendo especial atención a la escasez en el capital físico y financiero (ahorro insuficiente), y haciendo eventualmente alguna referencia a la dotación y calidad de los recursos humanos, pero admitiendo implícitamente la inexistencia de restricciones en lo que se refiere al ámbito natural.

De este modo, los estilos de desarrollo que se plasmaron históricamente implicaron un manejo depredador del medio ambiente natural: extinción de especies, deforestación, contaminación del aire y del agua como consecuencia del acelerado proceso de urbanización y de la contaminación industrial, con serios efectos sobre la salud y la calidad de vida de la población humana. Buena parte de estos problemas se han manifestado bajo la forma de impactos sobre el medio ambiente local, agravando en muchos casos las condiciones de pobreza en las regiones de menor desarrollo. Sin embargo, la preocupación predominante sobre el medio ambiente se deriva mucho más de los problemas de carácter global: los potenciales impactos sobre la atmósfera de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Pero, de cualquier modo es claro que existe una conciencia creciente acerca de que el progresivo deterioro del medio ambiente provoca cambios, en muchos casos irreversibles, que pueden afectar seriamente a las posibilidades de desarrollo futuro de la sociedad. Ello implica poner en cuestión la sustentabilidad en el tiempo de ciertos estilos de desarrollo.

Por estar ligada a la dinámica de un sistema complejo, atendiendo al variado conjunto de dimensiones interactuantes, la noción de sustentabilidad no es susceptible de definiciones simples. Cualquier definición que se plantee debería establecer con claridad las notas esenciales que debería caracterizar a un proceso de desarrollo para que el mismo pueda ser calificado como sustentable.

En 1987 la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) definió el concepto de desarrollo sustentable como: “Un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin menoscabar la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”. Planteada de esta forma tan general, esa definición de desarrollo sustentable puede resultar aceptable para la mayor parte de los analistas. Sin embargo, no queda claro con qué noción de equidad se plantea la satisfacción de las necesidades del presente, como tampoco cuál es el manejo del medio ambiente natural que permitiría garantizar que no se menoscabe la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

Así, por ejemplo, la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y El Caribe, en su informe titulado “*Nuestra Propia Agenda establece, entre otros aspectos, las bases de una estrategia para un desarrollo sustentable, definido como “Un desarrollo que distribuya más equitativamente los beneficios del progreso económico, proteja al medio ambiente nacional y mundial en beneficio de las futuras generaciones y mejore genuinamente la calidad de vida”*”.

Aceptando la complejidad, limitaciones y dificultad para la aplicación del concepto, el presente Manual reconoce la importancia del tema en la definición de políticas energéticas y plantea las diferentes dimensiones de la problemática energética en el marco de la búsqueda de tal sustentabilidad y reconociendo un enfoque amplio, sistémico e integral.

### **1.3.2. Planificación Energética como herramienta de gestión para el desarrollo sustentable**

La planificación energética no es un evento circunstancial; es un proceso continuo. El plan energético, como entregable final de dicho proceso, carece de valor si las estrategias no son efectivamente ejecutadas y monitoreadas, levantando el progreso del plan, de tal manera de alinear los recursos disponibles e implementar los ajustes necesarios. Adicionalmente, teniendo en cuenta que los insumos de toda planificación energética tienen un cierto nivel de incertidumbre al momento de realizar el plan, deben ser realizadas revisiones periódicas a medida que nueva información arriba, adaptando el plan a la resolución menos parcial de las variables inciertas. Es importante planificar el sistema energético, pero es aún más importante que el sistema energético opere conforme a lo establecido en el plan.

Un plan energético tiene grandes bondades para guiar actividades y recursos de un sistema energético, especialmente durante tiempos de elevada incertidumbre. Permite reducir la misma e identificar opciones y senderos más robustos y sin arrepentimiento. Ante grandes incertidumbres la flexibilidad es fundamental. Al adoptar un plan no se renuncia al dinamismo ni la flexibilidad, sino al contrario, solo es posible ser flexible en el marco de un contexto de planificación. La planificación no se limita a establecer decisiones presentes, sino en estimar el futuro de las decisiones presentes, al tiempo de planificar las decisiones futuras ante los posibles cambios en las condiciones del entorno.

La planificación del sistema desde el Estado, más con el concurso de todos los actores relevantes del sistema determina la dirección y enfoque que el resto de las instituciones adoptarán en el ámbito energético, el cual es transversal a todo el sistema socio-económico. Por ello, es necesario estructurar institucionalmente el sector energético de forma a definir con claridad las responsabilidades y los roles vinculados con las tareas de planificación energética y además no escatimar recursos de forma a garantizar no solo la ejecución sino además el cumplimiento del plan desarrollado.

Como se mencionara, es un proceso continuo, dinámico y adaptable a la evolución de las variables del sistema social en el que actúa (cambios en variables económicas, avances tecnológicos, cambios políticos, etc.). La planificación energética es así una metodología sistemática y analítica que procesa convenientemente información de la demanda, transformación y suministro de energía, y genera a partir de esto estrategias para alcanzar los objetivos de largo plazo definidos.

Así, el proceso sistemático de la planificación energética puede incluir varias etapas: definición de los objetivos a largo plazo (normalmente dictados por la política energética), determinar el enfoque de planificación a utilizar, identificar los insumos necesarios durante el proceso de planificación, elegir la metodología de análisis adecuado, socializar los resultados a los responsables de la planificación y los agentes del sector energético, elaborar el plan energético, y actualizar periódicamente el plan energético en función de la evolución de las condiciones del entorno. (NDAYE NKANKA, 2009).

En dicho contexto, dependiendo de la coyuntura y requerimientos de cada país o región, el plan energético puede perseguir varios objetivos a largo plazo. Objetivos básicos se identifican en la mayoría de los casos enmarcados en alguno de los ejes principales de acción de la planificación energética: *garantía y seguridad del suministro, desarrollo coordinado de los mercados de energía, adecuado equilibrio con el ambiente natural a efectos de evitar cambios irreversibles así como adaptación a los propios cambios de dicho ambiente natural, contribución a objetivos sociales, especialmente alivio de la pobreza y contribución al desarrollo sustentable del sistema productivo.*

**Tabla I.1: Energía y sustentabilidad**

Dimensiones	Objetivo
Económica	Seguridad de abastecimiento
	Abastecimiento oportuno
	Eficiencia energética
	Costos y competitividad
	Balance comercial
	Inversiones y endeudamiento
Social	Cobertura de los requerimientos básicos
	Calidad de las fuentes
	Eficiencia energética
	Equidad social en la política de precios y tarifas
	Costo de la energía en el abastecimiento de las familias
	Energía y servicios públicos básicos
Ambiental	Energía y uso de los recursos naturales
	Energía e impactos ambientales locales
	Energía y emisiones de efecto invernadero
	Eficiencia energética y efectos ambientales
Gobernabilidad	Garantía de abastecimiento
	Soberanía sobre recursos naturales
	Costos del abastecimiento energético
	Monopolios naturales y regulación
	Abastecimiento de energía y endeudamiento

Fuente: Elaboración propia.

La vinculación con los indicadores de sustentabilidad permite identificar los ejes y desafíos que podría enfrentar las políticas y estrategias y en consecuencia, la planificación e intervención sobre el sistema.

En este sentido, el proceso de planificación debería dar respuesta o tomar en consideración aspectos tales como: la eficiencia energética, el papel de las fuentes nuevas y renovables, el desarrollo tecnológico, el acceso a la energía, la garantía de inversiones,

diversificación de las fuentes y/o la minimización de efectos ambientales negativos o la resiliencia del sistema energético a cambios en el ambiente natural.

Las exigencias que la sustentabilidad impone a la planificación requieren una visión de largo plazo, un adecuado equilibrio entre todas las dimensiones, fijar prioridades de acuerdo a circunstancias nacionales, identificar los temas críticos y relevantes, tener objetivos claros y consensuados, desarrollar una estrategia viable y efectiva con los instrumentos y medios adecuados y un marco legal y regulatorio acorde.

*Es la búsqueda de un desarrollo energético sustentable la razón de ser de la necesidad de la planificación, considerando que las trayectorias actuales, en la mayoría de los casos, no se encuentran en senderos de sustentabilidad.*

En virtud de esto, los organismos de planificación energética deben tener conciencia de que sus objetivos son parte de los objetivos nacionales, considerando que el sistema energético es un elemento especialmente crucial del plan integral de desarrollo económico y progreso social de un Estado.

Estas son entonces las razones que dan origen a la planificación energética, cuyo objetivo central es definir una estrategia integral y sustentable de desarrollo del sistema energético para el largo plazo. Se trata de una “hoja de ruta” que sirva precisamente de guía para generar estrategias coherentes, viables y factibles.

#### **I.4. El desarrollo de un plan energético**

Las responsabilidades que implican el diseño y la implementación reconoce un conjunto de etapas que se explican con más detalle en el capítulo II y siguientes.

La planificación está, de algún modo, subsumida en la política y estrategias energéticas y que, en muchas oportunidades, resulta complejo distinguir ambos procesos.

Lo cierto es que las etapas o actividades necesarias para la elaboración de un plan energético nacional deberían incluir las siguientes componentes:

##### **a. Elaboración del diagnóstico energético.**

Tal como se presenta en el Capítulo II, el diagnóstico requerido para la formulación de la política energética es de naturaleza y amplitud diferente al necesario para el proceso de planificación energética. En ambos casos se requerirá que el diagnóstico describa las condiciones del contorno internacional, tanto a nivel regional como las relativas al plano mundial global.

La diferencia fundamental entre los enfoques de diagnóstico se refiere a que el diagnóstico para política debe contener una caracterización detallada de las principales situaciones problema que presenta el estado de partida de la intervención política. Es decir, el detalle de las causas vinculadas con cada problema, especificando la naturaleza del ámbito al que pertenecen, el de las consecuencias potenciales también con la identificación de su ámbito de pertenencia, y de los actores relevantes.

Los componentes deseables que integran un diagnóstico comprensivo incluye el analizar la situación energética internacional y regional, especialmente en aquellos aspectos que interactúan e inciden sobre la situación, actividades y desarrollo del sector energético interno. La situación internacional y regional impactará en los factores exógenos que condicionarán la formulación, implementación y evaluación de la planificación energética en la medida de su interrelación e interacción con la situación y evolución energética nacional.

A nivel nacional, el proceso de diagnóstico involucra un análisis integral del sector energético y sus subsectores a través de una serie de análisis parciales, contemplando sus componentes principales, vinculaciones, efectos transversales y resultados. Entre ellos se podrían citar: análisis de la demanda energética, disponibilidad de recursos energéticos, reservas, oferta energética, tecnologías empleadas y potencialidad de acceso a nuevas tecnologías, impacto económico del sector energético, impactos sociales y ambientales, etc.

El diagnóstico para la planificación energética tiene que ser mucho más detallado y debe abarcar tanto el nivel sectorial energético global como la descripción de la situación que presentan las diferentes cadenas energéticas, partiendo de los recursos, pasando por los diferentes centros de transformación, y llegando hasta la etapa del consumo final.

A nivel subsectorial debe examinar la estructura de todas las cadenas productivas que integran el sistema energético, considerando la organización institucional y productiva de los diferentes eslabones que las conforman, los actores que se desenvuelven en cada

eslabón y las características de su racionalidad y también estructura de los mercados. También requerirá un detalle de la infraestructura y sus características técnicas y una evaluación cuantitativa de los recursos humanos y naturales requeridos para la operación del subsistema que constituye cada cadena productiva.

***b. Diseño de una agenda energética, donde se identifiquen y prioricen los objetivos a partir de los problemas identificados en el diagnóstico.***

De acuerdo a la naturaleza de los Objetivos Estratégicos y Específicos de la Política Energética se definiría la Agenda Energética que es el calendario, los recursos, las acciones y los instrumentos para alcanzar los objetivos planteados por el plan. Es decir, una agenda responde y explicita un menú de objetivos y acciones que, por ejemplo, podrían incluir:

- La propuesta de una estrategia para los recursos no renovables y la captura y utilización de la renta que los mismos generan.
- Fomentar el uso de los energéticos más abundantes y de menor costo.
- Promover y facilitar el acceso a la energía.
- Cambios en los marcos legales o regulatorios.
- Concretar inversiones en infraestructura en las cadenas energéticas.

***c. Elaboración de escenarios socioeconómicos y energéticos.***

Los escenarios son instrumentos de planificación para la representación de futuros hipotéticos en el análisis de la prospectiva energética, con el fin principal de reducir el grado de incertidumbre en la toma de decisiones.

Normalmente, el concepto de “escenario” en el campo de la planificación tiene por lo menos dos significados, por un lado, se lo utiliza a menudo para denominar los “resultados” de la prospectiva; por otra parte, también se lo emplea para describir las “condiciones que se vislumbran como posibles” para cierto horizonte de planificación, es decir, condiciones previas al ejercicio de la prospectiva. A los fines de este Manual se asume el segundo de estos significados.

Bajo esa premisa, los escenarios de planificación son la composición predictiva del contexto estructural relevante que enmarcará el futuro del sector energético bajo estudio, en un determinado horizonte. Así, se trata de una construcción hipotética, basada en hipótesis de comportamientos estructurales racionalmente posibles, sustentados en relaciones causales analíticamente consistentes.

***d. Formulación de la política energética, en cuanto a objetivos, estrategias e instrumentos.***

En la definición de sus **objetivos de política energética**, los países reflejan la **misión y la visión** de sus políticas nacionales en lo social, económico y ambiental, en el marco de su idiosincrasia histórica y de su estrategia particular.

Las políticas energéticas, generales o transversales, constituyen globalmente una especificación particular de la política nacional de desarrollo, con impactos sobre el crecimiento económico, sobre la calidad de vida de la población y sobre el medio ambiente nacional.

En cuanto a objetivos los grandes ejes descansan en lo social, económico y ambiental, todos ellos de largo plazo pero implementados en acciones de corto y mediano plazo. Los objetivos estratégicos nacionales generales que involucran aspectos sociales, económicos, geo-políticos u otros. Estos pueden ser tales como: el desarrollo de ciertos espacios territoriales o núcleos poblacionales, la promoción de determinadas actividades productivas, la protección ambiental territorial o de determinados recursos, la integración con otros países de la región y otros.

Estos objetivos nacionales de índole estructural, constituyen un elemento primordial como insumo de la planificación energética e incidirán sustantivamente en los resultados de la planificación, en las estrategias y en la agenda energética consecuente y en su posterior aplicación.

En cuanto a lo energético, cabe referir los objetivos estratégicos, como las premisas en las que se basan las prácticas de planificación, tales como: la sustentabilidad social, política, económica, fiscal y ambiental de largo plazo del desarrollo energético, todas ellas conforme a la visión y fundamentos legales e institucionales del país.

**e. Definición de metas de corto, mediano y largo plazo.**

La posibilidad de verificar el cumplimiento de los objetivos del plan implica la necesidad de fijar metas cuantificadas y temporales que permitan evaluar los grados de avance y revisar los eventuales desvíos y su ajuste a los senderos esperados.

Dichas metas cuantificadas se refieren por ejemplo a:

- Políticas de uso eficiente energético. Incorporación de fuentes renovables (eólica – solar) y alcanzar un determinado porcentaje de participación de energías renovables sobre el total consumido a un determinado año.
- Fijar metas en años determinados de revisión y refuerzo regulatorio e institucional; Mejorar acceso al financiamiento; incorporar eólico, biomasa y minihidro; completar interconexión regional; Llegar al 100% de cobertura eléctrica.
- Metas temporales para la implementación de propuestas de la regulación, de infraestructura, señales adecuadas para la expansión coordinada de los sectores de gas, electricidad, carbón, petróleo y nuevas fuentes.

**f. Elaboración de la prospectiva energética. Aplicación de modelos.**

La prospectiva energética se constituye así en un campo en plena evolución, de intersección entre los estudios del futuro, el análisis de políticas públicas y la planificación estratégica. Fundamentalmente, busca aclarar las prioridades gubernamentales y de la región, sector o cadena productiva bajo estudio. Pero su propósito más amplio es promover un gran cambio cultural, una mejor comunicación, una interacción más fuerte y una más grande comprensión mutua entre los actores para pensar su futuro y tomar decisiones desde el presente.

Los aportes adicionales que la prospectiva energética puede brindar llevando a cabo sus actividades son:

- Desarrollar visiones de futuro sobre tecnologías y aspectos clave del desarrollo.
- Proporcionar fuentes de conocimiento.
- Posibilitar el diálogo entre actores.
- Movilizar un amplio debate colectivo de reflexión sobre el futuro.
- Fomentar la creación de redes de colaboración.
- Proporcionar información para la definición y el desarrollo de políticas tecnológicas.
- “Explorar el futuro”, bajo la modalidad de “*what-if*”, mediante el uso de la técnica de escenarios para el grado de incertidumbre en la toma de decisiones.

**g. Estrategias y planes de acción de mediano y largo plazo. Inversiones y financiamiento**

La política de desarrollo atiende la estructura del sistema socioeconómico; por ende, comprende una política a largo plazo, cuyos componentes podrían agruparse en políticas transversales o generales y en políticas sectoriales.

La política energética es una política sectorial que forma parte de la política socioeconómica a largo plazo. Por otro lado, teniendo en cuenta las cadenas productivas del sector energético, la política energética logra desagregarse de manera similar a la política de desarrollo: en políticas generales o transversales (de fijación de tarifas, de suministro, institucionales, ambientales, de uso racional de energías, de capacitación de recursos humanos, etc.) y políticas subsectoriales (eléctricas, de fuentes renovables, de derivados del petróleo, etc.).

Así, a partir del análisis de los escenarios y las prospectivas desarrolladas, se inicia el proceso de formulación de estrategias y acciones para alcanzar los objetivos y las metas definidas, es decir cómo actuar para alcanzar tales resultados. Se pretende alcanzar una situación deseada, evolucionando a través de una serie de estados intermedios en torno a la situación ideal. La excursión del estado se realiza aplicando un conjunto de acciones (estrategias), revisadas y ajustadas a medida que se van alcanzando los objetivos de cada etapa, y de acuerdo a la disponibilidad de recursos y riesgos basados en el proceso de planificación energética. Todo ello bajo el contexto nacional e internacional de todos los sectores socioeconómicos vinculados del sector energético, así como sus cambios observados y previsibles.

Deben combinarse las acciones para construir viabilidad a cada operación del plan. El principio estratégico fundamental consiste en lograr una combinación por la cual cada acción abre camino a otra que sigue, hasta realizarlas todas en una determinada trayectoria.

#### ***h. Evaluación de impactos. Revisión y ajustes de la estrategia***

Para la evaluación y control de la aplicación de la planificación energética, se hace el seguimiento de su desarrollo mediante la utilización de “Indicadores de Desempeño” que permitan medir, cuantitativa y cualitativamente, el avance en el logro de las metas establecidas para los planes o programas de acción, dentro de las estrategias establecidas.

El monitoreo de los indicadores es el proceso que nos permite seguir su evolución con frecuencia periódica, de forma tal que permita evaluar si el desempeño se ajusta a lo programado o si se aparta de lo esperado. De ello derivarán las instrucciones y acciones políticas para la eventual reformulación de la planificación, análisis y reevaluación de las estrategias, planes y metas, en procesos periódicos que toman frecuencias de uno o varios años.

Las finalidades del Monitoreo son:

- Verificar el cumplimiento de las metas de corto, mediano y largo plazo establecidas en los planes de acción.
- Realizar la evaluación de las acciones planificadas.
- Identificar las correcciones necesarias en la implementación de programas de ajuste.



The left side of the page features a vertical decorative strip. It contains a blue-toned background with several overlapping gears of different sizes and orientations. Overlaid on these gears is a complex, white wireframe structure that forms the shape of a human eye, looking towards the right. The overall aesthetic is technical and modern.

# CAPÍTULO II

---

## El Proceso de Planificación



## PALABRAS CLAVES

energía – planificación – estrategia – América Latina y Caribe – política energética – diagnóstico energético.

### II.1. Introducción

Conforme se ha mencionado en el Capítulo anterior, la formulación e implementación de políticas públicas constituye una tarea ineludible de la administración del Estado. Por lo que se refiere a su ámbito de acción puede tratarse de políticas globales (transversales) o de carácter sectorial y en lo relativo al alcance temporal pueden estar dirigidas al corto o al largo plazo. Las políticas de largo plazo pretenden incidir sobre los aspectos estructurales del sistema socioeconómico-ambiental y, por tanto, pueden ser calificadas como políticas de desarrollo en la medida en que pretenden direccionar la trayectoria de dicho sistema.

En tal sentido debe reconocerse que, en términos generales, las políticas de desarrollo están sometidas a condiciones de borde y que deben desenvolverse en situaciones de poder compartido y por lo tanto la construcción de su viabilidad en una parte esencial de su estrategia de implementación.

Es claro que las acciones de intervención pública en el corto plazo, en términos ideales, deberían guardar coherencia con las trayectorias planteadas para el largo plazo. Sin embargo, las complejidades propias de las situaciones coyunturales alteran frecuentemente, con diferente grado de intensidad, esa coherencia ideal. Este tipo de distanciamiento puede ser el resultado de cambios bruscos de las condiciones de contorno del ámbito internacional y/o de presiones de los diferentes grupos sociales sobre los responsables del diseño y ejecución de las políticas públicas.

En línea con lo anterior, los cambios de gobierno también pueden ser las causas del apartamiento de las trayectorias previamente establecidas. Sin embargo, cualquiera que sea la causa de contradicciones entre las acciones de corto plazo y las trayectorias definidas por las políticas de desarrollo son éstas las que deberían primar sobre aquéllas, evitando así perder la eficacia de las políticas públicas.

De este modo, a fin de alcanzar una mayor eficacia, se recomienda convertir a los lineamientos de la política de desarrollo en una Política de Estado. Por supuesto, resulta razonable que cada gestión de gobierno pretenda incorporar a esos lineamientos de largo plazo los matices propios de su Proyecto Político, pero resulta de fundamental importancia que su intervención no implique un abrupto cambio de rumbo, salvo que la modificación en las condiciones de contexto lo justifique.

Tal como se ha expresado, la política de desarrollo se compone de dos grandes conjuntos que están estrechamente vinculados: las políticas generales o transversales (precios e ingresos, empleo y recursos humanos, institucionales, sociales, ambientales, tecnológicas, financieras, comerciales, etc.) y las políticas sectoriales (mineras, agropecuarias, forestales, industriales, energéticas, de transporte, etc.).

De acuerdo con el marco conceptual planteado puede concebirse a la Política Energética como una política sectorial de largo plazo inserta en una política global de desarrollo. Esta definición de la política energética pretende remarcar los siguientes aspectos:

- Se trata de una política sectorial subordinada a una política de carácter global. Por lo tanto es posible o frecuente que su formulación deba incorporar objetivos supra sectoriales.
- Se trata de una política de largo plazo y que en tal sentido debiera considerarse como una política de Estado; es decir que no resulta aconsejable utilizarla con finalidades coyunturales.

Sin embargo, en aquellos países donde las exportaciones energéticas constituyen un determinante fundamental del desempeño del sistema socioeconómico nacional, las decisiones o las estrategias vinculadas a aquellas trascienden largamente a la política sectorial energética.

### II.1.1. La política y la planificación energética

Atendiendo al hecho de la existencia de diferentes cadenas productivas al interior del sistema energético, la política correspondiente también habrá de estar compuesta por **políticas energéticas generales o transversales** (de precios, financieras, institucionales, tecnológicas, ambientales, de formación de recursos humanos, de uso racional de la energía, etc.) y **políticas energéticas subsectoriales** (petroleras, gasíferas, eléctricas, carboníferas, de fuentes nuevas y renovables).

Tal como se ha indicado previamente las políticas energéticas generales habrán de incorporar objetivos plantados a nivel de las políticas globales. Esto se puede ilustrar mediante el siguiente ejemplo: Si dentro de la política socioeconómica se plantea el objetivo de disminuir el grado de las asimetrías sociales; esto puede corresponderse, en el plano de la política energética con una mayor cobertura (en cantidad y calidad) de los requerimientos de energía de la población de menores recursos, lo que a su vez podría implicar ciertas metas en el ámbito de las diferentes cadenas productivas energéticas (objetivos subsectoriales).

Otro ejemplo de carácter similar puede vincularse con el objetivo de la política económica que se refiere a la mejora de la competitividad de las actividades productivas confrontadas con las importaciones o con potencialidades de exportación; Este objetivo podría tener una especificación en el ámbito del sector energético bajo la forma de: mejora en la eficiencia productiva en las principales cadenas energéticas (lo que a su vez puede implicar la necesidad de algunas reformas institucional-regulatorias) o promoción de la eficiencia energética.

En lo que se refiere al ámbito del medio ambiente natural podría plantearse, el objetivo de preservación de los recursos forestales. En el plano de la política energética tal objetivo podría corresponderse con el de energización rural sobre la base de fuentes comerciales. Pero es claro que aquel objetivo tendrá que traducirse también en objetivos de la política agropecuaria que se refieran a una expansión racional de la frontera agrícola.

Estos ejemplos, especialmente el segundo y el tercero, muestran asimismo que las políticas supra-sectoriales se plantean con frecuencia objetivos que tienen un carácter transversal de mayor o menor alcance en el sentido de traducirse en objetivos más específicos para un conjunto de sectores del sistema económico. En el segundo ejemplo (objetivo de mejora de competitividad), son claras las implicancias para los sectores de servicios públicos, además del sector de energía.

Pero además, las políticas energéticas generales o transversales tendrán una especificación a nivel subsectorial no tendrá necesariamente el mismo carácter en todas las cadenas productivas. Por ejemplo, si en la política institucional energética se plantea el objetivo de dar mayor énfasis a los mecanismos del mercado a nivel subsectorial este objetivo tendrá una especificación en el subsector petrolero diferente a la del subsector de electricidad.

En función de este enfoque conceptual de la política energética y su vinculación con la planificación se puede concluir que:

- La planificación, al igual que la política energética tiene que plantearse un enfoque sistémico, considerando el conjunto de las cadenas productivas energéticas y todas sus interacciones internas, tanto en el *upstream*, en los centros de transformación y en el nivel del consumo final, atendiendo especialmente a la disputabilidad entre fuentes en los nodos de consumo intermedio y final. Además, esta mirada sistémica implica asimismo la consideración de las interacciones entre el sistema energético con las diferentes dimensiones del ámbito socioeconómico-ambiental (Véase CEPAL/OLADE/GTZ (2003), pág. 146-148).
- La planificación debe reconocer por tanto un plano general de sector energético y especificar el tratamiento a nivel subsectorial, atendiendo a los lineamientos estratégicos planteados en la política.<sup>5</sup>
- El proceso de planificación energética debe evaluar las diferentes opciones para abastecer los requerimientos de energía, partiendo de los recursos nacionales disponibles y/o las eventuales necesidades de recurrir a la importación. A este respecto también se deben tomar en cuenta las posibilidades y ventajas de la integración energética (Véase CEPAL/OLADE/GTZ. 2003).
- El proceso de planificación a nivel subsectorial debe tener una especificación mucho más detallada y por tanto tiene que recurrir a un diagnóstico más descriptivo, aunque prestando especial atención a los puntos clave o críticos que afectan al abastecimiento energético.<sup>6</sup>

5 Tal como se mostrará en la sección II.2, esto implica tomar en cuenta los objetivos generales y específicos, las metas, las líneas estratégicas planteadas con relación a cada objetivo específico y los instrumentos planteados para dar sentido operativo a tales estrategias.

6 Este tema será retomado más adelante.

## II.1.2. La relevancia asignada a la política y la planificación energética en diferentes periodos históricos

Tanto los enfoques como la relevancia de la intervención pública interfiriendo y/o complementando la acción de los mecanismos del mercado y/o de las decisiones descentralizadas en los sistemas socioeconómicos fue cambiando, en algunos casos radicalmente a lo largo de los últimos 60 años, de manera acorde con los ciclos que se manifestaron en el plano internacional, con fuerte incidencia en los países de América Latina y El Caribe.

La idea de esta sección es la de caracterizar brevemente un conjunto de etapas históricas a nivel de rasgos muy estilizados que estuvieron acompañadas por el predominio de distintas concepciones acerca de la acción de Estado y su intervención por medio de las políticas públicas, la necesidad y relevancia de las mismas con su correlato en las modalidades que asume la planificación.

Esta forma de presentar las diferentes modalidades de planificación presenta la ventaja frente a los simples enunciados conceptuales de comprender en qué situación socio-histórica se plantearon y de manera de aportar la explicación que proveen las situaciones de contexto.

- 1) En la segunda postguerra se abre una etapa de rápido crecimiento económico que se prolonga hasta fines de la década del 60. La industria a nivel mundial crece a una tasa del 6% anual acumulativo, como consecuencia del aporte de las innovaciones tecnológicas generadas durante el período bélico y su incorporación al aparato productivo.

Se trata de un período de 25 años al que se suele denominar “*la etapa de oro del crecimiento*”. Durante este período la intervención del Estado en el sistema socioeconómico tiene mucho prestigio y la misma es aceptada incluso por quienes sostienen el ideario liberal. Es la época del “*consenso keynesiano*”<sup>7</sup> y la planificación es practicada por muchos países, no solo en el área soviética, por las necesidades derivadas de la reconstrucción y el desarrollo.

A este respecto debe señalarse en que existía la visión que el Estado planificador contaba con el consenso de los actores sociales con relación a sus propuestas (de objetivos e instrumentos) contenidos en la planificación o que tenía el poder suficiente para imponerlos<sup>8</sup>.

Esta concepción de la planificación puede denominarse ***enfoque determinista y normativo de la planificación***.

No se trata de una copia del tipo de planificación imperante en el área de los países socialistas de aquella época, a pesar del prestigio que por entonces pudiera tener<sup>9</sup>, sino **más bien de una visión optimista** acerca del consenso que el Estado pudiera lograr en el conjunto de los actores sociales, incluso concibiendo al Estado como un actor externo a la sociedad y sin contradicciones internas.

- 2) En la década de 1970 quedó cada vez más clara la sensación de frustración que generaba el “*estilo de desarrollo*” que estaban adoptando los países de América Latina y El Caribe. Los países industrializados y en particular Estados Unidos e Inglaterra, estaban enfrentado problemas muy serios para mantener su ritmo de crecimiento, al mismo tiempo que enfrentaban una competencia creciente por parte de Japón y Alemania. Se trata de un período de transición para el sistema socioeconómico mundial que pone fin al “*consenso keynesiano*”.

7 El Consenso Keynesiano surge de la Segunda posguerra. Está compuesto por el modelo IS/LM del ingreso y la tasa de interés, el mercado de trabajo incluyendo al empleo y el salario, la relación entre empleo y precios basada en la Curva de Phillips y la teoría del crecimiento. Determina la existencia de equilibrios con desempleo involuntario y por ello, niveles de producción menor al potencial. Tales situaciones engendran inestabilidades que deben evitarse puesto que, así, se impide la reducción del bienestar general. La intervención estatal mediante política fiscal o monetaria o por una combinación de ambas, puede conducir al equilibrio con pleno empleo. El Consenso implicaba la adopción de dos objetivos fundamentales: el pleno empleo y un cierto nivel de variación de los precios. Para alcanzarlos, se recurría al manejo de la demanda agregada aceptando el “*quid pro quo*” entre niveles de actividad y precios, en el contexto del Estado de Bienestar. Se utilizaron la Planificación y la Programación económicas como instrumentos para racionalizar la acción estatal y orientar ciertas acciones del sector privado de la economía.

8 “En los años sesenta se vivía un ambiente de optimismo frente a los retos del desarrollo. La economía y el comercio mundiales se expandían y en la región se reconocían las enormes tareas que debían enfrentar los países, pero al mismo tiempo se confiaba en que los Estados latinoamericanos contarían con la voluntad política, aparatos institucionales y capacidades para emprender las grandes transformaciones que requería la región en sus aparatos productivos, la orientación de la producción, la creación de empleos, las necesidades de inversión y las desigualdades sociales.” Mrtner R. y Máttar J. (compiladores), “Los fundamentos de la planificación del desarrollo en América Latina y El Caribe. Textos seleccionados del ILPES (1962-1972)” CEPAL, Santiago de Chile 2012, pag. 8-9.

9 “Se usaba el término programación como sinónimo de planificación para evitar correlaciones con el ejercicio de la planificación en países europeos del bloque socialista, pues podían dar lugar a confusión en la región” Mrtner R. y Máttar J. (compiladores), opcit, cita de pie de página 9.

En ALC, los obstáculos que enfrenta el proceso de industrialización en la década de 1960 para avanzar hacia la producción de bienes intermedios de difusión restringida, de bienes de consumo durable y especialmente de bienes de capital, hace que aun en los países de mayor dimensión de mercado se deba recurrir a la participación de las empresas multinacionales.

La transnacionalización creciente de las economías de la región agrega una complejidad creciente para la formulación de políticas con el consiguiente correlato en el proceso de planificación.

La instalación de regímenes dictatoriales en los países de Cono Sur de la Región cambia radicalmente el enfoque que se propone para la planificación.

Sin embargo la constelación de poder tanteo en el ámbito internacional como dentro de la Región no permitía en la práctica la adopción de ese enfoque. Se instalaba progresivamente la vigencia del llamado “Consenso de Washington”<sup>10</sup> y el predominio de paradigma neoliberal.

- 3) Debe mencionarse que la propuesta neoliberal hizo prácticamente suyos estos principios indicados en el “Consenso de Washington”, pero privilegiando de modo fundamental aquellos relativos a la flexibilidad cambiaria, la disciplina fiscal, la liberalización financiera y los procesos de privatización.

De este modo, durante los últimos 25 años del siglo pasado pierde toda vigencia la formulación de políticas socioeconómicas que tuvieran un enfoque contrario al a la orientación neoliberal vigente a la que adhirieron en mayor o menor medida todos los gobiernos de los países de América Latina y El Caribe, presionados financieramente por los problemas de la deuda externa. Para este paradigma de pensamiento económico, la asignación de los recursos debería estar a cargo de los actores privados orientados por los mecanismos de mercado.

- 4) A partir de los primeros años de presente siglo y luego de que varios países de América Latina experimentaran profundas crisis se abrió una nueva etapa que en algunos trabajos se denomina el “disenso de Washington”<sup>11</sup> para marcar el rechazo de la concepciones adoptadas hasta comienzos del siglo XXI.

Los países de América del Sur experimentaron recientemente un período de alto dinamismo y plantean una mayor autonomía respecto de los países industrializados. Incluso, se revitalizan las iniciativas de integración planteándose la expectativa de convertirse en un nuevo bloque económico con fuerte liderazgo político. Se incrementan considerablemente las corrientes de comercio intrarregionales y se plantea el proyecto de la creación de una banca regional de desarrollo.

10 La lista de reformas comprendidas en el Consenso de Washington, tal como Williamson la presenta en su conocido documento *Latin American Adjustment: How Much Has Happened?*, es la siguiente:

- i) disciplina fiscal;
- ii) prioridades del gasto público;
- iii) reforma tributaria;
- iv) liberalización financiera;
- v) flexibilidad de los regímenes cambiarios;
- vi) liberalización del comercio;
- vii) inversión extranjera directa;
- viii) privatización;
- ix) promoción de la libre competencia y mantenimiento de regulaciones de mercado justificadas, derechos de propiedad

11 Banco Mundial, “Latin America and the Caribbean’s long-term growth. Made in China?”, septiembre 2011; ver Figura 1,7 (Panel B) de pag. 23.

### Algunas referencias a la planificación energética en la Región

Tipos y carácter de la planificación en ALC de acuerdo a fuentes de los países.

- Brasil. “Plan Decenal de Expansión Energética”. En su “Presentación” señala: “El Estado Brasileño ejerce, bajo el mandato de ley, las funciones de planeamiento, siendo éste obligatorio para el sector público e indicativo para el sector privado” (Brasil 2012).
- Colombia. “Plan de Expansión de Referencia – Generación y Transmisión 2006-2020” de la UPME (2006) de Colombia, que expresa que “en cumplimiento de lo establecido en la Ley 143 de 1994, Ley Eléctrica, identifica las necesidades del país en cuanto a nuevas capacidades de generación y recomienda proyectos de expansión del Sistema de Transmisión Nacional – STN – con el fin de asegurar el adecuado suministro de energía eléctrica en el futuro inmediato y horizonte que va hasta el año 2020”. Es una clara referencia de un planeamiento indicativo.
- Chile. El estudio de Planificación Energética (OLADE-CADI) señala que “en cuanto a planificación energética, el modelo chileno no le otorga a las instituciones que la realizan un carácter de obligatoriedad de sus indicaciones, pues el modelo se basa en las decisiones privadas orientadas, como en cualquier actividad comercial privada, por las señales de precios y las utilidades esperadas. Sin embargo, y aunque la planificación en este sentido no es vinculante, en términos prácticos se ha convertido para la autoridad en la herramienta para impulsar en mayor o menor medida el desarrollo de oferta pues constituye una herramienta de orientación y señal de inversiones a los privados”.
- Ecuador. Por Ley 364 establece el Plan Maestro de Electrificación<sup>12</sup> “para ser ejecutados directamente por el Estado, con recursos propios o asociándose con empresas especializadas...o concesionados...”. Este esquema legal implica planificación mandatoria para el sector público en cuanto a sus objetivos, con flexibilidad para su ejecución.
- Centroamérica. “Plan Indicativo Regional de Expansión de la Generación. Periodo 2012 – 2017”, preparado por el GTPIR, cuyo objetivo es “diseñar planes de expansión óptimos para la generación eléctrica en los países del istmo centroamericano, a través del análisis de diversas alternativas, considerando los escenarios futuros más relevantes”. Como su nombre lo indica, tiene el carácter de planificación indicativa.

A ellos, cabe añadir los casos de México: “Estrategia Nacional de Energía, 2013 – 2027”, Secretaría de Energía de México (SENER); Perú: “Planeamiento Estratégico en el Perú al 2021”, Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN); y Argentina: “Elementos para el Diagnóstico y Desarrollo de la Planificación Energética Nacional”, también encuadrables en el tipo de “planificación estratégica”.

En consecuencia, se observa un renovado optimismo acerca de la posibilidad de formular políticas socioeconómicas para el desarrollo.

#### **II.1.3. Entidades y equipos encargados de la formulación, ejecución y control**

Con relación a las entidades que tener a su cargo la formulación de las propuestas de política y planificación socioeconómica y energética es claro que debe tratarse de actores pertenecientes al ámbito público. Normalmente las reparticiones especializadas del aparato estatal deberán liderar los procesos de formulación de las propuestas. Sin embargo como tanto por lo que se refiere a las propuestas de política como en la formulación de los planes tiene que plantearse un enfoque sistémico, se requiere de la participación de múltiples actores de carácter público.

Atendiendo ahora específicamente a la política y la planificación energética y a las entidades y equipos encargados de las tareas formulación, ejecución y control corresponde señalar lo siguiente:<sup>13</sup>

- La conducción de las tareas debe estar a cargo del Ministerio o la Secretaría de Energía.
- Sin embargo, del proceso deberían participar todas las reparticiones del Estado que tengan vinculación con las cuestiones energéticas, de modo de cubrir la multi-dimensionalidad de los fenómenos energéticos tanto a nivel sectorial como sub-sectorial.
- Por otra parte, de acuerdo a lo que se planteará en las secciones II.2 y II.3, los equipos requeridos para las tareas en el caso de política y del proceso de planificación serán en su tamaño y calificación necesariamente diferentes.

<sup>12</sup> Art. 3°. Ley Reformatoria de la Ley del Sector Eléctrico (26/9/2006). Citado en CONELEC (2007).

<sup>13</sup> Como estos temas serán desarrollados más adelante, aquí solo se hará una presentación preliminar muy somera.

**II.1.4. Naturaleza del diagnóstico para la formulación de la política y la planificación energética**

Ante todo debe señalarse la importancia que desempeñan los sistemas de información socioeconómica y energética para hacer posible las tareas de formulación de la política y la formulación energética. Este tema se desarrolla en profundidad en el capítulo III de este Manual. Pero corresponde afirmar de modo categórico que sin un sistema de información suficientemente completo y confiable no es posible construir una propuesta aceptable de política energética y, mucho menos, elaborar un plan.

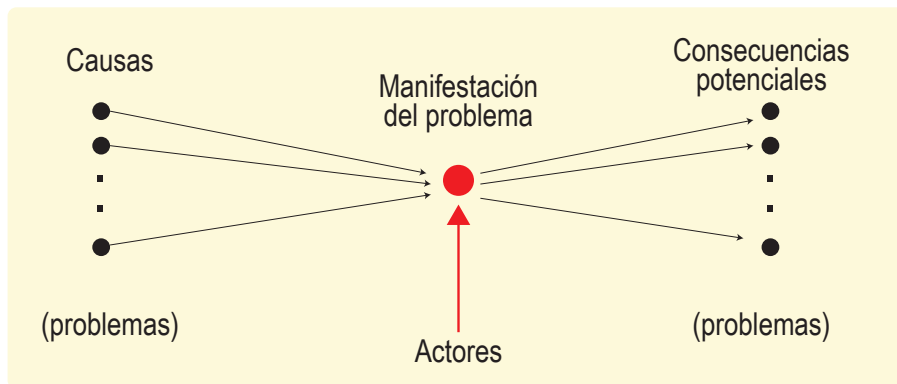
El diagnóstico requerido para la formulación de la política energética es de naturaleza y amplitud diferente al necesario para el proceso de planificación energética. En ambos casos será necesario que el diagnóstico describa las condiciones del contorno internacional, tanto a nivel regional como las relativas al plano mundial global.

En el caso de la formulación de la política energética el diagnóstico debe apuntar a caracterizar la situación de partida identificando las "situaciones problema" que debe enfrentar la intervención política. Es decir que no se trata de un diagnóstico descriptivo de las características del sistema energético.

Tal como se muestra en la Figura II.1 las situaciones problema constituyen en realidad un árbol de problemas, donde la manifestación del problema (se trata de un problema actual) tiene un conjunto de causas que le anteceden y un conjunto de consecuencias potenciales que verosímilmente habrán de ocurrir si no se interviene en la situación por medio de la acción de política. Tal como se indica en la citada figura, las causas y las consecuencias también tienen las características de problemas.

Pero además la caracterización de las situaciones problema se completa con la identificación de los actores sociales relevantes con respecto a la manifestación de ese problema en la medida que se ven afectados de modo positivo o negativo con el tipo de intervención política sobre el problema en cuestión.

**Figura II.1: Estructura de las "situaciones problema"**



Fuente: Elaboración propia

En consecuencia el diagnóstico para política debe contener una caracterización detallada de las principales situaciones problema que presenta el estado de partida de la intervención política. Es decir, el detalle de las causas vinculadas con cada problema, especificando la naturaleza del ámbito al que pertenecen, el de las consecuencias potenciales también con la identificación de su ámbito de pertenencia, y de los actores relevantes.

En la Tabla II.1 se muestra el tipo de información referida a las situaciones problema que se incluyen en el diagnóstico. Tal como puede observarse, para cada elemento de la "Situación Problema" se indica el ámbito al que pertenece.

**Tabla II.1: Caracterización de las situaciones problema para el diagnóstico**

Elementos de la SP Ámbito o Dimensión	Causas	Manifestación del Problema	Consecuencias Potenciales	Actores Relevantes
Estrictamente Energético				
Económico				
Social				
Ambiental				
Político Administrativo				

Fuente: Elaboración propia.



Las “situaciones problema” se pueden ilustrar con el siguiente ejemplo que es muy común en los países de la Región:

**Manifestación del problema:** Las instituciones involucradas en el sistema energético trabajan en forma descoordinada y sin liderazgo.

**Causas del problema:**

- √ La abundancia de instituciones públicas con competencia en las cuestiones energéticas.
- √ La ausencia de un marco legal-institucional que fije con precisión las misiones y funciones respecto del sistema energético.
- √ No existe una institución responsable de las funciones de política y planificación sectorial, con una dotación suficiente de recursos humanos y presupuestarios.
- √ Crisis energéticas que motivan al gobierno a intervenir en situaciones puntuales.
- √ Marco legal no asigna de manera efectiva las responsabilidades requeridas.
- √ Falta de percepción de la importancia y trascendencia del sector energético.

**Consecuencias Previsibles del Problema:**

- √ La ausencia de una política energética coherente e integral.
- √ Dificultades para disponer de un sistema de información energética que sirva de base a la formulación de la política y la planificación integral del sector.
- √ Desorden en el desarrollo y ejecución de los proyectos de inversión en el abastecimiento energético.
- √ Decisiones equivocadas que dirigen la nación a situaciones insostenibles.
- √ La ciudadanía no es provista de información adecuada y confiable sobre el problema.
- √ El marco legal-institucional deja por fuera la coordinación de hidrocarburos, biomasa, electricidad y otras fuentes energéticas.
- √ Crisis permanente en el sector energético, altos precios de los energéticos.
- √ Lentitud en la toma de decisiones para desarrollo de proyectos de energía renovable.

El detalle de las situaciones problema a incluir en el diagnóstico requiere el establecimiento de una **visión** o un proyecto de gobierno que permita su identificación ya que lo que para esa visión constituye un problema, al mismo tiempo puede resultar una situación ventajosa para otro actor.

A continuación se detalla un ejemplo de visión para construir el diagnóstico:

*“El sistema energético propenderá a asegurar el abastecimiento interno mediante la mejor utilización de los recursos disponibles local y regionalmente, contribuyendo al desarrollo sustentable del país (económico, social, ambiental y político), bajo el rol directriz del Estado. En función de ello se prestará especial atención a la eficiencia energética y a la búsqueda de una mayor diversificación de la matriz energética, incorporando recursos autóctonos, de carácter renovable, con un mayor empleo de mano de obra, un mayor impacto en la actividad productiva, atendiendo a la preservación del ambiente y dinamizando la integración regional. Al mismo tiempo se adecuarán los instrumentos legales e institucionales para el desarrollo del sistema energético, atendiendo a las características nacionales específicas”.*

El diagnóstico para la planificación energética tiene que ser mucho más detallado y debe abarcar tanto el nivel sectorial energético global como la descripción de la situación que presentan las diferentes cadenas energéticas, partiendo de los recursos, pasando por los diferentes centros de transformación, y llegando hasta la etapa del consumo final. Este tema será desarrollado más adelante.



## II.2. La política energética<sup>14</sup>

### II.2.1 Naturaleza de la política energética

De acuerdo a lo ya expresado, **la Política Energética es una política sectorial de largo plazo, inserta en la política global de desarrollo**. Por lo tanto debe incorporar en sus lineamientos los aspectos pertinentes de esa política global.

Pero además, la nota remarcable de esta definición conceptual de la política energética es que se trata de una política de largo plazo y por lo tanto no debe responder a las urgencias coyunturales. Sus lineamientos deben ser asumidos como una **Política de Estado**.

Es por ello que, dada la lenta maduración de las inversiones correspondientes a la infraestructura energética, asegurar el abastecimiento energético presupone prever la realización de las obras requeridas con suficiente anticipación.

De este modo, la formulación de la política energética requiere de un análisis prospectivo donde se formulen escenarios que contengan verosímilmente la trayectoria futura del sistema y particularmente la evolución de los requerimientos de energía a nivel del consumo final.<sup>15</sup>

También debe remarcarse que es responsabilidad del Estado formular e implementar políticas energéticas activas. Los principales fundamentos para esto son:

- La importancia del Sector Energético por su estrecha vinculación con todas las dimensiones del desarrollo sustentable (Economía, Sociedad, Medio Ambiente, Gobernabilidad).
- El hecho de que los recursos naturales son de propiedad social y por tanto el Estado debe velar por su adecuado manejo y utilización en nombre de la comunidad toda.
- La fuerte presencia de monopolios naturales en todas las cadenas productivas energéticas (Alta concentración en la oferta), consecuentemente el poder público debe vigilar que no se produzcan abusos de esas posiciones dominantes.
- La necesidad de coordinación debido las múltiples interacciones internas al Sistema Energético, tanto en el abastecimiento (Recursos, Producción, Transformación) como en consumo (nodos de disputabilidad, URE).

### II.2.2. El equipo encargado de la formulación de la política energética

Tal como ya se ha planteado, **la propuesta inicial debe surgir del ámbito público** y debe ser liderada por el ente del Poder Ejecutivo responsable de la coordinación de las actividades en el sector energético.

Sin embargo, dado el carácter multidimensional del sistema energético es fundamental la presencia de otros entes del ámbito público responsables de otras áreas de gobierno con mayor interacción con el sistema energético.

Normalmente esos otros entes corresponden a las áreas de: Empresas Energéticas Públicas, Economía y Finanzas, Minería, Transporte, Agro-Forestal, Asistencia Social, Educación, Ciencia y Tecnología, Medio Ambiente, Autoridades Públicas Regionales, Representantes del Congreso, etc.

Sin embargo, teniendo en cuenta que lo aconsejable para la formulación de la propuesta es realizar una reunión-seminario donde se presente el diagnóstico, indicando las principales “situaciones problema” que debe afrontar la intervención política y luego se realice una serie de sesiones participativas de los representantes de las entidades previamente mencionadas, el número de actores presentes tiene que ser necesariamente limitado. También es recomendable que las sesiones participativas se realicen por medio de la técnica de visualización de modo tal que al cabo de la reunión-seminario se pueda disponer de una propuesta de política energética acordada.

Considerando las características de procedimiento propuesto resulta conveniente que los actores presentes en la reunión-seminario participen únicamente actores que privilegien el interés general de la comunidad por sobre las consideraciones particulares.

<sup>14</sup> OLADE ha desarrollado una Guía Práctica sobre Políticas Energéticas (2015). Se recomienda consultar con el material específico para ahondar en detalles sobre los procedimientos para la formulación y seguimiento de políticas energéticas.

<sup>15</sup> El tema de los escenarios es tratado en el Capítulo V de este Manual y los enfoques, técnicas y modelos de prospectiva se analizan en los Capítulos VI y VII.

Como se mostrará más adelante, luego de haber completado la formulación de la propuesta con todos sus elementos, la construcción de viabilidad requerirá someterla a la consideración del conjunto de la sociedad representada por un conjunto amplio de actores sociales relevantes. Esta etapa de socialización intentará la búsqueda del consenso social sobre la propuesta planteada

Pero, en principio, **la búsqueda de consenso para la propuesta debe iniciarse en primer lugar dentro del ámbito público**. El proceso descrito parte del reconocimiento que el aparato de Estado no se puede concebir como un actor indiferenciado internamente. Usualmente suelen existir contradicciones internas que deben superarse antes de ir a buscar el consenso social sobre la propuesta.

### II.2.3. Enfoque para la formulación de la política energética. La situación de partida y la imagen objetivo

En la Figura II.2 se muestra de modo esquemático el enfoque planteado para la formulación de la política energética. Tal como se observa, la primera tarea es caracterizar la *situación de actual*, que es el punto de partida de la formulación de la política energética, caracterizada por el conjunto de “situaciones problema” identificadas y contenidas en el diagnóstico.

En el otro extremo del diagrama se ubica la **situación deseada** que representa la imagen objetivo, es decir la situación que se pretende alcanzar por medio de la intervención política. Esa situación representa los **objetivos** de la política, que constituyen la contraposición en sentido positivo de los problemas (que indican una situación negativa para el sistema energético).

Tanto para la identificación de las “situaciones problema” como para la definición de la situación deseada es necesario partir de una **Visión**. La trayectoria que se inicia en la situación actual y recorre los puntos  $P_1, P_2, \dots, P_n$  hasta alcanzar la imagen objetivo representa la Estrategia o las **Líneas Estratégicas** que indican el **cómo actuar** para transitar desde la situación actual hasta alcanzar la situación objetivo.

Esa trayectoria puede insumir un lapso de tiempo que normalmente excede uno o más periodos de gobierno. Es en este sentido que se dicho que la política energética es una **Política de Estado**.

Sin embargo, eso no implica que no se puedan establecer logros para el corto-mediano plazo, propios de un período de gobierno. Para ello, pueden especificarse **Metas**, asociadas a cada objetivo específico. Las metas siempre tiene que especificarse en términos cuantitativos: una fecha o un cierto nivel de cumplimiento del objetivo considerado.

Pero es importante que las acciones de corto plazo mantengan la trayectoria especificada por las líneas estratégicas identificadas.

Además, **la elección de las líneas estrategias para cada objetivo** tiene que tomar en cuenta las condiciones de contorno, que se muestran en el diagrama, ya sean estas condiciones de borde orden externo o interno. Aquí por el calificativo de “externo” o “interno” se alude al hecho “fuera” o “dentro” del alcance de acción de decisor de política.

Las condiciones de contorno de orden externo pueden ser a su vez del plano internacional o del nivel nacional y pueden constituir **amenazas** u **oportunidades**.

Ejemplos de **amenazas** pueden ser los siguientes: los altos precios de petróleo y sus derivados y su volatilidad para los países importadores de hidrocarburos (por lo que se refiere al contexto internacional) o las restricciones presupuestarias impuestas por el Ministerio de Hacienda (en lo atinente al contexto nacional).

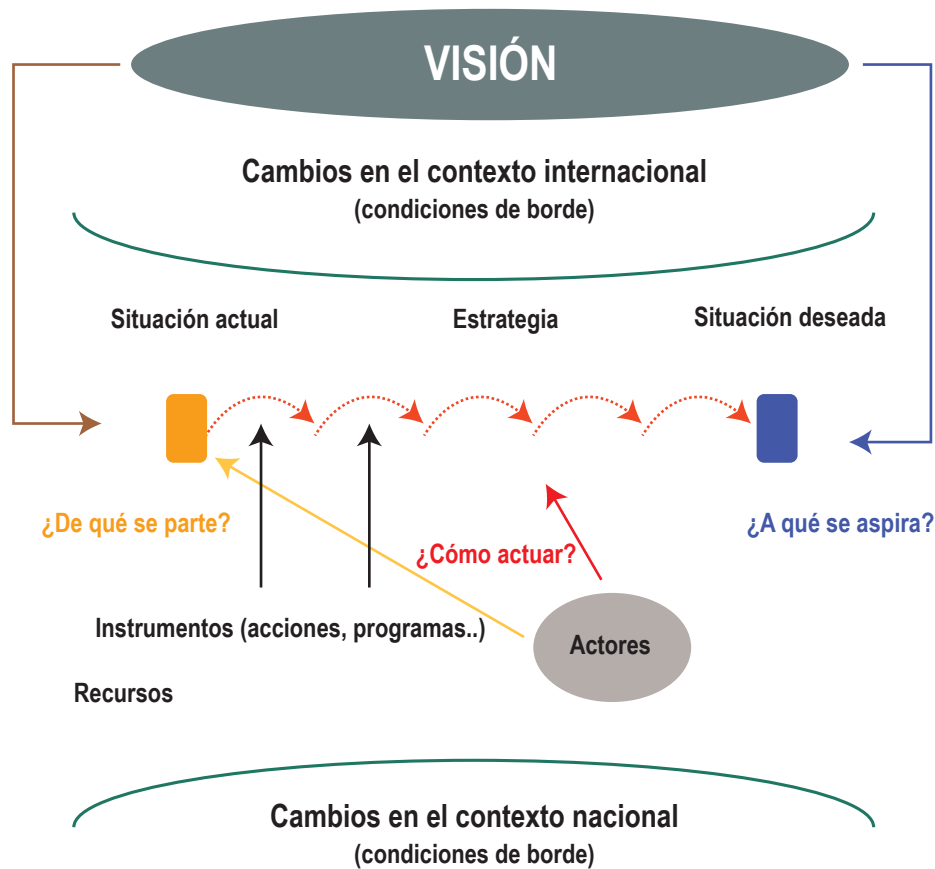
Ejemplos para las **oportunidades** podrían ser la posibilidad de recurrir a la cooperación internacional para impulsar el uso de energías renovables (por lo que se refiere al contexto externo) y la disponibilidad de potenciales eólicos para la generación de energía eléctrica (en lo que se refiere al contexto nacional).

Las condiciones internas al sistema energético son aquellas que pueden ser modificadas desde el ámbito de decisión de las autoridades del sector y constituyen **debilidades** o **fortalezas** para el logro de los objetivos específicos que se propone la política

Un ejemplo de **debilidades** puede ser la presencia en eslabones cruciales de las cadenas hidrocarburíferas de actores extranacionales con racionalidades no coincidentes con los objetivos nacionales.

Un ejemplo de **fortaleza** es la de disponer de unidades empresarias de carácter público en las principales cadenas energéticas

Figura II.2: Presentación esquemática del proceso de formulación de políticas



Fuente: CEPAL/OLADE/GTZ, 2003.

#### II.2.4. Los objetivos, estrategias e instrumentos de la política energética

La consideración de las condiciones de contexto para la selección de las líneas para cada objetivo constituye un primer paso en la construcción de la viabilidad para la propuesta de política.

En efecto, tal como se indica en la Figura II.3 la confrontación de Amenazas y Debilidades conduce a la selección de *estrategias de supervivencia*; este es el cuadrante de mayor debilidad que enfrenta la intervención política. Por contraposición, en el cuadrante de confrontación de Fortalezas y Oportunidades se presentan las líneas estratégicas que suponen condiciones de poder más favorables, se trata entonces de estrategias ofensivas. En los cuadrantes restantes se ubican las estrategias defensivas (Amenazas versus Fortalezas) y estrategias adaptativas (Debilidades versus Oportunidades).

La reunión-seminario de la técnica denominada DAFO o FODA es empleada para la selección de las estrategias vinculadas con cada objetivo específico.

Figura II.3: Matriz de identificación de líneas estratégicas

Objetivo Específico		Condiciones internas			
		Debilidades		Fortalezas	
Condiciones externas	Amenazas	LE s		LE d	
	Oportunidades	LE a		LE o	

Fuente: Elaboración propia.

Las líneas estratégicas adquieren operatividad a partir de la definición de **Instrumentos**, vinculados con cada objetivo específico. En la Figura II.4 se presenta la matriz de definición de instrumentos relativos a cada objetivo específico.

En la lógica de la construcción de dicha matriz es que una línea estratégica puede ser propuesta para más de un objetivo y, por tanto, lo mismo habrá de ocurrir con los instrumentos que se emplearán para darle operatividad.

Figura II.4: Matriz de identificación de instrumentos

	Objetivo específico 1	Objetivo específico 2	.....	Objetivo específico n
Líneas estratégica 1				
Líneas estratégica 2	<b>Instrumentos</b>			
...				
Líneas estratégica m				

Fuente: Elaboración propia.

La naturaleza de los instrumentos propuestos puede ser diferente; a continuación se realiza una presentación sucinta de los distintos tipos.

#### a) Instrumentos de política que establecen estructuras

Son aquellos que se relacionan con la organización productiva e institucional de las diferentes cadenas productivas.

- Por lo que se refiere a la organización productiva se trata básicamente de las acciones que tienden a determinar el tamaño y número de las unidades productivas que conforman los diferentes eslabones de las cadenas productivas y su grado de integración vertical y horizontal.
- Generalmente los cambios en el plano productivo van acompañados de modificaciones en la organización institucional y los principios regulatorios, incluyendo en esos dos planos el rol del Estado en el sector.

#### Aspectos vinculados con la Organización Institucional

- Forma jurídica y grado de autonomía de las unidades empresarias (empresas públicas).
- Naturaleza de propiedad de los activos de dichas unidades empresarias (pública, privada, mixta).
- Organización de los mercados.
- Grado de descentralización jurisdiccional (gestión empresarial y/o control).
- Naturaleza de las entidades regulatorias (para funciones de regulación, de fiscalización y operativas)

#### b) Instrumentos que intervienen en el funcionamiento

- De intervención directa (Decisiones de Inversión a través de las empresas públicas, Penalidades por incumplimiento de contratos, etc.).
- Inductivos o de fomento (tienden a incidir sobre la racionalidad de los actores que operan directamente en el sistema; Impuestos y subsidios, Regalías, etc.).
- Compromisos y normas negociadas (establecimiento de compromisos específicos con algunos actores del sistema o normas regulatorias particulares negociadas con ellos)

Los cambios de situación que han provocado los procesos de reestructuración energética en lo que se refiere a la formulación de políticas en ese ámbito afectan fundamentalmente al plano de los instrumentos disponibles para alcanzar los objetivos planteados.

De acuerdo con las orientaciones predominantes en los procesos de reforma, el Estado ya no tiene a su cargo las funciones empresarias y el control directo sobre las actividades del sector.

Una vez plasmada la nueva estructura de la organización productiva e institucional y los marcos regulatorios fundamentales del sistema, los instrumentos de intervención que le quedan al Estado son de carácter fundamentalmente indirecto.

Esto no significa que no tenga la posibilidad de emplear medidas dispositivas o de acción directa en cierto ámbitos; lo que se pretende expresar es que la mayor parte de los instrumentos habrá de estar basada en promocionar o desestimular ciertos tipos de conductas por medio de beneficios o costos de carácter económico.

Pero, las nuevas situaciones imperantes en los sistemas de abastecimiento energético de los países de la región se caracterizan por una multiplicidad creciente de actores privados (nacionales o extranacionales) y públicos (jurídicamente desincorporados) cuya racionalidad en la formulación de las decisiones no habrá de coincidir necesariamente con las orientaciones implícita o explícitamente planteadas en los objetivos de la política energética, planteándose por tanto una serie de contradicciones y/o conflictos con relación a los instrumentos utilizados para el logro de las metas correspondientes.

#### II.2.5. La construcción de viabilidad de la política, el rol de los actores y la etapa de socialización de la propuesta

La construcción de la propuesta de política implica la consideración de la reacción de los actores relevantes con relación a cada línea estratégico-instrumento propuestos. Es por ello que durante la reunión-seminario se analicen las reacciones potenciales de los principales actores sociales relevantes. Corresponde aclarar que no se trata de la reacción real de los mencionados actores sino de las reacciones previstas en función de sus intereses.

En la Figura II.5 se presenta la matriz de reacción, que es de carácter cualitativo cuyas celdas contendrán la postura de los actores sociales relevantes, es decir que las celdas contendrán las siguientes reacciones A (aprobación), AC (aprobación condicional), R (rechazo), I (indiferencia).

Si se tuviera una Matriz con predominio de celdas con R (rechazo) para alguna columna, eso complicaría la viabilidad del uso del instrumento considerado. Si esto se verificara en la etapa de socialización el ente responsable de la formulación de la propuesta de política podrá optar entre aceptar la eliminación de ese instrumento de la propuesta o insistir en su mantenimiento con el costo político que ello implicaría.

Figura II.5: Matriz de reacción

	Objetivo específico de política energética								
	Instrumento 1		Instrumento 2		Instrumento 3		.....	Instrumento n	
Actor 1							.....		
Actor 2							.....		
Actor 3							.....		
.....	.....		.....		.....		.....		
Actor s							.....		

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en la Figura II.5 el desarrollo completo de la propuesta supone definir los instrumentos especificados por medio de las acciones consistentes en programas o proyectos y es precisamente con relación a estas acciones concretas que los actores sociales en general van a ver afectados sus intereses.

Entonces es con esta propuesta completa que el equipo de formulación de la política energética debe convocar un conjunto amplio de los actores sociales y someter a su consideración la mencionada propuesta y tomar nota de sus sugerencias de cambio tratando de buscar al consenso social para la propuesta.

### II.3. El proceso de planificación energética

#### II.3.1. La planificación como herramienta de la política energética

Tal como se ha expresado la planificación energética debe ser concebida como una herramienta fundamental de la política energética, ya que en esta última donde se establece la *visión* para establecer la *agenda energética*, los objetivos y los lineamientos estratégicos que debe seguir el proceso de planificación.

Por tanto el rol de la planificación es concretar, dar operatividad de modo coherente a los lineamientos establecidos dentro de la política energética. Por supuesto, tal como se señala al presentar el contenido del diagnóstico para el proceso de planificación energética, el análisis del sistema energético que se requiere para la planificación tendrá que ser mucho más amplio y detallado, tanto a nivel global como en el plano subsectorial.

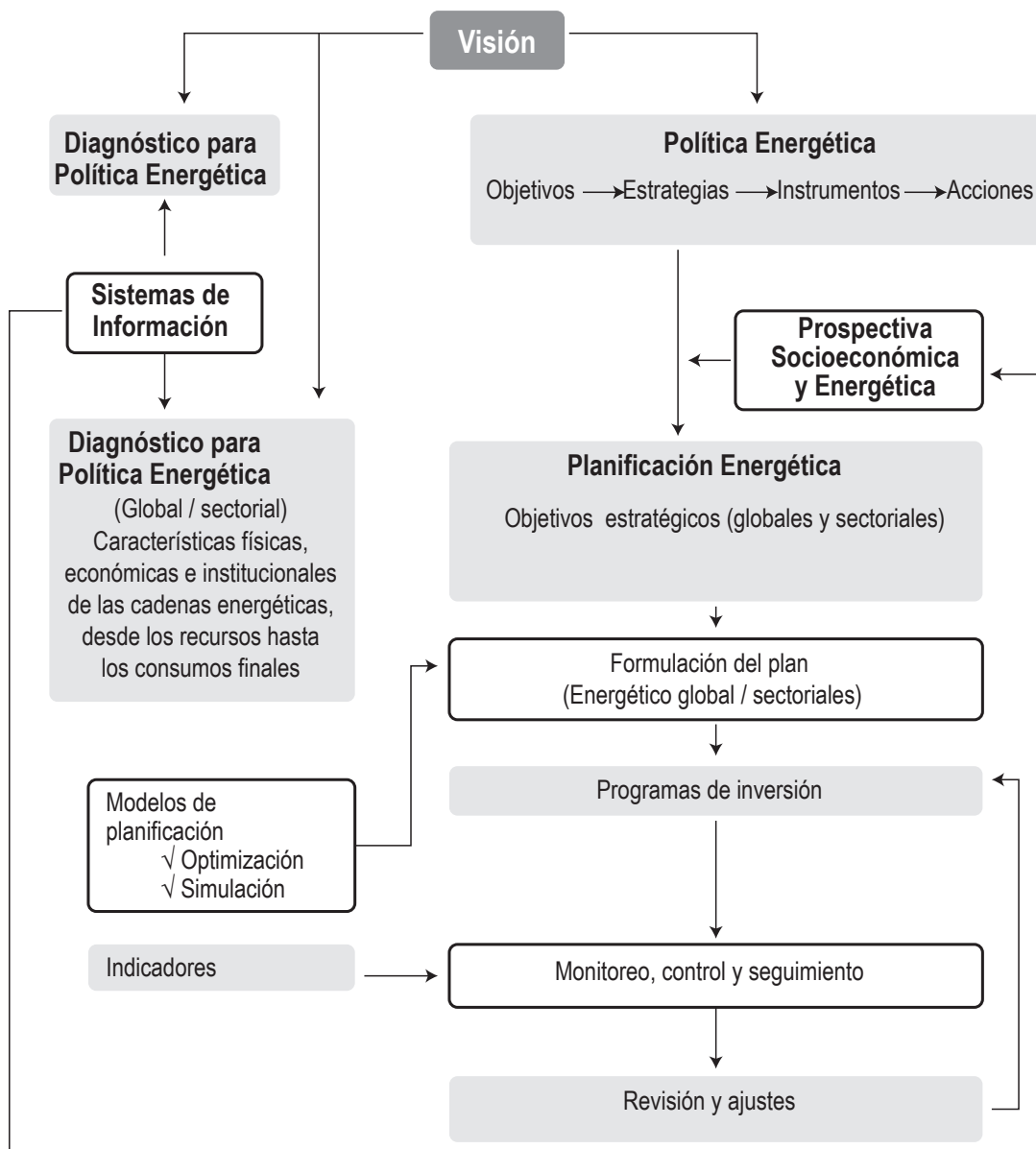
A nivel subsectorial debe examinarse la estructura de todas las cadenas productivas que integran el sistema energético, considerando la organización institucional y productiva de los diferentes eslabones que las conforman, los actores que se desenvuelven en cada eslabón y las características de su racionalidad y también estructura de los mercados.

También requerirá un detalle de la infraestructura y sus características técnicas y una evaluación cuantitativa de los recursos humanos y naturales requeridos para la operación del subsistema que constituye cada cadena productiva.

Asimismo se deberá considerar y/o proponer las alternativas de expansión requerida en la infraestructura constitutiva los eslabones de las cadena productivas, las inversiones correspondiente, la evaluación económica preliminar de los proyectos y el tiempo requerido para su ejecución.

El esquema siguiente sintetiza la vinculación de la Planificación Energética con la Política Energética y establece la secuencia y articulación de las diferentes etapas y actividades en la planificación.

Figura II.6: Etapas de la planificación energética y su vinculación con las herramientas para modelación energética



Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda del mayor consenso posible para las acciones previstas en el plan resulta de vital importancia para la viabilidad del plan. La búsqueda de tal consenso debe comenzar en el momento mismo de su formulación. En efecto, aunque el proceso debe estar liderado por el ente del Poder Ejecutivo responsable de la coordinación del sector energético, dado el carácter multidimensional de la energía, el equipo encargado de la definición de los lineamientos del plan energético deberá estar integrado por otros entes del ámbito público responsables de otras áreas de gobierno con mayor interacción con el sistema energético.

La misma debe iniciarse en primer lugar dentro del ámbito público. No se puede suponer que el Estado es un actor homogéneo ya que las visiones y propósitos de cada área pueden diferir e incluso ser contradictorias. En consecuencia es muy importante que la construcción de viabilidad política de la propuesta de lineamientos estratégicos para el plan se inicie al interior del sector público.

También debe tomarse en cuenta que, aun antes de que tuviera lugar el acceso de actores privados a los diferentes eslabones de las cadenas productivas energéticas y que la presencia de empresas públicas era predominante en casi todos los países de la región de América Latina, con frecuencia la racionalidad en el manejo de tales empresas no resultaba totalmente coincidente con los objetivos propuestos por la planificación global del sector.

A partir de las reformas de las últimas dos décadas del siglo pasado el manejo del sistema se tornó mucho más complejo ya que las racionalidades de los actores privados no habrán de coincidir necesariamente con las finalidades globales que suelen plasmarse en el plan y lo más usual es que las mismas resulten divergentes.



En consecuencia la construcción de viabilidad de la planificación energética supone necesariamente tomar en cuenta los intereses de tales actores tratando de lograr el mayor acuerdo posible sobre las acciones incluidas en el plan.

### II.3.2. Las modalidades de la planificación energética y los diferentes contextos político-institucionales

En la sección 1.2 se presentó la evolución histórica y la vigencia de las modalidades las políticas públicas y de las concepciones de la planificación imperantes en cada período socio-histórico que tuvo lugar en los países de América Latina desde la segunda post-guerra.

Por lo que se refiere a la planificación se caracterizaron brevemente los rasgos esenciales de la “*planificación normativa*”, propuesta en las décadas de 1950 y 1960 por la CEPAL ; las críticas a ese enfoque y el desencanto sobre las posibilidades de la planificación década de 1970; el período de vigencia de la concepción neoliberal en que se negó la necesidad y la relevancia de la planificación y que se prolongó hasta principios del presente siglo, y por último el resurgir de necesidad y relevancia de la intervención por medio de las políticas públicas y la planificación.

Esta sección tiene el propósito de analizar y caracterizar las modalidades de planificación en términos conceptuales haciendo referencia a la aludida *planificación normativa*, a la *planificación indicativa* y por último a la *planificación estratégica*.

**Planificación normativa:** Enfoque de planificación donde se privilegian los aspectos económicos, siguiendo criterios tecnocráticos y que no presta atención a las cuestiones de viabilidad. En esencia, la atención está centrada en la coherencia entre los objetivos que se proponen en el plan y los instrumentos recomendados para ello. Confía plenamente sobre el poder y la capacidad del Estado (concebido como un actor internamente homogéneo) para la concreción del sistema planificado. En resumen, se refiere a la formulación de un *plan libro* técnicamente eficiente.

**Planificación Indicativa:** Se trata de la formulación de un plan que representa, tanto a nivel sectorial global como en el plano subsectorial, en sus aspectos físicos y económicos (producción, inversiones), la evolución deseada del sistema energético desde la perspectiva de la entidad encargada de la planificación. Sin embargo, la ejecución de planteadas en el plan queda a cargo de los actores descentralizados del sistema del sistema, sean ellos de carácter público o privado.

Se refiere a una *planificación orientativa* para los actores descentralizados. Esta modalidad tuvo vigencia en varios países de la región latinoamericana con posterioridad a las reformas implementadas en la última década del siglo pasado y, en el extremo, se reduce a la simple *prospectiva* del sistema energético.

La principal dificultad de este enfoque de planificación es que confía en que las señales económicas de los mercados (precios y expectativas de beneficio y otros incentivos económicos) resultan suficientes para inducir a los actores e ejecutar las acciones de producción y/o inversión planteadas en el plan. Sin embargo, si esas acciones no se concretan, o no se realizan en tiempo y forma, puede comprometer seriamente la seguridad del abastecimiento energético, uno de los objetivos más importantes de la planificación energética.

En función de estas dificultades, se requiere un permanente control y seguimiento de modo tal de corregir sus deficiencias y modificar el sistema de incentivos previamente planteados.

**Planificación estratégica:** A diferencia de las modalidades anteriores de planificación, este enfoque incluye mecanismos para ir construyendo la viabilidad política del plan siendo sus *estrategias y acciones de carácter vinculante* en el sentido de su implementación y ejecución se verifique de modo efectivo. Para ello se establece la actividad subsidiaria del Estado planificador que supone mecanismos concretos para su implementación de manera directa o a través de actores de carácter público existentes o creados a tal efecto.

La adopción de esta modalidad de planificación presupone la disponibilidad de recursos humanos de alta calificación, de medios materiales para poner en marcha la función supletoria o subsidiaria que debe desempeñar la entidad estatal de planificación y de una organización institucional que controle la ejecución de las acciones previstas en el plan y eventualmente introduzca los cambios necesarios en función de los cambios de contexto y/las reacciones no previstas de los actores sociales involucrados en el sistema.

La planificación desde esta concepción debe ser una herramienta para pensar y diseñar una trayectoria de futuro para el sistema energético en condiciones de poder compartido. Si bien debe incorporar elementos de las modalidades de planificación previamente caracterizadas, en el sentido de la correspondencia entre objetivos e instrumentos, debe superar esos enfoques incorporando la complejidad de los aspectos socio-políticos que afectan de manera decisiva al proceso de planificación.

En las actuales circunstancias socio-históricas, no sería viable pensar que la planificación se proponga sustituir completamente las decisiones descentralizadas de los actores sociales o a los mecanismos de mercado. Por el contrario debe partir del reconocimiento del comportamiento de dichos actores y proponer estrategias e instrumentos que complementen y corrijan los efectos no deseados que se deriven de la asignación de recursos que puedan resultar del funcionamiento de los mercados.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> “...la planificación no se opone al mercado sino que lo complementa y corrige en sus deficiencias más protuberantes. Naturalmente, asumo que la planificación opera con inteligencia y tacto, sin desmesura ni torpeza, lo que no ocurre siempre con la planificación tradicional. Todo esto quiere decir que, aun en el limitado ámbito económico la planificación es necesaria; yo diría indispensable.” Franco Huertas B., “PLANIFICAR PARA GOBERNAR: EL MÉTODO PES.

Es por ello que la planificación estratégica requiere de la formulación de escenarios donde se planteen diferentes situaciones de futuros posibles y evalúe, en función de ellos, estrategias o trayectorias conducentes para el logro de los objetivos planteados, reconociendo al mismo tiempo la potencial reacción de los actores sociales. Tal como expresa Carlos Matus, la planificación debe concebirse como “(...) *la mano visible que explora posibilidades donde la mano invisible es incompetente o no existe.*” (Franco Huertas B., 2006).

La prospectiva sobre las situaciones futuras y requiere formular planes que preparen para ellos, anticipando problemas, debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas.

Como instrumento de la política energética la planificación se materializa a través de distintas herramientas de conducción estratégica, que permite apoyar la toma de decisiones de la autoridad política en torno al quehacer presente y a las acciones futuras, frente a los cambios y demandas del entorno y para alcanzar los objetivos de la política energética.

Consiste en un ejercicio de formulación y establecimiento de objetivos de carácter prioritario, cuya característica principal es el establecimiento de los cursos de acción (estrategias) para alcanzar dichos objetivos. Desde esta perspectiva la planificación energética es un instrumento clave para la toma de decisiones de las instituciones públicas y actores energéticos.

A partir de un diagnóstico de la situación energética, la planificación establece cuales son las acciones que se tomarán para llegar a un futuro deseado, el cual puede estar referido al mediano o largo plazo.

Así, el proceso de la planificación energética es una tarea multidisciplinaria que en los países de mayor estructura organizativa se configura como una tarea interinstitucional, como una red de construcción interrelacionada con nodos especializados en los distintos temas que, en adecuada combinación, permite arribar a hipótesis y conclusiones robustas sobre una cuestión compleja y diseminada como es la energética.

La evolución de los sistemas energéticos involucra decisiones que, en muchos casos, tienen un prolongado periodo de gestación y ejecución y que involucran cuantiosos recursos técnicos y económicos. En ese contexto, la planificación supone determinar, con el empleo de las herramientas adecuadas, los cursos o senderos probables de la evolución futura del sistema y con ello, proporcionar a los actores intervinientes y decisores sectoriales, los mejores elementos de juicio para definir las políticas públicas sectoriales.

### II.3.3. El diagnóstico para la planificación energética. Los niveles de carácter global y sectorial

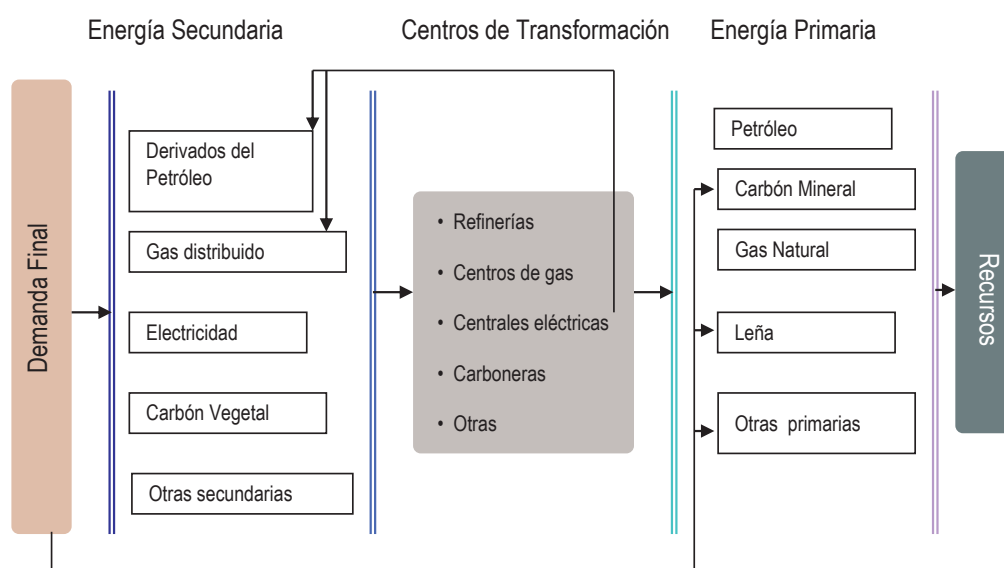
El análisis de las condiciones del plano internacional resulta relevante para el proceso de planificación energética. Dentro de las condiciones del contexto internacional importa incluir un análisis de la situación energética mundial y regional, especialmente en aquellos aspectos inciden sobre la situación y evolución del sistema energético nacional. Este análisis resulta relevante la formulación, implementación y evaluación de la planificación energética.

A nivel nacional, el diagnóstico involucra un análisis integral del sector energético, conformado por una serie de análisis parciales, sobre sus cadenas productivas energéticas, interrelaciones en los diferentes niveles (*upstream*, centro de transformación y consumo final). Entre ellos:

- *Demanda energética, sus componentes, tasas de crecimiento, dispersión geográfica y logística de abastecimiento. Evolución histórica.*
- *Disponibilidad de recursos. Reservas carbón e hidrocarburos, potenciales hidráulico, solar, eólico, volcánico, mareomotriz, etc.*
- *Disponibilidad de reservas, convencionales y no convencionales. Son aquellos recursos que han sido adecuadamente cuantificados y evaluados técnica y económicamente en su factibilidad de explotación.*
- *Oferta energética, sus fuentes (locales o externas), recursos, reservas, producción, afectación ambiental y logística de suministro. Evolución histórica.*
- *Tecnologías empleadas y potencialidad de acceso a nuevas tecnologías y a fuentes modernas de energía y servicios energéticos.*
- *Precios, impuestos y subsidios, impacto sobre las cuentas fiscales.*

- *Contribución económica del sector energético al PBI y al empleo; efectos sobre el balance comercial y de pagos*
- *Nivel de eficiencia comparada de los costos energéticos del país y sus regiones y, si es relevante, respecto de otros países.*
- *Balance energético. Caracterización la oferta energética del país como excedentaria, deficitaria o equilibrada con relación a la demanda interna. Evolución histórica.*
- *Cobertura y accesibilidad energética en lo geográfico y social.*
- *Impacto sobre el ambiente natural y el cambio climático (abastecimiento y consumo).*
- *Caracterización general y por subsector de los ejes de gobernanza que corresponde aplicar tanto a la operación como a la expansión.*

**Figura II.7: Esquema del diagnóstico para planificación**



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se ilustra en el esquema de la Figura II.6, el proceso de planificación energética el análisis debe recorrer un camino inverso al de los flujos de energía, partiendo de la demanda final, tanto de energía primaria como secundaria, pasando por los centros de transformación y las demandas de energía primaria que los alimentan, hasta llegar a la evaluación y cuantificación de los recursos disponibles en el país.

Por supuesto, en el análisis se requieren ciertas iteraciones, en la medida que algunos centros de transformación suponen el uso de energías secundarias.

El caso más notable es el de las centrales eléctricas que pueden requerir derivados del petróleo (fuel oil, diesel oil, etc.) y gas distribuido.

Entre las distintas cadenas que integran el sistema energético de los países, la cadena eléctrica es la que presenta la mayor complejidad, debido a que la electricidad es una fuente no almacenable que debe ser abastecida instantáneamente al presentarse la demanda, posee abundantes vínculos con las otras cadenas energéticas, se asocian a ella múltiples tecnologías y la electricidad es empleada por la totalidad de los sectores de consumo final y, en alguno de ellos, sería capaz de abastecer casi todos los servicios energéticos.

De este análisis de diagnóstico se deriva la **identificación de las fortalezas y los elementos críticos** del sistema energético nacional.

## II.4. Análisis subsectorial y global

La situación del sector energético se analiza por sus componentes subsectoriales, esto es todas las cadenas productivas energéticas que sean relevantes, y las actividades que conforman cada una de ellas, conforme a la realidad de cada país.

Además de lo indicado hay otras cuestiones que el diagnóstico debe incorporar. Se trata de los aspectos institucionales que caracterizan al sistema energético del país tanto a nivel global como a las distintas cadenas productivas o subsectores. Se está aludiendo a cuestiones tales como:

- ✓ Actores encargados de la planificación y coordinación de la operación.
- ✓ Agencias y entidades regulatorias.
- ✓ Tipo de actores presentes en las diferentes cadenas productivas: empresas públicas y actores privados.
- ✓ Estructura de los mercados

Puesto que existen en América Latina y El Caribe características energéticas disímiles entre los países, tanto en su organización e institucionalidad, como en lo que se refiere a su citación de excedencia o deficiencia de recursos, es necesario adaptar este esquema general a las características de cada país.

Todos los países enfrentan **demandas energéticas** a satisfacer, que en la medida en que son abastecidas por medio de la infraestructura y recursos de determinados subsectores, corresponde incluirlas en ellos.

Con sentido vertical, el análisis subsectorial describirá cómo se satisfacen las demandas energéticas con oferta local a partir de recursos locales o importados, si la oferta local genera saldos exportables, la relación entre demandas y reservas y de las demandas con la importación/exportación, la magnitud relativa de los recursos y demás información relevante para la configuración del diagnóstico, tales como la existencia y características de los proyectos de expansión de la capacidad planeados para el corto plazo o en ejecución y las inversiones involucradas.

**Figura II.8: Esquema de matriz subsectorial de diagnóstico**

ESQUEMA DE MATRIZ DE DIAGNÓSTICO SECTORIAL									
Actividad	Sbs. Eléctrico	Subs. Hidrocarburos		Subs. Carbón	Subs. Biomasa	Otras Fuentes		Otras	GLOBAL
		Petróleo	Gas			Eólico	Volcanífero		
Demanda									
Recursos									
Reservas									
Oferta									
Precios									
Producto /año									
Impo/Expo									
Proyectos									
Inversiones									
Gobernanza									

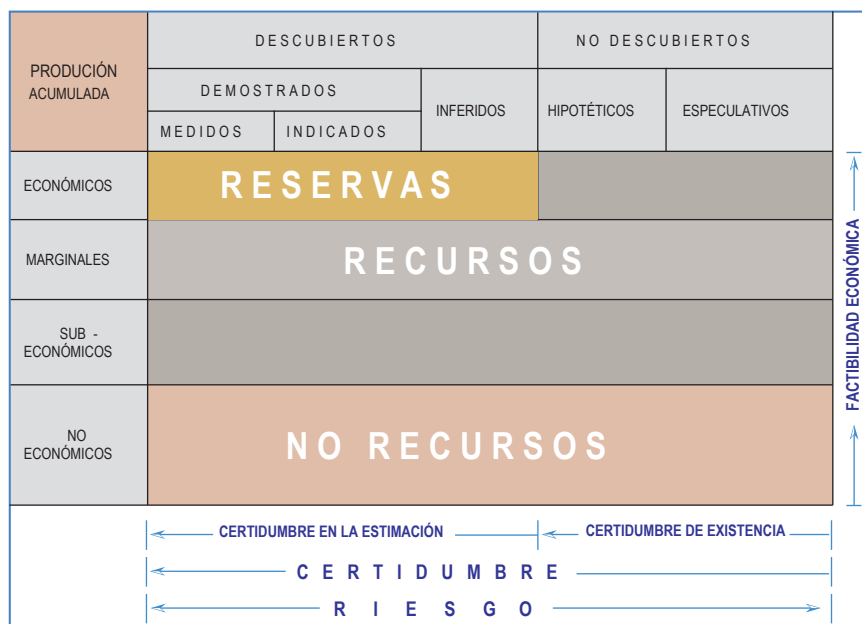
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la oferta, la complejidad e importancia relativa de los subsectores energéticos en un país, hará aconsejable la apertura del mismo en sus componentes para un tratamiento analítico homogéneo, más preciso y detallado.

En el caso de los hidrocarburos, los análisis habituales tratan el petróleo y sus derivados por separado del gas natural y derivados. Asimismo y paralelamente, también diferencian el análisis de los recursos, reservas, exploración y explotación (*upstream*) de las etapas de refinación, distribución y comercialización (*downstream*), cuyas operaciones y lógica técnico – empresarial son distintas (Figura II.10).

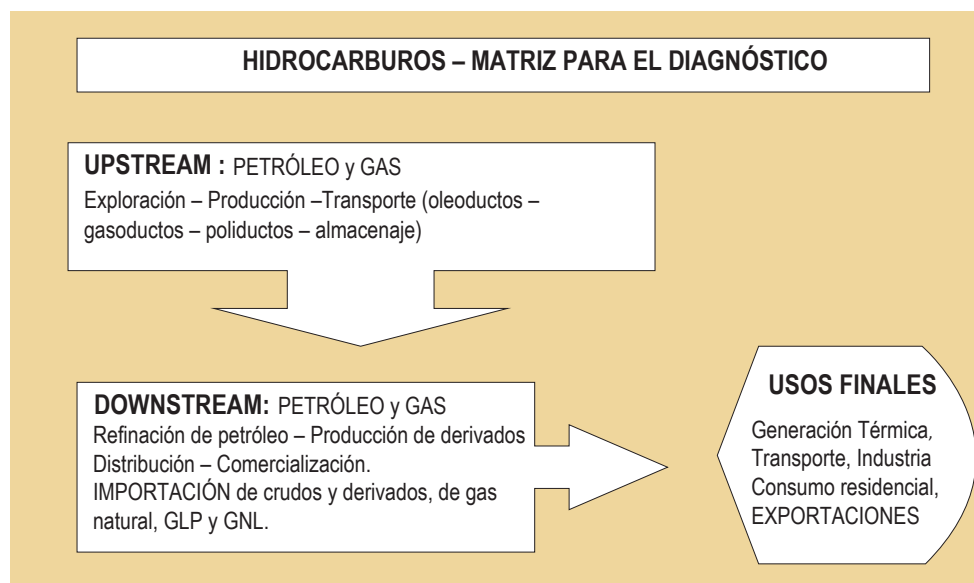
Para el diagnóstico en el *upstream* hidrocarburífero, en aquellos países que cuentan con el recurso en de suma importancia incluir un análisis con relación a las características que presenta el recurso. Para ello puede recurrirse a la Matriz de McKelvey (Figura II.9).

**Figura II.9: Análisis de los recursos hidrocarburíferos: Matriz de McKelvey**



Fuente: Elaboración propia a partir de McKelvey.

**Figura II.10: Esquema del diagnóstico de hidrocarburos**



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la electricidad (Figura II.11), la oferta de generación corresponde habitualmente estudiarla en sus distintos componentes de tecnologías y combustibles. Así, se habla habitualmente de la información y los análisis para la generación hidráulica (de capacidad mayor, media o minihidros<sup>17</sup>; con o sin reservorios; de bombeo), para la generación térmica (nuclear o convencional de distintas tecnologías y módulos), para la generación con recursos renovables (eólica, solar, volcánica, mareomotriz, biomasa) y también paralelamente para los distintos combustibles (carbón, gas natural, GNC, GLP, fuel oil, diesel oil, biocombustibles, etc.).

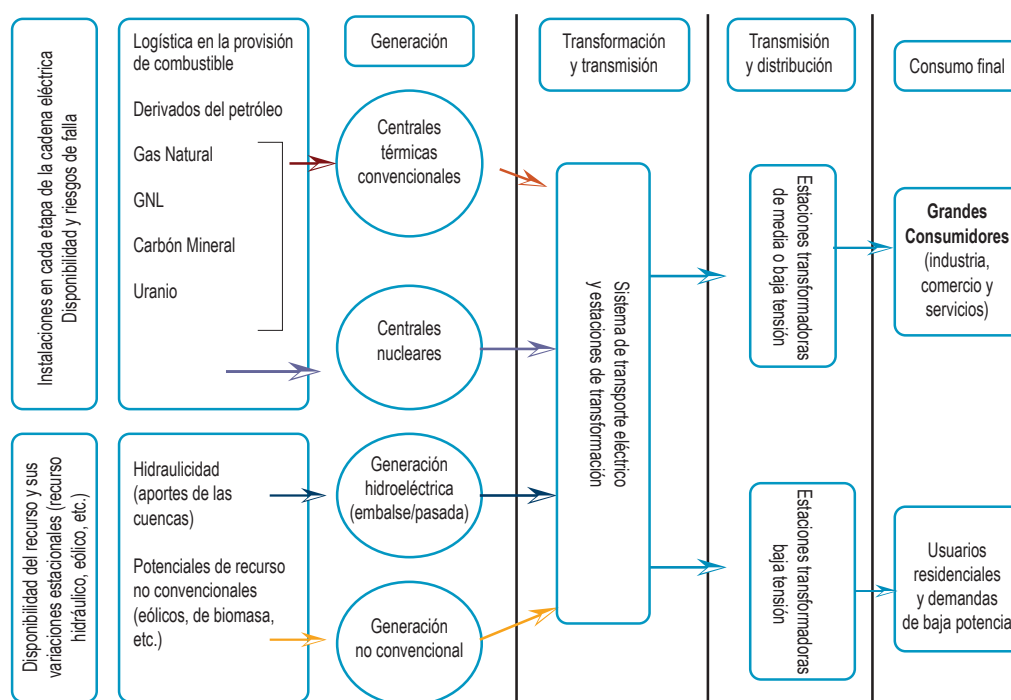
El flujo productivo energético presenta un vínculo clave, que todo diagnóstico ha de considerar, entre el subsector carbonífero e hidrocarburífero (gas y combustibles líquidos) con el subsector eléctrico en cuanto al abastecimiento de combustibles para la generación térmica (TV, TG, CC y motores diesel).

<sup>17</sup> En algunos países – por caso Argentina – se considera a la minihidro como integrante de la categoría de generación con recursos renovables, en tanto que las hidráulicas mayores, si bien al recurso hídrico que utilizan se lo considera naturalmente renovable, se las clasifica dentro de la categoría de generación tradicional.

Un aspecto clave del análisis de la Oferta lo constituye también la logística que comprende toda la capacidad emergente de las instalaciones disponibles para el transporte, la transformación y distribución de los energéticos, ya sea energía primaria o secundaria, hasta su utilización final. Ésta logística, en algunos sistemas energéticos alcanza altos niveles de complejidad y consignar su confiabilidad operativa no debe despreciarse al momento diagnosticar la capacidad disponible, que es la que cuenta para contabilizar la oferta<sup>18</sup>.

En tal sentido, cabe interpretar la matriz de diagnóstico subsectorial esquemática graficada más arriba como meramente indicativa de un análisis similar pero más detallado y abarcador que convendrá realizar para cada subsector y aún para cada segmento tecnológico si la envergadura y complejidad así lo aconsejan.

**Figura II.11: Esquema del Diagnóstico de Electricidad**



Fuente: Elaboración propia.

El resultado indicará la caracterización de cada subsector y la identificación de las “situaciones problema” que el mismo enfrente, permitiendo asimismo, estimar los proyectos en desarrollo y la cuantía de los recursos económicos involucrados o a asignar, según las políticas establecidas y las estrategias a propiciar a partir del diagnóstico alcanzado.

La integración de los subsectores, tomando en cuenta las interrelaciones que se dan en la cadena productiva entre ellos, permitirá conformar un diagnóstico global, como la sumatoria económica del sector energético del país y reflejará las fortalezas y elementos críticos del sector energético.

El carácter estructural y las fortalezas y elementos críticos, permitirán delinear la Política Energética de un país, estableciendo los Objetivos consecuentes con sus correspondientes metas cuali-cuantitativas y las estrategias para lograrlos.

La secuencia se completa con la interrelación del Diagnóstico con los Objetivos de la Política Energética, en cuanto en muchas oportunidades estos objetivos están prefijados en los países – explícita o implícitamente – y preceden al análisis de diagnóstico.

De acuerdo a la naturaleza de los Objetivos Estratégicos y Específicos de la Política Energética se definiría la Agenda Energética.

#### II.4.1. Impacto y gobernanza

Más allá del balance energético, interesan al diagnóstico los efectos e impactos del sector en lo económico, tecnológico – industrial, en lo social, ambiental y en la conformación institucional y legal – regulatoria de su gobernanza.

<sup>18</sup> Muchos países de América Latina y Caribe tienen suministros energéticos alejados de los puntos de producción o puertos de importación y almacenamiento, vinculados por sistemas de almacenamiento y redes o sistemas de transporte mayormente radiales y únicos, con pocas o nulas alternativas ante fallas o impedimentos eventuales.

El aspecto económico que integra el diagnóstico energético, a nivel global y subsectorial, es sumamente importante. El mismo incluye:

- El nivel de los precios unitarios promedio anual, expresado en la unidad monetaria oficial de planeamiento del país y alternativamente es recomendable expresarlo también en una moneda de comparación internacional (habitualmente dólares americanos o euros).
- El producido sectorial y subsectorial y su participación relativa en el producto interno total del país y en las economías regionales internas.
- El nivel comparado de los precios energéticos nacionales respecto de los demás países (especialmente en las actividades industriales) para verificar el impacto de la energía en la competitividad en esos rubros.
- La participación energética en la balanza comercial (exportaciones e importaciones) y en el balance de pagos externo del país.
- La contribución energética en el balance fiscal del país y de las regiones internas, cuando ello sea relevante; y la existencia e importancia de subsidios fiscales.
- La morfología y composición de los mercados, caracterizados por el nivel de competencia o de concentración (índice Hersfindall-Hirschman).
- La contribución energética al empleo y a las políticas poblacionales, sociales y ambientales, cuando el impacto positivo o negativo resulten relevantes y de interés.

Desde el punto de vista tecnológico-industrial, lo que comprende la capacidad del país para acceder al equipamiento e insumos necesarios para el sector energético, ya sea por producción local o por adquisición externa, comprende al análisis de los siguientes aspectos:

- La capacidad existente y potencial de las industrias y servicios tecnológicos que son proveedores del sector energético y de sus subsectores, con su correspondiente impacto económico, social y ambiental.
- La capacidad de innovación y de acceso a nuevas tecnologías para el incremento de la capacidad, la eficiencia y modernización del sector energético.

En lo relacionado con el impacto en lo social y ambiental del país, interesan en el análisis incluir los siguientes aspectos:

- El nivel de cobertura territorial y poblacional de los servicios energéticos, considerando el acceso a ellos de los distintos estratos que integran el complejo social.
- Efectos del sistema energético sobre el ambiente natural y cambio climático, en el abastecimiento y el consumo.
- Vulnerabilidad de los sistemas energéticos a las condiciones ambientales.

La gobernanza, que se corresponde con el sector energético y cada subsector, es también un elemento central del diagnóstico de cada país. Comprende la información sobre la estructura institucional, las reglas y normas que rigen para la operación y desarrollo de cada subsector y abarca los aspectos referidos a la participación pública/privada y de capitales extranjeros, de regulaciones sectoriales y subsectoriales, del medio ambiente y control de la competencia y regímenes aduaneros e impositivos en la medida que sean específicos de la actividad y se diferencien del resto de las actividades generales del país.

#### **II.4.2. Las herramientas de la planificación energética**

Entre las herramientas de la planificación energética se destacan las siguientes:

- Los sistemas de información económica y energética (ver Capítulo III).
- La prospectiva energética incluyendo las condiciones de contexto económico y social, tanto en el ámbito nacional como en el internacional (ver Capítulos IV y V).
- Los modelos utilizados para la planificación en el plano global energético y a nivel subsectorial (ver Capítulo VI).

#### **II.4.3. Las etapas de formulación, implementación, control y revisión**

La etapa de **formulación** se concreta en la determinación de la Agenda Energética derivada de la política energética que especifica los objetivos generales y específicos que tiene que desarrollar el proceso de planificación. En la Figura II.11 se ilustra la función de la conformación de la Agenda, su implementación en el marco del plan y las tareas posteriores.



Figura II.12: Agenda y aplicación de la planificación



Fuente: Elaboración propia.

En la definición de sus **objetivos de política energética**, los países reflejan la **misión y la visión** de sus políticas nacionales en lo social, económico y ambiental, en el marco de su idiosincrasia histórica y de su estrategia particular.

Cómo ya se mencionara las políticas energéticas, generales o transversales, constituyen globalmente una especificación particular de la política nacional de desarrollo, con impactos sobre el crecimiento económico, sobre la calidad de vida de la población y sobre el medio ambiente nacional.

En cuanto a objetivos los grandes ejes descansan en lo social, económico y ambiental, todos ellos de largo plazo pero implementados en acciones de corto y mediano plazo.

Los objetivos estratégicos nacionales generales que involucran aspectos sociales, económicos, geo-políticos u otros. Estos pueden ser tales como: el desarrollo de ciertos espacios territoriales o núcleos poblacionales, la promoción de determinadas actividades productivas, la protección ambiental territorial o de determinados recursos, la integración con otros países de la región y otros.

Estos objetivos nacionales de índole estructural, constituyen un elemento primordial como insumo de la planificación energética. Incidirán sustantivamente en los resultados de la planificación, en las estrategias y en la agenda energética consecuente y en su ulterior aplicación.

Los objetivos generales pueden caracterizarse como objetivos de largo plazo de carácter general, que involucran transformaciones estructurales sobre la situación presente. Responden a la determinación de las políticas sectoriales y pueden tener distintas prioridades, constituyendo la agenda de temas prioritarios para el desarrollo energético del país.

Tales **Objetivos generales** son las premisas genéricas que abarcan lo siguiente:

- La sustentabilidad social, política y ambiental de largo plazo del desarrollo energético, conforme la visión y fundamentos legales e institucionales del país.
- La sustentabilidad económica, mediante el empleo de una metodología que permita promover planes de expansión que minimicen, tanto los costos de inversión como los de operación de los sistemas.
- La sustentabilidad fiscal, en su incidencia sobre las finanzas y el sector externo del país.

Los objetivos específicos se derivan de los objetivos generales, desagregados y enfocados a los diferentes subsectores y vinculados con planes o programas de plazos más acotados y metas específicas a cumplir en horizontes definidos.

Estos objetivos se conforman y expresan habitualmente en objetivos más detallados, tales como:

- Equilibrar la estructura del consumo con la oferta energética disponible;
- Promover la eficiencia energética en todos los sectores consumidores, para mejorar la eficiencia económica;
- Promover las energías renovables, para reducir la dependencia y el consumo de combustibles fósiles y reducir emisiones contaminantes;
- Velar por un acceso adecuado a la energía para todos los sectores sociales;
- Esparcir territorialmente el alcance de los sistemas energéticos para cubrir zonas aisladas, menos favorecidas o de pobre cobertura;
- Mejorar la calidad energética para sustentar demandas productivas exigentes;
- Incrementar la eficiencia de la producción energética para lograr precios y tarifas de abastecimiento competitivos;
- Incrementar la interconexión e integración energética con países de la región;
- Instalar o ampliar la capacidad de refino y la logística de distribución para combustibles líquidos;
- Instalar o ampliar las instalaciones portuarias o de transporte de hidrocarburos o gas y las redes de transmisión eléctrica; etc.

Por lo tanto, según cada país, los objetivos estratégicos de la Política Energética podrán ser alguno de los mencionados u otros emergentes de sus características particulares.

Estos objetivos específicos pueden estar vinculados a metas cualitativas o cuantitativas a ser alcanzadas en determinados horizontes temporales, habitualmente coincidentes con los plazos de planificación. Tales metas han de establecerse a partir del Diagnóstico de la situación energética de los países, de los objetivos específicos a alcanzar y de las estrategias, medios e instrumentos de los que se da cuenta más adelante.

Las metas se establecen y se corresponden con los programas de acción que comprenden las **estrategias para su alcance**, lo que se desarrolla en el apartado siguiente.

La **aplicación** del Plan emergente de la planificación, también es una tarea estratégica. Esto puede ser muy variable, según la organización del país y de su sistema energético, pero básicamente debería responder a un esquema del siguiente tipo:

En primer lugar el diseño conceptual y práctico de los lineamientos y contenidos del plan, mediante:

- Formulación de una propuesta de política, que corresponde al ámbito público, entendida ésta como la aprobación, sanción oficial, comunicación y difusión de la planificación, otorgándole el carácter legal y regulatorio que corresponda en el país.
- Socialización de la propuesta política, mediante la participación de todos los actores sociales relevantes comprometidos o alcanzados por el plan.
- Interacción con los actores relevantes en procura del entendimiento del plan y de la asunción de los compromisos necesarios para asegurar los resultados deseados.
- A partir de ello, se puede considerar la política energética como validada, en la primera instancia de su implementación, sin perjuicio de las acciones ulteriores de evaluación y control del plan y de su carácter cíclico, lo que se trata más adelante.

En el **ámbito público**, la implementación del plan puede reconocer estas necesidades:

- Adecuación en los ámbitos organizacionales del estado planificador.
- Adecuación de la estrategia, la estructura y los controles de la organización
- Manejo de conflictos que implican la aplicación de la política y el proceso de cambio.

En lo referente a la organización estatal se requiere de la conformación de una estructura correcta, que implica definiciones en cuanto a:

- Distribución de autoridad entre los distintos niveles jerárquicos
- Método de integración entre subunidades
- Definición del número de niveles organizacionales
- Determinación del grado de centralización o descentralización de la autoridad en la toma de decisiones.

En el **ámbito sectorial**, pueden emerger barreras a la implementación de las políticas y estrategias del plan, en el transcurso de todo proceso: durante la formulación, en la etapa de su validación o aún después, durante la implementación.

Dichas barreras pueden emerger de actores privados y de actores públicos, los que por distintos motivos e intereses resistan la formulación o la aplicación del plan.

Lo importante, en los casos de resistencia, es la “socialización” de las estrategias propuestas y verificación de su viabilidad y factibilidad de acuerdo a la reacción de los actores, dentro de las pautas legales y regulatorias establecidas.

Así, los eventuales conflictos emergentes de la implementación del plan debieran minimizarse y resolverse en el marco de gobernanza, legal e institucional del sector energético al cual está dirigido y en el marco institucional del país en los aspectos que hacen al interés general.

La etapa ulterior de la implementación, que consiste en la aplicación del Plan, el seguimiento, control y evaluación de su desarrollo, con su eventual reformulación, se trata a continuación.

Durante el proceso de implementación de la planificación es posible que ocurran hechos no previstos que cambien las condiciones iniciales afectando las condiciones con las que se formuló el plan. También es posible que se generen barreras que por distintos motivos no puedan resolverse, y que dificulten la aplicación prevista del Plan.

### **Tasa de descuento asociada al proceso de planeamiento energético**

Los planes energéticos incluyen necesariamente la instalación de una importante cantidad de infraestructura requerida para el abastecimiento en los diferentes eslabones de las cadenas productivas energéticas. La indivisibilidad de las inversiones requeridas para la instalación de dicha infraestructura hace que la función de costo deba presentar una imagen discreta con discontinuidades más o menos marcadas.

En consecuencia la expresión escalar de las funciones de costo habrá de implicar la necesidad de expresar los costos referidos a un mismo punto temporal y por lo tanto la actualización y/o capitalización de las mencionadas erogaciones de capital, teniendo en cuenta los tiempos en que las mismas hayan sido realizadas comparadas con el tiempo cero que se toma como inicio del proceso de planificación.

La tasa de descuento es un parámetro clave en el factor de recuperación de capital  $r_N$ :

$$r_N = i/[1-(1+i)^{-N}]$$

donde

$i$  = tasa de descuento

$N$  = tiempo de vida útil de la inversión

Obsérvese que cuando  $N$  es grande el factor de recuperación de capital tiende a la tasa de descuento.

Cuando se trata de recursos energéticos no renovables, la tasa de descuento también desempeña un rol esencial en el costo de uso de los recursos: *cuanto mayor sea el valor de la tasa de descuento menor es la conservación del recurso.*

En la literatura destinada a la regulación de los servicios que constituyen monopolios naturales se plantea el uso del WACC (Weighted Average Cost Capital) para determinar la tasa a emplear como costo de capital. Esta es una fórmula que no tiene ningún fundamento serio dentro de la literatura económica ya que para tenerlo necesita suponer mercados financieros eficientes y competencia perfecta en todos los mercados.

En realidad la tasa de descuento es un parámetro político que depende de la capacidad de negociación del país con respecto al mercado financiero internacional. En última instancia, ello dependerá de las necesidades de financiamiento que tiene el país, de su grado de endeudamiento externo, de su tenencia de reservas, etc.

En el tratamiento de los recursos del patrimonio natural como es el caso de la economía del medio ambiente, suelen utilizarse tasas sociales de descuento.

En cambio, cuando se trata actividades energéticas muy intensivas en capital y con fuerte presencia de actores privados, como es el caso que enfrenta frecuentemente la planificación energética, corresponde utilizar las tasas privadas.

Para detectar esas anomalías es necesario contar con sistemas de información sobre la evolución del plan en sus distintas áreas de aplicación. Es necesario establecer un sistema de control para adoptar las medidas correctivas necesarias y preservar el logro de los resultados deseados<sup>19</sup>.

Asimismo, será necesario generar los **mecanismos de evaluación** que permitan verificar el cumplimiento del plan y la obtención de los resultados esperados, estableciendo, en caso contrario, las causas por las cuales no se cumplen.

La evaluación es un proceso que básicamente permite detectar la brecha entre los resultados deseados y los logrados, qué aspectos de la planificación fallaron y las responsabilidades de ello. En realidad, la evaluación es un proceso que está participando permanentemente del plan: ex -ante, con el propósito de definir las alternativas más adecuadas para su implementación; ex - dure, durante su desarrollo, para verificar el cumplimiento de lo predefinido; y ex -post, con el propósito de comprobar el logro de los resultados.

### Eventuales imprevistos

La planificación plantea normalmente sobre un conjunto de horizontes temporales (corto -4 o 5 años – mediano -8 a 10 años – y largo – 25 años o más -) con metas a alcanzar en cada uno de esos horizontes.

Esas metas están vinculadas con los objetivos estratégicos planteados dentro del plan y las acciones planteadas para el corto plazo deben ser compatibles con las trayectorias diseñadas para el mediano-largo plazo puesto que, en caso contrario se desvirtúa la posibilidad de alcanzar los objetivos estratégicos planteados para esos horizontes temporales.

De allí la importancia crucial del monitoreo permanente del cumplimiento de las acciones y metas parciales previstas de modo tal de introducir las correcciones necesarias.

Pero también puede ocurrir que se produzcan cambios en los datos de contorno que escapen a la esfera de decisión de las autoridades de planificación y que alteran de modo significativo las condiciones en base a las que se formularon las estrategias y acciones previstas en el plan.

La ocurrencia de cambios significativos en las condiciones de contorno puede requerir una adaptación de las estrategias a los nuevos datos.

Este tipo de situaciones puede ejemplificarse por la alteración del funcionamiento en el mercado mundial del petróleo tanto por lo que se refiere a los niveles de sus precios como a sus condiciones de oferta.

Cambios en el contexto internacional:

#### a) Situación del mercado global de capitales

El financiamiento de largo plazo de las instituciones financieras de fomento ha sido otorgado, tradicionalmente, en condiciones más favorables y estables para el fondeo de los proyectos, que el proveniente de la banca privada. Ello implica que aún en circunstancias globales financieras críticas inesperadas, es menos probable que se afecte el financiamiento ya otorgado, proveniente de las primeras que de las últimas.

Básicamente los proyectos de infraestructura en América Latina y El Caribe se han financiado con recursos ordinarios del sector público, con capitales privados o con préstamos que se obtuvieron, principalmente, de organismos multilaterales o bilaterales de desarrollo. En determinados períodos y bajo distintos contextos globales la participación de cada una de estas fuentes fue variando.

Si bien hasta fines de los años ochenta fueron los gobiernos los que asumieron el financiamiento de la infraestructura con la importante asistencia de la banca multilateral de desarrollo, la crisis de la deuda externa en esa década generó la retracción del financiamiento público y le abrió la puerta a la participación privada.

Dicho cambio de paradigma en el financiamiento de la infraestructura, facilitado por las reformas implementadas en la región en la década de 1990, no resultó totalmente satisfactorio: existen estudios que muestran que varios países de la región estuvieron destinando a la infraestructura – incluyendo energía y telecomunicaciones – un porcentaje del PBI inferior al histórico e inferior a otras economías emergentes. Es decir que el financiamiento privado no pudo compensar la caída de la inversión pública, la que también se vio afectada por la disminución del aporte de los organismos multilaterales cuya estrategia en esa época apuntó a fortalecer los flujos financieros privados (Citado en CEPAL, “El financiamiento de la infraestructura. Propuesta para el desarrollo sostenible de una política sectorial”, Rozas Balbotín et al.).

<sup>19</sup> Aramayo, O. (Univ. Chile).

La afluencia de los capitales privados, mayoritariamente extranjeros, fue disminuyendo en la medida en que se agotaban los activos que los gobiernos decidieron privatizar o entregar en concesión. Asimismo, para un gran número de estos países la inversión privada en infraestructura básica estuvo mayormente asociada a la transferencia de activos y no a la formación de capital, excepto en algunas actividades impulsadas por la emergencia de nuevas tecnologías. No menos deletéreas sobre las decisiones de inversión de los agentes privados fueron las crisis financieras que estallaron desde fines de los años 90.

La situación descrita arriba generó la revisión del papel de la inversión pública en el desarrollo de la infraestructura. Particularmente han surgido nuevas formas de financiamiento que involucran asociaciones público-privadas; a su vez los organismos multilaterales de desarrollo están reconsiderando sus estrategias de financiamiento (Banco Mundial, BID, BIRF, CAF, FONPLATA, FOCEM, Banco Centroamericano de Integración Económica, KfW (Instituto Alemán de Crédito para la Reconstrucción), Banco para la Cooperación Internacional de Japón, BNDS y otros.

De aquí surge la recomendación de priorizar fuentes de financiamiento que puedan brindar condiciones más estables, aún ante alteraciones inesperadas del mercado financiero internacional, con el fin de no alterar la ejecución de los proyectos iniciados dentro de un Plan, tal el caso de la banca multilateral de fomento.

#### b) Cambios en las condiciones del mercado energético internacional

El mercado internacional y regional energético, si bien es profusamente estudiado y permanentemente analizado por parte de diversos organismos y empresas, de lo que se da cuenta en "Diagnóstico de la Situación Energética", puede presentar alternativas inesperadas con efecto en los objetivos y metas de la planificación de un país y con incidencia en su implementación.

Tales alternativas inesperadas pueden surgir de desastres naturales o alteraciones políticas graves que comprometan la paz, al nivel mundial o regional. Aun cuando el país en cuestión no se vea afectado directamente, una consecuencia relevante puede ser la alteración de los precios de referencia internacional de los hidrocarburos, que inciden decisivamente en las opciones y decisiones de inversión, pudiendo afectar estrategias, planes y proyectos.

El precio del petróleo y sus derivados ha presentado alta volatilidad en las últimas décadas y ello tiende a mantenerse. Esta volatilidad de precios, por sus efectos directos sobre los proyectos de inversión y la operación de los sistemas, puede afectar la aplicación de la planificación y su agenda energética, más aún si se presenta un cambio de precios brusco que supera las oscilaciones habituales del mercado.

Ante la volatilidad de las últimas décadas, los países han adoptado acciones de política interna y de cooperación internacional, sobre la oferta, la demanda y los mercados (*International Energy Forum*. Flores-Quiroga, A.)

En cuanto a políticas nacionales sobre la oferta, se menciona el uso de subsidios, regulación, capacidad excedente, reservas estratégicas y diversificación. Sobre la demanda se mencionan la aplicación de impuestos, eficiencia en el consumo y regulación. Sobre los procesos de mercado se citan políticas de competencia, mecanismos de formación de precios, coberturas físicas y financieras y de regulación.

En cuanto a políticas de cooperación internacional de carácter multilateral, se menciona para la oferta la práctica de cuotas de producción<sup>20</sup>. Para la gestión de demanda se mencionan los acuerdos para reducir el consumo y las emisiones. Para ambos, también el diálogo e intentos de acuerdos entre países productores y consumidores, la investigación y las experiencias compartidas entre países. Para el funcionamiento de los mercados, la negociación de tratados energéticos, iniciativas para un mayor intercambio y la transparencia de experiencias y datos.

Estas acciones, algunas de las cuales pueden tener carácter de sostenidas en el tiempo para controlar la volatilidad tendencial de los precios, pueden emplearse también en situaciones de emergencia inesperadas, pero como mecanismos de acción de carácter transitorio. Las medidas de acción más directa e inmediata serán las referidas a las políticas nacionales, cuya implementación no requerirá de terceras partes como es el caso de las del contexto internacional.

Cambios en el contexto nacional:

#### c) Oposición de la sociedad civil:

En los últimos años ha cobrado importancia la aparición de movimientos civiles de oposición especialmente a los proyectos energéticos hidráulicos de envergadura.

<sup>20</sup> Caso OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries).

Pueden citarse varios ejemplos de ello: Desarrollo de Centrales Hidroeléctricas en la Amazonía Peruana (proyectos Inambari, Paquitzapango y otros, con financiamiento y venta de energía al Brasil), Belo Monte (en el río Xingú, en Brasil), Corpus (proyecto binacional de Argentina y Brasil sobre el río Paraná, con oposición civil de la población de Misiones – Argentina), Garabí (proyecto binacional de Argentina y Brasil sobre el río Uruguay, con oposición civil de las poblaciones de las márgenes argentina y brasileña) y otros. Algunos de estos proyectos, aún planificados e inclusive iniciados, han debido suspenderse. Otros han sido adaptados.

Otro ejemplo de la oposición civil a proyectos energéticos, es la que está emergiendo en la zona sur-oeste de Argentina donde se exploran recursos hidrocarbúricos en arcillas, cuya explotación requiere de nuevas tecnologías de fractura hidráulica de la roca madre, con oposición de pobladores locales y de la sociedad civil. Cabe también mencionar la oposición de pobladores originarios de la selva ecuatoriana y peruana a nuevas explotaciones petrolíferas en sus zonas de radicación tradicional.

Este tipo de oposición determinó que algunos países adoptaran particular empeño en buscar de informar y esclarecer adecuadamente a la población civil sobre los proyectos energéticos, sobre su impacto ambiental, de las medidas de preservación y mitigación y procurar el apoyo civil como instancia relevante del avance para estos tipos de proyectos. Por ello, actualmente los nuevos proyectos de alto impacto ambiental prevén, como tareas preparatorias de estudio y evaluación, la información y el relacionamiento con la sociedad civil a través de sus expresiones institucionales y de formación de la opinión pública representativas.

#### d) Situación particular del país

El posicionamiento de un país en el mercado global puede efectivamente alterarse durante el horizonte temporal de la planificación y ello modificar las condiciones de financiamiento de los proyectos.

El origen imprevisto de tal cambio puede deberse a factores variados, tales como desastres naturales o bruscas alteraciones económicas, políticas o aún sociales de magnitud relevante y alcance extendido, que alteren sustancialmente el devenir nacional e incidan negativamente en la calificación y perspectivas financieras internas.

En casos extremos de deterioro del riesgo-país y ante la ausencia de financiamiento de organismos multilaterales de crédito – cuyo compromiso de desembolso no es pasible de suspenderse por esa causa<sup>21</sup> - la ejecución de los proyectos puede encarecerse y hasta paralizarse. Los proyectos que pueden demorarse o suspenderse serían los financiados por bancos comerciales o de inversión.

Se impone en estos casos, al igual que en otras circunstancias inesperadas, la adopción de medidas de emergencia, del estilo de las mencionadas para el caso de bruscas alteraciones del precio internacional de los energéticos, así como también la revisión de los proyectos y renegociación de su financiamiento y eventualmente la reconsideración de los objetivos, las estrategias, planes y metas de la planificación.

### II.4.4. Frecuencia y actores intervinientes

La frecuencia de la formulación de los planes depende de las características de la organización institucional de las entidades encargadas de la coordinación del sistema energético de cada país y de la conformación de las oficinas de planificación energética. Pero, en términos generales la frecuencia más usual de formulación de planes es alrededor de 5 años. Las actividades de Monitoreo, Control y Seguimiento y de Revisión son necesariamente de carácter permanente en aquellas entidades de planificación que están bien organizadas y cuentan con los recursos humanos y materiales suficientes.

Los actores que intervienen en las etapas Formulación, Monitoreo, Control y Seguimiento y de Revisión son en términos generales de carácter público; puede tratarse de personal técnico permanente de las propias entidades de planificación energética o, eventualmente, de profesionales que pertenecen a las empresas públicas que integran las principales cadenas productivas energéticas del país y que colaboran en la formulación de los planes con las oficinas de planificación. En la ejecución operativa de las acciones previstas en los planes puede esperarse la participación de actores privados, especialmente a partir de las reformas introducidas a partir de las últimas dos décadas del siglo pasado.

## II.5. Indicadores

Para la evaluación y control de la aplicación de la planificación energética, se hace el seguimiento de su desarrollo mediante la utilización de “Indicadores de Desempeño” que permitan medir, cuantitativa y cualitativamente, el avance en el logro de las metas establecidas para los planes o programas de acción, dentro de las estrategias establecidas.

<sup>21</sup> Los proyectos financiados por bancos de fomento, generalmente de carácter multilateral, cuentan con garantía de los Estados y una vez otorgada y comprometida la financiación, ésta no se alteran aun cuando cambien las condiciones del mercado financiero internacional o la calificación del país deudor.



Las recomendaciones para definir un sistema de indicadores de desempeño, a partir de las definiciones estratégicas de la planificación (Visión, Misión, Objetivos Estratégicos, Objetivos Específicos, Estrategias y Planes de Acción), son<sup>22</sup>:

- Establecer las áreas de desempeño relevantes a medir (surge de las variables críticas que se necesita monitorear)
- Los indicadores deben facilitar el conocimiento del desempeño de los procesos (resultados intermedios) para identificar atrasos y dificultades.
- Deben informar sobre el nivel de avance y progreso hacia el logro de las metas.
- El número de indicadores debe limitarse a una cantidad que apunte a lo esencial y puedan ser utilizados y controlados
- Nominar adecuadamente el indicador y su método de cálculo
- Establecer la fuente de datos, las metas y referencias de comparación (línea base, desempeño de otros sistemas, procesos o planes similares).

El monitoreo de los indicadores es el proceso que nos permite seguir su evolución con frecuencia periódica (de mensual a anual), de forma tal que permita evaluar si el desempeño se ajusta a lo programado o si se aparta de lo esperado.

A partir del seguimiento de los **Indicadores** y de la evaluación del cumplimiento efectivo de la implementación de la **planificación energética**, corresponderá producir los informes y comunicaciones pertinentes, sobre el desempeño logrado.

Los destinatarios y usuarios de tal información serán las instancias públicas de opinión y decisión en materia de política general y de política energética del país. De ello derivarán las instrucciones y acciones políticas para la eventual reformulación de la planificación, análisis y reevaluación de las estrategias, planes y metas, en procesos periódicos que toman frecuencias de uno o varios años.

Volviendo al ejemplo de SENER, México, que hemos utilizado en el apartado de "Implementación" y de diseño de la "Agenda del Plan", y con relación a los **Indicadores Estratégicos** allí previstos, allí se señala que se diseñaron instrumentos a los efectos de evaluar si las medidas de política elegidas han sido las adecuadas para alcanzar los objetivos estratégicos

Los indicadores podrán ser de tres tipos principales:

- √ *Indicadores de Procesos*: tienen por finalidad evaluar el grado de implementación del desarrollo de las actividades y programas contenidos en el Plan.
- √ *Indicadores de Resultados*: miden los efectos de los instrumentos, actividades y programas implementados en relación a las metas y objetivos estratégicos de la planificación energética.
- √ *Indicadores Globales*: evalúan los resultados del plan en el conjunto del sistema energético. Se incluyen aquí los indicadores para evaluar los impactos económicos, sociales y ambientales de las acciones de planificación.

Las finalidades del Monitoreo son:

- √ Verificar el cumplimiento de las metas de corto, mediano y largo plazo establecidas en los planes de acción.
- √ Realizar la evaluación de las acciones planificadas.
- √ Identificar las correcciones necesarias en la implementación de programas de ajuste.

Los componentes básicos del Monitoreo son:

- √ Definición de metodologías de evaluación
- √ Determinación de los indicadores de control
- √ Verificación de los mecanismos de financiamiento de las acciones previstas en el plan
- √ Establecimiento de los sistemas de información para el control y seguimiento

<sup>22</sup> Tomado de Armijo, M. (2009), y adaptado para el sector de energía.





The left side of the page features a vertical decorative strip. It contains a blue-toned background with several overlapping gears of different sizes and orientations. A prominent feature is a complex, white wireframe structure that resembles a stylized eye or a lens, composed of numerous intersecting lines forming a mesh. The overall aesthetic is technical and modern.

# CAPÍTULO III

---

## Gestión de la Información

## PALABRAS CLAVES

Sistemas de Información Energética, Planificación, Estadística, Prospectiva Energética, Indicadores.

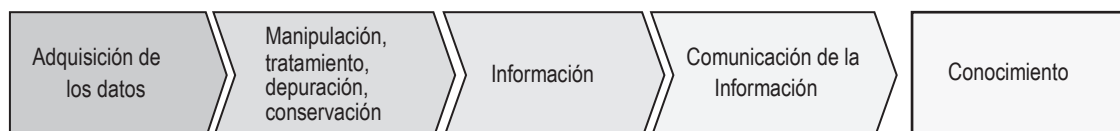
### III.1. Introducción

La planificación integrada del sistema energético de un país es un asunto de vital importancia para un desarrollo sustentable. En el planeamiento integrado existen varias variables de entrada cuyo objetivo es el de obtener planes energéticos realistas, realizables y confiables. Es por tanto de relevancia en cualquier proceso de planificación, en una primera instancia generar información confiable que permita conocer el panorama actual, y que además permita, con cierto tratamiento, generar alternativas de escenarios futuros ante los cuales el planificador energético pueda seleccionar los mejores en función de los objetivos y las políticas de Estado de su respectivo país; además, analizar continuamente los impactos sociales, económicos y ambientales generados por las políticas y estrategias seleccionadas, para luego verificar si en realidad están promocionando el desarrollo sostenible o si las mismas deben ser ajustadas. En resumen, existe una necesidad inminente de decisiones informadas y equilibradas, mismas que sólo pueden ser tomadas con el conocimiento adecuado de información e indicadores energéticos confiables, de allí la referencia ya planteada de la información como una herramienta vital de la planificación.

La *información*, una sencilla palabra con un gran significado. Proviene del latín: *forma*, refiriéndose así a una figura, una imagen. Por su parte el sufijo latino *-ción*, indica acción y efecto, y el prefijo *in-* indica una dirección hacia adentro. Por lo tanto la palabra información puede ser pensada como: acción y efecto de colocar una forma en la mente de otro individuo.

En este sentido, se podría definir información como un conjunto de datos procesados, que constituyen un mensaje (o forma) y que tiene el objetivo de cambiar el estado de conocimiento del sujeto (o sistema) que lo recibe. Por lo tanto, para generar conocimiento es necesario en una primera instancia adquirir datos, luego procesarlos para generar la información, que posteriormente debe ser comunicada al sujeto al que se desea informar, para que finalmente se transforme en conocimiento. Esto último se puede representar esquemáticamente de acuerdo al siguiente diagrama.

**Figura III.1: Proceso de transformación de datos en conocimiento**



Fuente: Elaboración propia.

Al referirnos al sector energético, y en especial a la cantidad de información que está involucrada, surgen los siguientes interrogantes: a) ¿qué información se debe recopilar?; Y b) ¿cómo recopilarla y administrarla con la finalidad de que sea útil para la toma de decisiones? Aparentemente es un tema sencillo pero en la realidad resulta complejo. Al momento de recopilar información se presentan dos situaciones: la primera en que la información proporcionada por los productores, administradores está disponible en forma ordenada y clasificada; y la segunda que se manifiesta especialmente en el lado de la demanda en donde la información es más voluminosa, dispersa, sin clasificar; dificultando al Planificador en el análisis de la misma. Con la finalidad de que los datos que se tienen disponibles cumplan su ciclo hasta llegar a convertirse en conocimiento, se plantea la gestión de la información como una herramienta integral que involucra un conjunto de procesos en respuesta a las preguntas inicialmente planteadas. Bajo este contexto la gestión de información tiene como objetivo maximizar el valor y los beneficios derivados del análisis de la información, minimizar costos de adquisición y procesamiento, determinar responsabilidades para el uso efectivo y eficiente y con ello asegurar el continuo suministro de la información.

En el presente Capítulo se da una referencia de la información energética necesaria para caracterizar cada uno de los sectores y actividades involucradas y se plantea como una herramienta para la administración de la información la utilización o desarrollo de un sistema de información energética.

La segunda sección de este capítulo resalta la importancia de la información en el proceso de planificación energética. La tercera versa sobre la caracterización de la información energética. En este tema se ha incluido una explicación conceptual de las variables

o dimensiones que caracterizan el sistema energético en general. Se ha considerado a su vez, que estas variables son también las que determinan las características de la información energética, y se las han categorizado como: física, económica, ambiental, tecnológica, política, legal, y social.

La cuarta sección trata sobre las consideraciones iniciales para el tratamiento de la información. En esta parte se busca guiar al planificador sobre las metodologías para el manejo de la información, y sobre todo en las fuentes en las que tiene que buscar la información. Se ha estudiado en esta sección a las fuentes de información documental y administrativa. Gran parte de esta sección se vincula con las encuestas en el sector de la energía. Se presentan los tipos de encuestas y las metodologías para realizarlas. En general estos métodos son válidos para realizar encuestas en cualquier subsector energético. No obstante, por sus complejas características, se ha dedicado una atención especial a las encuestas correspondientes al subsector de la biomasa. Enseguida, se presentan los métodos para estimar o calcular la información faltante. Estos métodos aplican incluso para información que no se puede estimar o conseguir con la sola realización de una encuesta.

La sección cinco detalla los tipos de información para la planificación energética: información estadística o histórica, información prospectiva e indicadores. Se resalta la importancia de disponer de una serie histórica de balances energéticos como principal instrumento de información energética. La información prospectiva permite visualizar las orientaciones de la política energética y de los distintos escenarios formulados, como también evaluar ex-ante los impactos de dichos escenarios; mientras que la elaboración de indicadores contribuye sustantivamente al monitoreo y evaluación de los resultados de la política, a la vez que sirven al proceso de aprendizaje y correcciones o ajustes a los instrumentos o medidas de política.

La sección seis se refiere a los sistemas de información como instrumento adecuado para la gestión de la información, las distintas funciones de los mismos y la experiencia en ALC en sistemas de información para la planificación energética.

## III.2. Información para la planificación energética

En el marco de lo desarrollado en capítulos anteriores, se puede entender la necesidad de que los tomadores de decisiones (responsables del diseño y la implementación de políticas públicas) cuenten con la información cualitativa y cuantitativa suficiente y adecuada, para poder desarrollar políticas viables y adecuadas.

Por lo anterior, si la información energética no es generada a partir de fuentes de datos confiables y de métodos de procesamiento adecuados, difícilmente los gestores de los recursos energéticos podrán conocer sus inventarios, desarrollar políticas adecuadas para incentivar la extracción y transformación óptima de tales recursos, invertir en nuevas tecnologías para hacer un uso eficiente de sus recursos, y mucho menos planificar un futuro energético sostenible a partir de la base de un completo conocimiento de la situación energética actual del país o región que corresponde.

## III.3. Caracterización de la información energética

En un enfoque simple de la economía de un país o región se puede clasificar en dos sectores: el primer sector, la granja (o sector rural), y el segundo sector, la ciudad (o sector urbano). Esta es una forma de simplificar bastante la economía: juntar todas las actividades agrícolas en el sector granja, mientras que todo el sector industrial, comercial, residencial y gobierno están juntos en el sector ciudad. No obstante, la representación está incompleta porque no incluye el trabajo que el medio ambiente hace en soportar la actividad económica humana. En otras palabras no incluye el sector de medio ambiente.

Una estructura más exacta, además de los sectores de la agricultura y ciudad, se tendría adicionando las tierras que incluyen vegetación, pantanos, praderas, y otros bienes naturales. Estos sistemas naturales son el sector ambiental de la economía, que provee muchos "servicios gratis" a la actividad humana. La circulación de dinero aún permanece en el sector agrícola y urbano, mientras que nada de dinero circula de otros sectores al medio ambiente. Sin embargo, existe una retroalimentación de la ciudad para el ambiente, que representa el reciclaje de los nutrientes de las aguas servidas y otros desperdicios, además de otros esfuerzos para controlar el ecosistema natural.

Aunque se ha hablado mucho de la energía y su relación con la economía, también se ha tratado de la interacción de la energía con variables ambientales, sociales y políticas. Sin embargo, el panorama no estaría completo sin mencionar que existe un desarrollo tecnológico en las máquinas y equipamientos usados tanto para producir energía como para realizar otras actividades, estos desarrollos llevan a que algunas actividades sean más fáciles de realizar empleando menos energía, y también, por su costo, a que probablemente se masifique el uso de las mismas, lo cual implica a su vez el uso de más energía.

Cuando este sistema se vuelve a su vez más complejo, como lo es en el mundo real, entran en juego variables también de índole legal, que sirven para regular el comportamiento de los diferentes actores.

Tradicionalmente el sistema energético es visto y representado como un proveedor de servicios para garantizar la actividad económica del país y la calidad de vida de su población. Con este enfoque se han analizado en profundidad los requerimientos directos e indirectos de energía del sistema agro-alimentario y de la industria, dependiendo de las tecnologías productivas utilizadas. Pero no se ha prestado la debida atención, especialmente en los países en vías de desarrollo, al impacto sobre el proceso de industrialización que puede producir el funcionamiento del sistema energético, ni aún en aquellos países en los cuales las actividades energéticas, por su importancia relativa, pueden actuar como verdaderos elementos dinamizadores de la actividad económica.

El enfoque sistémico (Bouille, 2004) concibe su objeto como el estudio de los procesos sociales de producción, transformación, transporte o transmisión, distribución y consumo de la energía, en toda su conformación multidimensional (aspectos físicos, tecnológicos, económicos, ambientales, legales, sociales, políticos). El centro de la atención no se fija sólo en la relación entre recursos escasos y las necesidades ilimitadas sino también y fundamentalmente sobre los agentes sociales que tienen poder de decisión sobre esos recursos y los que encarnan esas necesidades. Dentro de este enfoque el planeamiento consiste en el estudio del subsistema energético y sus múltiples interacciones con el sistema socio económico, concibiendo a los procesos de producción y consumo de energía como procesos sociales donde la identificación de las características de los diferentes agentes o grupos de agentes resulta esencial.

De esta forma, la imagen física del sistema energético debe completarse con otro tipo de informaciones tales como la referida a su estructura institucional, la infraestructura o capacidades existentes en instalaciones y equipos, la información económica (precios, tarifas, financiamiento), su funcionamiento interno, información ambiental, tecnológica, social, etc. (Bouille, 2004).

Similarmente, la forma en que se concibe la planificación del sistema de abastecimiento resulta más compatible con los modelos de simulación que permiten tratar la existencia de objetivos múltiples y presentan una mayor flexibilidad para estudiar las situaciones de conflicto.

Aunque no existen trabajos previos que realicen una categorización teórica de la información energética, en este manual, se asume que el sistema energético tiene que ser analizado y planeado tomando en cuenta siete dimensiones: física, económica, ambiental, social, política, tecnológica y legal. Estas dimensiones pueden ser de carácter endógeno o exógeno, cuantitativas o cualitativas, etc.; y son a su vez las que caracterizan la información energética. Esta información tendrá sus características propias y será profundizado a continuación.

### III.3.1. Dimensión física

Físicamente la energía se rige por dos leyes importantes:

- La primera es la Ley de la Conservación de Energía que declara que la energía no puede ser creada ni destruida. En nuestro caso, significa que la energía que fluye hacia dentro de un sistema es igual a la energía adicionada al depósito más aquella que fluye hacia fuera del sistema.
- La segunda ley, es la Ley de Dispersión de Energía. Esta ley declara que la disponibilidad para que la energía realice algún trabajo se agota debido a su tendencia a la dispersión (se degrada). La energía también se dispersa de los depósitos de energía. La energía que se dispersa es energía utilizada, no es necesariamente energía desperdiciada; su salida del sistema es parte inherente y necesaria de todos los procesos, biológico o cualquier otro.

Por otro lado, las fuentes primarias de energía se presentan en la naturaleza en dos formas diferentes: fuentes renovables y no renovables. Las primeras deben asociarse a flujos mientras que las segundas se consideran existencias. Las energías renovables (hidráulica, solar, eólica, bio-energía), en general se distribuyen en todo el planeta, y permiten la producción o captación en forma descentralizada. Las energías no renovables (petróleo, gas, carbón, uranio) existen en cantidades limitadas, si bien tal cantidad tiene un grado significativo de incertidumbre, ya que su volumen depende del desarrollo tecnológico, de los nuevos descubrimientos y del nivel de precios.

La información asociada a esta dimensión va a incluir datos estadísticos de producción, consumo, eficiencias de conversión, balances, pérdidas energéticas, reservas, disponibilidad de combustibles y recurso primario, etc.

Por ejemplo, datos importantes a considerar en la planificación del sector hidrocarburos son las reservas, la producción y el consumo mundial de hidrocarburos, esto con la finalidad de conocer a priori la cantidad de recurso disponible y las necesidades futuras de exploración y explotación. También datos importantes son la capacidad de almacenamiento y variación de inventarios.

Definitivamente la dimensión física es la que genera la mayor cantidad de información, y sus características son particulares para cada subsector energético; por ello es necesario un estudio profundo de las variables físicas del país tomando como base los balances energéticos.

### III.3.2. Dimensión económica

Lo que es posible en el plano físico o tecnológico, no lo es siempre en el plano económico. Si un técnico está persuadido de las bondades de la alta tecnología que ha desarrollado, desde la óptica económica se le demandará sobre el costo de la misma y el posible precio de venta.

Las inversiones relacionadas con la actividad energética, tienen una magnitud tal que las hacen mucho más grandes que las correspondientes a otras actividades industriales. Tales inversiones energéticas no siempre son fraccionables en el tiempo y requieren una capacidad financiera gigantesca que la propia actividad es capaz de generar. Este ingreso se distribuye entre tres grandes protagonistas: las grandes compañías energéticas, los países importadores y los países productores/exportadores. Por otra parte la actividad energética revela un profundo desequilibrio entre la estructura de la oferta y de la demanda. Un pequeño número de oferentes frente a una multitud de demandantes. Adicionalmente la economía de la energía es un sistema complejo de acciones y reacciones donde intervienen un gran número de actores que buscan su beneficio económico.

Dentro de esta dimensión, el planificador va a trabajar con información macroeconómica tal como el Producto Interno Bruto (PIB), tasas de devaluación, inflación, etc.; además, deberá conocer información de carácter microeconómico, tal como tasas de interés, tasas de retorno de proyectos energéticos, financiamiento, tarifas, costos de producción, costos de inversión en las diferentes tecnologías, impuestos, subsidios, etc.

### III.3.3. Dimensión ambiental

Las actividades de producción, transporte, distribución y consumo de energía traen consigo impactos ambientales significativos. Si bien estos efectos son en gran medida responsabilidad de los países desarrollados, en el tercer mundo las tasas de crecimiento de la deforestación y de la polución son cada vez más aceleradas.

Al deterioro de los ecosistemas, producido por otras actividades económicas se suma al impacto ambiental de la producción y consumo de energía, en particular la polución provocada por la utilización de combustibles fósiles. En reiteradas oportunidades, se mencionó que frente a la crisis del petróleo, o crisis de los ricos, a la llamada crisis de los pobres o crisis de la leña provocada por la deforestación.

Tomando en cuenta las características de esta dimensión existe una variedad de información asociada de la cual se debe disponer, tal como: nivel de emisiones, áreas de afectación, tipo de flora y fauna afectada, políticas ambientales, etc.

### III.3.4. Dimensión social

A menudo esta dimensión está estrechamente asociada a la dimensión ambiental y económica, sin embargo existen diferencias que hacen que sea relevante considerarla como una dimensión de información independiente. Muchas veces un proyecto puede ser ambientalmente aprobado, sin embargo pueden existir rechazos por parte de la sociedad en su conjunto. Por ejemplo, el construir una importante línea de transmisión o una central puede implicar tener que desplazar personas de sus territorios, lo cual puede a su vez provocar rechazo de la sociedad. En alguna de las actividades de la cadena energética puede ser que existan accidentes laborales frecuentes, eso naturalmente sería un motivo de rechazo de la sociedad. Otro ejemplo es el número de puestos de trabajo que un proyecto puede generar, algo que en cualquier sociedad tiene gran importancia, y que permitiría la aceptación de tal emprendimiento. Así mismo muchos comportamientos sociales, explican los patrones de consumo energético. El planeador debe tomar en cuenta la información de la dimensión social, para la elaboración de planes y políticas energéticas siempre procurando un balance con las otras dimensiones. La información relevante a esta dimensión puede estar contenida en encuestas, políticas y regulaciones. Ejemplos concretos de esta información son la tasa de crecimiento poblacional, el índice de desarrollo humano, etc.

El índice de desarrollo humano, aunque muy usado en el área económica, provee información bastante relevante en la parte social a la cual está dirigido. Es posible que a simple vista no se observe una relación directa con la situación energética de un país, sin embargo la información que provee usada adecuadamente en conjunto con indicadores energéticos de carácter social especialmente, bien puede indicar las causas o consecuencias del estado energético de un país.

### III.3.5. Dimensión política

La historia de la energía está marcada por los eventos políticos presentes causados por el "juego" económico que representa el mercado mundial de energía. Las decisiones en el área energética se basan, en muchos casos, en la voluntad política y no en la evaluación económica.

Las grandes inversiones energéticas (por ejemplo grandes represas) o la puesta en marcha de planes y programas (por ejemplo planes nucleares, planes de ahorro o eficiencia energética) cuando no se domina la totalidad de la tecnología utilizada se basa en apuestas políticas, ligadas a veces al prestigio internacional o a preocupaciones militares.



La información relevante para tener en cuenta los aspectos políticos dentro de las actividades de planeamiento energético serán siempre las políticas energéticas del país bajo estudio, políticas y tendencias internacionales, y demás documentos donde se encuentre la información prospectiva tal como políticas de uso racional de la energía, políticas de conservación de la energía y sustitución de equipos, políticas adecuadas para impulsar el uso de fuentes renovables, políticas de subsidios, etc.

### **III.3.6. Dimensión tecnológica**

La actividad energética se caracteriza por el grado de complejidad en ciertos dominios y por la gama extraordinariamente amplia de tecnologías disponibles. Si consideramos esta afirmación, es fácil apreciar el abismo tecnológico que existe entre las primeras utilidades de la energía solar y el diseño de satélites propulsados por motores solares.

Por otra parte para satisfacer los usos energéticos existe una variada gama de técnicas diferentes, aún si se define un modo específico de satisfacer una necesidad. Basta un ejemplo, el automóvil es un medio, entre otros, para transportar personas. Un automóvil puede funcionar con gasolina, gas oil, alcohol, GLP, gas natural, y aún con combinaciones de algunos de ellos en un mismo vehículo.

La actividad energética se caracteriza, entonces, por un proceso continuo de invenciones e innovaciones llevado a cabo con una dinámica propia, en donde el continuo monitoreo de los adelantos tecnológicos se hace necesario por parte del planeador. Tal información está asociada a los costos de las diferentes tecnologías, las tecnologías más eficientes, el uso adecuado y las características de aplicación de tales adelantos tecnológicos, etc. Información adicional sobre la variable tecnológica, para algunos subsectores, se la puede encontrar en la sección de información prospectiva.

### **III.3.7. Dimensión legal**

La relevancia política-económica de las actividades energéticas aumenta la consideración de un ingrediente adicional, que es el marco legal en que deben encuadrarse las actividades energéticas.

En este sentido las discusiones sobre la jurisdicción de la autoridad de control sobre ciertos recursos o actividades (información a nivel nacional, estatal, provincial, municipal), la posibilidad de que el dominio de tales recursos o actividades sea público o privado, las reflexiones acerca del derecho de propiedad y su relación con la prestación de servicios energéticos, la forma en que la constitución de un país imprima un marco normativo y legal a ciertas actividades, son todos elementos de gran importancia al abordar la problemática energética.

Estos y otros elementos agregan un nuevo tópico al ya complejo análisis de la actividad energética y que hoy adquiere una importancia cada vez más significativa. En este caso, existe bastante información regulatoria que cada país posee, de diferentes tópicos (ambiental, tecnológica, económica, etc.), que debe ser conocida por los planeadores.

## **III.4. Tratamiento de la información energética**

### **III.4.1. Recolección de la información**

Para que la información energética sea útil debe tener una sólida base de fuentes, tales como: análisis estadísticos, métodos de cálculo estandarizados, información proveniente de organizaciones nacionales e internacionales, estimaciones, encuestas, entre otras. Esta información en forma detallada, completa, oportuna y fiable, es imprescindible para la elaboración de los planes energéticos y el monitoreo de la situación energética a nivel nacional e internacional. La situación de cada país es diferente en cuanto a disponibilidad de la información. En algunos casos, esta información puede no estar fácilmente disponible ni tener la calidad que se esperaría para algún país en particular. Incluso, en algunos países podría observarse una disminución en la disponibilidad y calidad de la información recolectada. Adicionalmente la dinámica evolutiva de la temática energética a nivel global, regional y nacional obliga a adaptar los sistemas de información existentes y, eventualmente, a incorporar nueva información necesaria para un mejor conocimiento del funcionamiento de los sistemas energéticos y hacer frente a desafíos nuevos o cambiantes, (Naciones Unidas. 1983).

Existen varias razones relacionadas con el deterioro en la calidad de las estadísticas energéticas, que incluyen la liberalización de los mercados, requerimientos de datos adicionales a los que actualmente se gestionan, recortes presupuestarios, etc. En mercados verticalmente integrados, una sola empresa gestiona toda la información de su subsector energético (por ejemplo, gas, electricidad, etc.). En un libre mercado, el personal de planeamiento energético tiene que recolectar la información de decenas y hasta cientos de empresas para conseguir una visión general del sector. Por otro lado, un mercado competitivo suele implicar cuestiones de confidencialidad en los datos, lo cual dificulta la recolección de los mismos.

En cualquiera de los anteriores contextos deberían procurarse condiciones institucionales, regulatorias, contractuales, etc., para que las autoridades y responsables de la planificación y las políticas cuenten con la información necesaria para cumplir sus funciones. Por



ejemplo la evaluación de la experiencia contractual es un elemento esencial en Gestión Pública. Existen antecedentes de experiencias contractuales con empresas estatales, agencias ejecutivas, organizaciones sociales, agencias reguladoras, organizaciones de la sociedad civil públicas y privadas, institutos de investigación, programas gubernamentales, etc., donde la transparencia en los procesos, dado por un suministro obligatorio de información fiable forman parte en las cláusulas de los contratos celebrados. Cuando existen modelos de evaluación de experiencias contractuales, se está en capacidad de superar los errores cometidos en contrataciones anteriores, considerando además que tales modelos son evolutivos y en el tiempo tienden a mejorar y facilitar la identificación de las fallas contractuales, por ejemplo, las relacionadas con información. De igual forma los entes reguladores, suelen tener la autoridad para exigir el suministro de información y realizar auditorías para verificar la veracidad de la misma, sin embargo se debe trabajar continuamente para fortalecer tanto al regulador como a las regulaciones.

En general, cada país debería evaluar sus programas y metodologías de recolección de datos, y la extensión y calidad de su información energética. Esto puede incluir una revisión de las agencias y organizaciones que recolectan datos y elaboran estadísticas, y una evaluación de los datos que ya están siendo recolectados.

La información requerida para la planificación energética no incluye exclusivamente datos puramente energéticos, sino también información socio-económica, y ambiental tanto del país como un conjunto, así como de algunos subsectores específicos (agricultura, residencial, comercial, industrial, transporte, etc.). Las organizaciones en donde se puede encontrar tal información incluyen oficinas gubernamentales de estadísticas, agencias de rentas e impuestos, bancos centrales, institutos de investigación, organismos de cooperación y organizaciones no gubernamentales, (Naciones Unidas, 1983).

Con la finalidad de evaluar los programas y metodologías de recolección de datos, para la elaboración de un sistema de planificación y monitoreo energético idóneo, se recomienda que los países realicen las siguientes acciones:

- Determinar las organizaciones que son específicamente responsables de los datos y los análisis estadísticos.
- Revisar y verificar el alcance, calidad y confiabilidad de los datos básicos. Esta evaluación puede incluir disponibilidad de los datos, frecuencia de reporte o recolección de los datos, periodos de tiempo, calidad, confiabilidad y relevancia. Las estadísticas deberían ser consistentes en forma y definición. Las unidades de medida deberían ser estandarizadas.
- Determinar la existencia y el tipo de indicadores de energía que ya están siendo usados. En este caso habría que determinar si esos indicadores están en armonía con los propuestos en este capítulo.
- Identificar las fuentes de información y los mecanismos y protocolos para acceder a los datos.
- Evaluar la estructura institucional responsable de la generación de información y de la verificación de la adecuada coordinación sistémica u organizacional.

La revisión de la calidad y estructura de los datos conlleva a veces a algunas complicaciones. Por ejemplo, los datos pueden ser difíciles de encontrar o simplemente estos pueden no existir; probablemente, la responsabilidad de mantener bases de datos de energía y de las actividades relacionadas (recolección de datos, compilación, y análisis) reside en varias instituciones tales como institutos nacionales de estadísticas, ministerios de energía, economía, comercio o industria, y comisiones nacionales de medioambiente y energía; en algunos casos es común que la información requerida por una organización sea recolectada por otra, lo cual implica duplicación de esfuerzos institucionales, etc.

Debido a estas complicaciones, puede ser conveniente para algún país en particular establecer una oficina, grupo de trabajo, o comité, que se fundamente en acuerdos inter-institucionales, que este conformado empleando la experticia y experiencia de las organizaciones existentes, y que haga uso de la más amplia participación y consulta a todas las partes involucradas. El mecanismo de participación debe ser transparente y flexible, y tal esfuerzo debe ayudar a evitar la duplicación de inconsistencias en la información y la recolección de datos innecesarios. Este esfuerzo, además, debe facilitar la incorporación del análisis de la información en un programa más amplio a un nivel nacional de gestión de la información estadística.

Adicionalmente, es posible que algún país en particular necesite invertir en mejorar las actividades relacionadas a la gestión de la información estadística de energía con el fin de aprovechar de la mejor forma los productos obtenidos de las actividades de planeamiento y seguimiento del sector energético. Esto incluye el mejorar las actividades de recolección de datos, seguimiento y análisis del sector energético. Puede también haber información faltante que se necesite recolectar o derivar de alguna información existente. Así mismo, es importante que la información sea correctamente compilada e interpretada, lo cual con seguridad requerirá de entrenamiento y evaluación del capital humano involucrado en el proceso.

La recolección de datos de energía puede ser una tarea compleja y costosa que depende de las necesidades y circunstancias de cada país, y de su marco legal e institucional. Se puede dar el caso de que el costo de recolectar esta información puede superar

los beneficios que se obtengan, y la mejor solución sea realizar estimaciones más grosas sin involucrar demasiados recursos. De esta forma, es importante que los países lleven a cabo esta actividad sobre la base de decisiones estratégicas bien planificadas, considerando el alcance y cobertura de la recolección de datos, la organización de los datos recolectados, la selección de las fuentes de datos apropiadas y el uso de métodos de recolección confiables.

### III.4.2. Alcance y cobertura de las actividades de recolección de datos

El alcance y cobertura de la recolección de datos energéticos están definidos por:

- a) El diseño conceptual que incluye el objetivo y temática de la cobertura.
- b) Las instituciones y organizaciones de las cuales se van a obtener los datos.
- c) La cobertura geográfica.
- d) El período de referencia.
- e) La frecuencia con la cual los datos son recolectados.

#### a) *Diseño conceptual*

Se debe establecer claramente el objetivo general de la recolección de datos. En el alcance de la temática se deben tener en cuenta las estructuras de las diferentes cadenas productivas y su situación actualizada, el tipo de datos estadísticos que se van a recolectar, como por ejemplo, los flujos y existencias de productos energéticos, y las unidades de medida. Además se deben aplicar estándares internacionales en el proceso de diseño de la base de datos.

Es necesario notar que el alcance de la recolección y tratamiento de la información se encuentra dentro del contexto de la planificación integral del sistema energético de largo plazo y la formulación de políticas. El objetivo es recolectar la información necesaria, de las fuentes adecuadas, con el fin de que esta sirva de entrada a las actividades de planificación mencionadas precedentemente. La información está caracterizada de acuerdo a siete dimensiones o variables (ver sección 2) como: información física, tecnológica, económica, ambiental, legal, política, y social. Ésta información puede ser numérica (estadística en su gran mayoría), pero también puede consistir de información cualitativa plasmada en forma de políticas, regulaciones, tendencias energéticas, etc., que puede encontrarse de forma documental.

#### b) *Instituciones y organizaciones de las cuales se van a obtener los datos*

Para realizar un trabajo eficiente en la recolección de datos es necesario que se conozcan las organizaciones e instituciones de las cuales se van a obtener los datos. Se recomienda clasificarlas en los siguientes grupos: empresas energéticas, productores pequeños de energía, y consumidores.

Las empresas energéticas están representadas por varias organizaciones en las cuales el principal negocio está directamente relacionado a la producción, transformación, transporte, transmisión, distribución y comercialización de la energía; y concentrado a menudo en un particular tipo o grupo de fuentes de energía, o una parte de la cadena del suministro energético (también existen gremios empresarios que nuclean a empresas de un mismo sub-sector y producen información regularmente). En estas organizaciones se compila una gran cantidad de información energética, tanto para propósitos operativos, como también para reportes a organismos de regulación energética. Por lo tanto, la información puede ser obtenida también de estas industrias directamente, o de registros mantenidos en organizaciones de regulación siempre que existan los mecanismos de recolección apropiados dentro de estas instituciones.

Las instituciones que pertenecen a la industria energética se pueden diferenciar de acuerdo a su estatus de público o privado como industrias privadas, industrias públicas, o industrias de capital mixto (público – privadas). El grado en el cual el gobierno (provincial, departamental o estatal) está involucrado con las industrias tiene un efecto significativo en la facilidad con que los datos serán recolectados y el rango de datos que será considerado razonable para ser recolectado. Dado que tales empresas pueden proveer de información sobre la mayoría de flujos energéticos, estas necesitan ser consideradas con atención especial y ser consideradas en encuestas estadísticas o usando adecuados recursos administrativos. En caso de que el número de empresas energéticas sea grande y el compilador de estadísticas energéticas no tenga contacto con las fuentes originales, es común que cámaras de industria, asociaciones, instituciones, oficinas regionales, u organizaciones civiles actúen como intermediarios y simplifiquen el proceso de recolección de datos. Sin embargo, en tal caso se debe asegurar que la calidad de los datos no se vea comprometida.

Por su parte, dentro del grupo de auto productores de energía se incluyen las organizaciones (incluyendo consumidores) que producen energía para auto consumo y a veces para ofrecer el servicio de energía a otros consumidores, pero que no es parte principal de sus actividades de negocio. Debido a que estas actividades no son el principal objetivo de estas compañías y que por esta razón

estarían exentas parcial o totalmente de legislación y regulaciones de energía, es de esperar que en estas empresas no exista o no se recolecte la cantidad de información necesaria para satisfacer las necesidades de los compiladores.

Aunque en la mayoría de los casos, los auto productores de energía contabilizan solamente una pequeña parte de la producción nacional, es importante que estos sean tomados en cuenta debido a que, entre otras razones, existe una creciente presión para que estos productores incrementen su producción, y debido a que su consumo energético es importante para la medición de gases de efecto invernadero y el cálculo de indicadores de eficiencia energética. En países en donde los auto productores juegan un rol significativo en la producción nacional de energía y en el consumo, se deben determinar procedimientos adecuados para obtener información de estos. En algunos países, la auto-producción (que incluye también equipos de cogeneración) requiere un permiso del gobierno, el cual facilita el monitoreo de estas compañías y crea los medios para obtener tal información.

Los consumidores de energía se pueden agrupar de acuerdo a las necesidades energéticas de la actividad económica que estos ejercen, en general, de acuerdo a la metodología guía SIEN M-1, los sectores de consumo están definidos como: i) sector transporte, ii) sector industrial, iii) sector residencial, iv) comercial y servicio público, v) agro, pesca y minería, vi) sector construcción y otros, vii) consumo final sector energético y viii) consumo final no energético, (SIEN, OLADE, Comisión Europea. 2004). La recolección de datos de los consumidores de energía es compleja debido a que es necesario considerar la diversidad, movilidad, y sus actividades que pueden ser multi-propósito. Para facilitar esta tarea, es esencial diseñar metodologías específicas y estrategias de compilación para diferentes subgrupos de consumidores, dadas sus características particulares. Se debe notar que en sí los consumidores de energía no caen en la categoría de instituciones u organizaciones de las cuales se puedan obtener datos; no obstante de que obtener datos de consumo de los consumidores pueda ser realizado por medio de mediciones directamente (subsector eléctrico) o por medio de encuestas. Los grandes consumidores y las cámaras u organizaciones empresariales son grupos organizados de consumidores de los cuales se pueda obtener información energética.

Es usual el caso en que los distribuidores de energía provean de la información de cuanta energía es suministrada a sus usuarios. Ellos también suministran un desglose del total del suministro por varios grupos de consumidores, tomando en cuenta diferencias en tarifas o impuestos aplicados a estos consumidores. No obstante, con el fin de llenar los vacíos de información y obtener información detallada, pueden ser necesarias encuestas al consumidor, por ejemplo en el caso de la información relacionada al consumo de la biomasa. En estos casos se debe asegurar la coherencia entre los datos basados en información de suministro energético a consumidores finales y la información reportada por los consumidores.

Por otro lado, es bastante usual en varios países que parte importante de esa información energética se encuentre ya disponible en varias organizaciones tales como los institutos u oficinas de estadísticas, ministerios, organismos de coordinación, organismos de fiscalización y control, organismos internacionales, etc. Normalmente, estas instituciones han hecho un trabajo previo de recolección de la información; sin embargo, el planeador debe tener conocimiento del alcance de esa información y de los métodos utilizados para la recolección y el procesamiento de la misma.

#### *c) Cobertura geográfica*

La cobertura geográfica identifica el área para la cual se recolectan los datos estadísticos. En general, es fundamental recolectar estadísticas a nivel nacional con el fin de poder formular adecuadas políticas energéticas. No obstante algunos países compilan sus estadísticas energéticas a nivel de regiones, lo que implica tener una mejor cobertura de la información, dadas las diferencias entre las distintas regiones. Por ejemplo, la recolección de datos estadísticos a nivel regional es esencial para el planeamiento futuro de la infraestructura debido a que permite tomar en cuenta las diferentes ubicaciones de producción y consumo. En lo referente al consumo, es necesaria la desagregación regional debido a que el uso energético puede variar significativamente de acuerdo al clima, costumbres locales, actividades económicas, ingresos, disponibilidad de productos energéticos, etc. Es evidente la relación entre el clima y el uso de la energía; en los lugares en donde se tienen climas extremos, el uso de la energía es más intenso que en los lugares de climas templados, particularmente en los sectores residencial y comercial, servicios y público. Por ejemplo, en los sectores de clima cálido se usan aparatos eléctricos de aire acondicionado y ventilación, mientras que en los lugares fríos es necesario el uso de calefacción. Sin embargo, la recolección de esa información tan detallada requiere considerable experiencia para asegurar el ajuste de datos regionales al marco de información nacional, debido a que se presentan frecuentemente omisiones, datos duplicados, etc., y eso implica también un alto costo de recolección.

La desagregación geográfica de la información es necesaria para realizar el planeamiento energético; incluso el mismo planeamiento del abastecimiento energético debe ser realizado de forma desagregada geográficamente.

#### *d) Período de referencia*

Se refiere al periodo de tiempo que abarcan de los datos recolectados. En ese periodo de referencia los datos pueden ser recolectados con una frecuencia de hora a hora, día a día, mes a mes, etc. Por ejemplo, los datos referentes a las curvas de carga de la demanda eléctrica tienen periodo de una hora; mientras que la producción de petróleo o el consumo de sus derivados pueden tener un periodo

de referencia de un mes; los datos de uso de la energía de los consumidores pueden tener un periodo de referencia de un año; los datos de las medidas tomadas para evaluar los resultados de un programa de reducción de uso de la energía pueden tener un periodo de un mes. Sin embargo, es muy frecuente recolectar los datos en periodos anuales, con diferente frecuencia de recolección.

El periodo de referencia de datos debe ser planificado y registrado cuidadosamente ya que los datos recolectados pueden tener un comportamiento cíclico o estacional. Esto último puede establecer una gran diferencia en el análisis, pudiendo ser una fuente de error en caso de que la época del año en la que se recolecta la información no sea la adecuada.

#### e) Frecuencia de recolección de los datos

La frecuencia de recolección adoptada por un país debería representar un balance entre la prioridad dada a la recolección oportuna de datos particulares, el nivel de detalle requerido, la disponibilidad de los datos, y los recursos disponibles. El objetivo debería ser tener los datos completos de forma anual, ya que fijarse una mayor frecuencia de recolección es un objetivo poco realista. Esta actividad debería ser impulsada en todos los países, de manera que se garantice la recolección de datos de forma regular, especialmente para áreas energéticas de prioridad.

La recolección de datos anual comprende datos de energía relacionados a las necesidades de información más básicas. En general es información más detallada y cubre producción, transporte y consumo. La recolección de datos mensual, trimestral o semestral se lleva a cabo cuando existe prioridad en una recolección de datos frecuente (ejemplo: producción y comercialización mensual de petróleo), sin embargo la misma es usualmente de menor alcance que aquella recolección llevada a cabo anualmente, debido a que un aumento en la frecuencia de recolección implica un aumento en los costos asociados.

Una recolección de datos de menor frecuencia a la anual, es generalmente desarrollada con razones especiales, por ejemplo, para llenar vacíos de información en los datos recolectados anualmente, para establecer una línea base de información, etc. También es usada en los casos en que la recolección de datos es particularmente costosa, por ejemplo, en grandes encuestas a consumidores.

### III.4.3. Organización de los datos recolectados

La adecuada organización de los datos es un proceso fundamental para elaborar estadísticas energéticas. El primer paso importante en la organización de datos es identificar la producción, transporte, transformación y flujos de consumo para cada fuente energética, con el fin de clarificar los procesos, procedimientos, y los agentes involucrados. En una segunda instancia, es necesario hacer un bosquejo de las potenciales fuentes de datos para cada etapa del flujo, con el fin de determinar si es o no factible obtener información precisa de forma regular de estas fuentes, haciendo uso de la información que ya poseen para sus propios procesos operativos. De esto se puede determinar qué tipo de datos de energía se pueden obtener de las empresas energéticas, y de otras industrias y organizaciones que producen energía, así como también la manera en que se puede obtener información por medio de sus programas regulares de encuestas, y procesos administrativos.

La recolección de datos y organización de los datos es un proceso que depende mucho también del marco regulatorio y de diálogos y acuerdos interinstitucionales, así como también del uso consensuado de métodos de recolección, como por ejemplo del uso de datos y registros estadísticos del negocio de cada una de las empresas de la industria energética, o el uso de encuestas para obtener datos relevantes. Se debe seleccionar el método más adecuado de recolección de datos tomando en consideración la naturaleza y características de la actividad energética, la disponibilidad de los datos requeridos, y las restricciones del presupuesto para la implementación de la estrategia adecuada.

La recolección de datos sobre energía debe ser vista como una parte integral de las actividades de recopilación de datos del sistema nacional de estadística, con el fin de asegurar la comparabilidad de los datos y la eficiencia de costos. En este contexto, es de suma importancia que exista una estrecha colaboración entre los compiladores de estadísticas de energía, de estadísticas industriales, de estadísticas poblacionales, de estadísticas sobre fuerzas laborales, financieras, etc.; tal colaboración debe ser plenamente estimulada y sistematizada. Una relación de colaboración traerá una mejor comprensión de la información y representa una oportunidad para incorporar elementos de energía en cuestionarios específicos no energéticos. Un enfoque integrado es especialmente importante para la recolección de datos sobre el consumo de energía, ya que varias fuentes de datos distintos pueden ser utilizadas e incluso correlacionadas, comparadas, etc. (*United Nations Statistics Division, 2011*).

El establecimiento o la mejora de los actuales programas de recopilación de datos de energía deben formar parte de una planificación estratégica a largo plazo en el ámbito de las estadísticas oficiales. Este programa debe estar correctamente diseñado y ejecutado con el fin de obtener una amplia cobertura y garantizar la recolección de estadísticas precisas, detalladas y oportunas.

Se recomienda que la organización de los datos tenga la siguiente jerarquía:

- 1) Datos de acuerdo a sus características: Físico, Económico, Social, Ambiental, Político, Legal, Social.

- 2) Datos organizados por subsector: Electricidad, Gas Natural, Petróleo, Combustibles Fósiles Sólidos, Leña y Carbón Vegetal, Cultivos Energéticos y Residuos de Biomasa.
- 3) Datos organizados por área geográfica: País, Región, etc.
- 4) Datos organizados de acuerdo al balance energético.

#### III.4.4. Fuentes de información

La información que se necesita para el proceso de planeamiento tiene sus propias características como se estudió en la sección anterior. Ésta información es de diversa índole y debe ser recolectada de diversas fuentes. En las siguientes subsecciones se estudian estas fuentes de información y sus características particulares.

##### *a) Información operativa y documental*

La información operativa en el ámbito energético se refiere a información que se encuentra dispersa en varias organizaciones privadas y/o de gobierno que aunque están relacionadas íntimamente a los sistemas de energía, no tienen un propósito específico de servir al planeamiento energético. Esta información normalmente es usada por estas organizaciones para sus actividades de gestión.

##### *Fuentes de datos operativo-administrativos recolectados por entidades públicas*

Algunas agencias o instituciones del Estado recolectan datos con diferentes propósitos, por ejemplo para:

- Monitorear, registrar y supervisar las actividades relacionadas con la producción y el consumo de energía,
- Facilitar en desarrollo de las actividades de regulación y fiscalización, y
- Evaluar los resultados de políticas energéticas, programas de inversión, de incentivos, etc.

Por ejemplo, la aplicación de un sistema de fiscalización (p.ej. para aduanas e impuestos), usualmente, involucra un registro de las instituciones, empresas, hogares, etc., cobijados bajo tal esquema. Los datos almacenados en tal registro pueden ser eficazmente utilizados para la realización de estadísticas del sector energía.

Existen una serie de ventajas relacionadas con el uso de los datos operativos, de hecho las más importantes son:

- √ Reducción de los costos totales relacionados con la recopilación de datos,
- √ Reducción de los tiempos de recopilación,
- √ Reducción de los errores que se derivan de encuestas sobre una muestra de la población, principalmente debido a que la cobertura de la población es mayor cuando la información proviene de la aplicación de una regulación,
- √ Sostenibilidad en el tiempo debido a los menores costos adicionales y a la accesibilidad en el largo plazo,
- √ Mayor frecuencia en la actualización de los datos,
- √ Aumento en las posibilidades de cooperación entre diversos organismos, facilitando la retroalimentación, el intercambio de opiniones y la identificación de áreas de interés común,
- √ Potencial de mejora de calidad de los datos,
- √ Utilización de datos operativo-administrativos para múltiples propósitos,
- √ Posibilidades para correlacionar datos provenientes de diversas fuentes, etc.

Sin embargo, dado que los datos operativos no siempre son recolectados con fines estadísticos, es importante prestar especial atención a posibles desventajas como:

- √ Inconsistencias en los conceptos y definiciones de los datos,
- √ Posibles discontinuidades en las series de tiempo debido a los cambios en las regulaciones, y
- √ Restricciones legales con respecto al acceso y confidencialidad de los datos.



Por lo tanto es muy importante que, al momento de compilar estadísticas energéticas, se identifiquen y revisen las distintas fuentes de datos operativos disponibles en el país, y además que se esté en capacidad de identificar cuáles son las más adecuadas para la elaboración de dichas estadísticas. Se debe notar que las ventajas y desventajas antes mencionadas no son genéricas sino que dependen de la situación específica de cada país (*United Nations Statistics Division. Department of Economic and Social Affairs. 2009*).

Algunos ejemplos de fuentes de datos operativo-administrativos que pueden ser importantes para las estadísticas energéticas son:

- √ Registros aduaneros (importaciones / exportaciones de los productos energéticos),
- √ Registros del impuesto sobre el valor agregado (IVA), y otros tipos de impuestos como impuestos a los combustibles para el sector transporte, etc.
- √ Los registros de los operadores del mercado regulado de gas y electricidad, etc.
- √ Censos poblacionales.
- √ Información catastral, entre otras.

A diferencia de los datos estadísticos que se manejan administrativamente, existen datos documentales que no solamente ofrecen algún tipo de información estadística, sino también información cualitativa sobre políticas energéticas, planes de energía, proyectos específicos de expansión energética, tendencias tecnológicas en determinado sector energético, etc.

Este tipo de información que no puede ser catalogada como cuantitativa (estadística) resulta de mucha utilidad a los planeadores y tomadores de decisiones en los diferentes ámbitos del sector de la energía. Por ejemplo, es posible utilizar alguna información de determinados estudios de factibilidad para comparar que tan rentable puede resultar dos o más proyectos en particular, o tener una idea de los impactos ambientales que determinado proyecto pueda generar. Así mismo, existen proyectos de infraestructura de índole pública y privada que podrían tener necesidades energéticas importantes y que serían vitales en el desarrollo de planes energéticos y en el futuro energético de cada país. El planeador deberá tener en cuenta esta información para asignar prioridades a determinadas necesidades energéticas.

Otra fuente de datos fundamental que el planeador debe tener en cuenta para sus actividades consiste en los planes de los diferentes sectores tales como el de economía, agricultura, transporte, urbanización, social, desarrollo rural, etc. Estas fuentes de información plasmadas en forma de planes sectoriales podrían contener información tal como objetivos estratégicos, instrumentos de ejecución de los planes, los resultados esperados, y la forma de medición de los mismos. Se debe tener especial cuidado de que toda la información usada para la elaboración de los planes energéticos debe tener concordancia con la información contenida en los diferentes planes sectoriales. Para esto es necesario indagar someramente el tipo de fuentes que fueron consultadas en la elaboración de esos planes. En casos especiales, incluso sería necesaria una colaboración estrecha con el personal encargado de elaborar tales planes sectoriales. Esto es más fácil de llevar a cabo si existe diálogo y colaboración interinstitucional de forma regular.

#### *Fuentes de datos operativos recolectados por entidades privadas*

Algunos datos también pueden ser recolectados por organizaciones del sector privado, por ejemplo: asociaciones comerciales. Normalmente esto se hace para ayudar al sector industrial y comercial a entender algunos de los aspectos importantes relacionados con sus actividades productivas. Sin embargo, tales datos también pueden ser útiles para los gobernantes, los generadores de políticas y los tomadores de decisiones.

En este sentido, el organismo estadístico responsable de la información energética debe trabajar en cooperación con las organizaciones privadas para tener acceso a dichos datos, a fin de maximizar su valor informativo. Esto evitaría disminuir los recursos que una empresa destina para suministrar información, al no exigírsele informar tanto a la organización privada como al organismo de estadística, por separado. Sin embargo, el organismo de estadística ha de garantizar la calidad y la objetividad de los datos que proporcionan este tipo de organizaciones privadas, considerando que el objetivo de las mismas no necesariamente es el de generar información del sector energético. Un ejemplo de este tipo de información es el de la industria automotriz, cuyo objetivo puede ser el de pronosticar el aumento en la demanda de nuevos automóviles para un determinado año. Tal información podría ser adecuadamente correlacionada con el crecimiento esperado para el consumo de combustibles como la gasolina o el diesel. Existen así mismo empresas consultoras o consultores individuales que generan estudios de diversa índole relacionados al tema energético tales como: estudios de pre-factibilidad, estudios de factibilidad, estudios energéticos, encuestas, etc., que podrían eventualmente proveer de información documental que sirva para tanto para la obtención estadística como también para la obtención de información documental. En algunas ocasiones, estos estudios contienen métodos sofisticados que se desarrollan para suplir la falta de información, algo que puede ser útil en la generación de planes energéticos. También, es posible que esta información sea de carácter confidencial por lo que se deberá realizar las respectivas gestiones para liberar las restricciones de confidencial de la mejor

forma. La información proveniente de algunas empresas consultoras dedicadas a estudios de proyectos energéticos, o de estudios de mercado, puede tener algún costo, por lo que se deberá evaluar si el costo-beneficio proveniente de tal fuente de información satisfaga las necesidades de planeamiento.

### b) Encuestas

Una fuente típica de datos estadísticos de energía es la encuesta, que es una actividad realizada en la población de interés que está siendo considerada. Las encuestas pueden ser realizadas en toda la población (censo) o tomando como base sólo una parte de ella, o sea en una muestra (encuesta propiamente dicha).

En general la ejecución de un censo en el tema de energía es una tarea muy poco frecuente, ya que los censos representan tareas que consumen grandes recursos de tiempo, personas e infraestructura, y también representa una carga grande de cuestionamientos sobre la población en general. Sin embargo en casos especiales, dependiendo de la población de interés, de los recursos disponibles, y las prioridades del país, el censo puede ser una opción viable para obtener información energética. Por ejemplo, un censo completo en un área de interés del sector de energía puede ser apropiado cuando un país en particular no posee un registro actualizado de productores de energía, o existe un gran interés de los usuarios por datos energéticos detallados en pequeñas áreas geográficas.

Por otro lado, las encuestas sirven de medio para obtener información de una parte de la población de interés, llamada muestra, con la cual se puede inferir la información para la población completa. Naturalmente, las encuestas son siempre menos costosas que los censos. Existen algunos tipos de encuestas que pueden ser usados para obtener información estadística energética: i) encuestas industriales (estas encuestas pueden ser vistos desde el punto de vista de la oferta energética, realizados a empresas que producen energía), ii) encuestas a hogares (grupos de personas con similares características económicas y sociales); estas encuestas se utilizan para saber características de la demanda energética, y, iii) encuestas mixtas que es una combinación de los dos anteriores.

Se recomienda en general que los países realicen esfuerzos para establecer un programa de encuestas el cual satisfaga las necesidades de información energética de una forma integrada, el cual puede ser parte de un programa general de encuestas tanto a empresas como a grupos de personas de características socio-económicas similares, con el objetivo de evitar la duplicación de esfuerzos, (Naciones Unidas. 1983).

### Diseño de Encuestas Energéticas

Antes de implementar una encuesta, es fundamental que se realice un adecuado diseño de la misma. Éste objetivo se puede cumplir siguiendo los siguientes pasos:

- Identificar las necesidades de información particular y los objetivos específicos del proyecto, haciendo énfasis en las prioridades, presupuesto, flexibilidad, desagregación geográfica, etc. Para conseguir esto, es útil hacer uso de experiencias previas ganadas en proyectos similares en otras áreas tomando en cuenta recomendaciones internacionales (*International Recommendations for Industry Statistics. 2008*) aplicando las normas y regulaciones nacionales existentes. Esta fase requiere la participación multidisciplinaria de especialistas en temas energéticos, estadísticos, de ingeniería, etc. De igual forma, es crucial la coordinación y participación interinstitucional.
- Seleccionar los ítems específicos dentro de esa área de interés, asegurándose que la selección sea realizada de acuerdo a una adecuada clasificación y definición precisa de cada uno de los conceptos de los ítems específicos.
- Seleccionar la población o muestra que va a ser objeto de la encuesta; esto es crítico para cumplir adecuadamente con los objetivos de la encuesta. Dentro de esta fase, se debe decidir la cantidad de la población (en caso de no ser un censo) que será entrevistada con el fin de asegurar representatividad, tomando en cuenta restricciones de tiempo, presupuesto y el grado de precisión deseado. La técnica de muestreo que se utilice dependerá de la población o poblaciones que vayan a ser muestreadas, así como también de la información disponible de otros programas regulares de encuestas, y sistemas estadísticos y de registro de empresas y personas. Esto ofrecerá un panorama mucho más claro del contexto del proyecto que se está llevando a cabo.
- Diseño de cuestionarios y documentación suplementaria. Se debe decidir el perfil que debe tener el entrevistador, el método de entrevista que se encaja mejor para cumplir con los objetivos del proyecto (personal, telefónica, email, online, internet/intranet, etc.), el alcancetemporal de los ítems específicos de la encuesta y la forma en cada uno de ellos y sus conceptos asociados serán presentados al encuestado para asegurar un perfecto entendimiento de la encuesta. También se debe determinar el tipo de preguntas y la secuencia que debe tener cada una de ellas procurando siempre que se use un lenguaje claro y directo. Además, es esencial el uso de las correctas unidades de medida en los términos en los cuales se desea que las preguntas sean respondidas por el encuestado. Por ejemplo, unidades de medida pequeñas tales como kilovatio-hora, metros cúbicos, etc., son perfectamente apropiados para consumidores o estaciones de gas respectivamente, pero no para industrias de suministro de energía.



Una parte importante del diseño de la encuesta es la preparación de claras y concisas instrucciones que ayudarán a clarificar cualquier potencial duda que tengan los entrevistados. Es importante mencionar que se deben realizar varias adaptaciones al diseño para que la encuesta encaje correctamente dentro del contexto específico de la misma, de su alcance geográfico, del entrevistado y entrevistador, y de los procedimientos pertinentes a la misma. Los encuestadores necesitan ser adecuadamente entrenados en las técnicas para medir diferentes tipos de vectores energéticos. Además, en los casos en los que se requiera medir ciertos recursos energéticos especiales como la biomasa, es extremadamente importante la disponibilidad y corrección de instrumentos de medición para realizar las medidas físicas de los combustibles realmente consumidos.

En general, el personal involucrado en el proyecto de encuesta, además de conocimientos sobre temas energéticos, deberá tener conocimientos idóneos sobre diseño de encuestas por muestreo, técnicas de entrevistas y procedimientos de análisis. Esas responsabilidades podrían ser asumidas por la oficina nacional de estadística o por el personal de un instituto académico de estudios de la energía o de otra disciplina análoga. Podría ser menos probable que los expertos se encuentren en un Ministerio de Hidrocarburos o de Energía, cuya contribución a la encuesta podría ser de índole más técnica en torno a los problemas de energía.

Es posible que las encuestas necesiten reflejar las necesidades de información de más de un ministerio, lo que requiere de un diálogo y coordinación interinstitucional. Sin embargo sucede que algunos ministerios realizan encuestas independientemente que se superponen unas con otras, con la errónea convicción de que las encuestas, desde el punto de vista de calidad y oportunidad las manejan mejor quienes poseen un mayor conocimiento del tema. Esto puede causar que distintos ministerios alcanzaran conclusiones contradictorias en las que se basaron para fijar políticas separadas e imponer cargas evitables a los encuestados.

Debido a lo anterior, se enfatiza la importancia de la coordinación y diálogo entre las distintas organizaciones y partes interesadas que traerá consigo un reconocimiento general de la necesidad de recurrir a una variedad de expertos en distintas ramas de la ingeniería, estadística, energía, etc., para proyectar, ejecutar y aprovechar al máximo las encuestas.

### *Encuestas Industriales*

Encuestas dirigidas a empresas para conocer detalles de información de su consumo y uso de energía (podrían también ser elaboradas para conocer detalles de la oferta energética si la encuesta es realizada a empresas productoras de energía). Dependiendo de la fuente del marco de muestreo, tales encuestas pueden ser clasificadas en: i) Encuestas basadas en una lista pre-existente de empresas/industrias, y ii) Encuestas basadas en empresas/industrias que se encuentran en una determinada área geográfica. En esta última, se establece una muestra de áreas geográficas, luego de uno o más pasos de selección, se identifica el conjunto de áreas dentro del cual las empresas tienen jurisdicción. De esta lista, se selecciona la muestra y se recolectan los datos. En general es preferible usar encuestas basadas en listas predefinidas debido a que muchas veces resulta difícil establecer las empresas dentro de un área, además las encuestas basadas en áreas geográficas no son apropiadas para empresas de tamaño medio o grande y que operan en varias áreas, debido a la dificultad de recolectar datos de aquellas partes de la empresa que tienen jurisdicción en las áreas seleccionadas.

### *Encuestas para estadísticas de energía con fines específicos*

Este tipo de encuestas son extremadamente útiles para llenar los vacíos o lagunas de información. Un ejemplo de encuesta con fines específicos es una encuesta diseñada específicamente para medir las cantidades de consumo de combustibles y biocombustibles. La muestra probablemente será un grupo de consumidores y posiblemente industrias rurales de pequeña escala abajo del umbral normal que requiere la muestra. Los datos cubren generalmente el peso (o volumen, en caso de que se puedan realizar conversiones adecuadas a la unidad de medida de peso en una fase posterior) de diferentes combustibles consumidos para diferentes propósitos. Si existe un patrón estacional de uso de combustible entonces las entrevistas tendrán que llevarse a cabo a lo largo de un año para ser representativas para todas las estaciones. Los resultados deberán ser analizados cuidadosamente por tamaño de consumidor con el fin de obtener un rango de consumo per cápita.

En general las encuestas energéticas de fines específicos son instrumentos muy útiles para evaluar las actividades de consumo energético, monitorear el impacto de programas energéticos, sondear el potencial de programas de ahorro de energía y/o eficiencia energética y determinar la factibilidad de otros programas futuros.

El diseño e implementación de tales encuestas puede implicar excesivos recursos humanos y financieros, y requiere de un esfuerzo profesional multidisciplinario con el fin de identificar el diseño apropiado de la muestra, las técnicas de entrevistas, y los procedimientos de análisis. Por lo tanto se recomienda la cooperación interinstitucional de ministerios y agencias de energía, oficinas nacionales de estadísticas, institutos de investigación, etc.

Idealmente, las encuestas de asuntos energéticos deben ser diseñadas de tal forma que estas se lleven a cabo normalmente con la periodicidad que corresponde. Se recomienda enfáticamente que los países aseguren que el diseño de la encuesta sea optimizado, teniendo en cuenta el uso que esta va a tener y la interpretación de sus resultados. Así mismo, se debe evitar incluir información no

relevante. Debido a los costos que implica la ejecución de estas encuestas, es necesario diseñar la encuesta de tal forma que esta garantice los mayores beneficios y asegure su consistencia a través del tiempo.

#### *Encuestas en grupos de hogares y encuestas mixtas*

Estas son encuestas en las cuales los elementos de la muestra son los consumidores. En las encuestas mixtas (industrias-hogares), se selecciona una muestra de consumidores y a cada consumidor se le pregunta si algunos de sus miembros operan alguna empresa no formalmente establecida (sector informal). Luego se compila la lista de empresas y se usa para seleccionar el conjunto de empresas del cual se obtendrán la información deseada. Las encuestas mixtas son útiles para tomar en cuenta solamente empresas (u hogares) informales que puedan ser numerosos y no puedan ser fácilmente registrados.

Aunque las encuestas a consumidores no son diseñadas específicamente para la compilación de datos energéticos, aquellas pueden dar información valiosa sobre patrones de consumo residenciales, y potencialmente información sobre producción de energía de algunos de estos consumidores. Dada la complejidad de las características de consumo de energía de los consumidores, se deben obtener estimaciones y otras mediciones de energía de las encuestas usando la información que proveen los encuestados. En el tema energético, la información útil está relacionada al número y tamaño promedio de los consumidores, el nivel de penetración y propiedad de los dispositivos de consumo, sus características y parámetros de uso, el tipo de energía utilizada para cocinar, para calefacción y aire acondicionado, las fuentes de energía eléctrica (solar, auto-producción, red eléctrica nacional, etc.), los tipos de elementos de iluminación, etc. Se debe notar que otra forma de determinar las características de los dispositivos de consumo de los usuarios, tales como la eficiencia y antigüedad, es por medio del uso de registros administrativos o encuestas sobre la venta de esos dispositivos.

La frecuencia de realización de las encuestas a consumidores es otro elemento clave para obtener información sobre una base regular, dado que el comportamiento en este sector presenta a menudo una fuerte variación debido a precios, tecnologías y disponibilidad de combustible. La aparición en el mercado de nuevos dispositivos de consumo crea nuevos hábitos de consumo que también deberían ser tomados en cuenta.

Finalmente, estas encuestas deben ser representativas no solamente a nivel nacional, sino también en áreas urbanas y rurales con el fin de lograr un análisis apropiado de los datos.

#### *Encuestas típicas en el sector energético*

Las encuestas de energía, tanto las muy generales como las que se limitan a un cierto número de sectores y subsectores, proporcionan información asociada a los distintos combustibles y con la energía en su totalidad que probablemente no se encuentran en otras fuentes. Particularmente, las encuestas muestran mejor que los análisis de suministro de combustible de los registros de las empresas, la estructura y la finalidad del consumo del combustible por sector y subsector de determinados combustibles. Además de permitir hacer un análisis del consumo, las encuestas pueden también aclarar la información sobre los equipos consumidores de energía, es decir, puede dar información sobre el número de vehículos, artefactos para el hogar, hornos, etc.

Las siguientes son objetivos típicos para realizar encuestas en el sector energético:

- ✓ Conocer la cantidad y tipo de equipamiento eléctrico utilizado en los sectores residencial, industrial, comercial y de servicios, en localidades de tipo urbano y rural.
- ✓ Conocer el consumo de electricidad promedio y los hábitos de uso del equipo eléctrico existente en el sector residencial, industrial, comercial y de servicios.
- ✓ Conocer los aparatos eléctricos con mayor y menor presencia en las viviendas y empresas del sector industrial, comercial y de servicios, a nivel nacional.
- ✓ Conocer el consumo de combustible (gas, gasolina, etc.) promedio.
- ✓ En general conocer la energía consumida de todos los tipos, equipamiento usado, frecuencia de uso, características de la carga, etc.

Estos objetivos pueden llevar a tratar las encuestas bajo otra clasificación de acuerdo al consumo y uso de la energía.

Los procedimientos estudiados en las secciones anteriores para diseñar y elaborar encuestas energéticas se aplican en general para realizar encuestas en todos los subsectores de la energía, sin embargo el caso de la Biomasa resulta especial por sus características propias y será estudiado en la siguiente subsección. Esta descripción en el sector de la Biomasa menciona aspectos generales de encuestas de uso y consumo energético que pueden extrapolarse a los otros subsectores, y aspectos particulares del sector de la Biomasa que son específicos de este sector.

## *Encuestas de frecuencia de uso y consumo para el subsector de Biomasa*

### *a) Frecuencia de uso*

La información necesaria para las encuestas de consumo de leña y otros combustibles de biomasa se divide en dos categorías principales. La primera es la información de la frecuencia de uso habitual, es decir la medición del número de habitantes en cuyos hogares se consume leña para cocinar, cuántos tienen acceso a otro tipo de combustibles, y cuántos tienen necesidad de calentar ambientes (durante el año entero o en épocas del año). Hay que analizar esos datos por zonas rurales y urbanas y por hogares de distintos tamaños, (OECD, IEA, EUROSTAT. 2007).

La obtención de esa información mediante encuesta requiere de una buena preparación de los cuestionarios y debe basarse en muestras correctamente diseñadas. La técnica de muestreo utilizada dependerá de la población o poblaciones donde se toman las muestras; por ejemplo, si la encuesta debe cubrir todos los hogares o sólo los rurales, si se representarán todas las zonas rurales o si se excluirán algunas por razones económicas o de otra índole. Es probable que esos problemas surjan, en alguna medida, en todas las encuestas realizadas en un país.

A veces se ha comprobado que es de gran importancia tratar de incluir las poblaciones de las zonas rurales más alejadas, donde se concentra el uso de una proporción muy importante de biomasa, y a las que se suele omitir de los estudios nacionales relacionados con otros temas. Donde sea poco práctico incluir en el muestreo a todos los subgrupos de poblaciones que se desearía tener en cuenta, puede ser conveniente realizar estimaciones respecto de los mismos. Esas estimaciones pueden estar basadas ya sea en los resultados de las encuestas, en otros grupos de características geográficas socio-económicas similares, o en hipótesis realistas sobre la modalidad de consumo de energía (por ejemplo, puede asumirse que todos los hogares de una zona boscosa utilizan leña para cocinar, y quizá puedan tener necesidad de calefacción al menos un trimestre al año).

La información derivada de las encuestas para determinar el uso habitual se basa, en general, en respuestas “sí” o “no” a preguntas tales como: ¿Usa usted leña para cocinar? En caso afirmativo, ¿es el único combustible que utiliza con ese fin; es el principal, o sólo ocasional? Tales preguntas son fáciles de hacer y de responder. Aunque esas encuestas, como cualquier otra, también son propensas a errores de muestreo, no serán afectadas por errores sistemáticos debido a malentendidos o errores de cálculo de parte de los entrevistados o entrevistadores, (Flores. W. 2009).

Las encuestas sobre la frecuencia de uso son relativamente baratas. Las preguntas pueden agregarse a un cuestionario general de encuestas por hogares. Los análisis probablemente sean muy semejantes a los realizados en otro tipo de encuestas, y no requieren de una capacitación demasiado intensa.

### *b) Consumo*

Este tipo de encuesta está diseñada para medir las cantidades consumidas de leña y otros combustibles tradicionales y comerciales. La unidad de muestreo probablemente sea el hogar y tal vez algunos otros sitios de industrias rurales de pequeña escala que queden por debajo del límite establecido para otras encuestas de muestreo. Los datos que se procuran obtener con este tipo de encuesta son los pesos (o volúmenes) de los diferentes combustibles consumidos para distintos fines. Si hay un ciclo estacional de uso de combustible habrá que hacer entrevistas a lo largo del año para que la muestra represente a todas las estaciones. Se deberá analizar los resultados según el tamaño de hogar para poder obtener cifras de consumo per cápita.

Las encuestas de consumo requieren una evaluación o medición física de los combustibles realmente consumidos, lo cual se deriva a menudo de las diferencias en las mediciones de las existencias tomadas en dos o más momentos diferentes. Esas diferencias, tras tomar en cuenta nuevas adquisiciones, se equiparan al consumo. La operación implica un procedimiento de entrevistas costoso y complicado. El tiempo que se tarda en obtener los datos de cada entrevistado y las técnicas especializadas durante las entrevistas impiden en la práctica que la recopilación de los datos pueda hacerse simultáneamente con las de los datos de encuesta por hogares ya en ejecución. Es necesario capacitar cuidadosamente a los entrevistadores en las técnicas utilizadas para medir los distintos combustibles, lo que es especialmente difícil si la leña está compuesta por materiales tan variados como ramas, troncos, tallos de plantas, hojas de palmera y otros productos vegetales, que no pueden ser pesados fácilmente, y que probablemente se midan en manojos, cargas llevadas sobre la cabeza a la espalda de un carro.

Es prácticamente imposible evitar errores sistemáticos en las encuestas de consumo, por ejemplo cuando la leña está más seca cuando se la consume y por lo tanto tiene un peso y un contenido de energía diferentes a los del momento en que se la pesó.

Se deben diseñar los procedimientos de análisis para mostrar el consumo agregado de los hogares en unidades comunes de energía. Ello requerirá convertir los datos obtenidos para los distintos combustibles mediante el empleo de factores de conversión adecuados. Aunque puede haber muy buenas razones que justifiquen que un país realice una encuesta especial para recopilar datos, hay que notar, que antes de embarcarse en este tipo de encuesta, que el material que probablemente sea más útil para los planificadores

del sector de la energía es el relativo a los cambios en los hábitos de consumo, los cuales pueden medirse solo mediante encuestas repetidas periódicamente. En razón de su alto costo financiero y en otros recursos hay que proyectar un diseño suficientemente bueno como para poder repetirlo de vez en cuando en el futuro, manteniendo la compatibilidad en las técnicas de medición, el diseño de la muestra, y en las técnicas de análisis.

c) *Encuestas de consumo y frecuencia de uso integradas*

La información obtenida de las encuestas de consumo que se repitan periódicamente servirá, entre otras cosas, para mostrar el consumo de leña, carbón de leña, y otros combustibles de biomasa por usuario, para cada combustible (expresado por habitante para diferentes tamaños de hogares).

Las encuestas de frecuencia de uso mostrarán más exactamente que las encuestas de consumo cuántos hogares corresponden a cada categoría de usuario. Es probable que las encuestas de frecuencia de uso habitual, debido a su relativa simplicidad y bajo costo, sean repetibles. Su repetición mostrará los cambios en cantidad de usuarios por categorías definidas.

En la mayoría de los países, las modificaciones del consumo de leña y combustibles de biomasa en general ocurren más por cambios en el consumo por usuario. Por eso, es más importante controlar los cambios mediante encuestas frecuentes del uso habitual, aunque no debe descartarse la posibilidad de obtener más material informativo mediante encuestas del consumo realizadas de vez en cuando. Otro gran atractivo de este método es que la obtención de los datos sobre el uso habitual requiere menos tiempo y, por lo tanto, no necesita del mismo nivel de planificación anticipada que las encuestas de consumo.

c) *Información faltante*

En los casos en que exista falta de información, es posible obtener parte de esa información mediante la realización de encuestas; no obstante, es posible que parte de la información faltante no pueda ser completamente obtenida. Es posible que algunos datos relevantes no existan, algunos pueden ser difíciles de encontrar y otros pueden estar dispersos en diferentes instituciones y departamentos de gobierno. Puede haber una duplicación en la recolección de datos, o alguna información puede ser recolectada en diferentes unidades de medida y sobre diferentes supuestos.

Algunas veces se hace difícil llenar la información faltante realizando una nueva recolección de información, y otras veces es difícil conseguir toda la información futura requerida. Alguna parte de la información faltante podría ser estimada mediante técnicas de interpolación de los datos conocidos. En otros casos, se puede deducir la información faltante usando algunas aproximaciones de forma deductiva. Por ejemplo, si no existe información sobre el nivel de deforestación resultante del uso de la energía, se podría estimar esta información de la cantidad de combustible no-comercial usado y el total de la deforestación resultante por todas las causas. Como alternativa, se pueden usar datos de otros países que pueden ser adaptados o escalados a la falta de información local. Para todo lo anterior, se requiere naturalmente un cierto grado de creatividad junto con experiencia en estadística, y el correcto entendimiento implícito del problema.

Sin embargo, existen métodos y procedimientos estadísticos para hacer frente a la falta de información y/o información no congruente, dirigidos principalmente cuando se realizan encuestas, aunque en algunos casos aplicables a otros casos de falta de información; estos métodos se encuentran descritos a continuación.

La compilación de datos se refiere a las operaciones y procedimientos estadísticos que deben ser realizados sobre un conjunto de datos recolectados, con el propósito de generar nueva información estadística (*United Nations, Statistics Division. 2011*). En particular, los métodos de compilación comprenden las siguientes operaciones:

- a) Validación y edición de los datos,
- b) Imputación de datos
- c) Procesos de estimación

Estos métodos se utilizan para hacer frente a diversos problemas relacionados con la recolección de los datos, como por ejemplo: una cobertura incompleta, falta de respuesta, respuestas fuera del alcance, múltiples respuestas, inconsistencias, contradicciones y respuestas inválidas a las preguntas realizadas. Por lo general, estos problemas se relacionan con deficiencias en el diseño de las encuestas, con la falta de capacitación de los encuestadores, con errores por parte de los encuestados, y con errores relacionados con el procesamiento de los datos. Es por lo tanto recomendable generar periódicamente informes que especifiquen la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los problemas que se presentan, para así posibilitar la detección de las principales fuentes de error y poder realizar los ajustes necesarios en los subsiguientes procesos de recolección de datos.

A continuación se dará una breve descripción de los métodos de compilación de datos más recomendados.

a) *Validación y edición de los datos*

En cualquier encuesta, el encuestado es propenso a cometer errores al completar un cuestionario. Por lo tanto, los datos recolectados se ven afectados por tales respuestas erróneas y por las preguntas no respondidas. Para resolver estos problemas de la falta de respuestas, respuestas inválidas o inconsistentes, existen dos operaciones que son parte integral del procesamiento de datos provenientes de encuestas, estas son: la validación y edición, y la imputación.

La validación y edición, conocido también como análisis de consistencia, consiste en el estudio sistemático de los datos obtenidos de los encuestados, con el fin de identificar y, eventualmente, modificar los valores inadmisibles, incompatibles, altamente cuestionables o improbables, de acuerdo a normas preestablecidas; y es un proceso esencial para garantizar la calidad de los datos recolectados. Existe la edición de entrada, que se centra en el control de los cuestionarios individuales, y la macro-edición, donde los controles se realizan en el conjunto total de datos agregados.

Adicionalmente, es importante definir criterios de validación que de forma clara y sistemática confirmen si los datos satisfacen, o no, los requisitos de integridad y congruencia, garantizando la calidad general de los datos. Los criterios de validación son establecidos por la autoridad estadística de acuerdo con la naturaleza de los datos y el análisis de las variables de interés, teniendo en cuenta la magnitud, estructura, tendencias, relaciones, causalidades, interdependencias y posibles rangos de respuesta.

La validación y edición puede ser un componente costoso dentro del proceso de adquisición de información a partir de encuestas. Por lo tanto, la atención debe centrarse en las áreas y temas más importantes. Por ejemplo, muchas de las respuestas de una encuesta pueden tener un impacto mínimo en el resultado final, y el esfuerzo necesario para la corrección de los errores en tales respuestas puede ser ineficiente e incluso innecesario. Por lo tanto, para maximizar la eficacia del proceso de validación y edición de las respuestas, primero se deben identificar aquellas que tendrán un mayor impacto en los resultados finales, para luego proceder con su edición y validación; de esta forma se estará haciendo una correcta asignación de los recursos asignados con este propósito. Igualmente, las preguntas mal redactadas en un cuestionario son una de las principales fuentes de error en una encuesta. Por lo tanto, es mejor dirigir los esfuerzos hacia la eliminación de tales preguntas, que tratar de corregir a través de la edición las respuestas incorrectas generadas por estas fuentes de error. También, es de gran utilidad elaborar cuestionarios que son probados antes de ser utilizados en las encuestas energéticas para la recolección de datos, es decir, en un proceso previo verificar la calidad del formulario de la encuesta y validarlo a través de una encuesta piloto.

Como se ha mencionado, la edición de datos puede realizarse a la entrada de datos (edición de entrada) y/o a la salida (edición de salida). Las siguientes comprobaciones de edición pueden ser útiles en la detección de errores en los datos:

(i) *controles de rutina*: se utilizan para comprobar si todas las preguntas que se deberían haber respondido han sido contestadas. Si se detecta falta de respuestas para determinados apartados de la encuesta, una posible solución puede ser dar más tiempo a la parte encuestada; y cuando esto no sea posible, el valor puede ser estimado aritméticamente o mediante el uso de métodos estadísticos, sobre la base de que algunas respuestas pueden ser adecuadamente relacionadas, o incluso inferidas haciendo uso de datos compilados a partir de otras fuentes. Se observa que esto último se conoce como imputación y se describirá con más detalle en la siguiente sección.

(ii) *comprobación del rango de validez*: se utiliza para comprobar si las respuestas son admisibles o compatibles. La respuesta a un apartado en el cuestionario se comprueba frente a un intervalo de valores válidos para el propósito especificado. Cualquier respuesta (dato) que este fuera del rango de valores válidos, puede ser considerada como "atípica". Este tipo de control puede ser realizado a simple vista, o fijando umbrales a los datos en una hoja de cálculo.

(iii) *controles racionales*: son un conjunto de controles basados en el análisis estadístico de los datos recopilados. Muchos controles se basan en relaciones bien conocidas entre dos o más variables, y que deberían estar dentro de los límites especificados. Un tipo de control racional es la comprobación aritmética, por ejemplo, verificando que la suma de los suministros sea igual a la de los consumos. Otros errores cometidos por los encuestados, generalmente, se pueden identificar a través de controles de credibilidad en los datos. Por ejemplo, mediante la comparación de los datos presentados con los valores anteriores. A diferencia de los controles anteriores, en este tipo de control para descubrir las inconsistencias, el planeador necesita realizar algún tipo de comprobación aritmética como los realizados en los balances energéticos.

En reconocimiento de la importancia de la validación y edición de datos, se debe enfatizar que una alteración arbitraria de los datos no debe permitirse y que cualquier cambio en los datos recogidos debe basarse en relaciones bien conocidas entre las variables y los valores de respuesta. Además, para evitar respuestas fuera de rango e inconsistencias, tales rangos deben ser predefinidos apropiadamente para cada pregunta, además se debe establecer la congruencia que debe existir entre las preguntas y las respuestas. Finalmente, se debe observar, que no todos los errores cometidos por los entrevistados pueden ser identificados por el organismo estadístico, ya que ni el proceso de edición de datos más exhaustivo llevará a una base de datos libre de errores.



b) *Imputación de los datos*

En estadística, imputación se refiere a la sustitución de una o más respuestas erróneas o no respondidas, con valores plausibles y consistentes con el fin de producir un conjunto completo de datos. Se utiliza para la estimación de datos faltantes cuando, por ejemplo, el encuestado no ha contestado todas las preguntas pertinentes, sino tan sólo una parte de ellas, o cuando las respuestas no son lógicas.

La falta de respuesta o la presencia de datos no válidos afectan a la calidad de los resultados de la encuesta. Muchos de estos problemas pueden ser eliminados cuando se siguen las reglas de edición correspondientes. Sin embargo, la detección de errores en las respuestas durante el proceso de edición puede suponer la supresión de uno o más elementos, dando como resultado casos de “valores perdidos”.

Para reducir los efectos de la falta de respuestas sobre las estimaciones, existen dos estrategias generales:

- (i) todos los cuestionarios con valores perdidos se ignoran y el análisis se limita a los formularios completados en su totalidad; y
- (ii) los datos que faltan se estiman de manera que la matriz de datos este completa, lo que se conoce justamente como imputación.

La adopción de la primera estrategia involucra descartar datos válidos contenidos en los formularios parcialmente diligenciados. Por lo tanto, suele ser conveniente adoptar la segunda estrategia. Hay una gran variedad de métodos de imputación, que varían desde simples e intuitivos hasta procedimientos estadísticos complejos. Algunos de los métodos más utilizados son:

- (i) *tratamiento subjetivo*: imputación sobre la base de valores que son razonables. Por ejemplo, deducir el consumo de combustibles si se conoce el parque automotor, los consumos específicos y los km/año recorridos;
- (ii) *método del valor modal (media)*: imputación de los datos faltantes con el valor medio de la variable. Una alternativa puede ser la imputación con la mediana con el fin de eliminar el efecto de los valores atípicos;
- (iii) *método de sustitución*: esta se basa en la disponibilidad de datos comparables. Los datos imputados pueden ser los valores de la encuesta del año anterior, adecuadamente ajustados para reflejar su aumento medio (o su disminución);
- (iv) *método colddeck*<sup>23</sup>: con este método la imputación se realiza a través de un conjunto fijo de valores, que cubre a todos los elementos de datos. Tales valores son inferidos por medio de datos históricos, de la experiencia en el tema, etc. Con los mismos se genera un cuestionario “perfecto o donante” cuyo fin es el de imputar completa o parcialmente los datos faltantes;
- (v) *método hotdeck*: en este método, al igual que en *cold deck*, el valor faltante se reemplaza por el valor extraído a partir de un cuestionario donante, sin embargo en este caso el formulario donante es un participante similar obtenido de la misma encuesta (notar que en el caso del método *cold deck* el cuestionario donante es generado a partir de los demás). El donante puede ser seleccionado al azar de una lista de posibles donantes con características predeterminadas. Una vez seleccionado, se sustituye la respuesta faltante por la respuesta del donante (por ejemplo, energía eléctrica consumida mensualmente en viviendas de similares características);
- (vi) *método del vecino próximo*: este es otro método a través del cual se busca encontrar un donante. La diferencia con el método anterior radica en que la selección del donante no es al azar, sino que se define usando una función para medir la distancia en términos de otras variables conocidas. El cuestionario con el valor más cercano al de la respuesta faltante se utiliza como el donante;

Existen otras técnicas más avanzadas de imputación como aquellas basadas en imputación mixta, en imputación múltiple, en sistemas expertos y en redes neuronales (*United Nations Statistical Commission and Economic Commission for Europe, 2000*). La elección del método de imputación dependerá del objetivo del análisis y del tipo de datos faltantes. Se debe observar que ningún método es superior a los demás, de hecho, dependiendo de las circunstancias, suele suceder que emplee una combinación de métodos (imputación mixta). Las siguientes son algunas propiedades deseables en un proceso de imputación:

- √ El registro imputado debe ser muy parecido al registro de datos fallado, es decir debe contener, tanto como sea posible, la mayor cantidad de datos que se respondieron. En otras palabras, un número mínimo de datos debe ser imputado,
- √ El registro imputado debe satisfacer todas las comprobaciones de edición;

<sup>23</sup> Los métodos de imputación tipo “Deck” se basan en la generación de un cuestionario donante de cual se extraen los datos faltantes en los cuestionarios obtenidos de la encuesta

- √ Los valores imputados deben ser marcados, y tanto los valores originales como los métodos utilizados para su imputación deben descritos en a través metadatos<sup>24</sup>.

Se recomienda que los compiladores de estadísticas de energía, utilicen la imputación sólo cuando necesario, observando siempre los métodos más adecuados y aplicándolos consistentemente. Esto último ya que el grado de distorsión en la información generada a partir de los datos varía considerablemente, dependiendo de la cantidad de imputaciones y de los métodos utilizados.

En este sentido, es importante observar que el número de imputaciones será menor en la medida en que menor sea el número de datos faltantes. Este número se puede minimizar mediante el fomento de la conciencia en cuanto a la importancia de los datos que deben recolectarse, incentivando y preparando a los encuestados a cooperar con las autoridades estadísticas, por ejemplo a través de publicidades, mediante la emisión de comunicados a los encuestados que no han respondido e incluso recurriendo a la aplicación de las medidas regulatorias establecidas en la legislación nacional. De hecho, en algunos países, las unidades seleccionadas para las encuestas están legalmente obligadas a dar respuesta a la oficina nacional de estadística, de lo contrario pueden llegar a ser sancionadas.

### c) *Procesos de estimación*

Después de que los datos han sido validados, editados e imputados, se deben aplicar procedimientos estadísticos especiales a los valores de la muestra para obtener las características requeridas de la población. Los datos de encuestas se refieren sólo a las unidades en la muestra. Por lo tanto, las estimaciones de la muestra deben ser extendidas o extrapoladas para poder representar a toda la población de interés. La estimación es el medio por el cual se produce esta extensión o extrapolación<sup>25</sup> (Yadolah D. 2006).

En general, el procedimiento consiste en extrapolar el valor de la muestra, a través de un factor obtenido de misma, con el fin de obtener los niveles de datos para el total de la población a la que pertenece la muestra. En algunos casos, pueden ser utilizadas técnicas estadísticas más sofisticadas para este propósito. Aplicar procedimientos de estimación adecuadamente implica tener conocimientos avanzados de estadística, por lo que siempre es recomendable delegar esta labor a los especialistas.

El tratamiento de los valores atípicos es una parte importante de la estimación, especialmente en las estadísticas de energía. Los valores atípicos son datos que son correctos pero inusuales en el sentido de que no representan a la población de la muestra y por lo tanto pueden distorsionar las estimaciones; luego si el peso del valor atípico es importante y es incluido en la muestra, entonces la estimación final será excesivamente distorsionada y no será representativa. La forma más sencilla de hacer frente a dicho valor atípico es reducir su peso dentro de la muestra de modo que sólo se represente a sí misma. Alternativamente, algunas técnicas estadísticas pueden ser empleadas para calcular un peso más apropiado para el valor atípico. Los detalles sobre el tratamiento de los valores atípicos deben ser proporcionados a través de metadatos. Por otro lado, la existencia de valores atípicos puede ser debido a situaciones también atípicas, como huracanes, terremotos, etc., por lo que al momento de evaluar estos valores, será necesario verificar la existencia de dichas situaciones no comunes.

## III.5 Criterios de calidad de la información

Para que la información resulte eficiente, debe reunir una serie de requisitos, de modo tal que la utilidad que proporcione justifique el empleo de los recursos que se hubieran aplicado para producirla. Esta nómina de requisitos que presentamos a continuación es, al mismo tiempo, una lista de criterios generales para guiar el diseño de sistemas de información y para evaluar el funcionamiento de los mismos.

- a) **Economía:** El costo de producir una información no debe ser excesivo en relación al beneficio esperable de su utilización.
- b) **Oportunidad:** La información debe estar disponible en el momento en que se la requiera. Este requisito hace referencia al momento y a la frecuencia con que la información debe ser suministrada.
- c) **Utilidad:** Toda salida de un sistema de información debe satisfacer una necesidad. Esto significa que sistema de información debe ser considerada innecesaria mientras no se compruebe su utilidad. Todo gerente o analista de sistemas habrá de mantener una permanente actitud adversa a la creación de nuevas salidas computarizadas (como listados o pantallas), o de nuevos formularios para integración y procesamiento manual. Salvo en el caso en que esta creación se deba a la fusión, reemplazo o actualización de salidas preexistentes, hay algo de lo que puede tenerse la absoluta seguridad que las nuevas salidas generarán incrementos de costos (costos directos de diseño de originales, impresión, encuadernación, transcripción, archivo, traslado, procesamiento, análisis, programación, operación de máquinas, etc., más todos los costos indirectos asociados).

<sup>24</sup> Los metadatos son datos sobre datos. En el caso de un dato imputado, sus metadatos contienen información sobre el dato original y del método con el que fue tratado el mismo.

<sup>25</sup> El proceso de estimación se conoce también en inglés como grossing-up.



- d) **Comparabilidad:** La información debe ser comparable en el espacio, en tiempo y en alcance. La comparabilidad en el espacio implica que la información de un país o región debe ser comparable con la de otra; no habría comparabilidad, para caso, si por ejemplo la producción de petróleo de un país se expresa en unidades físicas y la de otro en unidades monetarias.

La comparabilidad en el alcance se refiere a que las informaciones que se comparan correspondan a entidades semejantes. Los errores en este aspecto se originan, frecuentemente, en una identificación inapropiada del concepto que se informa. Por ejemplo, se suministra información de diversas fuentes bajo el título "producción hidrocarburos", pero en algunos casos se incluye o excluye los líquidos de gas natural.

- e) **Flexibilidad:** Todo sistema de información debe ser adaptable a los cambios del sistema-objeto.

Está vinculado con la satisfacción de las cambiantes necesidades de información de los ejecutivos y de toda la organización; dependen en alto grado de la metodología y las herramientas empleadas para su diseño y mantenimiento. También adquieren singular importancia las técnicas aplicadas a la construcción de sistemas de bases de datos, a fin de que estas bases resulten cada vez más fáciles de reorganizar, sin traer trastornos o necesidades de cambios en los programas de computación ni en las operaciones realizadas por los usuarios.

- f) **Claridad:** La información debe atender al nivel intelectual y técnico de los usuarios. También debe tomarse en cuenta el lenguaje y las preferencias de los destinatarios.

El requisito de claridad también se manifiesta como la necesidad de que el sistema de información goce de la mayor simplicidad de comprensión, aprendizaje, empleo y operación por sus usuarios. Es casi un axioma que un sistema de información que no es comprendido o no responde a las necesidades planteadas por los usuarios, hará que éstos lo dejen de usar o lo "saboteen", dedicándose, además, a difundir sus fallas o limitaciones.

- g) **Confiabilidad:** La información debe ser lo suficientemente confiable como para tomar decisiones. La calidad de un sistema de información está determinada, en buena parte, por la calidad de sus datos primarios. La confiabilidad implica que, para la adopción de decisiones, la información debe ser correcta, pero no necesariamente exacta. A este respecto, debe tenerse en cuenta que, mientras la información tiende hacia la exactitud en progresión aritmética, el costo de lograr esa exactitud tiende a ascender en progresión geométrica.

## III.6. Tipos de información energética

### III.6.1. Información estadística

Esta sección trata sobre las definiciones y caracterización de la información energética estadística. Desde el punto de vista de información energética, el balance energético compila la mayor cantidad de datos de primordial utilidad para realizar el planeamiento energético. Se establecen los conceptos básicos y una estructura genérica de un balance energético; y se intenta dar al planeador una serie de consejos para trabajar con la información contenida en el balance. Además, en diferentes subsecciones se detalla el contenido de información de un balance energético general.

Esta sección no trata de detallar la metodología para realizar un balance energético, sin embargo, presenta referencias actuales en las cuales se puede indagar sobre la metodología a seguir para realizar los balances energéticos agregados y detallados.

#### Balances Energéticos

El balance energético es una estructura contable en la que se muestra el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos físicos por los cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma, se consume, etc.; todo esto calculado en una unidad común, dentro de un país dado y para un período determinado (generalmente un año). El balance energético debe expresar y contener todas las fuentes de energía en un marco contable común y mostrar la relación entre las entradas y las salidas de energía a partir del proceso de transformación. Este balance debe estar basado en la primera ley de la termodinámica, que dice que la cantidad de energía dentro de un sistema cerrado es fija y no puede ser aumentada o disminuida, al menos que cierta cantidad de energía sea introducida al sistema o enviada fuera del mismo.

Los balances de energía también pueden ser realizados para cualquier producto energético en particular, siguiendo la misma estructura que el balance energético global.

El balance de energía es una herramienta que facilita la planificación global energética, siempre considerándolo junto con variables económicas, ambientales, y sociales. Es decir, tomado aisladamente el balance proporciona solamente una imagen de las relaciones físicas del sistema energético en un determinado período histórico.

En cuanto a las referencias bibliográficas sobre balances energéticos, se recomienda que el lector siga las siguientes prioridades: a. Metodología de balances energéticos del propio país (UNAM, 2012); b. Balances energéticos según la metodología de OLADE (SIEN, OLADE, Comisión Europea, 2012); c. Metodologías de balances extra-regionales (IEA, 2013).

Para información a detalle referirse al Anexo I-A

### Información básica que se debe considerar para la planificación energética

A efectos de la planificación energética se debe incluir, como mínimo, datos sobre el sistema energético e información socioeconómica. La información debe abarcar tanto el plano internacional, a nivel mundial y regional, como el ámbito nacional donde se requiere información socioeconómica, específicamente energética y ambiental relativa al sistema energético en su conjunto y para los subsistemas conformados por las diferentes cadenas energéticas. A continuación se recomienda una estructura básica.

Ámbito del abastecimiento. En cada cadena productiva la información requerida se refiere a:

- √ Los aspectos físicos
  - Reservas y potenciales
  - Sistemas de flujos (balances)
  - Principales Impactos ambientales (globales y locales) en cada uno de los eslabones de las cadenas productivas
  
- √ La estructura productiva de los diferentes eslabones
  - Tecnologías de producción
  - Pérdidas
  - Costos
  - Grado de eficiencia productiva (indicadores)
  - Esquema de financiamiento de las inversiones
  - Niveles de concentración (concentración económica, articulaciones empresarias)
  
- √ La organización institucional y funcional
  - Naturaleza jurídico-institucional de las empresas
  - Rasgos salientes de la racionalidad de los actores
  - Organización de los mercados intermedios
  - Organismos de coordinación operativa
  - Entidades de fiscalización y control (características y funciones)
  - Principales características de las normas regulatorias
  - Organismos de política sectorial
  
- √ La estructura de precios de oferta (precios al productor)
  - Mecanismos de formación de los precios de oferta (Modalidades de regulación de los mismos)
  - Relaciones entre precios y costos (o márgenes brutos entre precios sucesivos)
  - Regalías (porcentajes sobre los precios de oferta)
  - Rasgos principales de las normas de regulación de los mercados mayoristas

A nivel de la interface abastecimiento-consumo (ámbito de los mercados finales) la información requerida se refiere a:

- √ Niveles absolutos y relativos de los precios finales
- √ Impuestos y subsidios
- √ Características principales de la regulación de los mercados finales

En el ámbito del subsistema de consumo, la información debería referirse a:

- √ Estructura de consumos por sectores (residencial, minería, productivo rural, Industria, Transporte, comercio y servicios) y por fuentes.
- √ Matrices de fuentes y usos en cada sector (o al menos estructura por fuentes).

- √ Grado de cobertura de los requerimientos básicos de energía para el sector residencial (niveles y calidad).
- √ Potenciales de ahorro energético en los diferentes sectores de consumo.
- √ Impactos ambientales del consumo energético (por sectores de consumo)

La información sobre los cambios estructurales más importantes tiene que ver con:

- √ Estructura de reservas y potenciales
- √ Estructura de producción de fuentes primarias y secundarias
- √ Organización productiva
- √ Organización institucional
- √ Modalidades de coordinación
- √ Principios regulatorios fundamentales
- √ Estructura de precios relativos
- √ Modalidades de financiamiento de las inversiones
- √ Estructura de consumos por sectores y fuentes
- √ Principales procesos de sustitución entre fuentes
- √ Estructura del comercio exterior de energía
- √ Modalidades de integración energética

Entre las relaciones ente variables socioeconómicas y energéticas, el sistema de información debería proveer los elementos para el cálculo de las siguientes:

- ∅ Relaciones entre los consumos energéticos en los sectores productivos con variables económicas vinculadas con cada sector:
  - √ Relaciones entre consumo total de energía y los niveles de actividad sectorial.
  - √ Relaciones entre los consumos sectoriales por fuentes, los precios correspondientes y el nivel de actividad sectorial (aplicación de modelos econométricos para estimación de elasticidades).
- ∅ Relaciones entre el consumo de energía en el sector residencial e indicadores de ingreso, distribución del ingreso y variables demográficas (uso de modelos econométricos para estimar la elasticidad ingreso).

### III.6.2. Información prospectiva

Para lograr una adecuada representación de los escenarios energéticos futuros, dentro de la información de prospectiva se deben tener en cuenta los cambios en la composición de la matriz energética de los países, los cuales son originados en función de los objetivos y políticas de Estado que se fijan en el largo plazo. Tales objetivos incluyen, por ejemplo:

- √ Asegurar un suministro confiable y amplio de todas las formas de energía.
- √ Promover políticas energéticas sostenibles que estimulen el crecimiento económico, la equidad social y la protección del medio ambiente, especialmente en términos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- √ Adoptar nuevas tecnologías de energía para garantizar el suministro de energía en el futuro y mitigar su impacto ambiental, en particular mediante una mayor eficiencia energética y el desarrollo y despliegue de tecnologías bajas en carbono.
- √ Encontrar soluciones a los retos que imponen el aumento de la demanda de energía, a través de la participación y el diálogo con la industria, organizaciones nacionales e internacionales, etc.

Los objetivos arriba mencionados varían en menor o mayor medida de país a país, en función de su disponibilidad de recursos y sus necesidades energéticas. Sin embargo, un común denominador en el sector energético de casi todo país, es la necesidad de garantizar el suministro y que el mismo implique los menores impactos ambientales a costos razonables.

En este sentido, varios países han puesto sus expectativas en las nuevas fuentes de energía, que en general son basadas en recursos renovables, a los que se les puede considerar prácticamente inagotables (aunque limitadas en potencia), ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse naturalmente. Entre las energías obtenidas a

partir de recursos renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, la biomasa y los biocombustibles (también, con excepción de la energía hidroeléctrica, suele llamárseles energías alternativas, pues difieren de la forma convencional de obtener energía).

El uso final de los recursos energéticos renovables es destinado en gran medida a la generación de energía eléctrica, en menor proporción a la producción de biocombustibles para el sector industrial y de transporte, y en menor medida para la calefacción de agua, bombeo de agua y la cocción de alimentos. En este contexto, el subsector de los recursos renovables se encuentra en estrecha relación con el subsector electricidad.

Con la finalidad de procurar una mayor participación de estos recursos primarios dentro de la matriz de demanda de energía, son necesarias actividades relacionadas con el diseño de políticas de incentivos para aumentar la penetración de generación de electricidad en base a recursos renovables; la identificación de potenciales energéticos en los distintos países; la promoción para el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan mejorar la eficiencia en el procesos de transformación de recurso-primario a electricidad; la planificación de nuevos centros de transformación y su vinculación a los sistemas interconectados, entre otros.

En varios países de Latinoamérica y del Caribe se han empezado a instalar importantes parques de generación de electricidad a partir de generadores eólicos, paneles fotovoltaicos y plantas geotérmicas. Estas alternativas son muy atractivas, especialmente en los casos en que la disponibilidad de hidrocarburos es limitada o nula, especialmente en el actual escenario en que los precios internacionales del petróleo vienen en aumento y se prevé la misma tendencia sostenida a futuro (por ejemplo en Centroamérica existe una fuerte dependencia energética del petróleo y a excepción de Guatemala y Belice, son países no productores). Adicionalmente, las tecnologías alternativas representan una opción ambientalmente sustentable, ya que contribuyen indirectamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, al desplazar formas tradicionales de generación de electricidad basadas en carbón o combustibles derivados del petróleo.

Estas tecnologías además han recibido importantes apoyos financieros para su desarrollo, en todo el mundo. De hecho los costos de estas tecnologías son cada vez menores, llegando a casi competir económicamente con las tecnologías tradicionales.

Un tema importante que se debe tomar en cuenta, son las informaciones relacionadas con los potenciales energéticos renovables a explotar en cada país, como por ejemplo los mapas de radiación solar, estudios de potencial eólico, estudios de potencial geotérmico, etc. y analizar la posibilidad de que esas capacidades puedan llegar a ser realmente explotadas de acuerdo a las realidades y las necesidades de cada país.

La penetración de las energías renovables enfrenta múltiples oportunidades y desafíos, en particular relacionados con la financiación efectiva de los proyectos energéticos. En general, las variables que pueden jugar a favor de la penetración de estas formas de generación son las siguientes:

- √ La disminución de la disponibilidad y un mayor costo de financiamiento de fuentes tradicionales.
- √ Legislaciones ambientales más estrictas en cuanto a los niveles de emisión de gases de efecto invernadero.
- √ El aumento los precios internacionales del petróleo.
- √ La reducción de los costos y el aumento de la eficiencia de los aerogeneradores y de los paneles fotovoltaicos, etc.

Por otro lado los aspectos y variables que pueden jugar en contra y que deben ser considerados son:

- √ Mayor crecimiento de la demanda con respecto a la capacidad de generación firme que pueden ofrecer las tecnologías renovables
- √ La disponibilidad de infraestructura de transporte (líneas eléctricas de alta tensión) para llevar el recurso desde donde se genera hasta donde se consume (en general, las centrales termoeléctricas son mucho más flexibles en este aspecto).
- √ Falta de políticas de Estado y de metas en el mediano plazo con respecto a las energías renovables.
- √ Escasez de financiamiento de proyectos a largo plazo.
- √ Tecnologías tales como la energía mareomotriz, con historial de implementación limitado y grandes necesidades de financiamiento, enfrentan mayores obstáculos para su desarrollo en el corto plazo, a pesar de su enorme potencialidad.
- √ En el caso de la energía geotérmica, abundante en varios países de Latinoamérica, el principal factor que juega en su contra es la incertidumbre en la etapa exploratoria, así como las grandes inversiones iniciales que se realizan en dicha etapa. Pero una vez cubierto el riesgo de la inversión inicial, se ha observado que al utilizar este tipo de energía de base en el despacho, se reducen los costos de manera general, desplazando recurso basado en combustibles fósiles.

### Posibilidad de endurecimiento/ debilitación de la legislación ambiental

Como se mencionó anteriormente, la legislación ambiental juega un rol importante a la hora de definir los escenarios energéticos futuros. Evidentemente, leyes ambientales más duras pueden representar señales para fortalecer políticas de uso racional y eficiente de la energía, cuyo propósito sea el de desacelerar el consumo de energéticos contaminantes (carbón, hidrocarburos, combustibles nucleares), por un lado, y por otro incentivar y acelerar la penetración de fuentes de energía basadas en recursos renovables.

Un ejemplo de generación de escenarios energéticos futuros, considerando aspectos ambientales, se da en (IEO, 2011), en que la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) presenta un panorama energético mundial para el año 2035. Tal panorama está dado por tres distintos escenarios, así:

- √ Escenario de Políticas Actuales,
- √ Escenario de Nuevas Políticas, y
- √ Escenario 450 (que se deriva del objetivo de limitar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera a no más de 450 partes por millón).

El Escenario de Políticas Actuales (o escenario de referencia) muestra cómo podría ser el futuro sobre la base de la perpetuación, sin cambios en las políticas y medidas que han sido adoptadas por los gobiernos hasta el 2011.

El Escenario de Nuevas Políticas incorpora los compromisos generales de las políticas y planes que han sido anunciados por los países de todo el mundo, para hacer frente a la inseguridad energética, el cambio climático y la contaminación local y otros desafíos apremiantes relacionados con la energía, incluso cuando las medidas específicas para poner en práctica estos compromisos aún no se han hecho efectivas. Estos compromisos incluyen objetivos de apoyo a la energía renovable y a la eficiencia energética, a los programas relativos a la disminución o congelamiento de la participación de la energía nuclear, a las promesas de las naciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales han sido comunicadas oficialmente a través de los Acuerdos de Cancún, y las iniciativas adoptadas por el G-20 para eliminar subsidios ineficientes a los combustibles fósiles que alientan el consumo excesivo.

Finalmente, el Escenario 450 establece un panorama energético que busca alcanzar el objetivo de limitar el aumento de la temperatura media global a dos grados centígrados (2 °C), en comparación con los niveles pre-industriales. Según los expertos del clima, para alcanzar este objetivo es necesario limitar la concentración a largo plazo de gases de efecto invernadero en la atmósfera en alrededor de 450 partes por millón de dióxido de carbono equivalente. El logro de este escenario implica una acción política más enérgica para aplicar plenamente los Acuerdos de Cancún.

Los Acuerdos de Cancún fueron establecidos durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en el 11 de diciembre de 2010 y constituyen la base para el mayor esfuerzo colectivo de los países del mundo para reducir las emisiones, rindiéndose cuentas mutuamente, con planes nacionales oficialmente registrados a nivel internacional. Dichos acuerdos incluyen el mayor paquete de ayuda jamás acordado entre varios gobiernos para que las naciones en desarrollo hagan frente al cambio climático. Este paquete incluye financiación, tecnología y apoyo para el fomento de la capacidad de esos países con el fin de ayudarles a cubrir sus necesidades urgentes de adaptación al cambio climático, y a acelerar sus planes de adopción de vías sostenibles hacia economías de bajas emisiones que también puedan resistir los impactos negativos del cambio climático (UNFCCC, 2013).

A pesar de estos acuerdos, existen grandes dificultades y elevados costos que no permiten cumplir a cabalidad con los ambiciosos objetivos climáticos que se han fijado, por lo tanto la incertidumbre sobre la política climática es muy alta. A pesar de que es probable que varios gobiernos tomen acción política firme para hacer frente a la creciente inseguridad energética, la contaminación local, el cambio climático y otros problemas relacionados con la energía, las políticas que realmente se pongan en marcha en los próximos años sin duda se diferenciarán de los acuerdos asumidos en Cancún. Por un lado, algunos gobiernos pueden decidir tomar medidas enérgicas para poner en práctica sus compromisos actuales, es decir, pueden adoptar metas más estrictas y endurecer las legislaciones ambientales. Por otro lado, también es probable que otros gobiernos no puedan poner en práctica las políticas necesarias para satisfacer ni siquiera sus compromisos actuales, es decir, continuarán con legislaciones ambientales débiles, en procura de como mínimo satisfacer su demanda de energía, independientemente de que la misma provenga de recursos energéticos contaminantes.

En este contexto, la prospectiva energética debe tener en cuenta los posibles rumbos que pueda tomar cada país en cuanto a su legislación ambiental.

### III.6.3. Indicadores

Los indicadores son parámetros de medición que integran generalmente más de un variable básica que caracteriza un evento, a través de formulaciones matemáticas sencillas, ampliando el significado de las variables que lo componen y permitiendo una más fácil comprensión de las causas, comportamiento y resultados de una actividad (IAEA 2005).

Una buena parte de la información energética, especialmente ciertos indicadores sociales y ambientales, son medidas muy claras de progreso. Por ejemplo, si las concentraciones de contaminadores ambientales muestran valores más bajos que los que fueron previamente medidos, entonces esto es una muestra clara de progreso y una indicación de que las políticas y planes implementados en esta área muy probablemente han contribuido a esta mejora.

Sin embargo, esto no siempre es el caso con la información económica. Por ejemplo, si la intensidad de uso de la energía en el sector de la agricultura se incrementa, esto puede ser debido a un alto grado de automatización o porque ha ocurrido un cambio estructural en la agricultura, como puede ser un cambio de un cultivo a otro que requiere más energía para su crecimiento, cosecha, y procesamiento. En estos casos, los cambios en la información deben ser analizados dentro del contexto de las condiciones específicas de cada país. Esta información usada de esta manera muestra los efectos de decisiones políticas y planes; y son útiles para evaluar tales decisiones y formular políticas y planes futuros.

El análisis e interpretación de esta información debe ser realizado dentro del contexto de las prioridades de energía y desarrollo sustentable de cada país. Debido a que las características de cada país son únicas, los resultados de un país no necesariamente deberían ser tomados como referencia para comparación con otro país que presenta condiciones diferentes. Por este motivo, en general no hay forma de establecer valores umbral o rangos en los valores de los indicadores que sean válidos para los diferentes países. Gran parte del material presentado en este capítulo representa una herramienta para observar continuamente el progreso energético de cada país y para definir estrategias que lleven hacia un futuro energético sustentable.

Dentro de las actividades de elaboración de políticas y planes energéticos existen algunos tópicos que son difíciles de cuantificar, o que son por naturaleza más cualitativos, pero que necesitan ser considerados dentro del proceso de toma de decisiones y en la formulación de políticas energéticas trascendentales para los países. Muchos de estos aspectos no-cuantificables se encuentran dentro de la dimensión institucional de desarrollo sustentable.

En esta sección, se plantean dos conjuntos de indicadores, los llamados indicadores de desarrollo sustentable que se categorizan en tres dimensiones de desarrollo: social, ambiental y dimensión económica; y los indicadores complementarios que ocupan un apartado especial.

Cada conjunto de indicadores expresan las consecuencias de la producción y uso de la energía. De forma conjunta, los indicadores dan un claro panorama del sistema completo, incluyendo la interacción entre las varias dimensiones de desarrollo sustentable, así como también muestran las implicaciones en el largo plazo de las decisiones y comportamientos actuales. Los cambios en el valor del indicador a lo largo del tiempo muestran progreso o falta de éste hacia el objetivo de lograr un desarrollo sustentable. El mismo valor de un indicador de energía puede no significar la misma cosa para países diferentes. El significado dependerá del nivel de desarrollo de cada país, la naturaleza de su economía, sus condiciones geográficas, la disponibilidad de recursos energéticos, etc. Por lo tanto se requiere mucha cautela cuando se usen los indicadores para comparar la situación de dos o más países. Sin embargo, en lugar de depender de análisis abstractos y complicados, los planeadores, tomadores de decisiones, y personas u organizaciones que elaboran políticas energéticas tendrán un conjunto simple de herramientas para ayudar a guiar sus decisiones y monitorear los resultados de las políticas implementadas.

Para mayor información, en el Anexo I-B se presenta un listado de Indicadores y su procedimiento de cálculo.

## III.7. Sistemas de información

### III.7.1. Definición

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados para producir un resultado, conformado por los siguientes componentes: *elementos, relaciones y objetivo*.

Los **elementos** o partes: Pueden ser humanos o mecánicos, tangibles o intangibles, estáticos o dinámicos.

Las **relaciones**: Hacen que todo sistema sea complejo. La importancia de las relaciones, tanto en el análisis y el diseño como en el comportamiento del sistema, es fundamental. Esto se advierte con frecuencia en el ámbito de las organizaciones. Por ejemplo: Existen empresas u organizaciones que obtienen resultados exitosos donde otros fracasaron, a pesar de que emplean a las mismas personas y cuentan con los mismos recursos, debido a que se ha utilizado de otra manera los mismos elementos, asignándoles distintos roles y modificando sus interrelaciones. En el estricto sentido de la palabra se ha cambiado el sistema.

El **objetivo**: Constituye la razón de ser de un sistema. El objetivo define al sistema; nada puede hacerse respecto a un sistema (estudiarlo, rediseñarlo, evaluarlo, operarlo, dirigirlo, etc.) si no se conoce su objetivo.



En el tema específico de los sistemas especializados en información, estos se definirán con un conjunto de recursos humanos, materiales, financieros, tecnológicos, normativos y metodológicos; organizados a quienes operan y toman decisiones en una organización, la información necesaria para el desarrollo de sus actividades. Este tipo de sistemas tienen los siguientes elementos, categorizados así:

- ✓ **Personas:** Es el componente más influyente en el éxito o el fracaso de los sistemas de información, se refiere a todo el recurso humano involucrado en el ciclo de vida del sistema; analistas, desarrolladores, expertos, usuarios finales, soporte técnico.
- ✓ **Datos:** Son hechos cuantitativos o cualitativos utilizados para generar información útil. Los datos se integran y generan información mediante procedimientos y tareas definidas para producir conocimiento que es el que finalmente permite tomar decisiones.
- ✓ **Tareas y procedimientos:** Son las actividades que transforman las entradas de información en salidas de información, los procedimientos determinar, las políticas que rigen el funcionamiento de un sistema informático y describen sus diferentes procesos.
- ✓ **Recursos de hardware y software:** El hardware se refiere a la maquinaria, equipos informáticos, dispositivos de entrada y de salida, dispositivos de almacenamiento y dispositivos de comunicaciones. El software se refiere a los programas de computadora, instrucciones legibles por las partes de hardware del sistema para funcionar de maneras que producen información útil de los datos.

### III.7.2. Modelo de Sistema de Información

Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información.

**Entrada de Información:** El Sistema de Información toma los datos que requiere para procesar la información. Las entradas pueden ser manuales o automáticas. Las manuales son aquellas que se proporcionan en forma directa por el usuario, mientras que las automáticas son datos o información que provienen o son tomados de otros sistemas o módulos.

**Almacenamiento de información:** La información ingresada al sistema así como la información procesada se almacena para su posterior utilización, esta información se guarda en medios de almacenamiento permanentes, usualmente discos duros o en estructuras de base de datos o en archivos estructurados.

**Procesamiento de Información:** Es la capacidad del Sistema de Información para efectuar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida. Estos cálculos pueden efectuarse con datos introducidos recientemente en el sistema o bien con datos que están almacenados. Esta característica de los sistemas permite la transformación de datos fuente en información que puede ser utilizada para la toma de decisiones.

**Salida de Información:** Es la capacidad de un Sistema de Información para sacar la información procesada, mediante la generación de reportes y archivos estructurados que pueden ser consumidos desde otras herramientas ofimáticas.

### III.7.3. Ciclo de vida de los Sistemas de Información

**Conocimiento de la Organización:** Analizar y conocer todos los sistemas que forman parte de la organización, así como los futuros usuarios del Sistema de Información. Se analiza el proceso de negocio y los procesos transaccionales a los que dará soporte el Sistema de Información.

**Identificación de problemas y oportunidades:** El segundo paso es revelar las situaciones que tiene la organización y de las cuales se puede sacar una ventaja, así como las situaciones desventajosas o limitaciones que hay que sortear o que tomar en cuenta.

**Determinar las necesidades:** Este proceso también se denomina definición de requerimientos. En el mismo, se procede identificar a través de algún método de recolección de información (el que más se ajuste a cada caso) la información relevante para el Sistema de Información que se propondrá.

**Diagnóstico:** En este paso se elabora un informe resaltando los aspectos positivos y negativos de la organización. Este informe formará parte de la propuesta del Sistema de Información y, también, será tomado en cuenta a la hora del diseño.

**Propuesta:** Contando ya con toda la información necesaria acerca de la organización, es posible elaborar una propuesta formal dirigida hacia la organización donde se detalle: el presupuesto, la relación costo-beneficio y la presentación del proyecto de desarrollo del Sistema de Información.



**Diseño del sistema:** Una vez aprobado el proyecto, se comienza con la elaboración del diseño lógico del Sistema de Información; incluye: el diseño del flujo de la información dentro del sistema, los procesos que se realizarán dentro del sistema, el diccionario de datos, los reportes de salida, etc. En este paso es importante seleccionar la plataforma donde se apoyará el Sistema de Información y el lenguaje de programación a utilizar.

**Codificación:** Con el algoritmo ya diseñado, se procede a su reescritura en el lenguaje de programación establecido en la etapa anterior, es decir, en códigos que la máquina pueda interpretar y ejecutar.

**Implementación:** Este paso consta de todas las actividades requeridas para la instalación de los equipos informáticos, redes y la instalación de la aplicación (programa) generada en la etapa de Codificación.

**Mantenimiento:** Proceso de retroalimentación, a través del cual se puede solicitar la corrección, el mejoramiento o la adaptación del Sistema de Información ya creado a otro entorno de trabajo o plataforma. Este paso incluye el soporte técnico.

## III.8 Sistemas de Información Energética

### III.8.1 Definición

**Sistemas de Información Energética:** Dependiendo de la finalidad que tiene el sistema de información y los datos que almacena desde un esquema de clasificación particular, es posible indicar que en caso específico del sector energético existen sistemas de información energética. Como su nombre lo especifica almacena información de toda la cadena energética, concebida desde la exploración del recurso hasta llegar al consumidor final. Este tipo de sistemas pueden clasificarse en las siguientes categorías (ver Figura III.2):

#### Sistema básico

Es el sistema de información mínimo necesario para hacer planificación, y se basa en los siguientes grupos de datos:

- √ SOCIOECONÓMICA: Tales como: población, PIB, entre otros.
- √ OFERTA - DEMANDA: Balance energético final (BEN) y útil (BEU) por fuentes y sectores
- √ PRECIOS: Precios de las fuentes energéticas
- √ INFRAESTRUCTURA: Capacidades y equipamiento energético por sectores

#### Sistema unitario integrado

Se trata de un único sistema nacional global que cubre todo el sector energético de un país. Suele tener 2 componentes:

- √ Datos numéricos resultantes de las actividades del sector energético, generalmente anuales (aunque algunos pueden ser mensuales y aun diarios), geo referenciados o no; puede ser por áreas, fuentes, actividades y atributos.
- √ Datos informativos (alfanuméricos), que conforman una suerte de actualidad energética con las noticias más relevantes acerca del estado de los proyectos, estudios en marcha, etc.

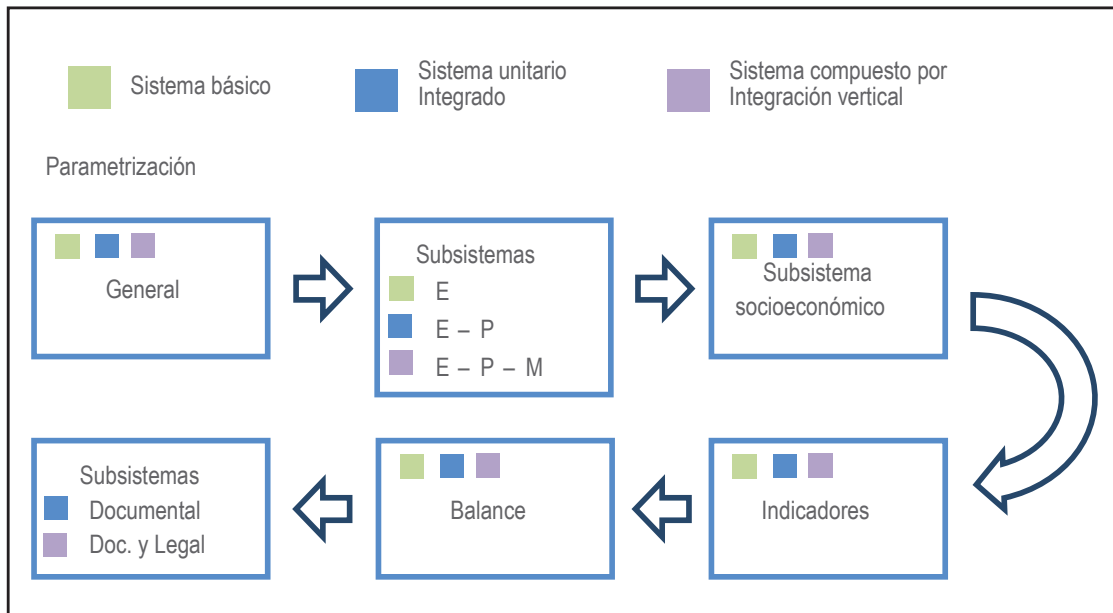
#### Sistema compuesto por integración vertical

Se trata de un sistema unitario integrado + subsistemas sectoriales periféricos. Estos últimos cubren una amplia variedad de instrumentos y de tecnologías informáticas.

Incluye todos los subsistemas numéricos y documentales:

- √ Estadístico
- √ Prospectiva
- √ Mundial
- √ Socio económico
- √ Documental
- √ Legal

Figura III.2: Categorías de los Sistemas de Información Energética



Fuente: Elaboración propia.

### III.8.2. Sistemas de Información Energética en América Latina y El Caribe

Con la finalidad de conocer la situación de los Países Miembros de OLADE<sup>26</sup> en cuanto al manejo y administración de la información, se realizó una encuesta (2009). Derivado de ello se obtuvo respuesta de 20 países. En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla III.1: Situación en América Latina y El Caribe de la gestión de la información energética

Países			
	América del Sur	Caribe	Centro América
<b>Almacenamiento de los datos</b>			
Base de datos	AR, BO, CO, PY	JM, DO, TT	HN
Hojas de Cálculo	CL, AR, BO, BR, PY, PE, UY	GY, JM, DO, SR, TT	NI, HN, PA, GT, CR, SV
Archivo físico	AR, BO, BR, UY	GY, JM, DO, SR	PA, HN, GT, CR
Otro	BO		
<b>Interfaces para el ingreso de datos</b>			
Manual	CL, AR, BO, BR, CO, PY, PE, UY	JM, DO, SR, TT	PA, HN, GT, NI, CR
Transferencia de Archivos	AR, BO, BR, CO, PY, PE	JM, DO	PA, HN, GT, CR, SV
Servicio Web	CL, AR, BO, BR, CO, PY	JM, TT	CR
Otro	BO		

<sup>26</sup> <http://www.olade.org/es/quienes-somos>.

Países			
	América del Sur	Caribe	Centro América
<b>Presentación de reportes</b>			
Página Web	CL, AR, BO, BR, CO, PY, PE, UY	DO, TT	PA, GT, ES, CR, HN
Archivo físico	BO, PY, PE	JM, DO, SR, TT	PA, NI, HN, GT
Impreso	BO, BR, CO, PY, PE	GY, JM, DO	PA, NI, HN, CR
Otro	BO, UY	JM	
<b>Plataforma del Sistema</b>			
Cliente – Servidor	AR, PY	JM	
Servicios web	AR, CO, PY	JM, TT	CR
Otro	PE	JM	
<b>Tipo de base de datos</b>			
MS-Access		TT	
SQL	CO, PY	JM, DO	CR
ORACLE	CO		
Otro		JM	
<b>Sistema Operativo</b>			
Windows	AR, BO, CO, PY	JM, TT	CR
Mac-OS			
Linux	AR, CO		
Otro		DO	
<b>Lenguaje de programación</b>			
.NET	CO		
JAVA	PY		CR
Lenguaje C	0		
Otro	AR		
<b>Medio de Comunicación</b>			
VPN	AR, CO		
Internet banda ancha	AR, BO, CO, PY	DO, TT	CR
Línea conmutada			
Otro			

Fuente: Elaboración propia, con base a información recopilada en el año 2009

Con base en los resultados presentados en la tabla, se concluye que el método más utilizado para almacenar información energética en la Región es por hojas de cálculo; 12 países también utilizan archivos físicos y 8 países presentan almacenamiento en bases de datos.

En cuanto a las interfaces, el 90% de los países tienen interfaces de carácter manual y el 65% por medio de transferencia de archivos. En tanto que el 75% de los países presentan sus informes por medio de páginas Web y el 65% en archivos físicos e impresos.

La mayor parte de los países no poseen sistemas especializados para información energética, sin embargo, los países que disponen de sistemas de información están en computadores personales y únicamente el 25% de los países utilizan plataformas cliente-servidor y similares.

Por otra parte, el 85% de los países encuestados tienen áreas dedicadas al procesamiento de estadísticas energéticas.

Resumiendo, en la Región se utiliza mayoritariamente herramientas ofimáticas para el tratamiento y administración de la información, a pesar de que en algunos países se cuenta con bases de datos, no existen sistemas que integren en su totalidad la información del sector energético. Con el fin de atender esta necesidad y ponerla a disposición de sus Países Miembros, OLADE ha desarrollado herramientas informáticas y metodologías para el manejo de estadísticas energéticas, que facilita y estandariza el manejo consolidado de información energética, con una base de datos que permite obtener una matriz energética dinámica tanto a nivel nacional como regional en pro de contribuir con las iniciativas de integración, planificación energética y fomentado la calidad y transparencia de la información.

### III.8.3. Sistema de Información Energética de América Latina y El Caribe (SIELAC - OLADE)

OLADE con el objetivo de fomentar entre los sus Países Miembros la cooperación técnica, el intercambio y divulgación de la información científica, legal y propiciar el desarrollo y difusión de tecnologías en las actividades relacionadas con la energía, ha desarrollado algunas herramientas que permiten la administración sistematizada de la información más relevante del sector energético de América Latina y El Caribe.

El Sistema de Información Energética de América Latina y El Caribe SIELAC-OLADE es una plataforma de información energética que le permite a OLADE integrar, procesar y divulgar la información oficial de estadística, prospectiva, socioeconómica, legal y documental del sector energético de sus 27 Países Miembros, con base en metodologías y conceptos estandarizados que permiten la consolidación de la información a nivel nacional, subregional y regional. Esta base de datos histórica de más de 40 años, facilita el análisis de los procesos de integración energética, planificación energética regional y/o subregional, la evaluación de oportunidades de inversión y el intercambio de experiencias, generando así un programa de gestión del conocimiento regional; además cuenta con una matriz energética regional dinámica, que sirva de base para estudios regionales, subregionales y nacionales, que permita visualizar estrategias para garantizar la sostenibilidad y seguridad energética.

#### Beneficios del Sistema:

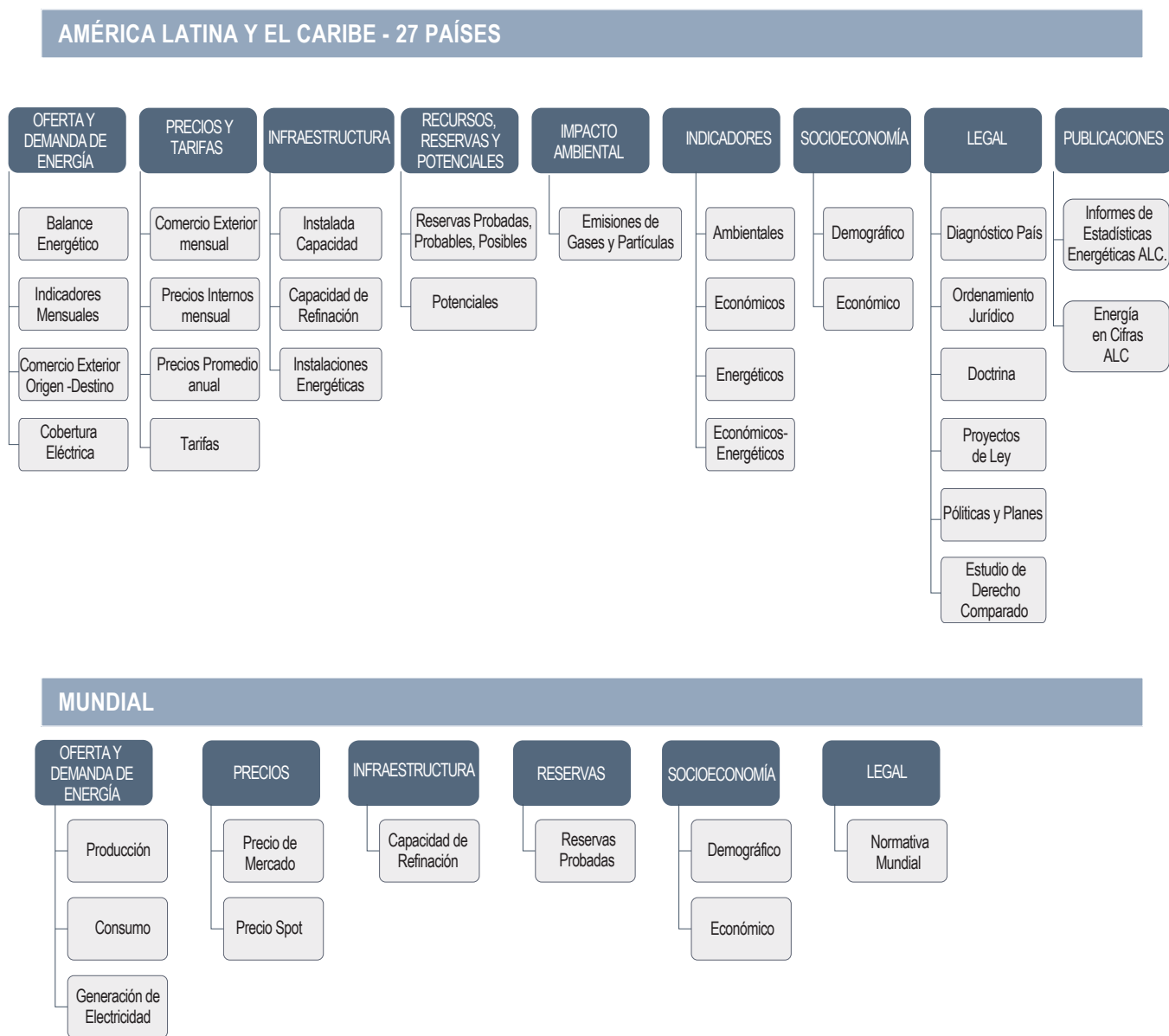
- Integra la información de la cadena energética de América Latina y El Caribe estableciendo criterios homogéneos, garantizado la confiabilidad de los resultados.
- Presenta series históricas para las más importantes variables del sector energético, a partir de las cuales se pueden establecer comportamientos tendenciales, identificar las causas de cambios en la composición de la matriz energética, así como la perspectiva del comportamiento futuro del sector.
- Obtener indicadores que combinan información económica y energética potencializando el análisis del sector y aportando mejores elementos para la planificación.
- Acceso a la información legal de los países en el área energética que constituye un importante insumo para la toma de decisiones políticas, regulatorias, económicas, sociales y comerciales, realización de estudios de Derecho Comparado, elaboración de leyes marco para el sector energético, buenas prácticas y revisión histórica de marcos regulatorios vinculados al sector de la energía.

El **SIELAC** está dirigido principalmente a las autoridades energéticas de los Países Miembros de OLADE, así como a especialistas de entidades vinculadas con el sector, universidades, consultores e inversionistas y en general a la comunidad energética mundial que requiera información integrada, oportuna y oficial sobre las principales características y temas del sector energético de América Latina y El Caribe, bajo una misma plataforma informática.

**Contenido:**

Dada la flexibilidad que tiene el SIELAC-OLADE, este puede ser configurado bajo el sistema básico, sistema unitario integrado y como un sistema compuesto de integración vertical.

**Tabla III.2: Esquema de la información energética contenida en el SIELAC - OLADE**



Fuente: Elaboración propia.

### Sistemas de Información Energética Nacional apoyados por OLADE

OLADE, conjuntamente con sus Países Miembros trabaja en el fortalecimiento de la gestión de la información energética, y pone a disposición de los países metodologías, capacitación, soporte técnico y software informático específico (SIE\_País) que permite integrar, procesar y divulgar la información estadística, prospectiva, socioeconómica, legal, oferta y demanda de servicios y documental del sector energético, con base en metodologías y conceptos estandarizados que permiten la consolidación de la información a nivel nacional.

SIE\_País es un sistema de información energético único en la Región por su fácil y dinámica configuración, que permite caracterizar al sector energético de acuerdo a los requerimientos de cada país y convertirse en el "Sistema de Información Energética Nacional", donde cada país es responsable de la administración y el manejo de sus datos.

**Objetivo**

Fortalecer los canales de comunicación de los Países Miembros de OLADE mediante herramientas informáticas que ayuden a mejorar las capacidades de administración, almacenamiento y procesamiento de la información estadística, prospectiva, legal y documental del sector energético del país que lo implemente como su “**Sistema de Información Energética Nacional**”.

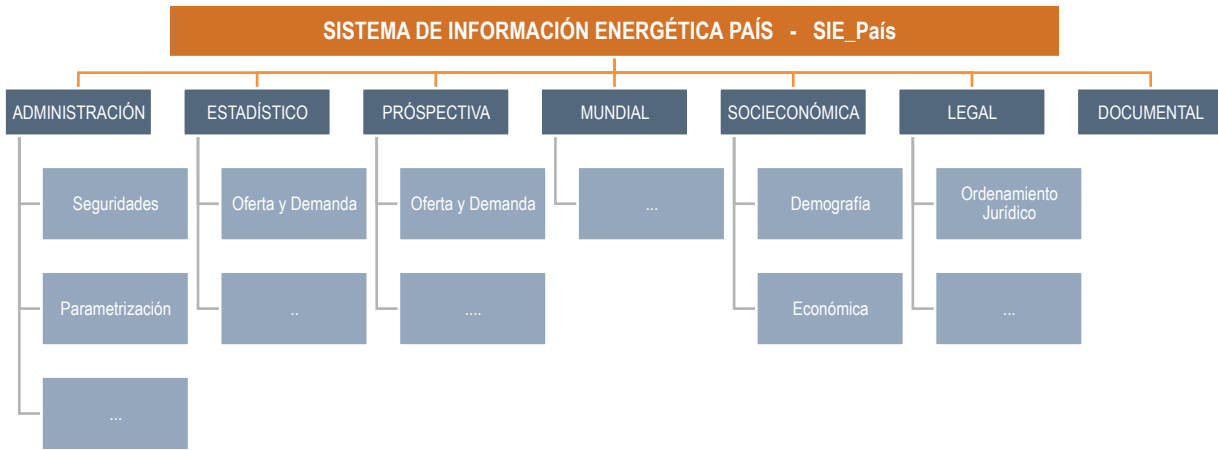
**Beneficios**

Tomando en cuenta que el SIE\_País funciona bajo la misma plataforma informática del SIELAC-OLADE, tiene los mismos beneficios.

**Contenido**

La estructura energética es similar al SIELAC, con la diferencia que el país puede habilitar o deshabilitar actividades según el comportamiento de su matriz energética y de su disponibilidad de información.

**Tabla III.3: Esquema SIE\_País**



Fuente: Elaboración propia

**Fases de implementación en los Países**

Los Países Miembros de OLADE que desean implementar el SIE\_País como su “Sistema de Información Energética Nacional”, deben tener como referencia las siguientes etapas:

**Figura III.3: Etapas de implementación del SIE\_País**



Fuente: Elaboración propia.



## Soporte humano: Comité de Información Energética propuesto por OLADE

Como se mencionó en párrafos anteriores, el recurso humano es decisivo tanto en el desarrollo como en la implementación de un sistema de información; dependiendo del país y sus condiciones el recurso humano puede variar de acuerdo a los objetivos y disponibilidad. A continuación se presenta como una referencia para las oficinas o instituciones a cargo del manejo y administración de la información el equipo técnico mínimo requerido y las funciones específicas. Para fines del Manual trataremos al equipo técnico como un Comité de Información Energética, esta figura puede modificarse.

El Comité de Información Energética es un grupo de especialistas del sector energético que deberá tener un carácter amplio y democrático, en el que participen representantes de las principales instituciones vinculadas o relacionadas con el sector energético, interesadas en interactuar con el Sistema de Información Energética, proporcionando y recibiendo información actualizada.

### a) Estructura

El Comité de Información Energética estará constituido por tres tipos de integrantes:

#### Equipo Técnico

Integrado por el administrador del Sistema de Información, un especialista energético, un especialista legal y un especialista en informática. Son funcionarios designados por el Ministerio o Secretaría de Energía para coordinar con OLADE u otro organismo, el proceso de implantación o desarrollo del SIE\_País.

#### Grupo de Coordinadores

Lo conforman especialistas del Ministerio o Secretaría de Energía, pertenecientes a las áreas técnicas, encargados de recopilación, procesamiento y/o análisis de estadísticas, prospectivas e información sobre hidrocarburos, electricidad, fuentes renovables, ambiente, investigación y desarrollo tecnológico, proyectos e instalaciones energéticas, legislación energética y economía de la energía.

#### Grupo de Asesores

Está conformado por especialistas representantes de instituciones públicas o privadas, vinculadas o relacionadas con el sector energético. En sus respectivas entidades son los encargados de la recopilación, elaboración, suministro o análisis de estadísticas, prospectiva, información técnica de instalaciones, impacto ambiental o legislación del sector.

### b) Funciones

Los integrantes del Comité de Información Energética asesoran al Administrador del Sistema de información energética sobre la mejor forma de llevar a cabo las actividades propuestas por OLADE para establecerlas características, disponibilidad y requerimientos de información, en particular para cada uno de los subsectores que representan y en general para todo el sector energético, facilitan el acceso a la información y la colaboración de las entidades que representan y recomiendan las mejores opciones sobre la operación, funcionalidad, administración y difusión del Sistema.

#### Administrador del Sistema

Actúa como Secretario Técnico del Sistema tiene las siguientes funciones:

- √ Coordinar con OLADE y el Comité de Información Energética el contenido, alcance y desagregación de la información que se administra en el Sistema.
- √ Coordinar la recopilación, procesamiento e ingreso de información al Sistema.
- √ Identificar los temas a ser considerados por el Comité
- √ Convocar y coordinar las reuniones del Comité.
- √ Mantener el Sistema en producción, garantizando la calidad, oportunidad y veracidad de la información.
- √ Enlace del Comité de Información Energética con OLADE.
- √ Informar al resto del Comité del estado y funcionamiento del Sistema.
- √ Promover la divulgación del Sistema a las autoridades del sector y a la comunidad energética.

### **Especialista Energético**

Asesora al Comité de Información respecto a los temas energéticos que se registran en el Sistema y se encarga de las siguientes actividades:

- √ Evaluar la integridad y representatividad de la información energética que contiene el Sistema.
- √ Recomendar al Comité de Información sobre mejoras, ajustes complementos o nuevos temas de energía que deban incorporarse al Sistema.
- √ Promover la elaboración de reportes y análisis de la información del Sistema.

### **Especialista Informático**

Asesora al Comité de Información respecto a las tecnologías informáticas relacionadas con el Sistema y se encarga de las siguientes actividades:

- √ Instalación y actualización de los componentes del Sistema.
- √ Administrar el Sistema como herramienta informática.
- √ Proporcionar soporte técnico informático a los integrantes del Comité y a los usuarios del Sistema.
- √ Enlace técnico informático con OLADE.

### **Especialista Legal**

Asesora al Comité de Información respecto a temas legal-energéticos que se registran en el Sistema, se encarga de las siguientes actividades:

- √ Evaluar la integridad y representatividad de la información energética legal que contiene el Sistema.
- √ Coordinar con los representantes legales de los subsectores y sectores energéticos para recopilar, ordenar, clasificar, procesar y sistematizar todo el ordenamiento jurídico vigente en el país en materia de energía.
- √ Apoyar en el mejoramiento de procedimientos y metodologías para la recopilación y procesamiento de la normativa energética nacional.
- √ Fomentar la divulgación e intercambio de información y buenas prácticas legislativas en materia energética.
- √ Recomendar al Comité de Información sobre mejoras, ajustes complementos o nuevos temas energético legal que deban incorporarse al Sistema.
- √ Promover el análisis de la información legal energética.

### **Coordinadores Subsectoriales**

Son los responsables de coordinar con las entidades del sector el suministro de la información que se registra en el Sistema, apoyando con su experiencia el ingreso, revisión y control de calidad de los datos, elaborando o participando en la elaboración de análisis y diagnósticos del área de su especialidad y sobre el sector en general. Colaborará con el Administrador del Sistema en las siguientes actividades:

- √ Proporcionar apoyo técnico en un subsector energético determinado.
- √ Facilitar la interacción entre el Administrador del Sistema y los Asesores subsectoriales.
- √ Mantener los criterios de consistencia, veracidad y oportunidad de la información.
- √ Gestionar la recopilación y actualización de la información subsectorial.
- √ Establecer los requerimientos del Ministerio, Secretaría o Entidad que implante el Sistema
- √ Definir la parametrización (configuración) de la información relacionada con su subsector.

### **Asesores Subsectoriales**

Asesoran al Administrador del Sistema sobre las características de la información, contenido, alcance y especificaciones funcionales del sistema, facilitando el suministro de información de cada una de sus instituciones y promoviendo el uso del sistema en sus entidades. Se encarga de las siguientes actividades:

- √ Establecer un procedimiento adecuado para el flujo y la administración de las estadísticas que requiere el Sistema.
- √ Definir la configuración del Sistema de acuerdo con la estructura del sector energético.
- √ Implementación, administración y mantenimiento del Sistema.
- √ Gestionar el acceso al Sistema de usuarios externos y del público en general.
- √ Asesorar al Comité Estadístico para la definición e implementación de una estructura de información adecuada para su país.
- √ Definir la parametrización (configuración) de la información relacionada con su subsector.
- √ Facilitar el acceso a la información y la colaboración de las entidades que representan sus integrantes.
- √ Establecer los criterios de consistencia, veracidad y oportunidad de la información.
- √ Gestión de suministro y consolidación de la información subsectorial.

The left side of the page features a vertical decorative strip. It contains a blue-toned background with several overlapping gear shapes of varying sizes and a complex, white wireframe structure that resembles a stylized eye or a lens, tapering towards the bottom.

# CAPÍTULO IV

---

## Construcción de Escenarios

## PALABRAS CLAVES

Energía - planificación – prospectiva – escenarios - América Latina y El Caribe.

### IV.1. Introducción

Este capítulo trata de los escenarios, concepto; antecedentes de desarrollo y aplicación. Se señalan las variables significativas que en lo socio económico y ambiental los conforman; y las hipótesis relevantes que definen su trayectoria, en un esquema de influencia “*top-down*” de los aspectos internacionales, regionales y nacionales. Se vinculan las variables relevantes con distintos tipos de escenarios: tendenciales, de ruptura y evolutivos.

Se expone sobre la metodología para la construcción y evaluación de los escenarios, en un proceso secuencial de actividades con el empleo de recursos y técnicas específicos, que permitirán producir una primera selección de no más de 6 a 8 escenarios “comunicables”, reducibles luego a dos o tres. En la formulación de las opciones reducidas se ejemplifica con la técnica de evaluación multicriterio de opciones.

Cada escenario deriva en aplicaciones (previsiones) emergentes de la utilización de los modelos o instrumentos de planificación de los que se da cuenta en los respectivos capítulos de este Manual. Surgirá una solución múltiple, cuyos resultados conformarán un “espacio de soluciones” posibles a ser consideradas.

Finalmente, se dan ejemplos del empleo de escenarios en la planificación energética en los países de ALC y también en otros casos de interés. Algunos países presentan planificación de un escenario único, con alternativas mediante análisis de sensibilidades; casi todos con revisiones periódicas, lo que le confiere a los escenarios y a la planificación un carácter dinámico en sus resultados.

### IV.2. ¿Qué son los “Escenarios de Planificación?”

*El concepto de “escenario” en el campo de la planificación tiene al menos dos significados. A veces se lo usa para denominar los “resultados” de la prospectiva, otras veces para describir las “condiciones que se vislumbran como posibles” para cierto horizonte de planificación, es decir condiciones previas al ejercicio de la prospectiva. A los fines de este capítulo se asume el segundo de estos significados.*

Entonces, se define el alcance del concepto de “Escenarios de Planificación”, con base en cinco rasgos esenciales:

- Escenario de planificación, es la construcción imaginativa del contexto estructural relevante que enmarcará la realidad energética bajo estudio, en un determinado horizonte futuro.
- Es una construcción hipotética, basada en hipótesis de comportamientos estructurales racionalmente posibles, sustentados en relaciones causales analíticamente consistentes.
- Es de una expresión resumida y simple, pero de elaboración compleja, lo cual refleja el doble propósito de constituirse en un elemento de comprensión y uso sencillo, útil para la toma de decisiones ante el devenir futuro; y ser, a la vez, el resultado de un proceso de análisis abarcador, sólido y robusto.
- Define posibilidades y no probabilidades de ocurrencia, permitiendo analizar las eventuales consecuencias ante el acontecer de tales posibilidades.
- Es un instrumento de la prospectiva que permite reducir la incertidumbre en la toma de decisiones.

*La construcción de Escenarios equivale a pronosticar el entorno y conlleva la aceptación de que el futuro alberga muchos entornos posibles*

### IV.2.1. Definiciones en la literatura especializada

La Construcción de Escenarios equivale a pronosticar el entorno y conlleva la aceptación de que el futuro alberga muchos entornos posibles. La planificación basada en tendencias, proyecciones, extrapolaciones más o menos refinadas de la situación presente, ha quedado largamente superada.

Hoy se admite que, conociendo ciertas relaciones básicas del funcionamiento interno de un proceso es posible imaginar variantes del mismo detallando “*un futuro posible mediante descripciones internamente coherentes, utilizando parámetros o elementos tanto cuantitativos como cualitativos, incluyendo no sólo datos económicos sino también tecnológicos, políticos, sociales y culturales* (D. Matos, 2001)”<sup>27</sup>.

En otras palabras, se cuenta con elementos que hacen posible una construcción racional de un conjunto de entornos intrínsecamente posibles. Y se pone énfasis en que se trata de una *construcción racional*, y en que el resultado *no será único*, en tanto se propone abarcar una gama de posibilidades, y tener preparadas las herramientas para afrontar las mismas.

En palabras de **Godet** (2009), “la elaboración de escenarios ofrece muchas ventajas: partiendo de una situación determinada, permite la concientización de la multiplicidad de futuros posibles y la consiguiente relativización de la simple obediencia a las tendencias; obligan a tomar en cuenta la interdependencia de los elementos que componen el sistema estudiado; favorecen la identificación de problemas, relaciones o temas ignorados o voluntariamente desdeñados por ser controversiales”.

La planificación estratégica por escenarios se centra en el futuro y no en el pasado, analiza lo que puede pasar, no lo que debería o gustaría que pase. Al final de este Capítulo se adjunta un listado de quince casos de documentos de planificación energética con uso de escenarios, correspondientes a no menos de diez países de América Latina y El Caribe, así como varios ejemplos de otras regiones.

*Escenario de planificación es la construcción imaginativa del contexto estructural relevante que enmarcará la realidad energética bajo estudio, en un determinado horizonte futuro*

De la nutrida bibliografía referida a la construcción de escenarios de planificación, se citan aquellas referencias que se consideran más ilustrativas.

Pierre Wack, quien comenzó con el análisis de escenarios en el planeamiento estratégico de Royal Dutch Shell en los 70's, definía los escenarios como descripciones intrínsecamente consistentes de futuros posibles<sup>28</sup>.

Por su parte, los informes de Shell señalan: “Los escenarios son narraciones de futuros posibles, con el propósito de hacer mejores elecciones en el presente” (...) “Un escenario es un relato que describe un futuro posible. Identifica algunos hechos relevantes, los actores principales, sus motivaciones y expone sus relaciones funcionales. Construir y utilizar escenarios permite explorar cómo puede llegar a ser el futuro y los probables desafíos para la gente de vivir en él.” (...) “Los escenarios de Shell indagan ‘¿Qué pasaría si?’ para explorar puntos de vista alternativos sobre el futuro y crear relatos plausibles acerca de ellos. Consideran las tendencias de largo plazo en la economía, en la demanda y oferta energética, los giros geopolíticos y cambios sociales, así como factores que motivan dichos cambios. Con ello, contribuyen a construir las visiones sobre el futuro”. Y “(...) los escenarios están basados en la intuición, pero elaborados como estructuras analíticas (...). No dan una visión consensuada del futuro, no son predictivos”<sup>29</sup>.

Singularmente ilustrativo es el aporte de Denes Matos<sup>30</sup>, quien al describir la técnica de planificación por escenarios señala: “Lo interesante de la técnica es que el objetivo de un escenario no es esencialmente establecer un pronóstico. Aun cuando, por supuesto, no se deja nunca completamente de lado la intención de pronosticar, el objetivo no es la descripción de algo de lo cual estamos íntimamente convencidos de que habrá de suceder. De hecho, un escenario ni siquiera tiene por qué ser ‘creíble’ o ‘probable’ porque los constantes procesos de cambio operan muy fuertemente sobre lo que en un momento dado se considera creíble o probable. Lo único que necesariamente tiene que ser es intrínsecamente consistente” (...) “Un escenario no se modela para determinar lo que *irá a pasar*; se construye para describir lo que *puede pasar*- más allá de que pueda ser creíble o probable que pase”.

*Un escenario ni siquiera tiene por qué ser “creíble” o “probable”. Lo único que necesariamente tiene que ser es intrínsecamente consistente*

27 Tomado del Capítulo VII, “Una Estrategia por Escenarios” de D. Matos (2001).

28 Harvard Business Review. (Sep-Oct y Nov-Dec 1985).

29 Shell (2008). Escenarios Energéticos en 2025 y en 2050.

30 Capítulo VII. Una Estrategia por escenarios.



Otras referencias exponen, en términos sencillos, que los escenarios refieren un “conjunto ilustrativo de senderos” que señalan cómo “puede presentarse el futuro” y que “(...) los escenarios son diferentes a los pronósticos en que exploran un rango de posibles resultados ante incertidumbre; en tanto que los pronósticos procuran identificar el sendero más probable y estimar la incertidumbre” (Ghanadan y Koomey, 2005)<sup>31</sup>..

Por su parte, para el IDEE/FB, la técnica del empleo de “escenarios” constituye un “instrumento de la prospectiva que permite reducir el grado de incertidumbre en la toma de decisiones”. Señala asimismo que “constituye una imagen coherente del estado de un determinado sistema en ciertos puntos del futuro”, y que “la construcción de escenarios debe estar direccionada por el objetivo que se persigue con el análisis prospectivo que se pretende realizar”<sup>32</sup>..

### IV.3. Antecedentes y Evolución Histórica

#### IV.3.1. Escenarios estratégicos

*Antecedentes de desarrollo y aplicación de escenarios en usos militares y su posterior evolución hacia el planeamiento estratégico en organizaciones e instituciones económicas, políticas, sociales y ambientales.*

La construcción de escenarios de planificación surge a partir de métodos de planeamiento estratégico utilizado por algunas organizaciones para formular sus planes de largo plazo<sup>33</sup>. En cierta medida ha surgido de la generalización y adaptación de métodos utilizados por la inteligencia militar.

Originalmente el método consistía en que un grupo de analistas generaba juegos de simulación para uso de los tomadores de decisiones políticos. Esas simulaciones combinaban hechos conocidos acerca del futuro, tales como información demográfica, geográfica, militar, política, industrial y reservas mineras con alternativas posibles en las tendencias sociales, tecnológicas, económicas, medioambientales, educacionales, políticas y estéticas, como fuerzas directrices clave.

En sus aplicaciones económicas, la planificación de escenarios deja de enfatizar el juego confrontativo entre oponentes – enfoque militar - y se orienta más a considerar las variables naturales. Shell, por ejemplo, ve la planificación de escenarios como bloques dinámicos de pensamiento sobre partes exógenas del universo en análisis (las variables energéticas), antes de la formulación de las estrategias específicas.

La planificación de escenarios involucra aspectos de “pensamiento sistémico”<sup>34</sup>, en cuanto al reconocimiento que muchos factores pueden combinarse de distintas formas para resultar a veces en futuros sorprendentes (incluso, por lazos de retroalimentación no lineales). El método permite también la inclusión de factores difíciles de formalizar, tales como nuevas percepciones sobre el futuro, giros acentuados en los valores establecidos, innovaciones tecnológicas o regulaciones inesperadas.

#### IV.3.2. Escenarios en planificación o prospectiva energética.

*Antecedentes de desarrollo y aplicación en el planeamiento y estudios de prospectiva energética. Caso Shell y otros destacables. El “escenario único”.*

La introducción y uso de escenarios en planificación se generaliza a partir de la definición de políticas públicas en materia de cambio climático y de eficiencia energética (Ghanadan y Koomey, 2005). Tiene su origen en su empleo en Dirección Estratégica, en la que han sido utilizados desde los 60's.

El uso de escenarios es parte integral del “enfoque de uso final” en planificación y consecuentemente, no es novedad reciente en el análisis energético. M. Jefferson (2000) presenta un breve relato de los esfuerzos del Consejo Mundial de la Energía (CME)<sup>35</sup> en descifrar la demanda futura de energía y describe los escenarios usados en un determinado número de estudios. En el estudio de 1978, el Consejo convocó a políticas y acciones para asegurar un futuro sustentable. Hasta 1989 se utilizó dos escenarios – de alto crecimiento y de evolución media. Desde 1993 se agregó un escenario orientado hacia la preservación ecológica, posteriormente en

31 Las citas bibliográficas de Ghanadan y Koomey y de Leydon han sido tomadas de Bhattacharyya, S. (2011) pgs. 119 y sgtes.

32 IDEE/FB (2009).

33 Scenario planning, también llamado scenario thinking (imaginación de escenarios) ó scenario analysis (estudio de escenarios).

34 Senge, P (2005): “El pensamiento sistémico es el que se da en un sistema de varios subsistemas o elementos interrelacionados. Intenta comprender su funcionamiento y resolver los problemas que presentan sus propiedades. El pensamiento sistémico es un marco conceptual, un nuevo contexto que se ha desarrollado en los últimos setenta años que facilita la claridad y modificación de patrones”.

35 Michael Jefferson, Deputy Secretary General, World Energy Council.

1998 se amplió hasta seis escenarios – tres de alto crecimiento, uno de término medio y dos orientados ecológicamente. El conjunto integrado de escenarios presenta un rango de posibles resultados racionales y pronósticos de indicadores energéticos y ambientales hasta el 2100. También Shell ha utilizado activamente las técnicas de definir escenarios para su planeamiento y dirección estratégica<sup>36</sup>. Shell produjo su primer estudio de escenarios en 1992 y fue seguido por varios estudios, siendo el último realizado en el 2013. Entre los estudios de escenarios energéticos globales cabe citar también, entre otros, a los de la EIA de EE.UU., Exxon Mobil y British Petroleum<sup>37</sup>.

*La robustez del enfoque del uso de escenarios consiste en la habilidad de capturar explícitamente cambios estructurales, tomando en cuenta giros repentinos en las tendencias en desarrollo*

Al observar la experiencia de planificación energética a lo largo de medio siglo, se podría afirmar que, durante las primeras décadas, muchos planificadores han utilizado la técnica de escenarios, seguramente sin percibirlo, en su versión más rudimentaria: el escenario único. Esto no ha de entenderse, desde luego, como que la planificación ha asumido una aceptación pasiva de los comportamientos tendenciales. Por el contrario, el propósito esencial de la planificación ha sido siempre diseñar políticas y estrategias para alcanzar una trayectoria deseada, de acuerdo a los objetivos planteados.

#### IV.4. Variables e hipótesis significativas

*En los escenarios energéticos, las variables exógenas pueden ser consideradas como previsiones externas al sector, aunque también pueden formar parte de los escenarios, conformando una suerte de parámetros exógenos. Pueden ser cuantitativas, como población, PIB, precios; o cualitativas, como tecnología, penetración de nuevas fuentes, uso racional, etc.*

Dada la naturaleza de las variables exógenas mencionadas, se aprecia que las mismas han de integrar naturalmente cualquier escenario energético, y se tiende a considerarlas en el ámbito de éstos.

Considerando el caso de la población mundial, y de qué forma debería incorporarse a la construcción de escenarios. Durante décadas el mundo analizó y discutió el posible temor a la superpoblación, en términos tan dramáticos, por la probable secuela de hambrunas, que su eventual influencia sobre el mercado mundial de energía no llegaba a entrar en agenda.

Hoy el gran cambio de la variable “población” en el escenario mundial no es demográfico sino económico. Los cambios económicos y sociales verificados en China, India, de hecho en todo el grupo BRIC, impactan como si de pronto la población mundial –en tanto que demandante de alimentos, de materias primas y desde luego de energía- hubiera aumentado, en pocos años, algo así como un quinto. Desde luego, este gran cambio también puede ser analizado desde el punto de vista del PIB, siempre que se tenga en cuenta las singularidades regionales y las elasticidades asociadas.

Otro elemento sustancial para la construcción de escenarios es el rubro tecnológico. Ha de aceptarse como punto de partida la relación recíproca entre las grandes variables “precios”, “tecnología” y la penetración de nuevas fuentes. No es una relación sencilla, p.e. no siempre los grandes cambios tecnológicos pueden reconocerse como consecuencia del encarecimiento o la escasez de cierta materia prima, o producen el impacto que las previsiones anunciaban. Si bien no debe ignorarse la importancia de los precios, una retrospectiva del último siglo y medio parecería indicar que la tecnología ha seguido un sendero bastante independiente de las fuentes energéticas y sus precios. En la vinculación del desarrollo tecnológico-penetración de fuentes primarias de energía, pareciera que la relación causa-efecto va de la primera hacia la segunda y no a la inversa. Si se analiza el proceso de sustitución en dicho periodo se evidencia que la “calidad de la fuente” y el desarrollo tecnológico han sido las variables gravitantes. No han sido las fuentes más baratas las que han sustituido a las más caras, así como tampoco ha sido el “agotamiento” una variable de importancia.

Desde el punto de vista de la demanda, aunque casi todos estén convencidos de la bondad intrínseca del uso racional de la energía, será en gran medida el precio de ésta lo que haga aparecer las prácticas, las normativas y, en el mercado, los grandes inventos ahorradores de energía, desde los calentadores solares hasta los automotores híbridos. Aunque estas incorporaciones afrontan barreras mucho más complejas que la mera conveniencia de precios, lo que deberá considerarse.

<sup>36</sup> Han sido ex -planificadores de Shell quienes difundieron públicamente sus prácticas (Ghanadan y Koomey 2005).

<sup>37</sup> EIA (Annual Energy Outlook, 2013); ExxonMobil (2013) y BP (2013).

#### IV.4.1. Los sistemas y sus relaciones

*En la formulación de escenarios socioeconómicos para un país, deben considerarse los planos sistémicos dentro de los cuales éste se encuentra incluido*

En términos generales, los acontecimientos de carácter económico y sociopolítico que ocurren en los sistemas de mayor amplitud (el sistema político-económico mundial y regional) tienen una influencia significativa en el sistema socio económico y hasta político del país<sup>38</sup>. Es relevante consignar aquí algunos conceptos de la relación de causalidad que encuadran el proceso, conocido como *top-down*:

- Es esencial identificar la relación de causalidad unidireccional o bien de interdependencia entre sistemas “ya que define cierto tipo de jerarquía en la formulación de las hipótesis en ellos contenidas”.
- “Cuanto más abierto sea un espacio socioeconómico mayor será la importancia de los impactos exógenos provenientes de los sistemas de mayor jerarquía”.
- “El proceso de globalización de la economía mundial significa en esencia una mayor apertura de las economías nacionales a la acción de los grandes conglomerados empresariales y a los movimientos de los flujos financieros en un contexto de una muy débil regulación de los mercados”.
- “La formación de bloques, bajo la forma de acuerdos de libre comercio, uniones aduaneras o mercados comunes, inducida en gran medida como respuesta a ese proceso de globalización, crea instancias adicionales de ampliación del grado de apertura de los sistemas socioeconómicos nacionales”.
- “En consecuencia, la importancia de los impactos de carácter exógeno sobre los sistemas de menor jerarquía se ha ido incrementando considerablemente”.
- La evolución de los sistemas que se pretende escenificar “responde también a cambios endógenos de diferente grado de significación. Es precisamente este tipo de cambios el que puede permitir ciertos grados de libertad en el diseño de las hipótesis que se incluyen en los escenarios sobre los sistemas nacionales, respecto de aquellas de los planos de orden internacional (regional o mundial)”<sup>39</sup>.

#### IV.4.2. Hipótesis relevantes del contexto mundial

De acuerdo con lo expresado, las hipótesis de los escenarios que se refieren al plano mundial deberían abarcar dos tipos de aspectos. El primero de ellos se refiere a ciertas cuestiones globales de la organización y funcionamiento del sistema económico mundial (principales rasgos de las modalidades predominantes de acumulación, características distintivas en las grandes regiones, etc.). El segundo tipo de aspectos, formulado de manera coherente con el anterior, se relaciona con aquellas cuestiones particulares que afectan más directamente al país o región considerados (posibilidades de acceso a los mercados financieros internacionales, corrientes de inversión, acceso a los mercados de ciertos bienes y servicios, etc.).

*Es esencial identificar la relación de causalidad unidireccional o bien de interdependencia entre sistemas ya que define cierto tipo de jerarquía en la formulación de las hipótesis en ellos contenidas*

De este modo, para la elaboración de escenarios deberán analizarse cualitativamente posibilidades distintas con respecto al contexto mundial, formulándose hipótesis relativas a:

- Grado de globalización y de relevancia de los bloques regionales (incluyendo algunas referencias de tipo geopolítico: uni o multipolaridad, potencialidad de conflictos entre bloques);
- Grado de competencia interregional y de solidaridad (articulación) intrabloques;
- Principales actividades que habrán de liderar el proceso de acumulación a escala mundial y características salientes de los cambios tecnológicos y en la organización predominante en los procesos de trabajo;
- Ritmo de crecimiento por grandes regiones y de expansión vertical y horizontal de los mercados;
- Nivel de liquidez en los mercados financieros internacionales y grado de acceso al crédito por parte de los países –en vías de industrialización y/o de menor desarrollo relativo de sus mercados financieros nacionales;

<sup>38</sup> Se sigue la conceptualización de IDEE/FB (2009).

<sup>39</sup> IDEE/FB (2009).

- Afluencia de inversiones directas a los mencionados países y especificación de las principales áreas de interés de esas inversiones;
- Grado de acceso de las exportaciones del sistema socioeconómico considerado (nacional y regional) a los correspondientes mercados internacionales; y
- Evolución de los acuerdos internacionales con relación a la preservación del medio ambiente global y, en particular, las restricciones al comercio de bienes derivados de aquellos acuerdos.

#### IV.4.3. Hipótesis relativas al espacio regional

De modo coherente con las hipótesis relativas al contexto mundial, se debe avanzar en las especificaciones adicionales con referencia al entorno regional (América Latina y Caribe y los bloques regionales de pertenencia<sup>40</sup>), correspondiente al país considerado. Como en el caso anterior, las hipótesis relativas a este plano deberán abarcar tanto aquellos aspectos generales, que pueden incidir sobre la evolución macroeconómica global y sobre las cuestiones específicas energéticas:

- Evolución del grado y de las formas de integración a nivel regional o subregional; intensidad de la competencia y la existencia de articulaciones solidarias;
- Tipo de alianzas estratégicas con otros bloques;
- Grado de compatibilización de las políticas macroeconómicas y sectoriales dentro de bloque de integración;
- Nivel de cooperación en el plano de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico;
- Grado de penetración de los conglomerados multinacionales en las economías del bloque regional;
- Tipo de actividades en las que la acción de esos conglomerados es predominante;
- Tipo de complementariedades sectoriales predominantes;
- Grado de integración subsectorial y empresarial y de mejoras en la competitividad de las actividades productivas regionales;
- Ritmos de crecimiento económico y de población en los países que integran el bloque subregional;
- Evolución de las asimetrías sociales y del ritmo de expansión horizontal de ciertos mercados masivos (por ejemplo, de alimentos); y
- Condiciones ambientales específicas del ámbito regional.

#### IV.4.4. Hipótesis del sistema nacional

Las hipótesis en el plano nacional, abarcarán la dimensión económica global y energética, la social, demográfica y ambiental con sus aspectos espaciales. Así como los supuestos que correspondan respecto de las políticas públicas y de las estrategias de los actores privados nacionales y multinacionales, en el contexto mundial y regional analizado. Para las mencionadas dimensiones, las hipótesis se referirán a aspectos generales tales como los siguientes:

- Dimensión económica global y sectorial: Caracterización de las modalidades predominantes de acumulación, indicando la inserción en el plano mundial y regional, considerando la transnacionalización de las actividades productivas y el rol de las inversiones extranjeras; Grado de acceso al financiamiento internacional y evolución del margen de endeudamiento externo; Crecimiento económico global y la responsabilidad relativa del mercado interno y externo; Patrón sectorial del crecimiento: principales actividades y grados de integración a nivel nacional, regional y mundial; Evolución de las exportaciones e importaciones, su composición sectorial y principales mercados; Participación y expansión de pequeñas y medianas empresas y sus posibilidades; Patrones espaciales del crecimiento económico; Principales corredores o áreas de integración con los países pertenecientes del bloque regional.
- Dimensión social: Evolución del ingreso medio de la población; Niveles de desempleo y subempleo; grado de precariedad en el empleo; evolución de las asimetrías sociales: distribución del ingreso; pobreza y marginalidad; grado de acceso a los servicios básicos y, en particular, a los diferentes niveles de educación formal.

40 Los países miembros de OLADE integran distintos bloques e iniciativas regionales y / o suprarregionales cuyo desarrollo y perspectiva puede incidir de manera importante en el análisis de los escenarios. Se mencionan algunos bloques e iniciativas activas: TLCAN (Tratado Libre Comercio América del Norte o NAFTA en inglés), ALBA (Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América), MCCA (Mercado Común Centro Americano), CARICOM (Comunidad del Caribe), SICA (Sistema de Integración Centroamericano), MERCOSUR (Mercado Común del Sur), CAN (Comunidad Andina de Naciones o Pacto Andino), UNASUR (Unión de Naciones Sudamericanas), Alianza del Pacífico, ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración), G3 (México y Colombia), CAFTA (EEUU, Centroamérica y R. Dominicana), MESOAMÉRICA (México, Colombia, Centroamérica y R. Dominicana) y PETROCARIBE.

- Dimensión demográfica: Crecimiento global de la población; Evolución de los patrones y niveles de urbanización; Distribución espacial y dirección de las migraciones internas; Movimiento poblacional en el(los) bloque(s) de integración regional.
- Dimensión ambiental: Grado y modalidad de adhesión del país a los acuerdos internacionales sobre el medio ambiente; Política nacional referida a la preservación de los recursos del patrimonio natural y a los impactos en el medio ambiente local; Racionalidad de los actores productivos con relación a los impactos ambientales de sus actividades.

#### IV.4.5. Variables significativas

*Para la definición de las hipótesis que conformarán los escenarios, en los espacios y dimensiones expuestos, se emplearán las variables más significativas (variables exógenas) que permitan reflejar más adecuadamente los fenómenos que se quieren representar*

Estas variables pueden ser cuantitativas de escala global o local, o cualitativas. No cabe la pretensión de establecer una lista cerrada, en todo caso sí es posible identificar algunas que se consideran importantes, y agruparlas en familias:

##### a) Variables Cuantitativas Globales:

- √ Población
- √ Crecimiento económico global
- √ Consumo de energía
- √ Participación de fuentes renovables en la oferta global de energía
- √ ...

En virtud del diferente dinamismo que muestran frecuentemente estas variables, se aconseja una apertura por lo menos en dos subgrupos, correspondientes a países desarrollados y emergentes. Otras variables cuantitativas significativas son:

- √ Precio internacional del petróleo y sustitutos (volatilidad)
- √ Rango de tasas de interés internacionales (volatilidad)
- √ Necesidades de inversión global en el sector energético
- √ ...

##### b) Variables Cuantitativas Locales:

- √ Población, con diversas aperturas regionales
- √ Crecimiento económico regional/local. Producto Interno Bruto y per cápita, apertura por sectores
- √ Elasticidad / precio y elasticidad / ingreso del consumo de energía.
- √ Costos de inversión por unidad de producto, según fuentes
- √ ...

##### c) Variables Cuantitativas de Relacionamento Global/Local:

- √ Apertura comercial externa y principales mercados de exportación.
- √ Integración en bloques regionales.
- √ Participación de energía importada en el total de la oferta
- √ Apertura financiera externa
- √ ...

##### d) Variables Cualitativas Globales:

- √ Hipótesis de conflictividad regional que afecten fuentes o rutas de abastecimiento de energía.
- √ Hipótesis de conflictividad interna de grandes países
- √ Hipótesis de conflictividad global
- √ ...

## e) Variables Cualitativas Tecnológicas:

- √ De impacto sobre la demanda:
  - o Implantación o Evolución de Políticas de uso eficiente
  - o Penetración de luminarias de bajo consumo/LED
  - o Penetración de automotores híbridos o eléctricos
  - o ...
- √ De impacto sobre la oferta:
  - o Cambios en tecnologías eólica o solar
  - o Difusión de técnicas de fracking sobre shale-oil y shale-gas
  - o Desarrollo masivo de yacimientos off-shore
  - o ...

## f) Variables Cualitativas Ambientales:

- √ Implantación o evolución de políticas sobre contaminación de aire, agua, suelos.
- √ Adhesión teórica y práctica a políticas sobre efecto invernadero.
- √ Aceptación o conflictividad social sobre instalaciones hidroeléctricas o nucleares
- √ Aceptación o conflictividad sobre alteración de paisajes, en líneas de AT, molinos de eólica y otros.
- √ ...

Tal como se ya se indicó, no es una lista cerrada de variables. Es una lista ilustrativa, y por eso y en forma deliberada se deja un punto disponible al final de cada enumeración. Siempre otras variables pueden ser consideradas.

Sin embargo, se advierte que un escenario no necesariamente se enriquece por la acumulación de más y más variables. La selección de éstas debe guardar una relación apropiada de relevancia con los asuntos a investigar y con la dimensión y alcances de la planificación propuesta<sup>41</sup>.

Es ilustrativo al respecto el documento publicado por la National Grid Co. responsable del planeamiento, dimensionamiento y transporte de electricidad y gas en Gran Bretaña<sup>42</sup>, “*The UK Future Energy Scenarios Document*” en el que se presentan tres escenarios con alcance hasta el año 2030. Tres escenarios elaborados básicamente a partir de sólo cinco variables: entorno económico, precios del petróleo, desarrollos en el mercado de calefacción –énfasis en bombas de calor-, desarrollos en transporte –énfasis en vehículos eléctricos- y demanda de electricidad, enfocada en las tecnologías de alta eficiencia y en el manejo de demanda (*demand-side management*).<sup>43</sup>

#### IV.4.6. Selección de variables

En los apartados precedentes se ha mostrado las hipótesis a formularse en la construcción de escenarios futuros y una lista de variables exógenas relativamente extensa, que aun así es susceptible de ser completada. Se ha advertido también que la multiplicidad de variables no es una virtud en sí misma. La cantidad y tipo de variables que han de utilizarse para construir escenarios es una definición previa indispensable, aunque no necesariamente irreversible. Requiere conocimiento teórico y experiencia práctica sobre el funcionamiento del sector o subsector objeto de la planificación y del entorno e interrelaciones. Por eso en el apartado siguiente se señala que el equipo a cargo de la construcción de los escenarios tiene que estar conformado por especialistas. Seleccionar las variables es esencialmente identificar las fuerzas que pueden impactar en el sector<sup>44</sup>.

La selección de variables deberá estar relacionada con las hipótesis del contexto mundial, del espacio regional y del sistema nacional.

41 En el apartado siguiente (IV.4.6), se exponen los criterios para seleccionar aquellas variables que pueden resultar relevantes para el estudio de los escenarios futuros. Ello se complementa con el análisis de las variables relevantes que han considerado algunos países en sus estudios de escenarios, lo que se desarrolla en el apartado “Escenarios de planificación en ALC”.

42 La NGC es una empresa privada con funciones de planificar, dimensionar y operar las redes nacionales de gas y electricidad en el Reino Unido, sujeta al control del OFGEM (Regulador británico) a quien somete sus planes para aprobación.

43 National Grid Company (2011).

44 Castaño Duque, G.A. (Univ. Nac. Colombia, Manizales) habla de “escrutinio del entorno”, apuntando sobre todo a identificar “discontinuidades”.



Una primera selección de variables estará asociada a la inserción internacional del país en materia energética. Si es importador o exportador de energía, si forma parte de bloques económicos multinacionales, si tiene en vigencia pactos o tratados binacionales, si es importador o exportador de capital, si puede ser influenciado por ciertas hipótesis de conflictividad internacional, son estos elementos de juicio que aconsejarán sobre la importancia a otorgar a las variables cuantitativas y cualitativas globales, y a las de relacionamiento mundial-regional-local.

Un segundo enfoque se relaciona con la evolución del aparato productivo interno, y aquí juegan las grandes variables macroeconómicas, las referidas al crecimiento esperado del PBI, su desagregación por sectores, la urbanización, la distribución del ingreso, la elasticidad del ingreso de la demanda de energía.

Desde luego, en una concepción amplia son susceptibles de impactar en el sector energético prácticamente todas las variables que se han listado como ejemplo, y quizá más. Pero también es cierto que las que interesan especialmente son las que inciden significativamente sobre demanda y ofertas energéticas y que pueden plantear discontinuidades.

El tercer criterio de selección apunta a procesos de naturaleza política en un sentido más amplio del término. Se encuentran en este grupo las variables cualitativas sociales, ambientales y tecnológicas. Se hace referencia a la forma en que la sociedad y el gobierno han de procesar las demandas en materia de cuidados ambientales y la manera en que han de impulsar o dificultar la inserción de nuevas tecnologías. Dentro de este grupo tienen también un valor referencial el nivel o grado de aquellas variables que tengan que ver con la eficacia en la implementación de la política energética adoptada por el país. Dependiendo, también en este caso, de las diferentes realidades de cada país, es posible determinar cuáles de las variables relacionadas con estos temas tienen aptitud de impacto significativo, y aun de ruptura.

#### IV.4.7. Variables y Escenarios

*La evolución o comportamiento que se atribuya como hipótesis a las diferentes variables, puede dar como resultado escenarios de continuidad, de ruptura o evolutivos (Fig. V.1)*

Esta caracterización de los escenarios como de continuidad, de ruptura o evolutivos, no debe entenderse como una recomendación en el sentido de adoptar necesariamente escenarios comprendidos en alguno de estos tres tipos. Es simplemente una clasificación de los escenarios que pueden resultar de la adopción de ciertas hipótesis referentes al comportamiento futuro de las diferentes variables.

Se considera “**escenarios de continuidad**” a los que se pueden construir mediante una proyección razonable de las tendencias del presente. En ellos pueden existir ciertas discontinuidades, pero que no llegan a conmovir variables significativas.

Mirando hacia atrás, uno de los períodos más extensos de continuidad que se reconocen en el Siglo XX es sin duda el que siguió a la Segunda Guerra Mundial. En ese marco, por ejemplo, el cierre del Canal de Suez después de la Guerra de los Seis Días (1967) afectó sin duda los grandes flujos de transporte de combustibles por mar, pero no llegó a constituir una ruptura. En cambio, los acontecimientos que siguieron a la Guerra del *Yom Kippur* (1973), lo que se convirtió en la gran crisis mundial del petróleo, significaron absolutamente el fin de una época. Al menos, en lo que se refiere a energía.

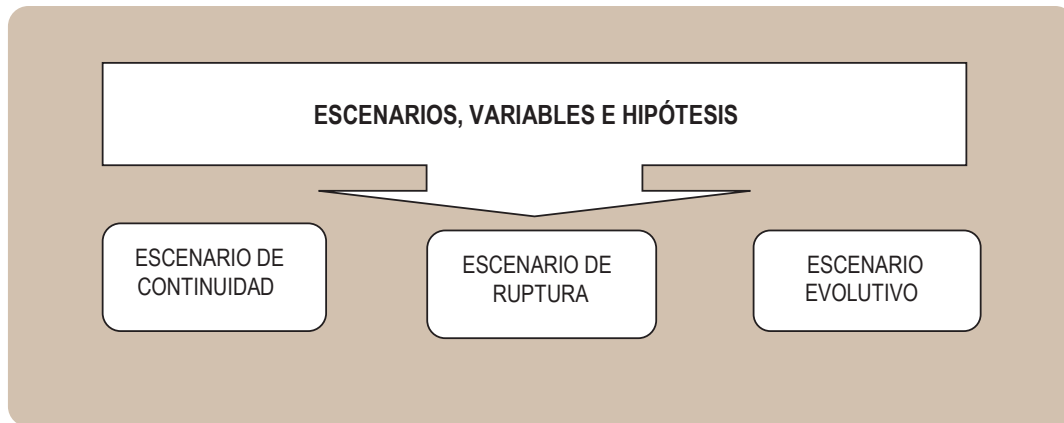
Desde luego, un escenario de continuidad no asegura la viabilidad: p.e. si la sociedad china adoptara en las décadas cercanas un perfil de consumo de energía similar al de Estados Unidos, incluyendo la cantidad de automóviles cada mil habitantes, el requerimiento energético excedería cualquier posibilidad. Otro ejemplo conocido sería suponer una expansión indefinida de la oferta de biocombustibles, sin considerar cómo afectaría la oferta mundial de alimentos. En estos escenarios, la propia pretensión de continuidad conlleva, más tarde o más temprano, alguna clase de ruptura.

Se llama “**escenario de ruptura**” a aquel que asume una discontinuidad en una o más de las variables significativas.

Por ejemplo: un escenario de ruptura podría incluir una hipótesis de conflicto político interno en China, que derivará en una desaceleración económica significativa, o en un debilitamiento del control demográfico. ¿Qué impacto tendría en el PBI de China, en su productividad, en la demanda global de alimentos, en la generación mundial de ahorro, en el mercado de capitales? ¿En la demanda de productos y en el ingreso por exportaciones de ALC? ¿En la demanda mundial y de ALC de energía?

No siempre la ruptura es un concepto negativo. Un eventual descubrimiento de hidrocarburos en un país no productor nunca sería considerado una mala noticia. Puede a mediano plazo modificar variables importantes, como la participación de energía importada en la oferta, y producir un abaratamiento del costo energético medio de ese país. También puede significar el abandono de políticas o proyectos de energía renovable, en perjuicio de los cuidados ambientales.

Figura IV.1: Caracterización de distintos tipos de escenarios por las hipótesis sobre la evolución de las variables



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, las nociones de continuidad o ruptura también son cambiantes. Un caso ilustra muy bien la afirmación de **Denes Martos** que se ha citado páginas atrás: “De hecho, un escenario ni siquiera tiene por qué ser “creíble” o “probable” porque los constantes procesos de cambio operan muy fuertemente sobre lo que en un momento dado se considera creíble o probable.”

Si en el año 1990 se hubiese construido un escenario que incluyese, por ejemplo, una caída neta del consumo de gasolina en el mercado de Estados Unidos, o el surgimiento de este país como exportador relevante de petróleo y gas, habría significado asumir audaces hipótesis de ruptura respecto a la tendencia secular. En el presente, tanto lo uno como lo otro son tendencias instaladas, incorporadas a las proyecciones oficiales de Estados Unidos para el período 2013-2040, y los distintos escenarios al respecto sólo tienen diferencias cuantitativas<sup>45</sup>.

Asimismo, sin llegar a considerarse como “de ruptura”, algunas perspectivas sustentadas sobre desempeños históricamente atípicos, pueden perfilar escenarios destacados para la proyección de las variables relevantes en la planificación energética de ALC. Los llamamos “**escenarios evolutivos**”.

Estos tres tipos de escenarios quedan entonces descriptos en sus respectivas definiciones. Aunque para ilustrarlos se han escogido casos de continuidad y de ruptura a nivel global, y de escenario evolutivo a nivel regional, queda claro que se trata de ejemplos, de los que pueden mencionarse otros tanto a nivel global y regional, como a nivel nacional de diferentes países de la región.

#### IV.4.8. Variables e Implementación

El capítulo II de este Manual, que trata del “Proceso de Planificación”, en el apartado que analiza los problemas de implementación que pueden surgir durante la aplicación de un plan energético menciona, entre otros, los derivados de alteraciones imprevistas del contexto económico y financiero global o del posicionamiento del país respecto del mismo, con impacto en la ejecución de la planificación.

A estas variables económicas y financieras globales, en este capítulo se las sintetiza en el nivel de crecimiento del PBI global y por regiones, en el nivel de precio de los energéticos (petróleo) y de las tasas de interés. El problema que se presenta con los estudios prospectivos de estas variables (particularmente el precio del petróleo y las tasas de interés) se enfoca más en la volatilidad que pueda presentar, lo que dificulta las previsiones.

Pero debido a la relación compleja entre estas variables, la demanda y la disponibilidad de los energéticos, así como a la retroalimentación entre ellos, conviene mediatizar el impacto de estas variables en los escenarios futuros a través del análisis del tratamiento que le dispensan los organismos internacionales de diagnóstico y pronósticos especializados en energía que se mencionan en el capítulo II<sup>46</sup>. Por su parte, los problemas de implementación de los planes energéticos derivados de alteraciones imprevistas de estas variables, se trata en el referido capítulo.

45 US EIA/DOE (2013).

46 EIA del DOE, EE.UU; WEC; CEPAL; ARPEL y los escenarios globales de Shell, Exxon Mobil y BP.

## IV.5. Metodología de construcción y evaluación de escenarios

*“La única cosa realmente valiosa es la intuición” [Albert Einstein].*

*Construir escenarios, es el empleo metódico, racional y fundamentado de la intuición.*

El proceso de construcción y evaluación de escenarios, conlleva una secuencia de actividades, el empleo de recursos y un conjunto de técnicas, que no son únicas ni exclusivas, pero que se ilustran en este manual mediante la exposición de aquellas que se consideran las más utilizadas o referidas en la literatura especializada.

Casi desde su origen, en los años 70 y 80, los trabajos dirigidos a diseñar lo que hoy se conoce como técnicas de escenarios fueron distinguiendo dos vertientes, una de las cuales se vio más vinculada a las estrategias de negocios, y la otra más apropiada para el estudio y tratamiento de los procesos sociales.

Una sistematización muy útil del camino recorrido por estos estudios fue presentada por **Antezana** (2012) quien distingue los siguientes métodos de construcción de escenarios:

- **“Lógicas de construcción con alta formalización** (asociadas a los métodos de análisis cuantitativo)” *que tienden a “obtener escenarios para los cuales se pueda estimar la probabilidad de su ocurrencia, además de formalizar (o modelizar) cuantitativamente la lógica o interacción de los eventos que los determinan.”* Los trabajos de Godet son representativos de esta vertiente.
- **“Lógicas de construcción intuitivas”**, donde los escenarios “suelen surgir de la consulta de expertos asociada con métodos cuantitativos y cualitativos de información.” Estos métodos surgieron a partir de la conocida experiencia de la Shell, y se asocian históricamente a los trabajos de Peter Schwartz.

**Godet** (2009) comienza la descripción de su método distinguiendo dos tipos de escenarios. Los llamados exploratorios que “describen, a partir de una situación presente y de las tendencias dominantes, una serie de hechos que conducen de forma lógica (necesaria) a un futuro posible”. Agrega que un escenario exploratorio “puede ser tendencial, caso en el que parte de las inercias o las tendencias fuertes del sistema estudiado” o bien “basarse en cambios bruscos en relación con el escenario tendencial, para explorar hipótesis contrastadas que se ubiquen en el límite de lo posible.

A su vez, los escenarios normativos o de anticipación “no parten de una situación presente, sino de la imagen de un futuro deseable, descrita a partir de un determinado grupo de objetivos, y describen un camino que enlaza el futuro con el presente.”

En el método de Godet, la elaboración de escenarios consta de tres fases:

- Fase 1) Construir la base. “Consiste en elaborar un conjunto de representaciones del estado actual del sistema, formado por diferentes elementos del entorno de la organización. Es la expresión de una serie de variables relacionadas entre sí. Su construcción depende de la delimitación del sistema, de la determinación de las variables esenciales y del análisis de la estrategia de los actores”.
- Fase 2) “Explorar el campo de los posibles y reducir la incertidumbre: Después de identificar las variables clave y analizar los juegos de actores, se pueden señalar los futuros posibles a partir de una lista de hipótesis que refleje, por ejemplo, el mantenimiento o el fin de una tendencia”.
- Fase 3) “Elaborar los escenarios: En esta fase los escenarios están todavía en estado embrionario, ya que se limitan a juegos de hipótesis materializadas o no. Corresponde entonces describir el camino que lleva desde la situación actual hasta las imágenes finales. A esta parte del trabajo se le llama “fase diacrónica”.

“Se construyen las imágenes de futuro tendenciales y contrastadas, describiéndolas de la manera más detallada posible; y se describe la transición desde la situación actual hasta las situaciones futuras posibles y deseables (Licha, 2002)”.

Al proceso metodológico descrito habría que añadir que la disponibilidad de información respecto a estas variables que se mencionan es un aspecto “clave” para la construcción de escenarios. De la fortaleza, disponibilidad y consistencia de las estadísticas tanto energéticas como socio – económicas dependerá en gran medida el éxito en la construcción y evolución de escenarios.

En concordancia con su orientación a las escuelas de negocios, el método descrito por Godet dedica mucha atención al diagnóstico de la situación de la empresa, su situación respecto a competidores y la sensibilización del personal a través de los llamados “talleres de prospectiva”. Utiliza técnicas destinadas a otorgar apoyo cuantitativo a los diferentes pasos, y le otorga importancia a la posibilidad de atribuir probabilidades a hipótesis y eventos (“atribución de probabilidad a escenarios”).

*Las técnicas de escenarios distinguen dos vertientes: una más vinculada a las estrategias de negocios; y la otra más apropiada para el estudio y tratamiento de los procesos sociales. Este manual se enfoca en la metodología de construcción intuitiva, más compatible con la problemática de la planificación energética.*

Las técnicas de escenarios llamadas “de construcción intuitiva” parten de las ideas y las prácticas recomendadas por Peter Schwartz, continuador de Pierre Wack en Shell. Estas técnicas reconocen la flexibilidad necesaria para adecuarse a objetivos y contextos diversos, pero sin olvidar que existe un conjunto de reglas mínimas que deben respetarse para asegurar la confiabilidad del método.

El citado documento de Antezana (2012) – un ejemplo ilustrativo de técnica basada en este método - comienza exponiendo dos condiciones previas:

- √ *La diversidad – de disciplinas, sectores, culturas, especialidades - de los intervinientes.*
- √ *La información, es decir la previa disposición de estudios sectoriales, opiniones de expertos, encuestas de opinión y otros antecedentes.*

Presentes esas condiciones iniciales, se describen cinco pasos:

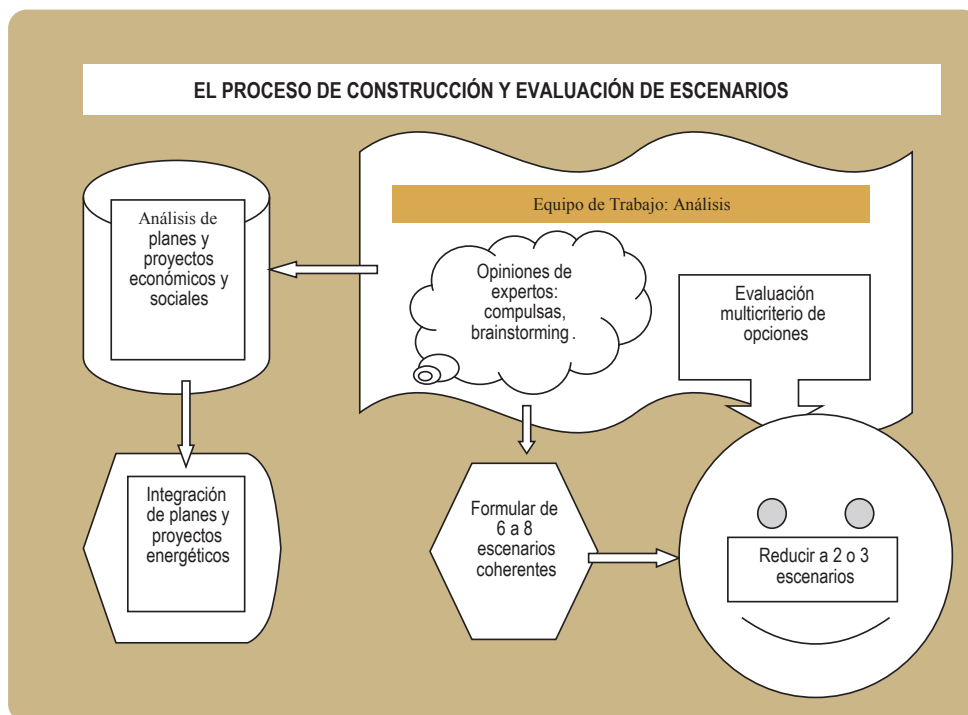
1. *Determinar el foco de los escenarios: el equipo tiene que poder discutir desde diferentes perspectivas hasta determinar el foco principal. Seguidamente definir el horizonte temporal de los escenarios.*
2. *Lluvia de ideas de factores determinantes: destinado a identificar los factores representativos de “las tendencias generales o las fuerzas del cambio que pueden configurar realidades distintas hacia el futuro.”*
3. *Distinguir entre tendencias estructurales y factores de ruptura: entendiendo que las primeras conforman el contexto – ejemplo, la globalización- y las segundas podrían resultar de decisiones de actores determinados.*
4. *Identificar la lógica de los escenarios: el equipo ha de llegar a un consenso sobre “los factores críticos que representan las incertidumbres más relevantes” y luego hacer explícitos los distintos estados posibles de las variables críticas retenidas. La combinación de los distintos estados de las variables describiría una serie de situaciones posibles y cualitativamente distintas en el futuro, cada una de las cuales constituye el esqueleto de un escenario.*
5. *Rellenar y redactar los escenarios: construir la narrativa de los escenarios, describiendo cómo se va “desde el presente hacia el futuro delineado”.*

El autor agrega que los escenarios deben ser susceptibles de evaluación de acuerdo a criterios de plausibilidad, diferenciación y consistencia interna.

La metodología de construcción de escenarios que se desarrollará en las páginas siguientes se inscribe dentro de las llamadas de construcción intuitiva, más compatibles con la problemática de planificación energética - esencialmente socioeconómica - que las técnicas orientadas a estrategias empresarias en el mundo de los negocios.

Un esquema resumido de este proceso se muestra en el siguiente gráfico.

Figura IV.2: Componentes del proceso de construcción de escenarios



Fuente: Elaboración propia.

Un inicio del proceso radica en la reunión de los recursos necesarios y, a partir de ellos, establecer las definiciones básicas que posibilitarán avanzar con las actividades.

#### IV.5.1. El “Equipo de Proyecto”

El proceso de construcción de escenarios es ineludiblemente una tarea colectiva, un trabajo de equipo. Quizá porque la técnica de escenarios se utilizó en primer término con fines estratégicos militares, en el ámbito de corporaciones que disponían de generosos presupuestos, la elaboración de escenarios suele ser vista como un esfuerzo que requiere equipos de trabajo numerosos y recursos de gran escala. La información disponible no confirma esta presunción.

Desde luego, el volumen de información que ha de procesarse para conformar los escenarios tiene que guardar relación con los recursos y con el plazo disponible, y ambos son usualmente limitados. Como en cualquier otro proyecto, es deseable que un grupo de especialistas se dedique plenamente a la tarea. Si el propósito y los recursos son amplios, el equipo de proyecto también podrá serlo, pero en cualquier caso ha de existir una “conducción ejecutiva”, de no más de seis o siete personas, y una de ellas tiene que estar investida como “líder del proyecto”.

#### IV.5.2. Las definiciones básicas

Aun cuando el núcleo central de la tarea consista en reunir y procesar sabiduría e imaginación de diversos orígenes, algunas definiciones deben ser adoptadas antes de comenzar.

√ Plan de trabajo

La primera es el método de trabajo –puede ser el que aconseja este manual- y luego su aplicación, que depende de los recursos y del plazo. Teniendo en cuenta esos tres elementos esenciales –método, recursos y plazo- se puede y se debe confeccionar un Plan de Trabajo.

√ Plazo de los escenarios

Deberá definirse en compatibilidad con el horizonte temporal de la planificación energética de este manual.

Parece existir acuerdo en que la construcción de escenarios siempre trata sobre el largo plazo, y la noción de largo plazo comprende siempre el tiempo necesario para modificar la capacidad productiva instalada. En materia de energía, en muchos casos el tiempo que

demanda un proyecto desde que se inician los estudios hasta que entra en producción se acerca a los diez años. Aunque la finalidad sea, p.e. una planificación de alcance quinquenal, el escenario en la cual se inscribe no debería abarcar menos de diez años, y la literatura publicada sobre el tema abunda en escenarios para treinta años o más.

A modo ilustrativo, se mencionará más adelante<sup>47</sup>, los plazos (en años) en los cuales se construyen los escenarios de planificación en diversos países de ALC y en el mundo.

### IV.5.3. La integración de los planes

#### *Planes y proyectos económicos, sociales y ambientales*

Es obvio que la construcción de escenarios destinados a la Planificación Energética no puede ser independiente de la visión que el propio país –o la región- esté oficialmente asumiendo como programas estratégicos o macroeconómicos. Y es también obvio que si tales programas existiesen y estuviesen dotados de una razonable verosimilitud, la tarea estaría facilitada por la posibilidad de que ciertas variables se conviertan en datos, al menos para alguno de los escenarios. Ello implica que será necesario analizar los planes y proyectos económicos, sociales y ambientales y enmarcar en ellos las hipótesis sobre las variables a considerar.

*La construcción de escenarios destinados a la Planificación Energética no puede ser independiente de la visión que el propio país –o la región- esté oficialmente asumiendo como programas estratégicos o macroeconómicos.*

Pero bien puede ocurrir que no se cuente con tales programas estratégicos o macroeconómicos, o que estén en camino de existir pero no lleguen a tiempo<sup>48</sup>. Esto en apariencia otorga más grados de libertad, pero también deja zonas de incertidumbre y posible conflictividad con tomadores de decisiones políticos.

#### *Integración de planes y proyectos energéticos*

También deben considerarse los planes y proyectos energéticos. Una cuestión central es considerar los desafíos que, en grandes líneas y para el horizonte temporal seleccionado, se estima que enfrentará el sistema energético bajo estudio y los planes establecidos al respecto<sup>49</sup>.

Muchos países u organizaciones ya tienen identificados y establecidos cuáles son las cuestiones que orientan sus políticas energéticas y muchas veces, las metas cuali-cuantitativas que pretenden alcanzar.

Al nivel global y en términos generales, algunos autores consideran como desafíos para el sector energético los siguientes<sup>50</sup>:

- La seguridad en el abastecimiento, que ha captado la atención y debates públicos en los últimos años. Mientras que los países que disponen de energía están interesados en su prospectiva futura, los que carecen de ella se esfuerzan por acceder a servicios energéticos confiables, accesibles y adecuados.
- El acceso de la población a la energía y la calidad de ésta han sido identificados como el principal reto para alcanzar un desarrollo sostenible mundial.
- No obstante, se advierte de la permanencia de prácticas no sustentables: crecimiento sin precedentes de la demanda energética en nuevas regiones, en contraposición con el de los centros tradicionales de la demanda; globalización de patrones costosos de consumo; concentración de la oferta en regiones políticamente inestables; inquietudes sobre la solvencia financiera de empresas proveedoras públicas, y otras.
- También son relevantes los desafíos relativos a la gobernanza, reforma y reestructuración del sector energético y los cuidados ambientales.

Este conjunto complejo de desafíos es el que perfila el futuro del sector energético y el sendero en el cual se organizarán y desarrollarán sus actividades. En consecuencia, en el mundo dinámico en el que acontecen profundos cambios políticos, sociales, económicos, tecnológicos y hasta ideológicos, es inevitable esperar también cambios en los escenarios energéticos.

47 En el apartado “Escenarios de planificación en ALC” se ilustra al respecto.

48 La experiencia de la región parece indicar que los planificadores energéticos siempre han estado entre los más entusiastas, por lo que muchas veces se alumbran planes sectoriales aun cuando no existieran los planes nacionales en los que, en teoría, deberían insertarse.

49 Al respecto, véase el desarrollo efectuado en el capítulo II.

50 Bhattacharyya, S. (2011)



Por ejemplo, específicamente para Europa<sup>51</sup>, la Comisión Europea, a través de su Dirección General para la Energía, estableció las pautas objetivo “20% - 20% - 20%” para el decenio 2010-2020, las cuales implican lograr:

- √ 20% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> con relación a 1990;
- √ alcanzar el 20% de participación de las energías renovables para el 2020; y
- √ aumentar en un 20% la eficiencia energética para el 2020.

En este caso, los parámetros-meta a ser alcanzados se relacionan con las proyecciones en base a los escenarios posibles de evolución. Considera tres escenarios: a) uno con la tendencia histórica (*business as usual*); b) uno basado en el resultado de las políticas ya establecidas de cambio; y c) un escenario con esfuerzos políticos adicionales para lograr los objetivos “20-20-20”. De este último caso, se deriva la magnitud y naturaleza de los cambios normativos y regulatorias adicionales necesarios.

Los desafíos energéticos que enfrentan los países de ALC y los consecuentes lineamientos de acción estratégica para enfrentarlos, muchas veces ya están definidos y expresados en distintos documentos oficiales de distintas jerarquías jurídico-administrativas<sup>52</sup>.

En caso de no ser así, o aun siéndolo si se estimase conveniente revisar - a los efectos del ejercicio de planificación que se desea realizar-, la secuencia de identificación de la situación actual, de la tendencia y de los desafíos del sistema energético bajo estudio, constituirán las primeras instancias del proceso de planificación<sup>53</sup> y serán un insumo para la construcción de los escenarios.

## IV.6. Las técnicas de construcción de escenarios

El proceso de construcción de escenarios ilustrado en la Fig. IV.2, una vez definido el “equipo de trabajo” y analizados los planes y proyectos económico sociales (en su acepción más amplia) y los energéticos, requiere de un conjunto de técnicas operativas para el desarrollo de la tarea.

El equipo de trabajo ya deberá estar imbuido de la noción y característica de los escenarios a construir, de las variables significativas a considerar y de las hipótesis sobre su desarrollo futuro, además de tener un plan de trabajo y los horizontes temporales definidos.

Se continuará con el empleo de técnicas que permitirán configurar los escenarios y evaluarlos. Estas técnicas pueden ser muy variadas y su elección dependerá de múltiples factores que escapan a este manual. No obstante, se presentan aquí aquellas que se consideran más directas y recomendables por su uso generalizado.

### IV.6.1. Opiniones de expertos

Casi toda la literatura sobre construcción de escenarios recomienda en primer término recurrir a opiniones de expertos. Puede suponerse que a esta parte de la investigación se le otorga esa ubicación destacada porque es la vertiente de donde se espera recibir los aportes más atrayentes. También puede ser útil encararla desde el principio, porque puede tomar bastante tiempo.

Para recoger las opiniones de expertos se puede usar básicamente cuatro técnicas: la compulsas, la encuesta, la entrevista y el “*brainstorming*”. Es usual que estas técnicas se combinen unas con otras.

**Compulsa:** Consiste en solicitar a un conjunto de expertos seleccionado simplemente en base a su reconocimiento público o académico, que respondan a un cuestionario escrito sobre la posible evolución de algunas o todas las variables seleccionadas.

Es el método más simple, y si el cuestionario está diseñado de tal modo que pueda ser contestado con una dedicación breve habrá buenas posibilidades de conseguir un alto porcentaje de respuestas.

La simplicidad es también la principal debilidad de esta técnica. Una contribución que demanda poco esfuerzo significará también poco compromiso y se presta a cierta liviandad o desaprensión en las opiniones. Este inconveniente pudiera solucionarse a partir de la elaboración de cuestionarios diferentes en función de las áreas específicas de los expertos.

**Encuesta:** Esencialmente, se trata también de someter un listado de preguntas a un universo de expertos. Pero para poder ser reconocida como “encuesta” ha de tener rigor estadístico, clasificar a los consultados según ciertos criterios –especialidad, grado académico, país o región de residencia, actividad pública o privada, edad u otros- diseñar muestras y procesar los resultados. Es una

51 Market Observatory for Energy. European Commission. Directorate – General for Energy. Key Figures. June 2011.

52 En el Capítulo II se ejemplifica con documentos de planificación y/o de definición de lineamientos de política energética para países o regiones del área OLADE: Argentina, Uruguay y Colombia.

53 Véase el capítulo II de este Manual.

técnica más costosa, y provee un tipo de resultados diferentes, más cuantitativos que cualitativos; pero no puede negarse que, en cualquier ámbito, una encuesta bien realizada agrega una suerte de respetabilidad adicional a las conclusiones.

*Las opiniones de expertos pueden recogerse mediante técnicas de compulsión, encuestas, entrevistas o “brainstorming”*

**Entrevistas:** La práctica de celebrar entrevistas personales con determinados expertos, aunque siempre se ajustará a la guía de un cuestionario previamente preparado, es en cierto modo un caso especial de la técnica de compulsión. Es claro que ha de limitarse a un número acotado de expertos cuyo aporte interese particularmente, y ese interés puede haber surgido de los antecedentes conocidos, o de las respuestas que dio a una compulsión previa. La entrevista conlleva un mayor involucramiento del experto, quizá más cuando es posible hacerla cara a cara, aunque también puede ser a distancia. Y dado que deja lugar a reflexiones más extensas, y a repreguntas o aclaraciones, puede esperarse una mayor riqueza de resultados.

**Brainstorming:** Esta es la técnica más frecuentemente asociada a la planificación por escenarios, y de la que usualmente se espera que surja el diseño primario de los escenarios útiles que luego han de refinarse hasta la selección final. Significa convocar a debate a uno o más grupos de expertos invitándolos a exponer con total libertad sus respectivas visiones, sobre la base de sus experiencias, investigaciones o simples intuiciones. Los colaboradores deben estar dispuestos a participar de una discusión creativa -no una sucesión de monólogos- y a exponer con libertad sus opiniones y ocurrencias. Uno de los méritos atribuidos al *brainstorming* es que la exposición de diferentes ideas suele generar otras ideas, y el mayor aprovechamiento resultará de la aptitud para recolectar y organizar todas ellas. Para este fin, la técnica tradicional conocida como “Shell” propone recoger las opiniones en tarjetas autoadhesivas que se pueden fijar en una pared de la sala de debate, organizándolas según ciertos criterios y cambiándolas de lugar según la discusión lo aconseje, hasta que la pared elegida se manifieste como una suerte de cuadro o mapa capaz de anticipar, al menos en forma preliminar, las conclusiones. Formas más modernas, incluso medios electrónicos pueden usarse hoy en lugar de los clásicos “adhesivos amarillos”, pero el resultado útil siempre surgirá de la riqueza de opiniones y de la capacidad de organizarlas.

#### IV.6.2. Construcción de un primer conjunto manejable de escenarios

Es obvio que la reunión de múltiples opiniones sobre la posible evolución de un conjunto que bien puede contener veinte o treinta variables con sus hipótesis –en la literatura de escenarios se las llama “drivers”-, podría dar como resultado una cantidad casi infinita de escenarios. Se enfrenta aquí uno de los pasos más delicados del proceso.

Con la información reunida en los pasos anteriores, el equipo de proyecto está en condiciones de producir un conjunto de escenarios parciales, organizados en torno a las que parecen ser las variables más importantes. La experiencia –ya de varias décadas- sobre el uso de la técnica de escenarios indica que es posible y conveniente obtener una primera selección de no más de 6 a 8 escenarios.

*Es posible y conveniente obtener una primera selección de no más de seis a ocho escenarios. Una condición importante es que cada escenario tiene que ser comunicable.*

Una condición importante es que cada escenario tiene que ser “comunicable”: esto significa, en primer lugar, que tiene que poder ser explicado completamente mediante una exposición sencilla y breve, tanto en forma verbal como escrita. Las figuras, cuadros y gráficos son auxiliares válidos de esta tarea. Deben estar bien identificadas las variables y –detalle importante- deben estar explícitos los supuestos que se asumen como invariables. Si se encuentra que un escenario no puede ser fácilmente comprendido por quienes no han intervenido en su construcción, habrá que preguntarse si esto es debido solamente a la forma de presentación, o si se debe a que contiene alguna inconsistencia.

#### IV.6.3. Simulación y control de consistencia

No hay un sustento teórico para sostener que el proceso de construcción ha de concluir presentando dos o tres escenarios. Es solamente la experiencia la que indica que, casi siempre, los encargados de tomar las decisiones en el proceso de planificación optan por retener ese número.

El equipo de proyecto ha de recorrer en esta instancia un procedimiento iterativo, en el que se simula la evolución de las variables con especial atención a los vínculos entre ellas. Esta tarea producirá –no sin un debate, a veces intenso- una reducción de los escenarios, en parte por acumulación de escenarios parciales compatibles, y en parte por eliminación de los que se revelan inconsistentes.

El uso de modelos econométricos puede ser útil en esta etapa<sup>54</sup>, en especial en lo que se refiere a los vínculos entre variables cuantitativas. Sin embargo, su uso ha de estar siempre unido a la advertencia de que en la construcción de escenarios no intervienen

<sup>54</sup> Se trata aquí del uso eventual de modelos econométricos para examinar la consistencia interna de algunos escenarios. No se trata de los modelos que como herramientas de la planificación se mencionan en el Capítulo VII de este Manual.

únicamente las variables cuantificables. Ciertos escenarios pueden ser desechados por resultar inconsistentes desde el punto de vista macroeconómico (incluido lo social y ambiental), sin embargo esto no asegura que los restantes sean considerados elegibles.

Al final de esta etapa, es conveniente que el equipo de proyecto pueda someter sus conclusiones a la discusión con los grupos de “usuarios” inmediatos, entendiendo por tales a los responsables del nivel político que han de aprobar en algún momento los instrumentos resultantes de la Planificación, y también a los cuadros técnicos que estarán a cargo de elaborar dichos planes, a partir de los escenarios seleccionados. La eventual participación de integrantes del nivel político en esta instancia será útil si se consigue que se involucren tempranamente en la problemática de la planificación y que aporten sus ideas y apreciaciones, formando parte de un grupo de trabajo y no sólo en ejercicio del poder administrativo.

Esta instancia de debate es apta para generar un doble enriquecimiento: el equipo de proyecto puede recibir aportes originales de personas interesadas e informadas sobre la temática de la planificación energética, que se ven motivadas por el desafío de asomarse a posibles escenarios futuros; y al mismo tiempo, los que han de trabajar en etapas ulteriores, y los que han de adoptar las decisiones de máximo nivel, tienen oportunidad de familiarizarse con las visiones del futuro que enmarcarán sus tareas.

Nuevamente, la técnica comunicacional juega aquí un rol importante. Los integrantes del equipo de proyecto deben recordar en todo momento que van a dirigirse a un grupo que no ha convivido ni participado de la mayor parte de sus discusiones, que no usa a diario el vocabulario específico, y que podría estar mentalmente ubicada a gran distancia de la problemática. También han de considerar que al menos una parte de los oyentes no tiene tiempo ni inclinación para leer documentos extensos. Textos de fácil lectura, exposiciones amenas y un uso inteligente de las figuras, tablas y gráficos, se recomiendan en todos los casos.

#### IV.6.4. Formulación de opciones reducidas y abarcadoras

Es aconsejable, que el equipo de proyecto culmine su labor presentando dos o tres escenarios que expongan las visiones futuras sobre las que se recomienda desarrollar la estrategia.

Tratándose de planificación energética, los escenarios obtenidos han de permitir elaborar planes y sus alternativas, posibilitando la adaptación de las decisiones estratégicas del sector, y no sólo en función de acontecimientos externos, incontrolables para los tomadores de decisiones nacionales. También en función de decisiones políticas a las cuales los planificadores pueden atribuirles costos.

Episodios del exterior pueden introducir cambios sustanciales en algunas variables -p.e. en el precio de largo plazo del petróleo- más allá de cualquier voluntad política interna. Otros cambios pueden originarse en decisiones domésticas -p.e. políticas gubernamentales sobre emisión de gases de efecto invernadero o energía nuclear. En uno u otro caso es muy probable que se encuentre frente a un cambio de escenario, y si se han cumplido oportunamente los pasos que la técnica aconseja, esto ha de inducir cambios en los planes, sin que los planificadores se sientan sorprendidos por una situación que los excede.

La construcción de dos o tres escenarios no necesariamente conlleva una jerarquización. Incluso en la literatura especializada se aconseja “bautizar” a los escenarios con nombres neutrales, evitando las calificaciones como “alto – bajo”, o “deseable – alternativo”. Sin embargo, existe la posibilidad de que el equipo de proyecto se encuentre virtualmente obligado a seleccionar un escenario como su primera recomendación, o bien como el que otorgaría una inicial solidez a las decisiones estratégicas.

En algunos casos se opta por seleccionar dos; un escenario básico, tendencial, y una alternativa superadora, p.e. si se adoptan ciertas decisiones sobre uso eficiente o se logran avances en energías renovables.

Una característica recomendable entre los distintos escenarios, es que sean contrastables, es decir, claramente diferenciados e identificables uno de otros. Y que dicho contraste y diferenciación surja claramente de su respectivo “nombre” o denominación.

#### IV.6.5. Evaluación Multicriterio de Opciones

*Esta técnica consiste en la evaluación ex-ante de un conjunto de condiciones asignando franjas de verosimilitud a distintos parámetros para inferir la posibilidad de ocurrencia de determinados eventos. Constituyen una operación de reducción que aplicada a una matriz de opciones selecciona los escenarios más probables entre los muchos posibles.*<sup>55</sup>

La evaluación multicriterio es un proceso de cierta complejidad, que puede exponerse como una sucesión de pasos, cada uno de ellos sujeto a ciertas normas de método. En esencia, se trata de expresar en un orden cuantitativo las apreciaciones y preferencias de un grupo de personas sobre el conjunto de escenarios previamente construidos.

<sup>55</sup> OLADE. “Convocatoria para la contratación de consultorías para desarrollar el Manual de Planificación Energética – Capítulo V: Construcción de Escenarios”. Año 2013.

Esta técnica, ha sido tomada de la Comisión Europea, y consiste en un procedimiento de cuatros pasos aplicable a la evaluación y selección de escenarios para la planificación energética<sup>56</sup>.

*La evaluación multicriterio trata de expresar en un orden cuantitativo las apreciaciones y preferencias de un grupo de personas sobre el conjunto de escenarios previamente construidos.*

Los cuatro pasos de la evaluación multicriterio son:

- ✓ Paso 1: Conformación del grupo o grupos de evaluación
- ✓ Paso 2: Selección de los criterios de evaluación
- ✓ Paso 3: Ponderación
- ✓ Paso 4: Aplicación de los criterios

En el **Anexo II –A “Evaluación Multicriterio de Opciones”** de este Capítulo, se desarrolla en detalle el contenido de esta técnica y se ejemplifica sobre su implementación.

#### IV.7. Relación entre escenarios y previsiones

*“Las previsiones cuantitativas se organizan bajo la forma de soluciones previsionales o perfiles. Al esquema tradicional de alternativas (generalmente expresadas bajo la tripla alto-medio-bajo) se va imponiendo en épocas más recientes un concepto más moderno que concibe a la previsión como una aplicación cuyo argumento es un conjunto de parámetros pertenecientes a un escenario dado, la cual genera soluciones o perfiles a partir de un cierto conjunto de variables exógenas; a su vez las soluciones constituyen un espacio, el espacio de soluciones.”<sup>57</sup>*

El camino recorrido para la construcción y evaluación de los escenarios no ha de conducir, entonces, a una única visión del futuro.

Si hay más de una visión posible del futuro ¿en qué se diferencian entre sí? O, más propiamente, ¿qué es lo que podría incidir en la evolución del sector energía para que el futuro se asemeje más a un escenario que a otro? Dependerá, desde luego, de los parámetros adoptados, y del comportamiento de las variables exógenas.

Se asume, a modo de ejemplo, que a partir de la construcción de múltiples escenarios se seleccionan tres, que pueden ser a grandes rasgos caracterizados por el comportamiento de tres variables.

Un “escenario base” podría suponer una relativa estabilidad a largo plazo del precio del petróleo y sustitutos, una penetración pausada de las nuevas fuentes en la oferta, y un crecimiento de la demanda asociado al proceso de urbanización e industrialización, con elasticidad-ingreso levemente superior a uno.

Un escenario así descrito podría ser considerado “tendencial”, aparentemente libre de rupturas. Aunque, es bueno advertir, también que podría albergar novedades, como un aumento de la participación de hidrocarburos no convencionales en la oferta mundial, asegurando precios estables.

A partir de este escenario, el o los modelos de planificación a utilizar producirán cierto conjunto solución que –dicho a grandes rasgos- describirá el paquete de proyectos aptos para atender aquella demanda, con características óptimas locales.

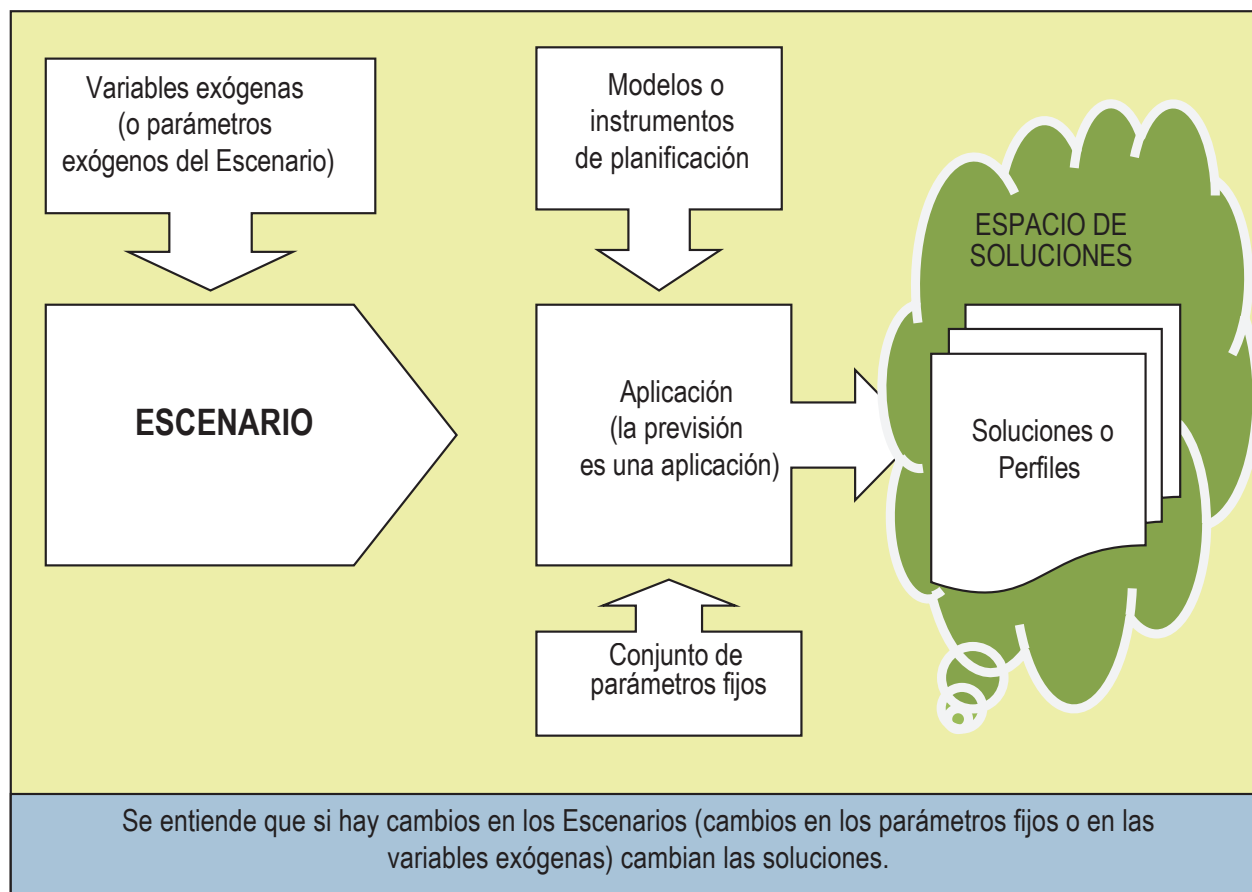
Continuando con el ejemplo, un segundo escenario podría estar caracterizado por una tendencia a la baja, sostenida, en el precio de los combustibles fósiles. Esto afectaría desde luego el ritmo de penetración de nuevas fuentes, y podría tener impacto en la demanda por efecto precio.

Este tipo de escenario desde luego daría lugar a un conjunto solución diferente, y las diferencias estarán muy influidas por la situación en que se encuentre el país respecto a la oferta de hidrocarburos, según sea excedentario, deficitario o equilibrado.

<sup>56</sup> En la descripción del método se siguen las recomendaciones de la Comisión Europea “Evaluation”.

<sup>57</sup> OLADE. “Convocatoria para la contratación de consultorías para desarrollar el Manual de Planificación Energética – Capítulo V: Construcción de Escenarios”. Año 2013.

Figura IV.3: Espacio de soluciones posibles



Fuente: Elaboración propia.

También podría existir un tercer escenario –siempre a modo de ejemplo– en el que una política sostenida de uso eficiente –asociada a causas ambientales o macroeconómicas– impacte en el crecimiento de la demanda. El paquete de proyectos contenido en el conjunto solución tendría otro contenido y otro costo.

Adviértase que, a primera vista, no es posible calificar como “más deseable” a ninguno de los tres escenarios. Los cambios en las variables mencionadas como ejemplo tendrían diferente impacto según la condición estructural del país de que se trate, y según su situación como exportador o importador de energéticos. Los cambios en el precio internacional de hidrocarburos podrán ser favorables o todo lo contrario. Y una política sostenida de uso eficiente siempre parece deseable, pero podría reconocer sus límites en la competitividad de los bienes exportables de ese país. Y esto es solamente un ejemplo simple basado en el comportamiento de unas pocas variables.

#### IV.7.1. Espacio de soluciones

El propósito de la construcción de escenarios no es simplemente identificar el más probable o el más deseable, por el contrario, se trata, de contar con herramientas que permitan enfrentar, desde la planificación, un abanico de situaciones posibles, contando con respuestas racionales para cada una de ellas.

Cada uno de los tres escenarios de este ejemplo derivará en aplicaciones (previsiones) emergentes de la utilización de los modelos o instrumentos de planificación y el empleo de los parámetros fijos de los que se da cuenta en los respectivos capítulos de este manual.

En el sentido descrito, los distintos escenarios no presentarán una solución unívoca sino múltiple, cuyos resultados posibles se consideran como un “espacio de soluciones” continuo dentro del cual se instalarán las posibles situaciones a ser tomadas en consideración por parte de las instancias de decisión política a las cuales están dirigidos los estudios de planificación y, dentro de ellos, los escenarios de los que se trata en este capítulo.

Otro caso puede presentarse<sup>58</sup> si se eligen dos escenarios “bien contrastados” es decir dos imágenes del futuro bien diferenciadas, y se encontrará que los conjuntos de decisiones de abastecimiento respectivamente resultantes tienen elementos comunes. Las decisiones de inversión que forman parte de ambos conjuntos, denominadas “decisiones robustas”, son las que los actores tomarían en cualquier caso. En tal caso, el conocimiento de ese conjunto por parte de los mencionados actores reduce considerablemente el grado de incertidumbre del proceso de toma de decisiones.

*Los distintos escenarios no presentarán una solución unívoca sino múltiple, un “espacio de soluciones” continuo dentro del cual se instalarán las posibles situaciones a ser tomadas en consideración por parte de las instancias de decisión política.*

Finalmente, a modo de resumen, se convoca nuevamente el pensamiento del ya citado autor Matos, D.<sup>59</sup>, en una frase que posiblemente expresa la esencia de la técnica de escenarios:

*“La consecuencia más trascendente de dejar de lado la búsqueda excluyente de una única respuesta cuantitativamente correcta es que, con ello, el futuro deja de ser una posibilidad unidimensional. La esencia de la predicción consiste en la capacidad de describir exactamente un hecho o una situación compleja que ocurrirá (o no ocurrirá) en el futuro. Una previsión por escenarios, por el contrario, describe una gama de hechos o situaciones coherentemente previsibles con - a lo sumo - una apreciación estadística acerca de la probabilidad de su ocurrencia. De este modo, el futuro que surge de un juego de escenarios es esencialmente multidimensional y la lógica del modelo se expresa normalmente mediante una serie de afirmaciones condicionales al estilo de “si X, entonces Y; pero si W, entonces Z”.*

#### IV.7.2. Exposición multi o unidimensional

Alternativamente al empleo y exposición de un conjunto de escenarios en paralelo, algunos países presentan las aplicaciones de su planificación a partir de un escenario único o “asumido” – aunque elaborado con distintos grados de alternativas y sensibilidades – complementado con revisiones periódicas que le confieren un carácter dinámico<sup>60</sup>.

En estos casos no deja de ser también válido el concepto del “espacio de soluciones”, ya que implícitamente queda asentada la visión multidimensional del futuro y el carácter condicional de los resultados, aunque la forma de exposición prioriza el énfasis en una expresión de tipo unidimensional, que se proyecta al horizonte de planificación pero que, al igual que algunas presentaciones multidimensionales, se revisa periódicamente con cierta frecuencia.

La revisión secuencial y periódica de la planificación implica el estudio y reelaboración de los escenarios y las consecuentes aplicaciones, en un proceso que permite afianzar las técnicas constructivas, robustecer y consolidar sus resultados.

En el apartado siguiente, que estudia el empleo de los escenarios de planificación en ALC y en otras instancias, se trata sobre estas características.

### IV.8. Escenarios de planificación en ALC

En este apartado se ilustran algunos ejemplos del empleo y tratamiento de los “Escenarios” en la planificación energética en países miembros de OLADE y también en otros países u organismos de interés. Algunos de los casos no son ejercicios de planificación en sí, sino que constituyen visiones de escenarios energéticos futuros de escala global o local<sup>61</sup>.

Si bien todos los casos analizados incorporan la técnica de la “construcción de escenarios” para enmarcar sus proyecciones de planificación, se evidencian los dos tipos de implementaciones característica referidos al final del apartado precedente.

Un tipo es el de los “escenarios en paralelo”, que refleja la técnica expuesta predominantemente en este capítulo y que consiste en

<sup>58</sup> IDEE/FB/SEI (2009).

<sup>59</sup> Matos, D. (2011). Capítulo VII. Una Estrategia por escenarios.

<sup>60</sup> En el siguiente apartado de este capítulo se analizan los ejemplos de planificación de México, Brasil y España, que responden a la característica de presentación que aquí se señala. También el caso de Exxon Mobil, que no es propiamente una planificación sino una visión a futuro del mercado energético global, con escenario único asumido.

<sup>61</sup> AGEERA, CEPAL, EIA, Shell, ExxonMobil.



considerar en un determinado horizonte futuro, un conjunto de posibles alternativas para las variables explicativas, conformándose lo que ya se precisó como un “espacio de soluciones” para las distintas aplicaciones, aun cuando casi siempre y por simplicidad se destaca un escenario entre ellos, como aquel de base, de tendencia, medio o de referencia.

Otro tipo de implementación es el de un “escenario asumido”, que consiste en adoptar un sendero único para las variables explicativas, aún con la admisión de variaciones, alternativas y análisis de sensibilidad, pero sin llegar a expresarse como escenario alternativo.

Ambos métodos se construyen de forma similar y se enriquecen cuando conllevan un proceso continuo de revisión temporal periódico (cada uno o varios años), porque robustecen la técnica constructiva, se retroalimentan y consolidan sus resultados<sup>62</sup>.

La organización del sector energético tiene mucho que ver en uno u otro método. Un sector energético con predominio del Estado y con estructuras verticales no se manifiesta de igual forma que un sector en una economía de mercado; con mayor y más diverso número de actores.

El caso de los “escenarios asumidos” es más frecuente en la presencia de actores energéticos predominantes del Estado cuyos planes ya consideran escenarios proyectivos también oficiales, en tanto que la técnica de “escenarios paralelos” es más observable ante una conformación más diversificada de los mercados. Al continuarse mediante revisión en el tiempo, ambos métodos resultan válidos aunque la técnica de “escenarios en paralelo” expone más claramente los márgenes alternativos hacia los posibles escenarios futuros. Pero en última instancia, la diferencia radica en una cuestión expositiva, derivada de las características de cada país y de su realidad energética.

*La cantidad de escenarios por estudio es mayoritariamente entre dos y tres, con alternativas y consideraciones particulares, especialmente cuando se introducen posibles variaciones tecnológicas para cubrir la oferta energética*

En los cuadros que se incluyen en el **Anexo II-B “Escenarios de Planeamiento en ALC y otros”** se ilustran los ejemplos analizados y remiten a los documentos consultados.

En cuanto al plazo temporal, los casos de los cuadros comprenden escenarios futuros para periodos no menores a 8 y no mayores a 40 años, con una media de 20 años y mediana de 15 años.

Entre los 8 y 15/20 años están los estudios de evolución de los sistemas de potencia y de redes (gas y electricidad), lo que abarca cómodamente los tiempos necesarios para prever y ejecutar las inversiones en su ampliación. Los plazos más ajustados de 8/10 años se refieren a sistemas de potencia y redes cuyos proyectos de inversión típicos también quedan comprendidos en ellos. Los plazos más prolongados corresponden a estudios de largo plazo de perspectiva más internacional, como son los de la EIA (EE.UU), Exxon Mobil y Shell y también con una visión más mercantil del planeamiento como es el caso de la NGC.

La cantidad de escenarios por estudio es mayoritariamente entre dos y tres, con alternativas y consideraciones particulares, especialmente cuando se introducen posibles variaciones tecnológicas para cubrir la oferta energética. En tales casos la cantidad de posibilidades estudiadas y valorizadas alcanza varias decenas, pero el resultado final termina resumiéndose en pocas variantes.

Entre las variables consideradas para definir los escenarios, predominan aquellas que determinan el nivel esperado de demanda. Todos los estudios parten de estudios proyectivos que expresan la tendencia o determinada continuidad e introducen variaciones cuantitativas emergentes de distintas circunstancias. Así predominan estimaciones de mayor o menor demanda que la tendencia. Y a ello se agrega, en muchos casos, el posible efecto futuro de la introducción de políticas y regulaciones tendientes a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, a un uso más racional y eficiente de la energía y a la mayor penetración de energías renovables.

Las variables tecnológicas, como alternativas de cobertura sobre la demanda futura, amplifican las posibilidades y en muchos casos complejiza los escenarios, especialmente para los sistemas energéticos menos diversificados y de dimensiones más reducidas, en los que las alternativas de nuevas tecnologías tienen un impacto relativamente mayor que en los sistemas más diversificados y abarcadores<sup>63</sup>.

62 La AIE, que presenta escenarios en “paralelo”, los reelabora en oportunidad de publicar cada año sus “Energy Outlook”. Y en la sección “Issues in focus” compara los supuestos que utiliza cada año comparándolos con los de los dos años anteriores. Por su parte la EPE de Brasil, que presenta escenarios “asumidos”, también modifica anualmente alguno de los parámetros o supuestos. Caso similar es del de México, según se expone en el cuadro respectivo. Exxon Mobil también presenta un “escenario asumido” que reelabora periódicamente.

63 De los analizados, es especialmente el caso de los países de CA.



# CAPÍTULO V

---

## Prospectiva

**PALABRAS CLAVES**

Prospectiva, planeamiento, modelos, demanda, oferta, recursos.

**V.1. Introducción**

El objetivo principal del presente capítulo consiste en caracterizar el proceso de elaboración de la prospectiva energética, la información requerida, las herramientas a utilizar y los enfoques alternativos posibles.

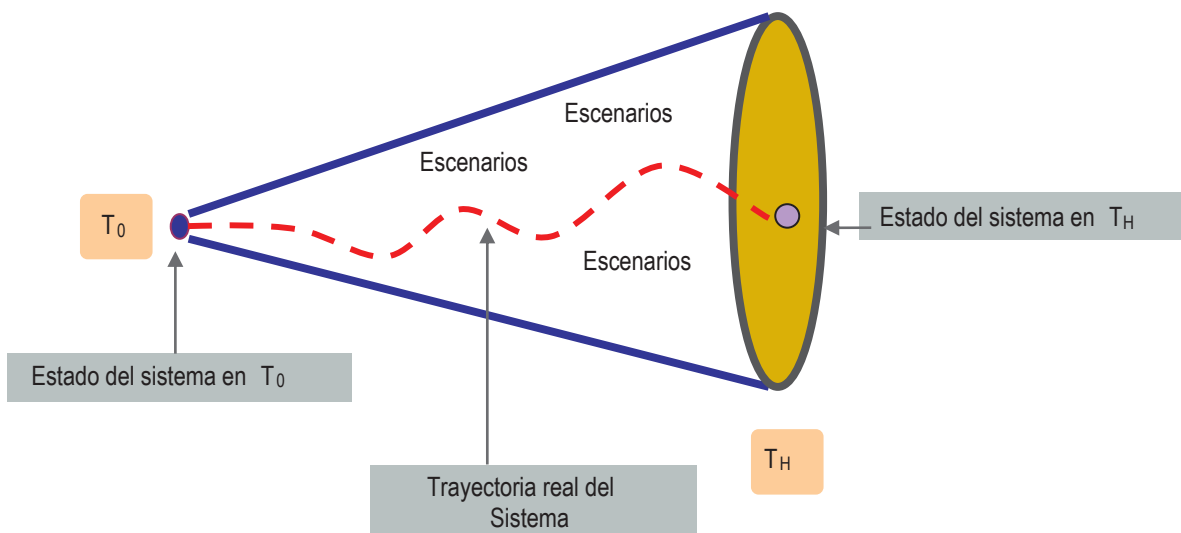
A lo largo del capítulo se describen y analizan los elementos necesarios para llevar a cabo la prospectiva, realizando una descripción que comienza en la demanda de energía, pasando por la oferta y los recursos, describiendo además los principales aspectos tecnológicos que pueden influir sobre un plan energético y culminando con la descripción de aspectos vinculados con la prospectiva de inversiones.

En lo que se refiere a la prospectiva de la demanda, se describe el tipo de información requerida para elaborarla (ya sea basándose en información limitada a balances energéticos o en la resultante de estudios de campo que relevan consumos en términos de fuentes y usos). Por su parte en la oferta, se describen los diversos enfoques que permiten determinar el abastecimiento futuro para satisfacer la demanda, utilizando para ello modelos de simulación y/o de optimización, planteando además las debilidades y fortalezas de cada enfoque. Más adelante se analizan y describen las principales técnicas utilizadas para estimar los recursos y las reservas de los diferentes energéticos y se evalúa cómo los cambios en la tecnología considerados dentro de un plan energético, afectan a la demanda y la oferta. Por último, se describen los principales criterios a tener en cuenta en la elaboración de un plan de inversiones referido a un plan energético.

La secuencia de los puntos del capítulo responde al encadenamiento lógico del proceso de planificación, iniciando el proceso en el análisis del enfoque metodológico, describiendo el proceso de planificación de la demanda, pasando por la oferta y llegando a los recursos.

**V.2. Caracterización de la Prospectiva****V.2.1 El análisis prospectivo**

El análisis prospectivo se entiende como la operación que posibilita realizar una exploración de los futuros posibles. Gráficamente, el proceso de prospectiva se puede imaginar como un cono sólido, cuyo vértice representa la posición del sistema en el momento presente ( $T_0$ ) y su extensión se prolonga hasta el horizonte de prospectiva ( $T_H$ ). El diámetro de cono será tanto más amplio a medida que se pasa de  $T_0$  hacia  $T_H$ , dado que la variedad de situaciones posibles que puede asumir el sistema se amplían.

**Figura V.1: Formulación de Escenarios**

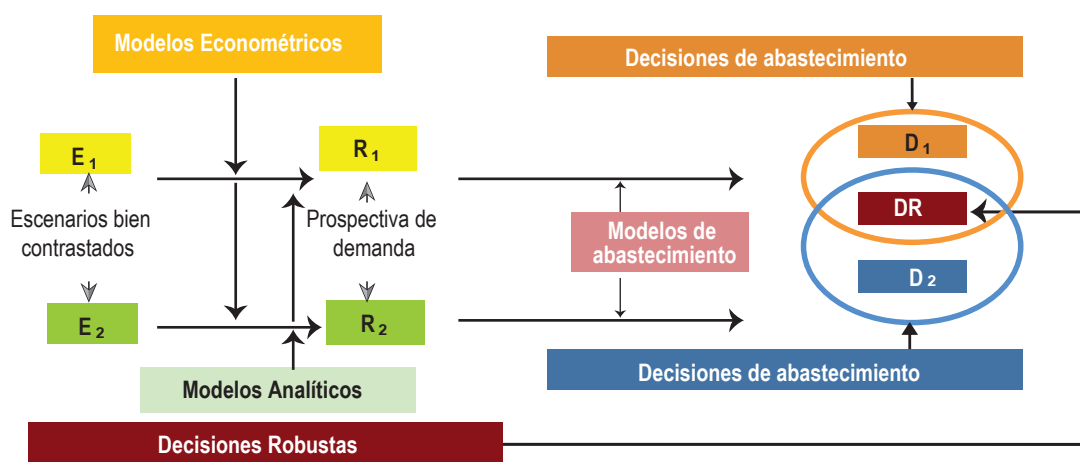
Fuente: Elaboración propia en base a "La construcción de los Escenarios Socioeconómicos para la Prospectiva Energética", Fundación Bariloche, 2013a.

Así, la idea del análisis prospectivo supone la formulación de una variedad de escenarios que representen evoluciones bien contrastadas (que en la Figura V.1 están cubriendo la superficie externa del cono), de modo tal que “contengan” en su interior la trayectoria real del sistema con alta verosimilitud.

Esto supondría la formulación de una infinitud de escenarios, cosa que en la práctica concreta sería imposible de realizar. Por supuesto se trata solo de una ilustración conceptual que pretende indicar que es necesario que el conjunto de escenarios que se formulen tiene que ser una variedad bien contrastada (representar situaciones y trayectorias cualitativamente diferentes) de modo de contener verosimilmente la trayectoria real del sistema.

En la Figura V.2 se presenta un esquema que se refiere a un análisis de prospectiva para la planificación o a la política energética. Tal como puede observarse, se plantean solo dos escenarios (socioeconómicos y energéticos) E1 y E2, bien contrastados (podría plantearse una variedad mayor); a partir de ellos se determinan las demanda o requerimientos de energía R1 (correspondiente a E1) y R2 (correspondiente a E2) utilizando modelos econométricos o modelos analíticos (por ejemplo el modelo LEAP o el MAED).

**Figura V.2: Decisiones robustas**



Fuente: Elaboración propia en base a "La construcción de los Escenarios Socioeconómicos para la Prospectiva Energética", Fundación Bariloche, 2013<sup>o</sup>.

Mediante el uso de modelos de abastecimiento (de optimización o de simulación o la combinación de ambos) se determinan las decisiones de inversión (D1 y D2) que permitan abastecer los requerimientos correspondientes a cada escenario. Es altamente probable que los conjuntos D1 y D2 tengan una intersección no vacía, siendo DR (decisión robusta) los elementos de dicha intersección.

Procediendo de esta forma, el análisis prospectivo permitiría localizar decisiones robustas, que son aquellas que se tomarían cualquiera sea el escenario que se verifique en la realidad.

Este desarrollo conceptual permite afirmar que el principal propósito del análisis prospectivo es reducir el grado de incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.

### V.2.2. Los métodos y modelos y la información de Escenarios para la Prospectiva

Tal como se indica en la Figura V.2, la prospectiva de la demanda o de los requerimientos de energía puede realizarse mediante el empleo de modelos econométricos o a través del uso de modelos analíticos. Por lo que se refiere al abastecimiento modelos de optimización o de simulación. Según se verá a continuación, de esta caja de herramientas debe adoptarse una actitud pragmática, es decir no preferir los modelos de prospectiva adoptando una visión dogmática, si bien deben destacarse las ventajas y limitaciones que supone el empleo de los diferentes modelos.

Se hará referencia en primer lugar a los modelos de prospectiva de la demanda o requerimientos. Según se ha expresado, esta tarea puede emprenderse por medio de los enfoques econométricos o analíticos. Una cuestión que debe examinarse inicialmente se vincula con el tiempo disponible para ejecutar el trabajo, puesto que ese aspecto condiciona de modo significativo la elección del enfoque y el modelo, atendiendo a la información que se requiere para su implementación.

En tal sentido puede anticiparse que la utilización de los modelos analíticos requiere de una cantidad considerable de información, tanto por lo que se refiere al punto de partida del proceso de prospectiva como de los escenarios sobre los que se basa para elaborar las trayectorias de futuro. El acopio de dicha información implica la disponibilidad de tiempo y, por tanto, del enfoque metodológico a emplear. En suma si se demanda un ejercicio de prospectiva en un plazo muy corto de tiempo, esto va a determinar que la opción

se reduce a la elección de modelos econométricos, entendiendo que su uso habrá de requerir principalmente series de tiempo de un grupo limitado de variables dependientes (objeto de la prospectiva) y explicativas (que deberán formar parte de los escenarios). Esta es uno de los aspectos a señalar en el listado de ventajas e inconvenientes de uno y otro enfoque metodológico.

Pero admitiendo que el tiempo disponible para la ejecución del proceso de Política y de Planificación energética es más amplio, al menos de algo más de un año, o de que el sistema de información económica y energética contiene suficiente detalle (en términos de las variables correspondientes a ambos ámbitos), resulta de interés discutir en qué condiciones se plantea la elección de los dos enfoques metodológicos planteados, sobre la base de las ventajas y limitaciones que cada uno de ellos presenta, además de la mencionada previamente.

Los **enfoques econométricos** resultan coherentes con la tradición teórica neoclásica que se caracterizó al comienzo de esta sección, y por tanto coherente con sus características epistemológicas. En consecuencia, con la teoría de la demanda resultante de la misma. Es decir que la demanda de una fuente de energía en determinado sector de consumo será función del ingreso del consumidor (o alternativamente del nivel de actividad si se tratara de un sector productivo) y de los precios relativos de las fuentes y de las tecnologías disponibles para su utilización. En el caso de la demanda residencial deberá agregarse a esta lista algún indicador de la distribución del ingreso. Se trata en esencia de tomar en cuenta las teorías neoclásicas del comportamiento del consumidor y de la producción (demanda de los recursos productivos que integran la función de producción) siempre admitiendo la conducta optimizante propia de los actores dentro de este enfoque teórico.

Por ejemplo, si se tratara de la demanda de mercado por los consumidores residenciales de la fuente  $j$ , la función de demanda sería una expresión del siguiente tipo:

$$D_j = f(P_j, P_{aj}, P_s, Y_m, DY)(1)$$

Donde:

$D_j$ : Demanda de mercado por la fuente  $j$

$P_j$ : Precio de mercado de la fuente  $j$

$P_{aj}$ : Índice de precios de los artefactos de utilización de la fuente  $j$  (precio de los bienes complementarios)

$P_s$ : precios de la fuente sustituta

$Y_m$ : Ingreso medio de los consumidores

DY: Indicador de la distribución del ingreso

La expresión (1) traduce lo que indica la teoría económica derivada de la agregación de las decisiones de los consumidores para obtener la demanda de mercado, con sus variables determinantes. Sin embargo la aplicación concreta de esa teoría implica la especificación de otros determinantes de la demanda, atendiendo a las características del sistema bajo estudio. En el caso de la demanda de energía se tratará de variables demográficas, medioambientales o propias de la cobertura del abastecimiento de la fuente de que se trata. Es decir, que la expresión (1) tomará una forma como la siguiente:

$$D_j = f(P_j, P_{aj}, P_s, Y_m, DY, Z_1, Z_2, \dots, Z_n)(2)$$

Donde las variables  $Z_i$  representan otros factores determinantes de la demanda de la fuente de energía  $j$ , además de los indicados previamente.

La primera etapa de la aplicación del enfoque econométrico presupone la especificación de la fuente  $f$ , de las variables de modo compatible con la información disponible y de las características aleatorias del error en la ecuación (media, varianza y de otros parámetros de su distribución). Con respecto a la forma de la función, la teoría económica no provee indicaciones más allá del reconocimiento que la adopción de una forma potencial (que se puede convertir lineal, en términos logarítmicos) habrá de implicar que se admite implícitamente que la variable dependiente tendrá una elasticidad constante con respecto a cada uno de sus argumentos y que la adopción de una forma lineal implicará que esas elasticidades habrán de ser cambiantes con el nivel de las variables consideradas.

Una vez tomadas todas estas decisiones sobre la especificación, el enfoque econométrico continúa con la etapa de estimación de los parámetros del modelo adoptado. Sin entrar en los detalles de la técnica econométrica, tarea que escapa a los alcances de este capítulo de manual, corresponde discutir aquí las principales ventajas del empleo de este enfoque metodológico así como sus **limitaciones más salientes**.

La primera limitación del enfoque econométrico es la característica de trasladar hacia el futuro los rasgos estructurales pasados del sistema. Esta propiedad del enfoque hace que tenga una fuerte inflexibilidad para representar los cambios estructurales.

En segundo lugar el enfoque econométrico tiene fuertes limitaciones para representar los procesos de sustitución entre fuentes de energía. Teniendo en cuenta lo expresado, al apoyarse en la teoría neoclásica de la demanda, los procesos de sustitución se representan por medio de los precios relativos de dichas fuentes, lo cual presupone que todas las fuentes de energía que disputan el abastecimiento de los servicios energéticos se transan en mercados formales. Esto significa que quedan excluidas las fuentes de apropiación directa por parte del consumidor.

Por otra parte, este enfoque metodológico no permite representar la penetración de fuentes no presentes en el pasado, con lo cual limita la disputabilidad en el mercado de los servicios energéticos a las fuentes que tradicionalmente los abastecía.

En suma, por estas razones, la utilización del enfoque econométrico para realizar la tarea de prospectiva en el marco de la formulación de la política y la planificación energética que, en términos generales, implican la presencia de cambios estructurales que este enfoque presenta serias dificultades para poder representar.

Por contraposición la aplicación del enfoque econométrico presenta algunas **ventajas** entre las que se destacan, la ya mencionada acerca de la posibilidad de ser implementado en un plazo muy corto plazo, debido a la limitada información que requiere su aplicación, tanto por lo que se refiere al pasado como en lo atinente a la formulación de escenarios.

Por su parte el empleo de los enfoques **analíticos**<sup>64</sup> se caracteriza precisamente por fundarse en un enfoque estructural, esto es que se trata de diferenciar los conjuntos de los consumidores en función de un conjunto de factores espacio-ambientales, socio-espaciales, condiciones de abastecimiento energético y condiciones sociales. De este modo, la aplicación de dichos métodos presupone la identificación de grupos más o menos amplios de conjuntos de consumidores que presentan la característica razonable de semejanza por lo que se refiere a sus requerimientos tanto por lo que respecta a sus condiciones presentes como en el comportamiento dinámico hacia el futuro. Estos conjuntos, que suelen denominarse Módulos Homogéneos, tienen componentes que van cambiando a lo largo del período de prospectiva.

Entre las **ventajas** de este enfoque metodológico puede mencionarse:

- √ Su flexibilidad para representar cambios estructurales, hecho que se ve facilitado por la adopción de la representación sistémica, vinculada a fuentes y tecnologías de uso.
- √ Esa flexibilidad permite que puedan simularse las estrategias de una determinada propuesta de política energética y así poder evaluar sus impactos.
- √ Es un enfoque simple y transparente que asegura la coherencia física del sistema.

Con relación a las **limitaciones** hay que señalar:

- √ La cantidad de información que requiere la implementación plena tanto con relación al punto de partida de la prospectiva como en lo referente a los escenarios.
- √ No asegura la consistencia económica.

A continuación, se insertarán algunas consideraciones con relación a los métodos utilizados en la **planificación del abastecimiento**.<sup>65</sup> Tal como se esquematiza en la Figura V.2, vinculados con cada prospectiva de requerimientos le deberá corresponder dentro del plan un cierto conjunto de decisiones de abastecimiento. Para realizar esta tarea pueden emplearse dos tipos principales de enfoques : los de **optimización** y los de **simulación**.

Los variados **modelos de optimización** que suelen emplearse para la planificación energética pueden estar referidos ya sea a representar la planificación de una cadena productiva energética o al conjunto del sistema energético incorporando todos los vínculos entre las diferentes cadenas que integran ese sistema pretendiendo encontrar las soluciones más "eficientes" sobre la base de ciertos criterios definidos por el planificador; esos criterios se suelen plasmar en una cierta "**función objetivo**". Lo más frecuente es que tales modelos de optimización utilicen la técnica de **programación lineal**, que en el problema primal permite deducir las soluciones *eficientes* sobre las cantidades y en el problema dual que, se supone, contiene los *valores marginales de eficiencia*.

**Limitaciones de los enfoques de optimización.** El planificador deberá tener cuidado de no asignar a las variables duales la interpretación de los "precios de eficiencia" propios del óptimo de Pareto, desconociendo que en ambos casos se trata de óptimos parciales y que por lo tanto no pueden tener esos atributos, más allá del hecho que el uso de los modelos de programación lineal supongan implícitamente la existencia de competencia perfecta como forma de mercado, lo que resulta contradictorio con las

64 Este tema se discutirá con mayor profundidad en el punto 3 de este capítulo.

65 Este tema se retomará con mayor profundidad en el punto 4 de este capítulo.



características concretas de los mercados reales. Además es importante señalar que usualmente los procesos de decisión son de carácter multiobjetivo y aun cuando existe una amplia literatura sobre ese tipo de técnica de optimización **Sawaragi**(1985), su aplicación práctica a sistemas de envergadura resulta muy compleja y requiere de la decisión política del planificador.

Los **modelos de simulación** no presentan estas limitaciones teóricas y poseen la flexibilidad de poder representar diferentes escenarios de oferta.

En consecuencia, en la medida de lo posible parece recomendable en uso conjunto de ambos enfoques metodológicos, partiendo del conocimiento de las ventajas e inconvenientes que cada uno de ellos presenta.

### V.3. Enfoque simplificado: Prospectiva del balance energético

Es común encontrar situaciones en los países de la región donde no se dispone de los recursos, personal especializado o tiempo para la realización de trabajos de prospectiva y planificación energética o no se dispone de la información necesaria para hacer un análisis en mayor profundidad de los requerimientos y del abastecimiento energético. En otros casos, los estudios de prospectiva energética sirven de base para evaluar los efectos de políticas ambientales, como es el caso de las propuestas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. En estos casos puede recurrirse a la utilización de la prospectiva de balances energéticos que consiste básicamente en proyectar en el periodo deseado, necesariamente de largo plazo, todas las variables que componen el balance energético del país.

La prospectiva de balances energéticos es un típico caso de aplicación de modelos de simulación, brindando la ventaja de considerar la evolución de sistema energético como tal, propio de la concepción del balance energético, lo que asegura la el equilibrio general de las proyecciones de las distintas variables energéticas.

**Alcances y limitaciones de la prospectiva de balances.** Las variables que se proyectan por este método son:

- Consumo final (o de energía neta) por sectores
- Consumo final por fuentes
- Importaciones y exportaciones por fuente
- Producción nacional de fuentes secundarias en los centro de transformación
- Producción de energía primaria

Al tomar como base la información del balance energético, cada elemento del mismo se conoce con un alto grado de agregación.. En consecuencia, mediante la prospectiva de balances no se podrán evaluar con la debida precisión los efectos de las medidas de política energética direccionadas a cierto grupo de consumidores o a la promoción de ciertas tecnologías, por citar algunos ejemplos.

**Información necesaria y variables explicativas.** Obviamente que la información de base es el balance energético nacional, elaborado con la metodología propia del país en estudio.. Los balances se requieren para el año base de las proyecciones y para una serie histórica de 10-15 años. La disponibilidad de la serie histórica es fundamental para conocer la evolución de la estructura del sistema energético en el pasado; y, además, poder evaluar si las modificaciones propuestas a futuro guardan cierta coherencia.

En la prospectiva de balances, se utilizan como principales variables explicativas de los requerimientos de energía, según sector de consumo, las siguientes:

Sector	Variable
Residencial	Cantidad de hogares o población
Comercial, Servicios y Público	Valor agregado sectorial
Industria	Valor agregado sectorial
Transporte	PIB, parque vehicular
Agro, Pesca y Minería	Valor agregado sectorial
Construcción y Otros	Valor agregado sectorial
Consumo No Energético	PIB

Por lo tanto, debe disponerse de la información, para el año base, de estas variables explicativas de los consumos de energía y así poder obtener las *intensidades energéticas o consumos específicos* (consumo de energía final por unidad de variable explicativa). Debe disponerse también de la prospectiva o proyección de estas variables durante todo el periodo de proyección energética considerado.

Dentro del consumo final de energía, las dos principales acciones de política energética están referidas a la sustitución de fuentes energéticas y penetración de las nuevas y a los ahorros de energía mediante aumentos de la eficiencia energética o prácticas conservadoras. Deberá disponerse de información sobre los planes o medidas programadas en estas dos áreas.

Para la prospectiva de oferta o abastecimiento energético debe recopilarse información de los planes subsectoriales energéticos; particularmente los referidos a la expansión de la oferta eléctrica, de la capacidad de refinación y tratamiento de gas natural y de carbón mineral, por citar a los principales centros de transformación existentes en los países de la región. Para la proyección del abastecimiento de las restantes fuentes renovables, tales como: leña, carbón vegetal, residuos de biomasa, biocombustibles y solar, debe recurrirse, por una parte, al análisis de la serie histórica de balances y, por otra, para las nuevas fuentes a los especialistas o instituciones encargadas de su promoción, es el caso de los biocombustibles o la energía solar. Para determinar los niveles de actividad de los centros de transformación nacionales, previamente es necesario determinar o establecer hipótesis sobre los intercambios de energía con el exterior: los flujos de importaciones y exportaciones tanto con países de la región como extra regionales.

**Prospectiva del consumo y del abastecimiento energético.** El proceso de prospectiva comienza por la proyección del consumo de energía en cada uno de los sectores considerados en el balance energético. En primera instancia, se proyectan los consumos finales totales del sector, multiplicando en el tiempo las intensidades energéticas (o consumos específicos) por los valores proyectados de la correspondiente variable explicativa. Al mismo tiempo deben **proyectarse las intensidades energéticas**: es de esperar que estos coeficientes disminuyan en el tiempo como consecuencia del cambio tecnológico, la utilización de artefactos y equipos más eficientes y medidas adicionales de ahorro o conservación de la energía que tienen que ver con el cambio de hábitos en el consumo de energía. Como referencia puede tomarse en cuenta que prospectivas analíticas, donde estos cambios se analizan con mayor profundidad, dan en general reducciones de las intensidades energéticas del orden del 10 al 20% en los valores del año horizonte (normalmente 20 años) respecto al año base. No obstante, se debe analizar el caso en que las intensidades energéticas puedan tender a aumentar como consecuencia de una más equitativa distribución de los ingresos de los hogares, o el mayor desarrollo de actividades energo-intensivas como ciertas industrias de base. El resultado final debe compensar estos aumentos con las reducciones por mayor eficiencia en el uso de la energía.

El paso siguiente es el análisis de **los procesos de sustitución** entre fuentes energéticas en cada sector del consumo final. El resultado de este análisis es la proyección de las estructuras del consumo final por fuentes (participación porcentual) en cada sector, y para ello debe tenerse en cuenta las evoluciones de estas participaciones en el pasado, información proporcionada por las series históricas de balances. Se debe tener en cuenta la evolución histórica de largo plazo, pero más particularmente los cambios observados en los últimos cinco años. Seguidamente hay que considerar las políticas actuales vigentes en cuanto a penetración de fuentes, sea la masificación de una fuente convencional como el gas natural, una mayor penetración del GLP en el ámbito rural, o la penetración de nuevas fuentes.

Una vez concluido el proceso de proyección de los consumos, se está en condiciones de comenzar a proyectar el abastecimiento u oferta energética.

En primer término deben proyectarse las fuentes secundarias que son producidas en centros de transformación secundarios<sup>66</sup>: se comienza proyectando el abastecimiento de electricidad. Ello es así, porque para la producción de electricidad puede requerirse, por ejemplo, fuel oil o diesel producidos en una refinería; por ello las refinerías deben proyectarse una vez que se ha terminado la proyección de la electricidad. Debe proyectarse entonces el balance de la electricidad, donde las variables a determinar son importaciones, exportaciones y pérdidas de transporte y distribución. Luego de ello, queda como resultado las necesidades de producción nacional de electricidad.

El siguiente paso es la proyección de la generación de electricidad, dado el método simplificado de la prospectiva de balances, no se utilizarán los modelos de optimización o de equilibrio que normalmente emplean los planificadores eléctricos y que se mencionarán más adelante en este capítulo. Se proyectará la evolución del parque de generación eléctrica teniendo en cuenta la evolución deseada de la generación en términos porcentuales por tipo de central y fuente de consumo intermedio. Se supondrán mejoras en la eficiencia de las centrales eléctricas y auto productores, en particular en las centrales térmicas convencionales.

Luego se proyectan las restantes fuentes secundarias, teniendo en cuenta de planear primero aquellas que requieren de otra fuente secundaria para su producción, como el caso típico mencionado de la electricidad. Proyectando el balance de cada fuente secundaria, se obtendrá como resultado las necesidades de producción nacional en plantas de tratamiento de gas, refinerías, carboneras, destilerías, coquerías/altos hornos, etc.

66 Se denomina centros de transformación primaria a aquellos que transforman sólo fuentes primarias (refinerías, centros de tratamiento de gas natural, carboneras, destilerías de alcohol, etc.), y centros de transformación secundarios a los que transforman fuentes primarias y secundarias (centrales eléctricas, autoprodutores, plantas petroquímicas, altos hornos, coquerías, etc.).

A continuación se proyecta el consumo propio del sector energético. Normalmente los balances energéticos contabilizan los consumos propios en forma parcial, y sólo los consumos de fuentes producidas en los mismos centros de transformación. Por ejemplo, no se suelen relevar los consumos de electricidad en refinerías ni en yacimientos de petróleo, que suelen ser de magnitudes considerables. Los consumos propios se proyectan con la evolución de las variables asociadas a los mismos, por ejemplo, la producción en centrales eléctricas, el crudo procesado en refinerías, el gas natural inyectado en cabecera de gasoductos, etc. Estos consumos propios llevan a aumentar los requerimientos de producción de los centros de transformación, aumentando a su vez el consumo propio. Normalmente con dos o tres iteraciones se llega a una situación de equilibrio razonable.

Una vez proyectada la expansión de todos los centros de transformación, primarios y secundarios, se está en condiciones de proyectar los balances de cada fuente primaria. Las principales variables a definir son las importaciones y exportaciones de fuentes primarias, y luego de ello queda como resultado las necesidades de producción de las fuentes primarias, tanto renovables como no renovables. Es este último caso, teniendo en cuenta la relación reservas/producción del año base y la proyectada, quedará como resultado final las necesidades de incorporación de reservas durante todo el periodo de proyección.

#### V.4. Prospectiva de la demanda: Enfoque analítico.

Los consumidores se agrupan en módulos homogéneos, esto es: un conjunto de consumidores agrupados sobre la base de similares condiciones sociales, económicas, ambientales, tecnológicas y culturales; abastecidos con o sin determinadas fuentes energéticas; y de los cuales se espera un similar comportamiento ante variaciones en los determinantes del consumo de energía. Se indica entonces que el consumo de energía de cada módulo homogéneo se analiza a nivel de usos y fuentes. Ello permite relacionar directamente los requerimientos de energía con las necesidades humanas, tanto productivas como de bienestar. Permite una mejor evaluación de los procesos de sustitución entre fuentes de energía y de los impactos del uso eficiente de la energía.

Finalmente, se indica que los métodos analíticos de prospectiva de los requerimientos (o demanda) permiten evaluar los impactos de las medidas de política energética cuando son focalizadas a determinadas situaciones que se desean mejorar.

##### V.4.1. La prospectiva

El enfoque analítico tiene la fortaleza de un análisis que podría realizarse a partir de un enfoque de abajo hacia arriba (*bottom-up*), para cuya aplicación se debe disponer de información sobre la demanda, desagregada a nivel de grupo homogéneo de consumidores, denominados también módulos homogéneos (ej.: hogares de altos, medios y bajos ingresos). Para cada uno de estos, se debe contar con las matrices de consumo de energía por fuentes y usos y la eficiencia media de los artefactos utilizados. El disponer de esta información le permite al planificador analizar para cada grupo homogéneo de consumidores el impacto de una medida de este tipo (etiquetado de heladeras), pudiendo estimar su efectividad y/o el tipo de incentivos que se deberían implementar dentro de cada grupo para que la medida sea exitosa.

La técnica de prospectiva de la demanda que sigue este criterio, es también denominada prospectiva por métodos analíticos. Este abordaje permite analizar el impacto de los cambios estructurales que se pretenden simular hacia el futuro, tales como: procesos de sustitución entre energéticos, inclusión de nuevas tecnologías de oferta, mejoras en la eficiencia energética, entre otros.

Tal como se expone en el punto V.6, de este capítulo, a lo largo de la historia, la penetración de las tecnologías de uso final en la demanda ha sido más dinámica que la registrada en las tecnologías de abastecimiento energético. No obstante, los modelos y la información disponible privilegian la modelización de la oferta frente a la de la demanda. Es por ello que el planificador energético debe propiciar la búsqueda y sistematización de la información de base que le permita representar con un nivel adecuado de detalle quién, cómo y con qué tecnología consumen la energía los usuarios finales, a los efectos de poder desarrollar la prospectiva de las demandas de energía, sobre bases informadas.

Para acceder a este tipo de información, hay al menos tres posibles alternativas. La primera de ellas consiste en recurrir a informantes calificados, los que habitualmente son expertos sectoriales, que a partir de conocimiento y experiencia pueden dar lineamientos generales para realizar la apertura de la demanda de energía a nivel de los diferentes usos y fuentes de energía por categoría de usuario.

La segunda alternativa, consiste en utilizar información secundaria relevada en el marco de algún tipo de encuesta nacional o regional, (por ejemplo los censos de población y vivienda, las encuestas permanentes de hogares, los censos económicos, etc.), la cual permite identificar los consumos por fuentes y usos generando proxy de consumos por consumidor a nivel de fuente y uso (por ejemplo: a partir de las encuestas permanentes de hogares se pueden obtener datos de los equipos y las fuentes de energía con la que las familias cocinan, el acceso a las redes de tendido eléctrico, etc.).

La tercera alternativa consiste en la elaboración de información primaria, a partir del desarrollo de encuestas sectoriales, que permitan identificar los consumos de energía, por fuente y uso a nivel de cada sector y subsector de consumo, considerando a la vez los grupos homogéneos que lo conforman.

Estos operativos de campo, dependiendo de la extensión y la complejidad del país, suelen llevar varios meses de trabajo para su desarrollo, permitiendo determinar para un año específico, las matrices de fuentes y usos, que luego serán utilizadas en modelos analíticos (tipo LEAP o MAED), para el desarrollo de la prospectiva de la demanda, a partir de los vínculos economía-energía.

Varios países de la región han avanzado en la elaboración de los Balances en términos de Energía Útil, aunque la información que puede extraerse de los balances en términos de energía útil pudiera no necesariamente cubrir todos los requerimientos de una prospectiva analítica, es sin lugar a dudas una fuente de información de extraordinario valor y que facilitará el trabajo del planificador. Otras informaciones que pueden encontrarse actualmente en los países de la región son las relacionadas con los indicadores de eficiencia energética, las que aportarán igualmente el proceso de prospectiva de la demanda.

Dicho proceso de prospectiva de la demanda, comienza con la elaboración de la información de base (ya sea balances energéticos sectoriales, o información detallada obtenida con algunas de las tres alternativas antes planteadas). A su vez, se deben desarrollar escenarios socioeconómicos, donde se presentará la evolución de las variables explicativas que fraccionan el consumo de energía de cada sector, así como la elaboración de escenarios energéticos, donde se plantean cambios estructurales o tendencias históricas, en cuanto a la penetración de los combustibles, mejoras en las eficiencias de los artefactos o variaciones en las intensidades energéticas, entre otros aspectos. La construcción de estos escenarios fue tratado en el capítulo anterior.

A los fines de hacer operativa la metodología para la prospectiva de los requerimientos energéticos futuros, y dentro de ello con qué fuentes y tecnologías se materializarán (análisis de sustituciones), se separa el complejo proceso en dos aspectos: por una parte todo aquello que hace más directamente al nivel de satisfacción de las necesidades energéticas de los usuarios (hogares, comercios y servicios, industrias, agropecuarios, transporte, etc.) y por otra, la elección de los consumidores entre las distintas opciones de fuentes y tecnologías que se le presentan. Se destaca que esta separación es sólo una cuestión metodológica, para poder precisar los efectos de los factores determinantes del consumo energético sobre cada uno.

El proceso para la prospectiva de los requerimientos energéticos futuros tiene que considerar todo aquello que contribuye a mejorar el nivel de satisfacción de las necesidades energéticas de los usuarios finales y a la elección de los consumidores entre las distintas opciones de fuentes y tecnologías que se le presentan.

La evolución del nivel de satisfacción de las necesidades humanas que requieren el consumo de energía) implica una definición de los consumos de energía útil<sup>67</sup> por hogar - consumo específico o intensidad energética - en el tiempo y, especialmente la desagregación de ese consumo por usos<sup>68</sup>.

El análisis de sustituciones parte de la estructura (participación) de tecnologías y fuentes utilizadas en el consumo de energía útil en cada uso en el año base o actual y da por resultado la evolución de dicha estructura durante el periodo de proyección.

Los resultados de ambos procesos luego se integran, y considerando también la evolución prevista de los demás determinantes del consumo de energía de los hogares se obtienen las proyecciones de los consumos de energía, neta y útil, por fuentes y usos.

Adicionalmente es necesario estimar, a partir de los resultados de las proyecciones, el gasto total en energía de los hogares a futuro y compararlo con la evolución prevista de sus ingresos. Puede resultar un incremento de la participación del gasto en energía, lo cual puede poner en duda la Viabilidad de los resultados obtenidos; mientras que, por el contrario, una disminución relativa del gasto en energía implica una mejora en la situación de los hogares, que puede haber sido un objetivo de la política energética.

Finalmente, y si el proceso de planificación energética es integral, se suman los resultados de las proyecciones para los diferentes módulos homogéneos y así obtener los consumos de energía totales por fuentes del sector, de la región y del país, y así pasar al análisis del abastecimiento energético (oferta).

#### V.4.2. Residencial

En este sector, la apertura recomendada (lo cual dependerá de la información disponible) se establece a partir de la desagregación del consumo en un primer nivel referido al ámbito urbano y rural. El acceso a las fuentes de energía modernas y la calidad del servicio es muy diferente en ámbitos urbanos respecto a los rurales, y por lo tanto las matrices de fuentes y usos también lo serán.

<sup>67</sup> Energía útil: ésta se obtienen multiplicando el consumo neto de energía de un artefacto por el rendimiento medio de dicha tecnología.

<sup>68</sup> La terminología actual del concepto de usos energéticos se ha modificado al de servicios energéticos para referirse a los usos finales.

Un segundo nivel de apertura se efectúa considerando los niveles de ingreso de los hogares. Resulta evidente que un hogar de bajos ingresos tendrá acceso a diferentes fuentes de energía y equipamientos respecto a un hogar de altos ingresos. Esto implica matrices de fuentes y usos distintas y artefactos con variados rendimientos, por lo tanto ante señales de política energética (ej.: cambio de luminarias), el nivel de respuesta de cada tipo de consumidor será diferente de acuerdo al nivel de ingreso del hogar.

Adicionalmente, podría ser requerido dividir a un determinado país por regiones según sus características bio-geográficas, sobre todo si se trata de un país con grandes extensiones que implique latitudes extremas con climas muy diversos (ej.: Argentina, Perú, Brasil, etc.).

A continuación se esquematiza la apertura básica propuesta:

- √ Residencial
  - Urbano
  - Rural
    - Altos Ingresos
    - Medios Ingresos
    - Bajos Ingresos

Los usos de la energía en el sector Residencial deben desagregarse, al menos, en las siguientes categorías:

- √ Iluminación
- √ Cocción
- √ Calentamiento de Agua
- √ Calefacción
- √ Conservación de Alimentos
- √ Ventilación y Refrigeración de Ambientes
- √ Bombeo de Agua
- √ Otros Artefactos

A nivel de las variables explicativas de este sector, el número de hogares por grupo homogéneo de consumo es la variable usualmente utilizada. Para el año base de la prospectiva, se deberán identificar los consumos energéticos por uso en cada hogar, expresados como intensidades energéticas (ej.: kilocalorías de energía neta o útil consumida por hogar en cocción con cocinas a leña). En los escenarios socioeconómicos se deberá consignar la evolución de los hogares en cada grupo homogéneo, por su parte a partir de los vínculos economía-energía (con el uso de elasticidades por ejemplo), se deberá estimar la evolución de las intensidades energéticas y a partir del escenario energético se establecerá la evolución de los rendimientos de los artefactos y el posible proceso de sustituciones (ej.: consumidores que migran de cocinas a leña a otras que utilizan GLP).

Con todos estos elementos, y con la asistencia de modelos analíticos del estilo del LEAP o el MAED, se puede configurar en ellos las matrices de fuentes y usos para el año base y a partir de ésta junto a las hipótesis de los escenarios, se podrá efectuar la prospectiva de la demanda de energía de dicho sector.

#### **V.4.3. Comercial, Servicios y Público**

Este sector comprende las actividades clasificadas en las secciones E, y de la G a la U, de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU, Rev. 4) de Naciones Unidas. De la sección H, Transporte y Almacenamiento, se incluyen únicamente los consumos de energía de las oficinas, depósitos, puertos, aeropuertos, actividades de apoyo, etc.; pero no se incluyen los consumos de energía de los diversos vehículos según el modo carretero, aéreo, ferroviario o fluvial/marítimo, ya que estos consumos se incluyen en el sector Transporte propiamente dicho.

En la desagregación por módulos homogéneos de consumidores del sector Comercial, Servicios y Público puede requerirse según la geografía del país, una apertura por regiones en el caso de países extensos y con regiones de muy diferente clima. Y ello es debido a la importancia que normalmente tienen en este sector, al igual que en el sector Residencial, los consumos de energía para acondicionamiento de ambientes (calefacción y refrigeración) y para calentamiento de agua.

Más allá de la apertura regional, la primera desagregación que debe hacerse de los consumidores es por subsectores, según el tipo de actividad y tomando como base la clasificación CIIU. La cantidad de subsectores y las actividades incluidas en cada uno de ellos dependerá del país. Normalmente con 6 a 8 subsectores suele ser suficiente, por ejemplo:

- √ Comercial, Servicios y Público
  - Comercio Mayorista y Minorista
  - Hoteles y Restaurantes
  - Enseñanza
  - Salud y Asistencia Social
  - Administración Pública y Defensa
  - Agua y Saneamiento
  - Otros Servicios
  - Alumbrado Público

Adicionalmente, si se desea trabajar con mayor nivel de análisis, cada subsector puede estratificarse por tamaño de los establecimientos en grandes, medianos y pequeños; y una apertura adicional puede ser si los mismos son de gestión pública o privada.

Las categorías de usos (servicios energéticos) a utilizar en el sector Comercial, Servicios y Público pueden ser:

- √ Iluminación
- √ Cocción
- √ Calentamiento de Agua
- √ Calefacción
- √ Conservación de Alimentos
- √ Ventilación y Refrigeración de Ambientes
- √ Bombeo de Agua
- √ Transporte Interno
- √ Otros Usos

La principal variable explicativa del consumo de energía útil del sector es el nivel de actividad. El mismo puede aproximarse por el valor agregado por cada subsector, el valor bruto de la producción o el personal ocupado. Estas son las variables comúnmente utilizadas; no obstante en algunos subsectores pueden utilizarse variables más físicas, como ser: cantidad de habitaciones y cubiertos en Hoteles y Restaurantes, alumnos matriculados en Enseñanza, cantidad de camas en Salud, población servida en Agua y Saneamiento y en Alumbrado Público. Para el año base, deben calcularse los consumos específicos útiles o intensidades energéticas útiles por uso, o sea el consumo por unidad de nivel de actividad.

Luego, para el estudio prospectivo, habrá que considerar los procesos de sustitución o competencia entre fuentes y tecnologías en cada uso de la energía. En el sector las principales sustituciones se dan normalmente en calentamiento de agua para uso sanitario, calefacción y cocción. En calentamiento de agua se puede mencionar, junto a la competencia entre las fuentes tradicionales, la utilización de la energía solar; en calefacción, la difusión del efecto de bomba de calor de los aires acondicionados; y, en cocción hay que tener en cuenta que una parte importante del consumo de energía, que ocurre en Restaurantes, la elección de la fuente obedece a pautas culturales.

En el campo del uso eficiente de la energía, la preponderancia del consumo de electricidad en el sector indica que las medidas a priorizar deben estar orientadas, sin ser excluyente, a la incorporación de lámparas y artefactos eficientes, técnicas de gestión eficiente en el alumbrado tanto en el alumbrado público como en el particular, control de la temperatura de ambientes refrigerados y mejoras en la envolvente de los edificios. Medidas tendientes al ahorro de combustibles también deben considerarse según las características del abastecimiento energético del país.

#### V.4.4. Industria

El sector de Industrias Manufactureras corresponde a las actividades de la Sección C del CIU Rev. 4.

Los consumos de energía de la Industria son dependientes del tipo de bien producido, la tecnología empleada y de la configuración de las distintas plantas productivas en el caso de procesos de mayor complejidad. Los consumos dependientes del clima generalmente no tienen incidencia significativa en el consumo total de energía de la Industria, por ello la regionalización no es necesaria para determinar los módulos homogéneos. Sin embargo, se realiza la regionalización para mantener la coherencia con el resto de los sectores y con la finalidad de la planificación del abastecimiento.



La definición de los módulos homogéneos se realiza, en primer término, en función del tipo de bien producido agrupando las diversas actividades manufactureras en 10-12 subsectores, dependiendo de la estructura productiva industrial del país, por ejemplo:

- √ Industria
  - Alimenticias
  - Bebidas y Tabaco
  - Textil y Cuero
  - Papel
  - Madera
  - Química, Caucho y Plásticos
  - No Metálicos
  - Metales
  - Maquinaria y Equipos
  - Otras Manufactureras

No se incluye dentro de Industria a la División 19 del CIIU, fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo, ya que estas actividades se incluyen dentro del consumo propio del sector energético.

Los consumos de energía en los altos hornos de la industria siderúrgica y en las coquerías se separan del resto de los consumos de la Industria y se incluyen como consumo intermedio en los centros de transformación Coquerías y Altos Hornos y como consumo propio del sector energético. En forma similar, los consumos de hidrocarburos del Grupo 201, fabricación de sustancias químicas básicas, como materia prima para la obtención de plásticos y los otros productos denominados petroquímicos, pueden considerarse como insumos del centro de transformación Plantas Petroquímicas.

Después del agrupamiento por subsectores pueden estratificarse los establecimientos por su tamaño en grandes, medianos y pequeños; y posteriormente puede ser necesario desagregar algunos subsectores según la tecnología de producción cuando tienen consumos específicos muy diferenciados, por ejemplo, la producción de cemento por vía húmeda o seca, fabricación de celulosa por medios mecánicos o químicos, siderúrgicas integradas o procesos de reducción directa.

Las categorías de usos en el sector Industria son:

- √ Iluminación
- √ Vapor
- √ Calor Directo
- √ Fuerza Motriz
- √ Frío de Proceso
- √ Transporte Interno
- √ Procesos Electroquímicos
- √ Usos No Productivos

La principal variable explicativa del consumo de energía útil de la Industria es el nivel de actividad, lo ideal es relacionar el consumo de energía útil en cada uso con la producción física dentro de cada módulo homogéneo, pero generalmente dentro de un subsector se producen bienes diversos y por ello debe utilizarse otra variable como valor agregado, valor bruto de la producción o cantidad de empleados.

Las sustituciones entre fuentes ocurren principalmente en los usos vapor y calor directo. En el análisis hay que considerar la particularidad de aquellas industrias que producen residuos energéticos, como bagazo, licor negro, aserrín, cáscaras, etc., los cuales tienen bajo o nulo costo para el industrial y, además, el carácter de renovables.

Para orientar las acciones de eficiencia energética en el sector Industria debe tomarse como base, en caso de disponer, de auditorías o diagnósticos energéticos realizados en las industrias. Debe tenerse cuidado en la expansión de estos resultados a la correspondiente rama industrial, dado que generalmente los diagnósticos no tienen alta representatividad estadística y la extrapolación directa puede producir sesgos importantes. Las medidas de eficiencia actualmente más usuales en el sector son la incorporación de motores eficientes, variadores de velocidad, regulación de la combustión, mejoras en aislaciones e incorporación de sistemas de cogeneración, entre otras.

### V.4.5. Transporte

Este es uno de los sectores más complejos de estudiar, no sólo en Latinoamérica, sino también a nivel mundial. Por lo general la estadística disponible en los países de la Región es incompleta, no sistemática y desactualizada. En el caso del transporte carretero, en muchos países no existen bases de datos que unifiquen los registros del parque automotor, en las cuales se detallen variables tan elementales como el parque vehicular activo por tipo (ej.: automóviles, camionetas 4x4, ómnibus, camiones de menos de 2 toneladas, motocicletas, etc.), la clase de motor que acciona a dichas unidades (ej.: automóviles con motores de ciclo Otto y Diesel, a GLP, etc.), la antigüedad del vehículo, la cilindrada del motor, etc. Estas variables son básicas para la aplicación de métodos de prospectiva del transporte carretero.

En el caso de otros medios de locomoción (aéreo, fluvial, marítimo, ferrocarril, metro, etc.), resulta habitualmente más simple acceder a la información de base, dado que son pocos los prestadores de dichos servicios y recurriendo a ellos se puede determinar la flota, las intensidades energéticas y en base a variables explicativas tales como el PBI, el valor agregado de determinados sectores asociados al medio de locomoción (ej.: el ferrocarril dedicado a la carga de granos en países fuertemente agrícolas, tendrá indefectiblemente como variable explicativa el valor agregado del sector agropecuario), es posible realizar la prospectiva de la demanda de energía de dichos medios.

Retornando al caso del transporte carretero, un método muy difundido para la prospectiva de la demanda de energía es el denominado VKR, donde el consumo por medio de locomoción surge de multiplicar los siguientes parámetros:

V = número de vehículos (parque activo), por  
 K = cantidad promedio de kilómetros recorridos por año por vehículo, por  
 R = consumo específico en litros / 100 km.

Por lo tanto, la expresión utilizada para la estimación del consumo del modo carretero es la siguiente:

$$\text{Consumo de Energía Neta } C, m, M = (V \times K \times R) \text{ } m, M \text{ (3)}$$

C = Categoría: pasajero o carga  
 m = Medio: Automóviles, Ómnibus, Motocicletas, Camiones, etc.  
 M = Tipo de motor: motor a nafta, motor a diesel, motor a GLP  
 V = Parque o Número de vehículos con motor M, expresado en unidades  
 K = Kilómetros recorridos al año  
 R = Consumo específico, expresado en litros / 100 kilómetros

Para llevar a cabo esta tarea, en primer lugar se requiere de una base de datos que suministre los datos del parque vehicular activo, discriminado por tipo de motor, los kilómetros anuales recorrido y los consumos específicos.

Tal como se indicó, los países poseen habitualmente bases de datos del registro automotor, pero en ellas no se incluye información sobre el tipo de motor ni los consumos específicos y no está muchas veces claramente especificado si el parque allí consignado es neto de los retiros anuales. Es por ello, que usualmente se debe realizar una depuración de las bases de datos provistas por las instituciones encargadas de llevar dichos registros, a fin de re-categorizar los diferentes vehículos dentro de los medios de locomoción a analizar. Una vez efectuada esta tarea, se puede disponer del parque en circulación para un determinado año, clasificándolo con algún criterio, como por ejemplo el que se presenta a continuación:

- √ Transporte
  - Carretero
    - Pasajeros
      - Automóvil
      - Camionetas 4x4
      - Taxi
      - Motocicleta
      - Ómnibus
    - Carga
      - Camioneta
      - Camión Pequeño
      - Camión Grande
      - Tracto Camión

Una vez obtenido el parque hay dos alternativas para acceder a la información referida a los consumos específicos y los recorridos medios anuales.

Una de ellas consiste en la búsqueda de esta información a través de bibliografía especializada, principalmente en lo que se refiere a los consumos específicos. Esta información junto a la asistencia que pueda brindar un experto sectorial, se podrán determinar dichos consumos, considerando a la vez las particularidades del parque bajo análisis, tales como su antigüedad media, marca y modelo de vehículo predominante, calidad de los combustibles, etc. Con este tipo de abordaje la última variable a determinar es el recorrido medio anual por vehículo. Usualmente, esta es la variable de cierre, contra la cual hay que ajustar el consumo de cada tipo de categoría de medio de locomoción, a fin de que el consumo total del sector transporte, quede calibrado con respecto a las ventas de combustibles que se consignan en el balance energético nacional.

La otra alternativa consiste en la elaboración de encuestas, las cuales usualmente se realizan en las estaciones de servicio donde se comercializan los combustibles. A partir de estos operativos de campo se puede relevar los recorridos medios anuales, con preguntas simples como: cada cuántos meses y cuántos kilómetros realiza los cambios de aceite del motor del vehículo. El consumo específico (kilómetros recorridos por litro de combustible), puede ser también consultado, pero no en todos los casos los conductores controlan dichos rendimientos. Al igual que en el caso anterior, las estimaciones de los consumos por medio de locomoción, una vez agregados deben coincidir con las ventas de combustibles que figuran en el balance energético.

Para otros medios de transporte carretero no particular (como ómnibus o flotas de camiones), se puede recurrir a las principales empresas del sector para solicitar datos de la flota, consumos y recorridos medios anuales y/o a las estadísticas propias del país que figuran en sus anuarios.

Para efectuar la prospectiva de la demanda de energía del transporte, a partir del abordaje aquí presentado, se deberá contar con la evolución del parque automotor (el cual usualmente se estima a partir de modelos econométricos, que vinculan la evolución del PBI/habitante y los habitantes por vehículo con el parque; ejemplo: la función *S-shaped* de Gompertz que vincula el parque con el PBI per cápita).

Luego de considerar la evolución del parque, se analiza la penetración de los diferentes tipos de motores que compiten dentro de cada medio de locomoción. Para ello se deberá analizar la posibilidad de penetración de motores a GLP, Gas natural, *flex-fuel*, eléctricos, etc., y ya sea con porcentajes de penetración específicos (a consecuencia de objetivos de política) o con la ayuda de modelos de sustituciones.

Por último, se deben efectuar hipótesis sobre la evolución de los kilómetros recorridos por tipo de vehículo. Para ello se consideran aspectos socioeconómicos (por ejemplo si se estima que habrá una modernización del parque automotor, es muy probable que aumente el recorrido medio) y/o los impactos que el desarrollo de medios de locomoción masivos (por ejemplo la expansión del metro, o el tren de cargas) pueden tener sobre los recorridos medios anuales, debido a la transferencias de pasajeros y/o toneladas de carga entre medios de locomoción.

A partir de tomar en consideración todas estas variables y su evolución, se puede utilizar un modelo analíticos que permita realizar la prospectiva de la demanda de energía de dicho sector.

#### V.4.6. Agropecuario

La configuración del sector Agropecuario a los fines de la prospectiva de sus consumos de energía, esto es la definición de los módulos homogéneos, debe tener en cuenta las regiones de diferentes características biogeográficas ya que estas determinan los tipos de cultivos más aptos, la productividad de los suelos y tecnologías aplicables, y en consecuencia inciden en los requerimientos de energía. Un segundo nivel de desagregación corresponde al tipo de cultivo o producto agropecuario. En este sentido, una desagregación puede ser:

- √ Agropecuario
  - Cultivos temporales
  - Cultivos permanentes
  - Ganado vacuno
  - Aves
  - Forestales
  - Resto de actividades agropecuarias

A su vez, según los niveles de producción de cada tipo de producto puede resultar conveniente desagregar aún más los subsectores, refiriéndose ya al cultivo o producto específico: soja, maíz, trigo, girasol, algodón, vacunos carne, vacunos leche, etc. O desagregar por tecnología de producción (siembra convencional y siembra directa), por tamaño de la explotación, si es producción comercial o de

subsistencia, etc.; que son factores que tienen incidencia en los requerimientos de energía. La desagregación finalmente adoptada dependerá del país y de los objetivos y alcances del estudio prospectivo.

Los diferentes usos de la energía en el Sector pueden agruparse en las siguientes categorías:

- √ Iluminación
- √ Tractores y maquinaria agrícola
- √ Maquinaria fija
- √ Riego y bombeo de agua
- √ Calor
- √ Frío de proceso

La principal variable explicativa de los consumos de energía del sector es la superficie cultivada para los cultivos y la cantidad de cabezas para los animales.

La principal fuente consumida en el sector normalmente es el Diesel, utilizado en tractores y las diferentes máquinas autopropulsadas para el desarrollo de las labores agrícolas. Ello hace que la aplicación de medidas de eficiencia energética y de sustitución entre fuentes energéticas resulte de alcance limitado.

#### **V.4.7. Otros sectores**

Comprenden las actividades de Pesca, Minería y Construcción. Estos sectores generalmente tienen menor peso en el consumo energético de los países, y muchas veces sus consumos de energía no están identificados en los balances energéticos. En caso que estos sectores tengan consumos energéticos de importancia y/o estén discriminados dichos consumos, se realizará su prospectiva en forma similar a los restantes sectores.

En Pesca puede ser necesario discriminar los subsectores de pesca artesanal y de pesca industrial. En el primer caso, la variable explicativa puede ser el parque de embarcaciones; y para la pesca industrial las toneladas de captura. Los usos de la energía pueden clasificarse en: Propulsión, Calor, Frío y Otros usos.

En Minería la desagregación en módulos homogéneos se realizará por tipo de mineral según los niveles de producción de cada tipo. La variable explicativa es la producción en toneladas de mineral. Los usos pueden clasificarse en maquinaria fija y maquinaria móvil.

El sector Construcción puede considerarse sin desagregar. No obstante, si se desea una prospectiva energética más detallada y se dispone de información para el año base puede desagregarse en los siguientes subsectores: Obras de arquitectura, Obras Vales, Obras de infraestructura y Plantas industriales. Las variables explicativas son la superficie construida, la longitud en caminos o el monto de la inversión según los casos. Los usos pueden clasificarse en: Iluminación, Maquinaria móvil, Maquinaria fija y Calor de proceso.

## **V.5. Planeamiento de las principales fuentes de energía**

### **V.5.1. Planificación del Sector Eléctrico**

La planificación eléctrica consiste en definir el rumbo del subsector eléctrico en tanto a obras necesarias de expansión, modificación de la matriz de recursos primarios, combinación de tecnologías, medidas de gestión de demanda de manera tal que se cumpla con una evolución satisfactoria en términos de prestación del servicio, robustez de la decisión frente a los escenarios posibles y costos mínimos pero atendiendo a las restricciones que se determinen como prioritarias, independientemente de que puedan ser valorizadas.

Se observa que la planificación eléctrica es central dentro de la planificación energética global, pues se encuentra sumamente entrelazada a los restantes eslabones de la cadena energética, en particular al sector de hidrocarburos, destacándose principalmente el gas natural. A esto se agrega que el sector eléctrico es el más complejo por la multiplicidad de insumos primarios plausibles de ser utilizados, su variabilidad, las diversas tecnologías y la necesaria inmediatez entre demanda y oferta sin posibilidad real de almacenaje.

Se señala que la conjunción de aspectos señalados dio origen (y hace casi imprescindible) a la utilización de modelos para simular el comportamiento y evolución de los posibles planes alternativos y evaluarlos en sus múltiples dimensiones. El modelado de un sistema energético provee importantes ventajas para dilucidar la planificación más adecuada pero encuentra limitaciones, a la hora de cuantificar todos los aspectos involucrados y por ende asegurar la conveniencia de una solución frente a otra. No obstante lo cual, el ejercicio de aislar soluciones específicas, valorizarlas (aunque parcialmente) y contrastarlas, es imprescindible para la toma

de decisiones enmarcadas en las consideraciones previamente realizadas. Las limitaciones mencionadas podrían manifestarse de manera más incidente en el caso del sistema eléctrico en función de la complejidad estructural de estos sistemas.

### Características principales del sistema eléctrico

Una de las definiciones más aceptadas de un Sistema Eléctrico es la del *Institute of Electrical and Electronics Engineer* (IEEE), la misma indica que: Se trata de una red formada por unidades generadoras eléctricas, cargas o consumos y líneas de transmisión de potencia, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red.

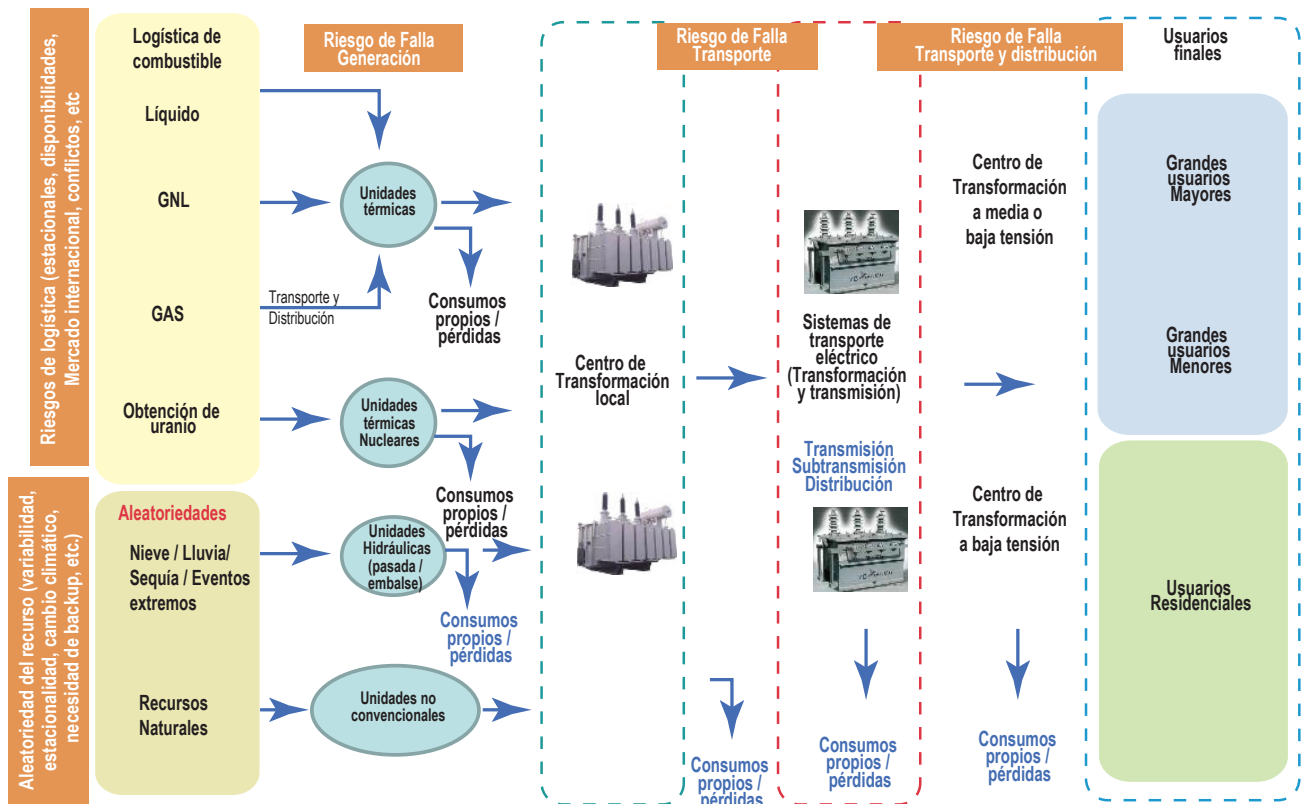
En la práctica, no es muy común que las centrales generadoras se puedan instalar en la vecindad de todos los consumos importantes. Este hecho obliga a construir uniones eléctricas más o menos importantes entre las centrales eléctricas y los centros de consumo, uniones que paulatinamente dan origen a redes más y más complicadas.

La forma más clara de diferenciar el sistema eléctrico es a través de la función que cumplen sus distintas etapas, ya que ella determina las cantidades de potencia y energía que deben entregar, y como consecuencia de ello, la tensión que conviene usar y las restricciones que se impondrán a su funcionamiento. Desde este punto de vista, se distinguen los siguientes elementos:

- Centrales Generadoras, en las que se transforma cierta energía (térmica, hidráulica, etc.) en energía eléctrica.
- Redes de Transmisión, que llevan la energía desde las centrales generadoras a la región en que están los consumos.
- Redes de Distribución, que alimentan directamente los consumos.
- Consumo

El esquema siguiente (ver Fig. V.3.) ilustra sobre los eslabones que conforman una red eléctrica tradicional. Asociados al tipo de generación también se observan potenciales riesgos de falla y diferentes niveles de consumos propios y pérdidas. Luego de la generación se encuentran la transmisión y la distribución, con sus propios riesgos, consumos propios y pérdidas asociados; y finalmente terminando la cadena, se encuentran los diferentes consumidores. Se observa, a su vez, que entre eslabones se ubican los necesarios centros de transformación que suben o bajan la tensión, a los niveles correspondientes. Se observa entonces la complejidad de su estructura, la que además presenta características funcionales, marcadamente diferentes con respecto a otras fuentes energéticas.

Figura V.3: La cadena de producción de electricidad



Fuente: Elaboración propia.

Una particularidad que se desprende en el caso de la electricidad es la de la necesidad de atender las fluctuaciones instantáneas, diarias y estacionales de la demanda, debiendo coordinar los períodos de mantenimiento de las máquinas, el orden de ingreso diario y la regulación fina de la cantidad de electricidad producida para igualar a la demanda. Este seguimiento instantáneo, coordinado y cronometrado exige necesariamente la existencia de una reserva de generación alistada para cubrir los inconvenientes.

Tanto el funcionamiento como la diagramación de la cadena eléctrica son fraccionados por la demanda. Esto es sumamente relevante, pues la electricidad es un energético secundario, que requiere de un centro de transformación eléctrico para producirse. La producción eléctrica basada en la utilización de máquinas térmicas convierte el calor en electricidad; particularidad termodinámica que acota el rendimiento por ser el calor una forma más degradada de energía, en las que el promedio mundial no supera el 40%. La implicancia directa es un fuerte derroche de energía en caso de utilizar la electricidad con fines térmicos, si es que la electricidad es de origen térmico. Las acciones de Gestión de Demanda en el caso de la electricidad se resumen en buscar como fin último atenuar la fluctuación horaria y estacional de la demanda; lo que implica importantes inversiones con baja utilización promedio anual, así como reducir niveles de consumos de energía y potencia. En casi todos los sistemas eléctricos del mundo existe una importante proporción de la potencia instalada (que ronda el 25-30%) que sólo es utilizada unas pocas horas del día, lo que se denomina hora de punta del sistema, que por lo general es una o dos horas luego del atardecer.

A la fluctuación propia de la demanda debe agregarse la variabilidad natural de algunos de los recursos primarios utilizados en la generación, que si bien según se menciona no ocupan un lugar muy relevante a nivel mundial, son en algunos sistemas eléctricos fundamentales y/o mayoritarios. Tal es el caso de gran parte de los países de Sudamérica, en los que la hidrogenaría participa de manera muy relevante en la matriz eléctrica. Esta presentación simplificada de del sector eléctrico y sus características permite identificar claramente que la planificación encuentra dos instancias bien diferenciadas:

- 1) *la que respecta a la operación del parque existente con la restricción implícita de satisfacer instantáneamente la demanda (instancia denominada despacho de cargas) y haciéndolo del modo económicamente más conveniente o a mínimo costo, aunque parece excesivo suponer que todos los costos son cuantificables y valorizables; y*
- 2) *la asociada con la expansión del sistema generador pensando en el crecimiento futuro de la demanda, en su modificación a futuro (espontánea o inducida), en la dotación de recursos primarios así como en el rumbo de política energética como un todo. Esta segunda problemática tiene un horizonte claramente distinto, ya que las decisiones involucradas difícilmente implican plazos menores los 2 o 3 años, para las obras más sencillas y alcanzan en muchos casos los 8-10 años para las obras de mayor envergadura o complejidad, caso hidroeléctricas o nucleares. Desde ya, la expansión, también tiene asociada la problemática de la valorización de los recursos o determinación de costos.*

La generación de electricidad, así como en menor escala su transmisión y distribución, no escapan al análisis de industria contaminante que puede provocar efectos nocivos tanto sobre el ecosistema donde actúan, como a nivel global, generando emisiones de GEI (gases de efecto invernadero). Los costos de mitigación de los impactos ambientales (locales y globales), incrementarán los costos de inversión y operación de los proyectos. A su vez, y como el resto de los sectores de la economía, el sector eléctrico es vulnerable al Cambio Climático. Los escenarios climáticos alertan sobre estas cuestiones, y deben ser estudiados para ser considerados en el planeamiento sectorial, incluyéndolos entre los escenarios de disponibilidad de recursos.

Bajo estas premisas y con las características y particularidades detalladas, se presentan a continuación los lineamientos más relevantes asociados al planeamiento sectorial.

### **Objetivos y lineamientos del planeamiento electro-energético**

La expansión de un sistema eléctrico y la selección de inversiones, exige de importantes esfuerzos en cualquier país, exista o no un plan nacional, o sectorial. Es evidente que si no existe un plan nacional de desarrollo resulta difícil elaborar un plan energético. También es complejo sin un plan energético, elaborar un plan para el sector eléctrico. Ello es así, debido a la falta de información, y en consecuencia al riesgo de cometer grandes errores y descoordinaciones.

La importancia de conectar el planeamiento eléctrico con el energético se basa en: la no duplicación de esfuerzos, la consistencia de los supuestos de importantes variables independientes, y para la mejor comprensión de las hipótesis de crecimiento y desarrollo. La problemática del financiamiento y la utilización de los recursos, también son aspectos comunes entre el planeamiento de la energía y el de la electricidad. Cualquier país debe coordinar los requerimientos de fondos de las diferentes áreas de la economía. La disponibilidad de hidrocarburos para generación de electricidad, y/o los usos del agua que compiten con la generación de electricidad, son aspectos relevantes para coordinar. **Fundación Bariloche** (2006).



Históricamente, se ha asociado el concepto de “óptimo” a la eficiencia económica, y el proceso de planeamiento eléctrico se redujo a la obtención de la alternativa de abastecimiento de mínimo costo. Sin embargo, la planificación socioeconómica y la energética en particular pueden tener objetivos adicionales a la eficiencia económica, tales como evitar la excesiva dependencia de recursos externos, controlar el impacto sobre la balanza de pagos, garantizar el nivel de empleo, no degradar el medio ambiente, etc. Estas consideraciones convierten al problema en una temática de resolución obligadamente multiobjetivo, en la que deben conseguirse ponderadores socialmente acordados para valorizar cada una de las temáticas. De allí que exista una imposibilidad conceptual de optimizar una función de varias variables al no existir una ponderación unívoca de las mismas.

La modelización de un sistema eléctrico implica, necesariamente la consideración con cierto grado de detalle de aquellos aspectos que tienen mayor relevancia en la selección del equipamiento y la realización de supuestos simplificadores respecto de los restantes, considerando los factores que pueden llegar a afectar la operación del sistema, y que a su vez le otorgan complejidad. Es importante destacar, que no existe una “receta” para determinar qué aspectos son fundamentales y cuáles secundarios. Esto depende esencialmente del sistema que se está estudiando (grado de integración del sistema, distancias entre los centros de consumo, grado de aprovechamiento del potencial hidroeléctrico, existencia de una estación hidrológica seca, etc.).

En general se observa que hay factores que afectan **las condiciones de operación de un sistema son:**

- √ *Variaciones de la curva de carga.*
- √ *Cambios en los precios de los combustibles.*
- √ *Entrada en servicio de nuevas unidades de generación.*
- √ *Nuevas instalaciones en la red de transporte.*
- √ *Fallas / Salidas de servicio de generadores o transporte.*

**Y que la complejidad del análisis depende entre otros factores de:**

- √ *La aleatoriedad de la demanda, hidraulicidad, indisponibilidades, etc.*
- √ *La calidad de servicio pretendida.*
- √ *Restricciones de operación de la generación hidroeléctrica.*
- √ *Restricciones operativas del sistema de transmisión.*
- √ *Costos de transporte.*
- √ *Disponibilidad de combustibles.*

Esta situación hace necesaria la utilización combinada de modelos de simulación y de optimización como herramientas que colaboren en la determinación de los proyectos<sup>69</sup>, y su programación en el período de planeación.

Aun con estas consideraciones, es importante destacar que **cualquiera sea el modelo matemático elegido, el mismo debería ser la representación conceptual de un proceso o un sistema, que permita mediante diferentes hipótesis analizar la naturaleza, comprender su funcionamiento y plantear explicaciones de los resultados obtenidos en el marco de los objetivos generales propuestos.** En el caso de un sistema eléctrico, cualquiera sea el modelo de planeamiento elegido, en general se presenta un proceso de análisis (de un período lo suficientemente amplio como para tener en cuenta el desarrollo futuro del sistema), que incluye varias etapas, entre las que merecen especial mención:

- √ *El conocimiento de la situación de partida del sector (balance y configuración <sup>70</sup> del sistema eléctrico);*
- √ *Las previsiones de la demanda a nivel global, y sectorial (basadas en las monótonas estacionales o anuales) para cada sistema, e hipótesis de evolución de pérdidas y de manejo de demanda;*

69 Se optimiza el parque de generación que satisface el mercado de demanda al mínimo costo y que cumple con los criterios de confiabilidad, reserva y seguridad del sistema eléctrico.

70 Aunque no siempre es posible modelar una situación espacial aceptable, que se podría obtener planteando la representación de cada una de las regiones y considerando los flujos de intercambio de potencia y energía entre dichas regiones.

- √ *Las prospectivas de la oferta (diferentes planes de expansión<sup>71</sup>), incluyendo Servicio Público (Aislado e Interconectado) y Autoproducción, considerando: aleatoriedades, restricciones/disponibilidades, situación de combustibles, localización y oportunidad de ingresos/retiros temporales;*
- √ *Las hipótesis de intercambios de potencia y energía entre regiones;*
- √ *Hipótesis y necesidades de reserva;*
- √ *Evaluación económica, mediante análisis de costos (de inversión y gastos de operación y mantenimiento); y*
- √ *Prospectiva de las inversiones necesarias y financiamiento.*

Es importante destacar que este proceso implica la realización de análisis para horizontes de mediano y largo plazo para poder planificar la operación del sistema eléctrico. Como primer paso, suele utilizarse, por lo tanto una metodología determinística, cubriendo el balance eléctrico del sistema, mínimamente con alternativas de máxima y mínima. Adicionalmente, se realizan despachos para verificar si se cumplen los objetivos de calidad de servicio, u otros como por ejemplo: niveles de indisponibilidad, niveles de importación, etc. También se realizan para evaluar el desempeño operativo, para ver como el sistema hace frente a las condiciones resultantes de las indisponibilidades así como ante los escenarios posibles que adopten las variables u objetivos impuestos por el planificador.

En la Figura V.4 se ilustran las etapas mencionadas.

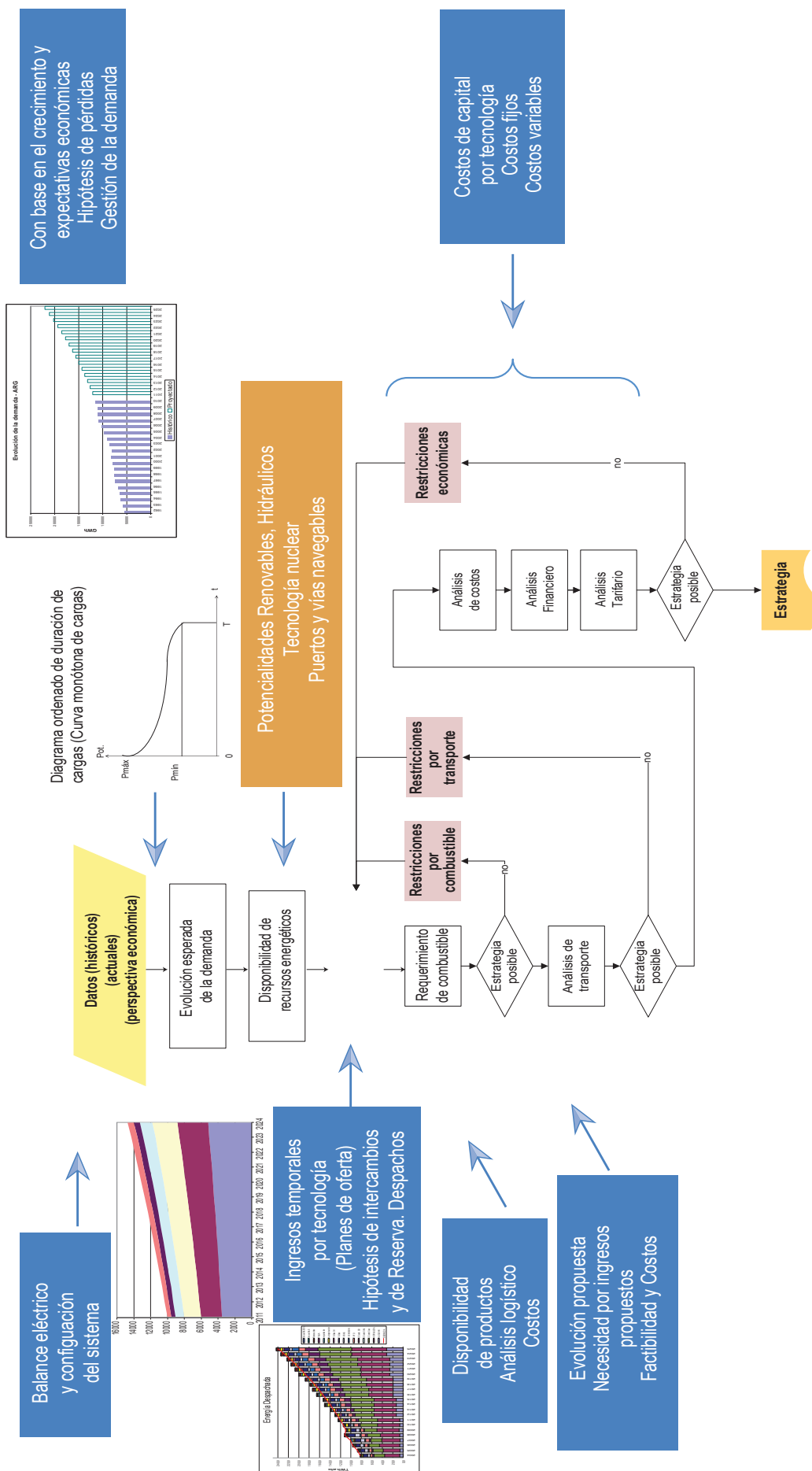
Como resultado del proceso de planeamiento mencionado, se obtendría una solución aceptada con los siguientes resultados:

- i) La definición de la conveniencia de nuevas centrales, la oportunidad de su entrada en servicio, el nivel de equipamiento y su evolución durante el período de análisis. En el caso de las centrales de bombeo, define también la energía de punta generada por las mismas.
- ii) Definición de la necesidad de nuevas centrales térmicas y su localización la oportunidad de su instalación, el nivel de potencia instalada más conveniente y la generación anual.
- iii) Definición de la forma de utilización de las centrales existentes, tanto térmicas como hidráulicas y la conveniencia de sustituir equipos existentes (programa de retiros).
- iv) Definición de la conveniencia de interconexiones entre sistemas y los niveles de potencia y de energía entre regiones (en los modelos en los que aplique).
- v) Análisis de sensibilidad, dentro de qué margen de variación de los costos no se altera la solución óptima obtenida.
- vi) Costos de potencia y energía para cada región; y otros

---

71 Catálogo de proyectos candidatos, definidos según estudios de identificación, evaluación y factibilidad de proyectos, con información de costos de construcción y operación (fuentes nacionales e internacionales).

Figura V.4: Esquema General de Planeamiento Eléctrico



Fuente: Elaboración propia en base a Fundación Bariloche, 2006, op. cit .

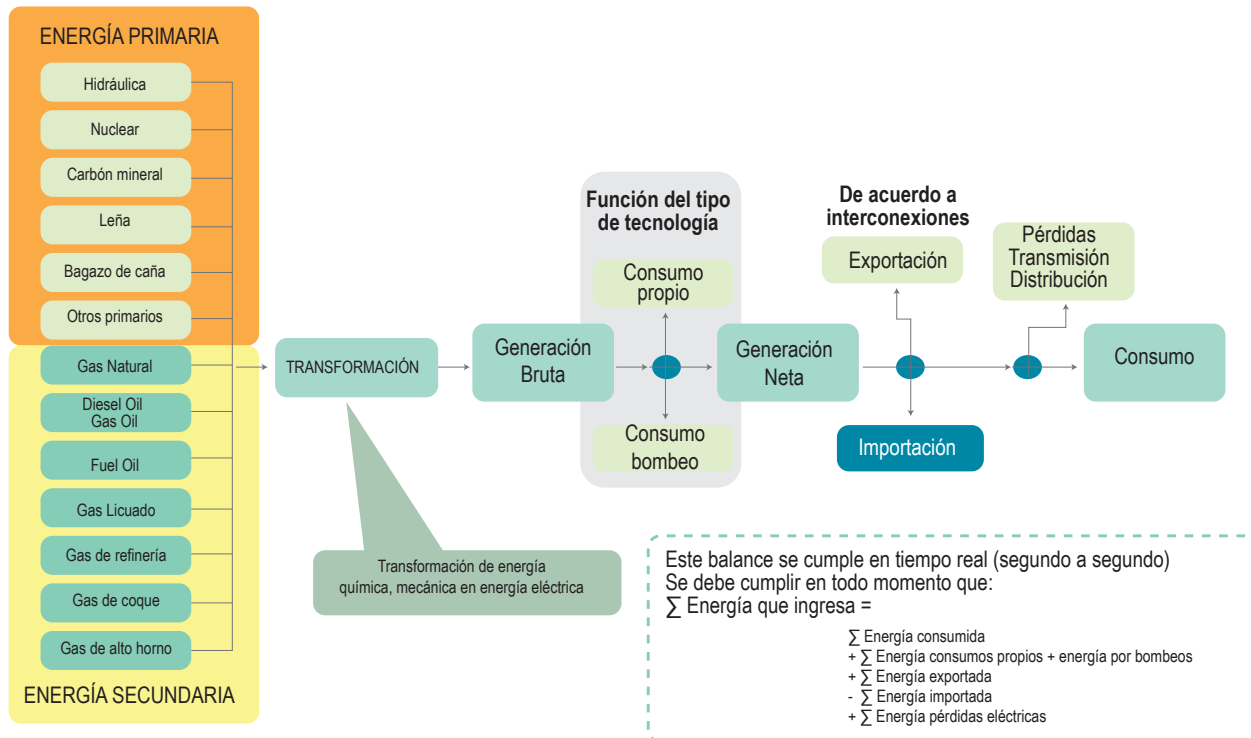
### El punto de partida: el balance eléctrico

Conforme se ha mencionado, es relevante para el planificador, el conocimiento de la situación del sector a partir del balance eléctrico correspondiente al año base del estudio.

Por otra parte, según el uso que se le otorgue al balance, se puede registrar datos instantáneos, valores anuales, o períodos más largos.

En el siguiente esquema se observan las diferentes componentes de un sistema eléctrico simplificado en el que se han incluido los flujos de energía desde las energías primarias y secundarias utilizadas para la generación eléctrica, hasta el consumo.

Figura V.5: El balance eléctrico



Fuente: Elaboración propia.

El balance eléctrico propiamente dicho, se inicia a partir de la generación bruta; para producirla se requiere una porción de energía eléctrica que oscila entre un 0,5% y 3% de la energía generada bruta (según la tecnología de generación), y que se denomina consumo propio. Si a la generación bruta se le resta el consumo propio (menos el consumo por bombeo), se obtiene la generación neta, que se toma con signo positivo en el balance. En los intercambios como transacciones de compra-venta (importación-exportación) de energía del sistema a otros sistemas (regionales, nacionales, o auto productores) se deben considerar los signos, y obtener un saldo. Si predominan las compras, el resultado neto es positivo. Si a la generación neta se le suma (o resta) el saldo de intercambios, se obtiene la energía enviada a la red. Si a la energía enviada a la red se le restan las ventas (o consumos, o facturación), se obtienen las pérdidas en transmisión y distribución (en total varían aproximadamente entre el 7% y el 24% de la generación bruta). Los formatos y nivel de detalle de un balance eléctrico pueden diferir de un país a otro en dependencia de la complejidad del sistema.

Un ejercicio de planeamiento sencillo considera la realización de un balance eléctrico, por año proyectado incluyendo las diferentes hipótesis propuestas.

## Un ejemplo de Balance Eléctrico

En el cuadro siguiente se presenta un el Balance de Energía Eléctrica, el correspondiente al Total de Argentina (Mercado Mayorista) al año 2003. Sors (2003). Representa un ejemplo acabado de los flujos de energía que componen el sistema nacional, así como y los subsistemas que lo conforman. Obsérvese de izquierda a derecha que la oferta eléctrica proviene del Servicio Público y de la Autoproducción. El Servicio Público se abastece del Sistema Argentino de Interconexión, el que a su vez estaba conformado en ese momento por el Mercado Eléctrico Mayorista y el Mercado Eléctrico Patagónico (que luego se integraron definitivamente). Si se analiza en particular el MEM, se observa que la oferta del mismo estaba conformada por la generación Despachada por Cammesa<sup>72</sup>, la No Despachada por Cammesa (generadores que vendían a Cammesa), la generación de la central Termo Andes, la energía recibida de los auto productores y la Importación. Por otro lado se extraía del MEM, energía para: Exportación, para el MEMSP, y para Bombeo. En este caso la diferencia entre la oferta del MEM, y la Demanda Neta del MEM se encuentran las pérdidas a nivel de transmisión y subtransmisión. Para alcanzar el nivel de consumo final, restaría aún deducir las pérdidas por distribución.

<b>Servicio Público</b>	<b>SADI</b>	<b>MEM</b>	Generación Despachada por CAMESA	74.366				
			Generación No Despachada por CAMESA	609				
			Generación TermoAndes	1.903				
			Recibido de Autoproducción	184				
			Importación	7.578				
			Exportación	-2.543				
			Enviado a MEMSP	-58	Pérdidas Transmisión Distros	1.791		
			Bombeo	-47	Pérdidas A.Tensión (Modeladas)	1.847		
			<b>Subtotal</b>	<b>81.992</b>	<b>Demanda Neta MEM</b>	<b>78.355</b>		
		<b>Autoproducción</b>	<b>Aislado</b>	<b>MEMSP</b>	Generación Despachada por CAMESA	4.213		
					Recibido de MEM	58		
					Recibido de Autoproducción	430	Pérdidas A.Tensión (Modeladas)	195
	<b>Subtotal</b>			<b>4.701</b>	<b>Demanda Neta MEMSP</b>	<b>4.506</b>		
	Generación			670				
	Recibido de Autoproducción			104				
	<b>Subtotal</b>	<b>774</b>	<b>Demanda Neta Aislada</b>	<b>751</b>				
	<b>Total</b>	<b>87.467</b>		<b>79.857</b>				
		Generación	8.136					
		Aporte a MEM	-184					
		Aporte a MEMSP	-430					
		Aporte a Sistemas Aislados	-104	<b>Demanda Autop.F/Sistema MEMSP</b>	<b>1.837</b>			
		<b>Subtotal</b>	<b>7.417</b>	<b>Resto Demanda Autoproducción</b>	<b>5.358</b>			
<b>Total</b>			<b>94.885</b>		<b>87.052</b>			

Ref.:(1) La generación indicada es neta de uso propio

### **Demanda de electricidad**

#### **Características de la demanda**

En general las empresas de distribución hacen estudios detallados (a nivel horario por estación transformadora, nivel de tensión, etc.), de la demanda eléctrica de su área para elaborar los cuadros tarifarios y anticipar inversiones. Estos consumos sectoriales al sumarse, permiten determinar la energía facturada total por tipo de usuario, y la responsabilidad de cada usuario en la curva de carga total (sobre todo en el pico de la demanda). Estas estimaciones son posibles con la ayuda de algunos indicadores que permiten caracterizar las demandas eléctricas. Las diversas técnicas que se utilizan para estimar la demanda sectorial han sido presentadas en el punto V.3.

En primer término se encuentra el **factor de demanda** que mide la relación entre el máximo consumo de un usuario en cierto intervalo de tiempo y su capacidad total conectada al servicio público. Este indicador es de gran importancia en la determinación de potencia de subestaciones, conductores secundarios, fijación de tarifas, etc.

72 Compañía Administradora del Mercado Eléctrico SA (Argentina).

Ciertos usuarios pueden poseer factores de demanda del orden del 60 al 80%, como es el caso de usuarios residenciales de medios ingresos, mientras que los de bajos ingresos pueden superarlos y ser menores los de altos ingresos. Por otra parte las variaciones climáticas, la variación de la iluminación natural, eventos aislados tanto diarios como estacionales, tienen gran influencia sobre factores de demanda de locales comerciales. Un ejemplo de bajo factor de demanda lo constituyen locales de espectáculos públicos con gran cantidad de proyectores de iluminación que prácticamente no se usan en forma simultánea.

Otro indicador de caracterización de la demanda, es el que representa la **diversidad**. En efecto, como no todos los cargos de los diferentes usuarios se presentan en forma simultánea, la carga total en cada instante será menor a la suma de las capacidades individuales afectadas por el factor de demanda. El **factor de diversidad** es la relación entre la carga máxima simultánea y la suma de las demandas máximas correspondientes al conjunto de usuarios considerado.

En el proceso de planificación el estudio de la demanda pasa por dos grandes etapas: la Determinación de las cargas iniciales, y la Proyección de las cargas.

### **Determinación de las cargas iniciales**

Para cumplir esta etapa, se parte de la determinación de la demanda de energía a nivel de cada categoría de usuario (residencial, comercial, industrial, etc.). Si es posible, es importante relacionar la base de datos de facturación con la base de datos de los elementos de la red de distribución (líneas, Centros de Transformación CT, etc.)<sup>73</sup>

A estas demandas de energía facturada se le suman las pérdidas en baja tensión. Estas pérdidas se pueden dividir en: Pérdidas técnicas: básicamente debida a las pérdidas calóricas por efecto Joule en la red, y Pérdidas no técnicas: debidas al robo de energía. Afectando las demandas de energía facturada por los factores de pérdida, se obtienen las demandas de energía a nivel de cada sector. OLADE (1990).

De la base de datos de facturación se puede obtener también el número de usuarios para cada categoría de usuarios y calcular el consumo medio por usuario. A partir de las demandas de energía se obtienen las demandas de potencia de cada categoría de usuario mediante los factores de carga y, finalmente, se obtiene la demanda total, aplicando los factores de diversidad entre las distintas categorías de usuario.

La utilización de los factores de carga y de diversidad por cada categoría de usuario se puede reemplazar por la determinación de las curvas de carga típicas. Tanto la determinación de los factores como de las curvas de carga requieren de la realización de campañas de medición en distintos puntos de la red como, barras de Centros de Transformación, acometida a grandes usuarios en media y baja tensión y pequeños usuarios en baja tensión. Con las curvas de carga típica por tipo de usuario, el número de usuarios por categoría se pueden determinar los consumos totales horarios del año, y con ello la monótona de cargas anual del sistema eléctrico estudiado, que es la principal herramienta para el planeamiento de la oferta.

### **Proyección de las cargas**

La Proyección de la Demanda de Electricidad depende, en forma simplificada, de los siguientes factores: del desarrollo económico, de los cambios tecnológicos, del crecimiento demográfico, de la incorporación de nuevos usuarios (electro-intensivos), y del crecimiento vertical y horizontal (espacial) de la demanda eléctrica.

Al proyectar las cargas hacia el futuro se deben tener en cuenta dos aspectos del crecimiento de la demanda:

- i) **El crecimiento de la demanda dentro de la zona electrificada.** Este se debe al crecimiento del número de usuarios en los espacios no cubiertos (crecimiento intersticial) y al crecimiento del consumo promedio por usuario.
- ii) **La expansión de la zona electrificada** por la aparición de nuevas zonas residenciales o a la radicación de nuevas industrias.

Los criterios para la proyección de la demanda de energía dentro de la zona electrificada dependerán de la categoría de usuario:

- ✓ **Pequeñas demandas en baja tensión:** se proyectará el número de usuarios y el consumo medio por usuario.
- ✓ **Medianas demandas con contratación de potencia:** se proyectará el número de usuarios, la potencia contratada promedio por usuario y el factor de utilización promedio. Siendo este factor, la relación entre la potencia demandada y la potencia contratada.
- ✓ **Grandes demandas:** para los grandes usuarios es conveniente la proyección de la potencia contratada y del factor de utilización para cada uno de ellos.

73 En realidad esta comparación es importante para la planificación detallada de la distribución o para hacer revisiones tarifarias.



Proyectando los factores de pérdida y los factores de carga y diversidad o curvas de carga por categoría de usuario obtendrán las demandas de potencia para cada año proyectado.

Para el tratamiento de expansión de la zona electrificada se partirá de uno o varios proyectos específicos de carácter residencial o industrial.

Para la proyección de la demanda se pueden utilizar diferentes Modelos como se mencionó en el punto V.3. Resumidamente ellos pueden clasificarse en los siguientes: Modelos de corto plazo: normalmente dependientes del día de la semana, de la demanda de días anteriores, temperatura (Modelos econométricos y redes neuronales). Las proyecciones de corto plazo, son usadas para la programación de la operación diaria. Modelos de largo plazo: tendenciales o analíticos por sector (residencial, industrial, comercial, etc.) y requieren la proyección de PBI, población, electrificación, nivel de ingresos, precio de la electricidad, etc. Las proyecciones de largo plazo son usadas para la elección de equipamiento. Pueden utilizarse modelos econométricos con pronósticos de variables explicativas. Pueden incluir precios entre ellas.

Con estos modelos se obtienen las proyecciones totales (o sectorial) de la demanda de energía anual. Con el factor de carga del año base, al que se le aplican hipótesis de variación futura, se puede determinar la demanda Máxima de Potencia proyectada. Luego se incorporan hipótesis de evolución de las pérdidas e incorporación de medidas de eficiencia y/o de manejo de demanda.

### **Eficiencia y gestión de la demanda**

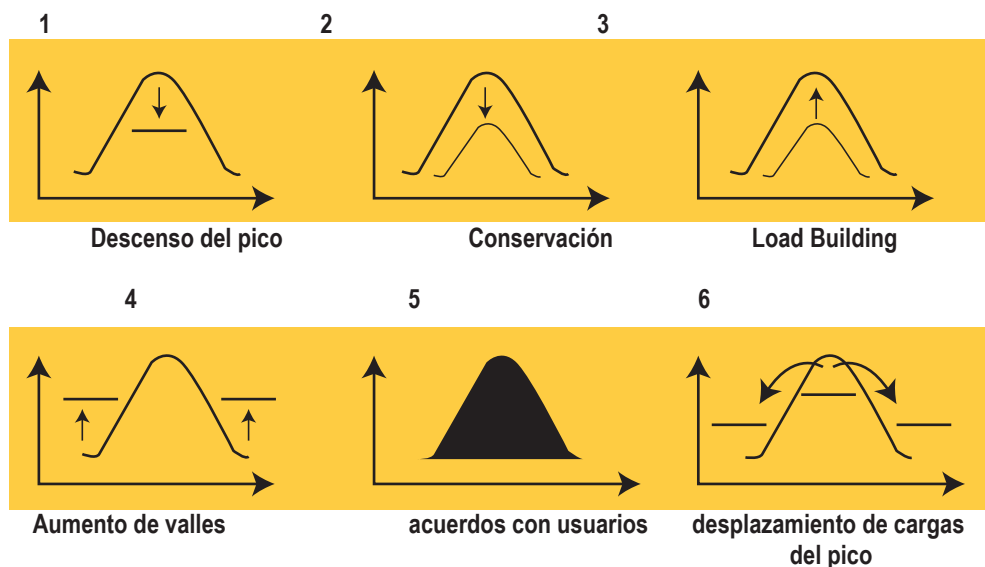
Dentro de las hipótesis de evolución futura de la demanda, pueden encontrarse las acciones destinadas a la reducción del consumo. Dos grandes grupos las conforman (ver la Figura V.6) manejo de la carga, es decir disminuir o redistribuir picos de consumos diarios o estacionales (1,3, 4 y 5); y la eficiencia energética (2), o sea la reducción del consumo de electricidad en forma permanente.

Para poder desarrollar acciones de control o gestión de la demanda, es necesario conocer a fondo las modalidades de consumo horario en lo que hace al nivel y estructura del consumo por usos. La realización de encuestas piloto que incluyan la recopilación de hábitos de consumo y posesión de electrodomésticos complementada con mediciones de consumos horarios, permiten obtener las curvas de carga desagregadas por usos o artefacto.

De esta forma se puede establecer en dónde conviene centrar los esfuerzos de ahorro, y entre otras, qué políticas tarifarias se deben implementar, considerando que: la curva de demanda horaria depende de los precios Vigentes (y su relación con los ingresos de los usuarios), las señales de precios permiten orientar la demanda de mejor manera, y las políticas de precios se utilizan para optimizar las condiciones de abastecimiento.

En general, los mecanismos de control o manejo de la demanda pueden clasificarse en tres grupos principales: los basados en tiempo (señales de precios por uso horario 1, 4, 6); los basados en incentivos y cortes (se corta el suministro total o de un uso, y recibe alguna compensación), y en programas de confiabilidad, en los que usuarios aceptan transformarse en “reservas” del sistema como por ej. “Cargas Interrumpibles” (5). Las tarifas, los incentivos, o la intervención directa, son los instrumentos que facilitan esos mecanismos.

**Figura V.6: Esquemas de manejo de la demanda**



## Referencias

1. Descenso del pico: la reducción de la carga en el período de máxima demanda
2. Conservación: la reducción de las cargas, en las horas del día
3. Crecimiento Estratégico: Crecimiento de las cargas en el día. Puede estar impulsado por: Desarrollo económico, Electrificación, Incorporación de sistemas de calefacción eléctrica, etc.
4. Aumento del consumo en los valles: la mejora del factor de carga del sistema mediante la incorporación de carga en los períodos de baja demanda:
5. Acuerdos con usuarios: se refiere a los programas para alterar el consumo de energía de los clientes. Pueden ser cargas flexibles y/o interrumpibles (demanda interrumpible)
6. Desplazamiento de cargas del pico: Desplazamiento de la carga general que no altera sustancialmente las ventas totales de electricidad. Puede ser a partir del control del Aire acondicionado, Irrigación diferida, etc.

Fuente: Puga, Nicolás, 1994. Introducción a la Administración de la Demanda. Planificación Integral de Recursos y Administración de la Carga. Taller Ejecutivo. Buenos Aires, Argentina 6-8 de Junio, 1994.

Con respecto al ahorro de energía eléctrica en forma permanente por el uso de equipamiento e instalaciones de alta tecnología, como ejemplos pueden mencionarse: el uso de iluminación eficiente, sistemas de climatización automáticos, variadores de velocidad de motores, uso de aislamiento y sistemas constructivos que reducen las pérdidas de energía

Finalmente el planificador que proponga la implementación de medidas de eficiencia, debe saber que existen importantes barreras para su concreción, entre ellas merecen especial mención: la falta de decisión política, la falta de legislación adecuada para incentivarlas, la falta de conocimiento y conciencia sobre el problema por parte de la sociedad, y la existencia esquemas de subsidios perversos para la sustentabilidad del sistema eléctrico.

Las medidas de eficiencia y gestión de la demanda son imprescindibles desde el punto de vista del planificador ya que no es tarea del mismo correr detrás de la demanda, equipando todo lo que está requiriendo sino garantizar el abastecimiento, tanto con acciones desde la oferta como también con señales hacia la demanda. La única forma de evaluar la profundidad de una medida de manejo de demanda es verificar sus implicancias en la expansión futura del sistema.

## **Oferta de electricidad**

### **Corto y largo plazo**

Los elementos que atañen al análisis de la oferta desde la óptica del planificador, vinculan temáticas que requieren diferente abordaje temporal. El planificador debe conocer y manejar elementos de despacho, esto es, de coordinación y ordenamiento para la producción instantánea de electricidad. Si bien la problemática de despacho es compleja por la cantidad de restricciones simultáneas que atender, desde la óptica del planificador puede encararse de un modo simplificado, usando valores medios y aproximaciones que no son admisibles a la hora de coordinar la operación en tiempo real del sistema. En la visión de largo plazo, estas simplificaciones sobre la operación se compensan y los promedios representan la aptitud de un determinado plan de expansión. Es así que puede compararse un plan con otro, para no sólo evaluar que cada uno de ellos cumpla con los requisitos necesarios para ser un plan admisible, sino para poder también elaborar sus "indicadores de desempeño" y compararlos.

Por ello, la planificación eléctrica combina consideraciones sobre variables que son de corto plazo o de operación, como el margen de reserva necesario del sistema, la disponibilidad de los combustibles, el cubrimiento de la demanda según el momento del tiempo, hora, semana o mes (en función del detalle de la información y el alcance de la evaluación), así como las diferentes propuestas de expansión, las que son cuestiones eminentemente de largo plazo. Aquí se asume que el concepto de largo plazo tiene que ver con la posibilidad de lograr un cambio estructural en las variables de estado relevantes, es decir, aquellas variables sobre las que el planificador puede decidir en su propuesta de escenario a futuro. Así, la evolución del parque generador que cumpla con los requisitos operativos establecidos puede afectar la estructura de generación presente, puede cambiar la dependencia de recursos primarios utilizados, puede disminuir la variabilidad intrínseca de la generación, puede modificar el impacto ambiental de la generación y puede determinar la estructura de costos.

Existen diversos modelos de planificación eléctrica que tienen en cuenta estas cuestiones temporales y este enfoque, aunque no todos incluyen el tratamiento del sector eléctrico como una pieza integrante del sistema energético, algunos lo tratan en forma aislada, con el sesgo que esto implica. Adicionalmente, existen otros modelos para auxiliar en el proceso de planificación eléctrica que se basan en la optimización de una única función de mérito económico, generalmente la minimización del costo total. Esto implica asumir la posibilidad metodológica de cuantificar y valorizar todos los aspectos. Se retoma este tema en el apartado de herramientas para planificación eléctrica.

### **Margen de reserva**

La definición del Margen de Reserva, es relevante para el planificador, es el adicional de potencia instalada<sup>74</sup> por sobre la máxima demanda anual de potencia prevista. Esta máxima demanda anual por lo general se da en una única hora en el año y va creciendo con los años en general, en función del crecimiento económico.

La necesidad de contar con un margen de reserva radica en las distintas incertidumbres a la que se enfrenta un sistema eléctrico, desde la imposibilidad de predecir con exactitud la demanda, pasando por la variabilidad (o indisponibilidad) de algunos recursos necesarios para la generación, hasta la indisponibilidad prevista (o no) de algunas unidades, impactos desfavorable de eventos climáticos (tornados, lluvias torrenciales, etc.), etc.<sup>75</sup>.

Los parques de generación principalmente térmicos afrontan la incertidumbre asociada a los desperfectos no planificados, los que en general, pueden minimizarse con un mantenimiento preventivo y programado. Cada unidad generadora tiene asociada una probabilidad de falla, directamente proporcional a su antigüedad y con alguna correlación según el tipo de tecnología. A partir de esta probabilidad de falla puede estimarse una reserva apropiada. Sin embargo, más allá de estos datos más exactos (que muchas veces son requeridos por los modelos de planificación) es muy común utilizar como criterio, contar con un determinado porcentaje de reserva según algún parámetro histórico o contar con una reserva que al menos supere la potencia de la máquina de mayor tamaño en el sistema.

Cuando el parque de generación es hidrotérmico, con una componente hidroeléctrica importante, el margen de reserva está más fuertemente vinculado a la variabilidad hidráulica en sí misma que a las fallas inesperadas que puedan tener las unidades generadoras. Esta particularidad se ve acentuada en sistemas en que las centrales hidroeléctricas no cuentan con capacidad de almacenamiento o regulación, lo que hace más vulnerable al sistema eléctrico. Los márgenes de reserva de los sistemas con una participación importante hidroeléctrica deben considerar la energía y potencia garantizadas (o firmes) hidroeléctricas que ofrecen las centrales. Esto es con una probabilidad de ocurrencia del 95% del tiempo. O sea adoptando un criterio de máxima seguridad de abastecimiento.

Con estas consideraciones se concluye que.

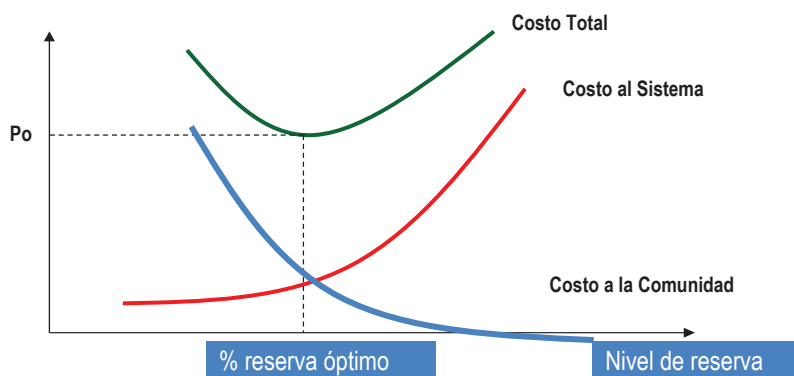
- El valor del margen de reserva no es autónomo ni depende solamente de características técnicas sino que es función de un conjunto de factores, algunos propios del sector eléctrico y otros ajenos a él.
- En términos generales puede decirse que este margen definirá la calidad de servicio, al menos a nivel de generación.
- Si el margen es elevado, teniendo en cuenta los altos costos del equipamiento, también serán altos los costos de la empresa que presta el servicio y por consiguiente sus precios.
- En cambio, si es bajo, incidirá sobre la comunidad con un mayor costo que ocasionan los servicios no prestados o prestados deficientemente.

En la Figura V.7., se muestra gráficamente lo expresado con respecto a las variaciones de estos dos costos. Como puede observarse existe un valor de mínimo costo total de prestación, en el cual se igualan el costo para el sistema eléctrico y el costo para la comunidad. Sin embargo, este supuesto equilibrio es eminentemente un desarrollo teórico conceptual. La evaluación cuantitativa del costo a la comunidad de la carencia del servicio eléctrico es difícilmente calculable, lo que hace que el costo de oportunidad de la electricidad no esté claramente definido. Sin embargo se entiende que es deseable aproximar este equilibrio para no sobre-equipar el sistema ni tampoco afrontar altos racionamientos. Una primera aproximación razonable consiste en utilizar como costo de racionamiento el precio establecido por la entidad de despacho para la energía no suministrada.

74 Si la potencia instalada es muy antigua o está deteriorada, deberá considerarse para la estimación de la reserva, la potencia efectiva, o sea la que efectivamente puede entregar el sistema.

75 El equipamiento que deberá ser capaz de afrontar la demanda, no siempre estará disponible por: i) indisponibilidades forzadas, ii) indisponibilidades programadas, iii) eventuales problemas hidráulicos, etc.

Figura V.7: Costos y Margen de reserva



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para cubrir el amplio espectro de posibles incertidumbres/indisponibilidades, de ser posible, se deben considerar diferentes tipos de reservas. Por ejemplo si se consideran los plazos de tiempo requeridos para cubrir las indisponibilidades, la Reserva podría clasificarse en:

- √ Reserva momentánea, o rotante
  - Hasta 10 minutos. Puede ser cubierta por equipamientos que estén trabajando (rotando) con potencias por debajo de la efectiva (térmicos o hidroeléctricos)
- √ Reserva de corto tiempo o Caliente (respuesta rápida)
  - 1-5 min. tiempo medio de acceso a la reserva de corto tiempo. Idem anterior, incluyendo TG, CC (ciclo TG) e hidroeléctricas de embalse.
- √ Reserva de largo tiempo o Fría (respuesta lenta)
  - 0,5-8 h: tiempo medio de acceso a la reserva de largo tiempo. Puede ser cubierta por equipamiento apagado del tipo TV
- √ Reserva por confiabilidad (respuesta muy lenta)
  - 30-60 h tiempo medio de reparación. Puede ser cubierta por equipamiento apagado del tipo TV, Nuclear, Hidro de Embalse.

Adicionalmente, algunos criterios prácticos para que el planificador pueda estimar rápidamente el Margen de Reserva de un sistema eléctrico, pueden ser los siguientes:

1. 20 % de la demanda máxima de potencia;
2. 10% de la potencia (instalada) efectiva térmica+20% de la potencia Hidráulica;
3. El módulo mayor del equipamiento instalado; y
4. 40% de la potencia instalada (o garantida) hidroeléctrica

### Reserva necesaria para permitir el acceso de generación eólica

A esta reserva también se la conoce como Backup eólico, y se trata de un tema puramente operativo, aunque de impacto en la definición del equipamiento futuro (de respaldo).

El recurso (viento en este caso) aunque sea abundante, no es constante. Por lo tanto si varía el viento, varía la generación eólica (recordar que varía con el cubo de la velocidad del viento y también con la densidad). Esas variaciones de potencia instantánea deben ser absorbidas por el resto del parque generador (teniendo en cuenta para simplificar, que la demanda se mantiene constante). Estas variaciones suelen producirse en breves períodos de tiempo, por lo que el parque generador restante debe proveer las variaciones casi en tiempo real (instantáneamente). Por ende la generación de reserva para estas variaciones debe estar rotando (y lista para suministrar). Entonces a mayor parque eólico, mayor necesidad de reserva disponible rotante (que debe ser considerada en el planeamiento). Si no se dispone de esta reserva no es posible despachar energía eólica, o si se dispone, pero es cara (por ejemplo térmica quemando Gas Oil), encarecerá el costo operativo, generando una paradoja: a mayor despacho eólico, mayor costo operativo.

Es importante destacar que las variaciones de viento, se cuantifican (estadísticamente) y se clasifican en variaciones frecuentes y variaciones rápidas. Se define como "variación rápida de generación" al valor de la máxima variación estimada de potencia activa, dentro de cada 10 minutos, de los 10 valores de potencia media registrada cada 1 minuto. Son debidas a turbulencias, ráfagas y/o variaciones rápidas de la velocidad del Viento. Se define como "mayor variación de generación frecuente" al valor de la máxima variación de potencia activa, dentro de cada hora, de los 6 valores de potencia media registrada cada 10 minutos que no es superado durante el 95% del tiempo (de las horas del año). Son variaciones superiores que sólo se dan en el 5% del tiempo total.

En realidad estas variaciones terminan impactando en la calidad de servicio del sistema (y se miden en variaciones en los niveles de tensión, que las regulaciones terminan acotando con valores máximos admisibles). Con estas consideraciones parece necesario que al planificar un parque eólico, se establezca el equipamiento de respaldo, y para soporte de tensión, cuyos costos pueden, en algunos casos, obstaculizar el proyecto original.

Finalmente, no hay una regla para determinar cuánto Backup es necesario para la generación eólica. Ello depende de cada sistema de lo mayado que esté, de los recursos estabilizantes que tenga, de la reserva rotante disponible, etc.

### Despacho de cargas - Desempeño del plan

El despacho eléctrico consiste en diagramar la operación de las plantas existentes para garantizar el cubrimiento de la demanda, todas las horas del año, en todas las estaciones climáticas/hidrológicas y minimizando el costo de operación. De allí que el despacho enfrenta las incertidumbres propias de la disponibilidad de infraestructura, así como la relativa a la disponibilidad de los recursos fluctuantes.

Cuando el sistema es preeminentemente térmico, el análisis del funcionamiento de la oferta que debe cubrir la demanda eléctrica, se puede hacer de diferentes maneras. A nivel de la curva de carga diaria, es una de ellas. El equipamiento para el cubrimiento de la demanda de energía y potencia de cada uno de los bloques de cada curva de carga será diferente. Existen características/restricciones operativas. Por ejemplo las turbinas de gas pueden operar en el pico, las centrales térmicas de vapor en la base, etc., con diferentes eficiencias, y costos.

La base se cubre, en general con centrales térmicas de buen rendimiento, de tamaños mayores, que utilizan combustible de menor costo unitario. Tales centrales del tipo de vapor tienen como contrapartida mayor rigidez en la operación: mínimos técnicos altos, dificultades para la modulación<sup>76</sup>, asimismo, son las de menor costo operativo aunque sus costos de inversión son mayores. Utilizan combustibles de menor valor relativo (carbón, fuel oil, gas natural, etc.). Si bien las centrales nucleares no son masivamente utilizadas en los países en vías de desarrollo, en principio puede decirse que poseen características similares a las anteriores y por ello compiten cuando el sistema posee una escala apropiada.

En el otro extremo de posibilidades, existen las centrales de punta, de mucho menor rendimiento relativo, de tamaños menores, que emplean combustibles de mayor costo unitario. Tales centrales, de tipo motores diesel o turbinas de gas, tienen menores mínimos técnicos, mayores posibilidades para la modulación de la carga, etc. Sus costos de inversión son menores y sus costos operativos mayores, en términos generales.

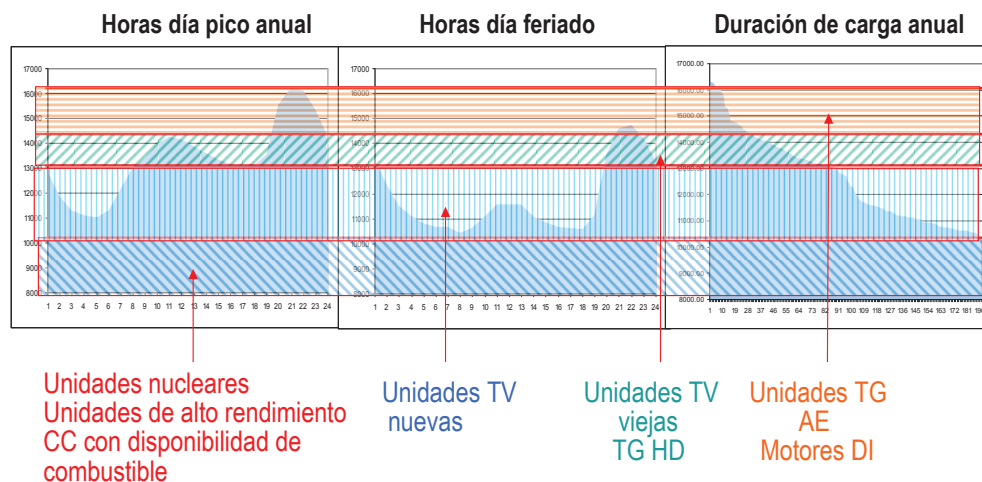
A los bloques de semi base y semi punta le corresponden gamas intermedias que serán turbinas de vapor de menor rendimiento (pueden ser las antiguas, o turbinas simplificadas), grupos diesel de mayor tamaño, ciclos combinados vapor/gas, etc.

Otra forma de estudiar o planificar el abastecimiento eléctrico, es trabajando con el diagrama ordenado de cargas (o monótona anual), cuyo máximo representa el pico anual. Esta herramienta permite, de forma fácil mediante el cubrimiento del diagrama, ir colocando en orden de mérito creciente las centrales (orden creciente de costo marginal). A partir de la curva de carga puede estimarse el factor de utilización anual de cada tecnología, según las horas que será necesaria que esta opere. El cual surgirá del cociente entre las horas

<sup>76</sup> Modulación corresponde a la característica de adaptarse a los cambios de carga en función del tiempo.

que cada tecnología opere durante el período en estudio y las horas totales del mismo. En el gráfico siguiente se presentan algunos de los casos mencionados anteriormente.

**Figura V.8: Procesos de Despacho y Planeamiento**



Fuente: Elaboración propia en base a Fundación Bariloche, op. cit. 2006.

Cubrir el diagrama de cargas diaria o anual, completándolo de forma ascendente, utilizando primero las máquinas de menor costo variable o marginal, garantiza obtener el mínimo costo operativo. De esta manera, se puede estimar el costo medio anual de abastecimiento, a partir de las horas resultantes de uso de cada tecnología, su consumo específico y el precio de los combustibles utilizados. Esta forma simplificada de cálculo se denomina en barra única.

#### Los costos marginales utilizados

Se denomina despacho marginalista porque ordena la operación de las plantas en función del costo marginal de operación ascendente, es decir, el costo de producir una unidad adicional de energía, y que está vinculado principalmente al precio del combustible utilizado y a la eficiencia de la tecnología de generación, así primero se genera con las plantas más baratas y luego con las más caras. Hay aquí una salvedad al respecto de las plantas hidroeléctricas con capacidad de almacenar (tema discutido más adelante), con las cuales no se sigue igual criterio para encontrar su posición en el despacho. Tal como fuera presentado, las mismas reemplazan la generación térmica de mayor costo variable y de este modo se minimiza el costo total de operación. Es decir, conceptualmente, completan la punta del diagrama de despacho. Es muy frecuente, por tanto, hablar en tanto sinónimo del despacho por costo marginal o del despacho de mínimo costo. Entonces, es importante no confundir el despacho marginalista con la metodología de remuneración por costos marginales, lo cual es una temática eminentemente regulatoria, la que, obviamente, se vincula con la propiedad de los activos de generación. En brevísimas palabras, la remuneración marginalista consiste en pagar a todos los generadores un cargo fijo anual por la potencia que pongan a disposición (indistintamente el tipo de central que sea) equivalente a la anualidad de la máquina más económica con la que podría tenerse igual potencia, en general una turbina de gas. Por otro lado, a todos los generadores que producen energía se les paga, hora a hora, el costo marginal de producción de la máquina de mayor costo marginal que esté operando en cada franja. Con este sistema de remuneración, cada central de un parque eléctrico perfectamente adaptado a la demanda reuniría el ingreso necesario para operar. Si no estuviera bien adaptado el parque, se generarían, supuestamente, señales necesarias para su adecuación, al presentarse sobre rentas para algunos y déficits para otros.

Una remuneración alternativa al sistema marginalista es la de costos medios. En dicho acuerdo se reconocerían los costos de inversión relativos a la central en particular luego de una negociación y auditoría con tal fin, así como con el costo medio variable de producción de energía.

Cada metodología tiene sus ventajas y dificultades, pero no son esencialmente relevantes en lo que respecta a la planificación y son cuestiones asociadas principalmente a la regulación y la propiedad de los activos. De allí que es importante recalcar que cuando se habla de despacho marginalista o análisis marginal de inversiones, no se hace alusión a la regulación marginalista de remuneración.

La remuneración marginalista fue en muchos países de la región considerada como suficiente para producir las expansiones necesarias y óptimas de los sistemas de generación. Es tan así, que varios de los países de la región desmantelaron sus equipos de planificación al mismo tiempo que modificaron los marcos regulatorios para reglamentar dicho mecanismo de regulación. Hay sobradas evidencias históricas mostrando que no basta con contar con un mecanismo de remuneración marginalista y deslindar la expansión a las decisiones atomizadas de inversión para garantizar una expansión socialmente conveniente en tanto utilización de recursos de generación y concatenación del eslabón eléctrico dentro del sistema energético. De allí que en entre las metodologías de planificación no se considera como adecuada la suposición de que la expansión puede ser comandada sencillamente por el cumplimiento de un sistema de remuneración marginalista.



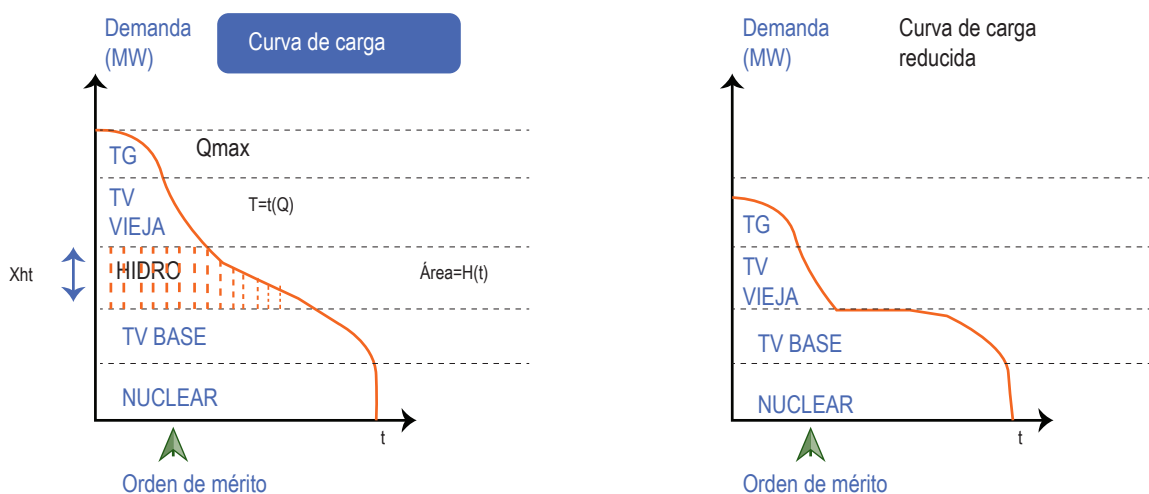
En caso de querer considerar en el planeamiento otras complejidades, como las características geográficas con las consiguientes pérdidas por transmisión (las que pueden modelarse introduciendo un adicional, de tipo cuadrático, en el costo operativo de cada central), pueden incluirse para cada central otros términos en la función de costo operativo. Adicionalmente, dada la importancia del costo de transporte del combustible, también éste deberá ser adicionado; particularmente, esto es importante cuando las centrales se encuentren ubicadas de manera tal que los costos de transporte son diferentes para cada una de ellas (sea por distancia o por modo de transporte).

En el caso de los *sistemas hidrotérmicos*, es decir, cuando también existen centrales hidroeléctricas instaladas, o existe la posibilidad de instalarlas en el futuro, debe partirse de la hipótesis básica que su función será la de ubicarse en el diagrama de manera que maximice los ahorros de combustible, dado su menor costo operativo en comparación con las centrales térmicas. Por ello la generación hidroeléctrica debe ser toda la que técnicamente pueda producirse (es decir solamente limitada por la capacidad instalada, la hidráulidad y la indisponibilidad de origen programado o forzado). Dado que la energía producible hidroeléctrica puede ser colocada en el diagrama con la propia flexibilidad que le da su sobre equipamiento (en general el caudal equipado es superior al módulo del río), es posible buscar aquella posición en que se desplazan las térmicas con mayor costo de combustible, es decir de pico <sup>(77)</sup>. Mientras “más arriba” puedan ubicarse las centrales hidroeléctricas en el esquema de despacho, mayor será el ahorro de combustible que produzcan, siempre y cuando utilicen toda la energía disponible.

Cuando las características de las centrales hidroeléctricas, en función de sus regímenes hidráulicos y capacidades de embalse difieren de una estación a otra, también la curva de cargas deberá descomponerse estacionalmente para considerar las variaciones de energía producible. Finalmente, es conveniente que las centrales hidráulicas sean agrupadas por tipo (de pasada, de punta, etc.) salvo que se desee estudiar alguna de ellas en forma individual.

A modo de ejemplo, suponiendo que en cualquier período “t” la energía hidráulica destinada a generar electricidad es “H” (ver figura siguiente), conocida, y que la capacidad instalada de la hidro es “ $X_{ht}$ ”. Si el objetivo de la hidráulica es, precisamente, maximizar los ahorros de combustible, la misma debe producir a pleno, es decir toda la cantidad de “H”. Además debe ser operada en los momentos en que los costos de combustible del sistema son mayores; esto ocurre en los momentos de demanda de pico (que ocurran durante el período t), cuando se encuentran en servicio las plantas térmicas más antiguas y menos eficientes o de combustibles más caros.

Figura V.9: Procesos de Despacho y Planeamiento



Fuente: Elaboración propia.

La punta del diagrama de cargas se caracteriza por bajos factores de utilización, es decir mucha necesidad de potencia suministrando poca energía mientras que lo opuesto ocurre en la base del diagrama, cada MW de potencia es utilizada las 8760 horas del año. Las centrales hidroeléctricas con embalses importantes en general son construidas con una potencia superior a la que generaría el caudal medio del río, implicando un factor de utilización para la central bajo, pero permitiendo empuntar fuertemente su energía disponible.

Una vez ubicado el conjunto de centrales hidroeléctricas en su posición de mayor ahorro operativo para el conjunto del sistema, se puede quitar la porción de demanda abastecida por estas (según se observa en el gráfico anterior) y conformar la curva reducida de cargas (o monótona térmica). Así luego es posible despachar esta curva con las centrales térmicas existentes con el criterio presentado anteriormente.

77 Salvo las centrales que posean potencia garantizada nula o muy baja o aquellas que están definidas como centrales de pasada, en este caso se desplazará generación de base.

### **Metodologías de planificación eléctrica**

Se podría comenzar definiendo el equipamiento de generación, la determinación de niveles de producción de cada uno, los requerimientos de la red de transporte y distribución de forma tal de asegurar el abastecimiento de la demanda que se supuso al comienzo del análisis.

Sin embargo, existen interacciones entre las diferentes etapas que dificultan el proceso de separación y que obligan en muchos casos a efectuar análisis iterativos para asegurar el correcto funcionamiento del sistema. Tal es el caso de la definición y operación de la red de transmisión y la operación de las centrales generadoras, temáticas que evidentemente se retroalimentan. La complejidad de cada uno de los eslabones de la cadena hace que muchas veces se utilicen análisis parciales para algunos de los elementos, habiéndose difundido distintas metodologías de planificación. El uso y el poder de las computadoras actuales, sin embargo, ha cambiado un tanto el paradigma pues permite sin demasiado esfuerzo, ejecutar programas complejos, de resolución numérica sofisticada, modelando con mucho detalle el sistema en su conjunto. De todos modos, siempre está presente la dificultad de recabar el detalle de la información necesaria, las crónicas históricas, la desagregación requerida y algunas veces la información estadística necesaria (típicamente respecto a la demanda) y esta realidad muchas veces limita la posibilidad de utilizar programas que algunas veces son inflexibles en cuanto al grado de detalle de la información.

A continuación se presentan dos metodologías de planeamiento: los “modelos globales”, en los cuales la selección de inversiones o tecnologías es uno de los aspectos dentro de un modelado más amplio, que incluye operación y otros eslabones de la cadena energética; y el “Análisis marginal de selección de inversiones” para evaluar el eslabón de la cadena referente a la composición del parque generador por tipo de tecnología, el cuál por lo general implica la mayor parte de los costos del sistema y concentra la mayor parte de las alternativas posibles. A continuación se presentan muy resumidamente estos dos enfoques.

#### **Modelos globales**

Los modelos globales se han desarrollado para evaluar simultáneamente un gran número de programas alternativos de equipamiento, siendo en general modelos de optimización cuyo objetivo excluyente ha sido la minimización del costo total del abastecimiento eléctrico garantizando una determinada calidad de servicio. El objetivo es indicar en líneas generales el desarrollo de mínimo costo de un sistema, que a su vez puede aportar información para un correcto análisis marginal.

Durante mucho tiempo se ha interpretado que las soluciones obtenidas por aplicación de modelos de optimización, constituían indiscutiblemente el programa de obras a realizar. Sin embargo estas soluciones están notablemente influenciadas por la proyección de una serie importante de factores, sobre los cuales la incertidumbre suele ser mayor que lo que se explicita. Evidentemente esta incertidumbre se acrecienta en el largo plazo, y muchas veces no puede ser solucionada con la consideración de modelos probabilísticos. Fundación Bariloche (2006).

No existe una “receta” para determinar qué aspectos son fundamentales y cuáles secundarios en la modelación de un sistema eléctrico. Esto depende esencialmente del sistema que se está estudiando (grado de integración del sistema, distancias entre los centros de consumo, grado de aprovechamiento del potencial hidroeléctrico, existencia de una estación hidrológica seca, etc.).

En este sentido se establece una diferencia entre la técnica de resolución y los modelos desarrollados que emplean cada una de ellas. Esta distinción es importante ya que la técnica en sí impone una serie de restricciones a la representación de un sistema real, pero como contrapartida ofrece un potencial de análisis que puede ser, en función de las características del sistema para el cual fue desarrollado.

#### **Técnicas de resolución y análisis de los modelos globales. Fundación Bariloche (2006)**

Muchas veces los modelos de planificación eléctrica globales utilizan un conjunto de técnicas aplicadas a la resolución de distintas problemáticas dentro de la planificación. A modo de ejemplo, es frecuente la resolución a través de programación lineal del despacho óptimo de un determinado plan de expansión (que se está evaluando) el cual a su vez es uno de los ensayos dentro de una programación dinámica para determinar cuál cumple mejor con la función de mérito definida, entre todos los posibles. A continuación se describen las principales técnicas utilizadas en los modelos.

#### **Programación Lineal**

Esta técnica ha tenido un uso generalizado desde los años 50. Las razones que favorecieron su difusión, que se pueden mencionar son las siguientes:

Permite el estudio de sistemas de gran tamaño, sin limitaciones en el número de variantes. Considera todas las soluciones factibles. A menos que no exista solución factible, siempre garantiza la obtención de la mejor solución. Es posible realizar buenos análisis de

sensibilidad, mediante la solución del problema dual, a través del cual pueden obtenerse los costos de oportunidad de los recursos empleados. Se han desarrollado buenos algoritmos computacionales de resolución, que pueden ser aplicados en todos los casos. Esta técnica facilita la consideración de otros objetivos de la planificación a los que se ha hecho mención, incorporándolos como restricciones al problema de la minimización del costo. Este hecho, junto con el análisis de la solución del problema dual, facilita el proceso iterativo propuesto para determinar la evolución óptima del sistema teniendo en cuenta los diferentes criterios.

Sin embargo la condición de linealidad, tanto de las restricciones como de la función objetivo, no se ajusta en general a la realidad que se quiere representar y obliga a la implementación de complejos procesos iterativos que permitan verificar el comportamiento del sistema bajo las condiciones reales. No permite modelar variables aleatorias, lo que debe tratarse generando múltiples corridas del modelo con diferentes valores lo que puede elevar los tiempos de ejecución hasta límites impracticables.

### ***Teoría del control óptimo***

Esta técnica tiene cierta relación con la programación dinámica, ya que para algunos tipos de problemas puede demostrarse que las condiciones de óptimo del principio de optimalidad de Bellman, base de la programación dinámica, conducen a idénticos resultados que las condiciones de óptimo del principio de máxima de Pontryagin, sobre el cual se basa la teoría del control óptimo. Sin embargo, las condiciones de óptimo de Pontryagin se expresan como un sistema de ecuaciones diferenciales, para cuya resolución se utilizan métodos numéricos basados en el comportamiento de las derivadas.

Al igual que la programación dinámica, permite evaluar con mucho detalle, cada paso del proceso iterativo que converge a la solución que optimiza la función objetivo, teniendo en cuenta las aleatoriedades de la demanda; de los aportes hidroeléctricos y de la disponibilidad de los equipos.

Una secuencia frecuente de análisis con este tipo de modelo es la siguiente:

- 1) Definición de la oferta hidroeléctrica del sistema en función de sus características hidrológicas.
- 2) Definición de las políticas de mantenimiento de centrales térmicas y nucleares.
- 3) Determinación de la expansión óptima del sistema de generación y su operación.

### ***Programación Dinámica***

Esta técnica presenta algunas ventajas sobre la programación lineal, entre las que se podría mencionar:

Tanto la función objetivo como las restricciones pueden ser de cualquier tipo, a condición de que pueda aplicarse el principio de optimalidad de Bellman, es decir que cualquier sub-trayectoria de una trayectoria óptima sea, a su vez, óptima. Esta condición es la que garantiza que el método de resolución recurrente conduzca al óptimo buscado.

Su característica de consideración de incrementos discretos en las variables es especialmente apropiada para el análisis de la expansión de centrales con diferentes opciones de módulos predeterminados (lo que resuelve un grave problema de la programación lineal, ya que los tamaños de las plantas deben ser variables continuas, de lo contrario la complejidad de resolución es muy alta). Sin embargo la difusión del uso de esta técnica se ha visto restringida, debido a que a diferencia de la programación lineal no es posible definir algoritmos computacionales para la resolución de problemas de optimización por programación dinámica que puedan aplicarse a cualquier problema. En consecuencia el uso de la programación dinámica requiere adicionalmente el esfuerzo de desarrollar el algoritmo computacional, a menos que se utilice un modelo ya desarrollado.

El tiempo de cálculo crece notablemente con las ramificaciones en tanto alternativas de expansión. Esto obliga generalmente a limitar las alternativas a considerar simultáneamente, para mantener al modelo dentro de los límites de operatividad. El análisis de sistemas eléctricos regionalizados incrementa notablemente las alternativas de expansión del sistema, ya que la localización de los equipamientos aparece como una variante explícita. Por lo tanto choca con la restricción que la programación dinámica establece a ese respecto.

En contraposición con la programación lineal el proceso de cálculo dificulta los análisis de sensibilidad de la solución óptima.

La programación dinámica es especialmente apta para la consideración de la calidad de servicio asociada a cada alternativa de expansión. Esta consideración puede hacerse de dos formas. La primera corresponde a la etapa de configuración de la red de expansión evaluando la calidad de servicio de todas las alternativas y eliminando aquellas cuya calidad de servicio no se encuentra dentro de ciertos límites. La segunda forma es incorporando a la función objetivo una medida de las consecuencias de esa calidad de servicio, por ejemplo el costo de la comunidad por la energía no recibida.

Las cualidades de la programación dinámica la presentan mucho más adecuada para el análisis de algunas de las características específicas del sistema eléctrico. Sin embargo, la limitación respecto del número de variantes a considerar, que prácticamente descarta la consideración del transporte y la interconexión de sistemas eléctricos en el proceso de optimización, así como la dificultad de plantear un gran número de variantes de aprovechamientos hidroeléctricos, deben ser tenidas en cuenta y evaluadas a fin de estimar sus repercusiones sobre la evolución del sistema antes de definir la técnica a usar en la selección del equipamiento eléctrico.

Finalmente, los *modelos globales*, sea cual fuera la técnica o combinación de las mismas que utilicen para resolver la aproximación de la realidad, se enfrentan a condiciones “de borde”, sociales, políticas e incluso ambientales. La planificación a partir de la utilización de los modelos globales permite incorporar decisiones de expansión basadas en aspectos que pueden ir más allá de la evaluación estrictamente económica (o minimización de una función de mérito), incluso cuando se pretende incluir el valor de las externalidades positivas o negativas de algunas acciones. Decisiones como la priorización en el uso de recursos propios, el impulso a cierto tipo de tecnologías por su realimentación con aspectos de desarrollo industrial o tecnológico, entre otras, pueden ser incorporadas con este enfoque e influir en la evolución total del plan de expansión. Dicho de otro modo, a partir de un modelado integral se puede plantear una expansión que pase desde el extremo de utilizar los modelos para decidir la totalidad de su evolución de manera endógena, basada únicamente en la evaluación económica, ya sea la tradicional de las variables indiscutiblemente cuantificables y con valores de referencia, hasta una en la que se introducen ciertas valorizaciones más discutibles como el impacto ambiental o de otros aspectos socioeconómicos) hasta el extremo de decidir en forma “digitada” la expansión respondiendo a otras consideraciones como las mencionadas. Por lo general, los modelos se utilizan en un estadio intermedio, en el que algunas decisiones son prefijadas y las restantes se deciden a partir del resultado de minimización de costos.

Estos modelos generalmente requieren como insumo la evolución de la demanda a futuro, la curva de carga del año base y su proyección, la descripción física y económica (con diferente detalle según el modelo) del parque generador existente, así como la descripción de todas las máquinas candidatas posibles de ingreso. Por lo general no incluyen la descripción del sistema de transmisión, si alguna central estaría muy penalizada por la lejanía notable en comparación con otras y el incremento en costos y pérdidas de electricidad por el transporte, estas características deberían incluirse en la descripción física de la planta alterando sus parámetros técnico-económicos. Por otro requieren un escenario de precio de combustibles, un escenario de costo unitario instalación la planta o la tecnología, así como valores para las emisiones (si se valorizaran) y un costo de la energía no suministrada.

Cuando el sistema que se está planificando cuenta con una componente hidroeléctrica importante, entre la descripción de sistema es necesario modelar las características operativas de los embalses, si los hubiera, así como la fluctuación de los recursos hidroeléctricos para lo que se utilizan crónicas históricas de caudales al ingreso de las plantas. El comportamiento del sistema hidroeléctrico es muy distinto si este cuenta o no con capacidad de almacenar agua y gestionar el recurso, haciendo este caso más complejo de analizar. Esto es debido a que la estrategia que se adopte en tanto generar o guarda agua se concatena año tras año y se suma a la variabilidad de los aportes, lo que hace que existan prácticamente infinitas estrategias de operación para las hidroeléctricas. Varios de los programas mencionados anteriormente poseen rutinas internas para asistir en el modelado de dichas estrategias. Para cada plan de expansión, luego de estimarse las estrategias posibles de operación se calcula la esperanza matemática de las variables significativas (costos, consumos del parque térmico que opera en conjunto, energía no suministrada) a partir de la probabilidad de ocurrencia que tiene cada tipo de año hidrológico. Esto permite evaluar el desempeño de la expansión considerada para poder compararla con otros planes posibles. La técnica de programación dinámica proporciona herramientas muy apropiadas para modelar esta fenomenología.

Sin duda, la complejidad del problema que plantea una participación hidroeléctrica importante con significativa capacidad de regulación, hace difícil prescindir de los modelos computacionales para evaluar a fondo la expansión del sistema eléctrico. De todos modos, trabajando con valores medios de hidraulicidad (y producción eléctrica) en conjunto con crónicas de muy baja ocurrencia (o lo que se denomina hidraulicidad de 95% de excedencia, es decir caudales que serían superados el 95% de los casos) para estimar los márgenes de reserva necesarios en años secos y los valores promedio de despacho a partir de la hidraulicidad media, se puede realizar una aproximación muy buena al desempeño del plan de expansión sin la necesidad de modelar con el detalle y la complejidad que exige simular la gestión probabilística de los embalses.

### **Análisis marginal de inversiones<sup>78</sup>**

El análisis parte de un programa inicial, arbitrario pero razonable, que es la solución de referencia, y luego se trata de mejorarlo, (reduciendo costos), por medio de sustituciones marginales. La solución de Referencia y la solución obtenida luego de efectuada la sustitución marginal, satisfacen la misma demanda de potencia y energía.

Una aplicación común es la comparación de la alternativa térmica convencional y la hidráulica para cubrir una demanda dada de electricidad, pensando esta expansión como la siguiente adicional al sistema. La planta hidroeléctrica requiere una mayor inversión ( $I_H$ ) que la térmica a combustibles fósiles ( $I_T$ ), pero los costos operativos totales del sistema en años subsiguientes son menores.

78 Su primera aplicación data de la década de los 40, en la empresa Electricité de France. Fuente: Fundación Bariloche, op. cit. 2006.

Sean:

$C_{tH}$  = costo de operación (incluido combustible) de todo el sistema, en la alternativa que incluye la hidráulica, en el año  $t$ .

$C_{tT}$  = costo de operación (incluido combustible) de todo el sistema, en la alternativa que incluye la térmica, en el año  $t$ .

$r$  = tasa de actualización.

El valor actual, VP, de las economías obtenidas al sustituir la generación térmica por la hidro es, por lo tanto:

$$VP = (I_T - I_H) + \sum_{t=0}^n \frac{1}{(1+r)^t} (C_{tT} - C_{tH})$$

VP positivo

La hidro **ES**  
preferible a la térmica

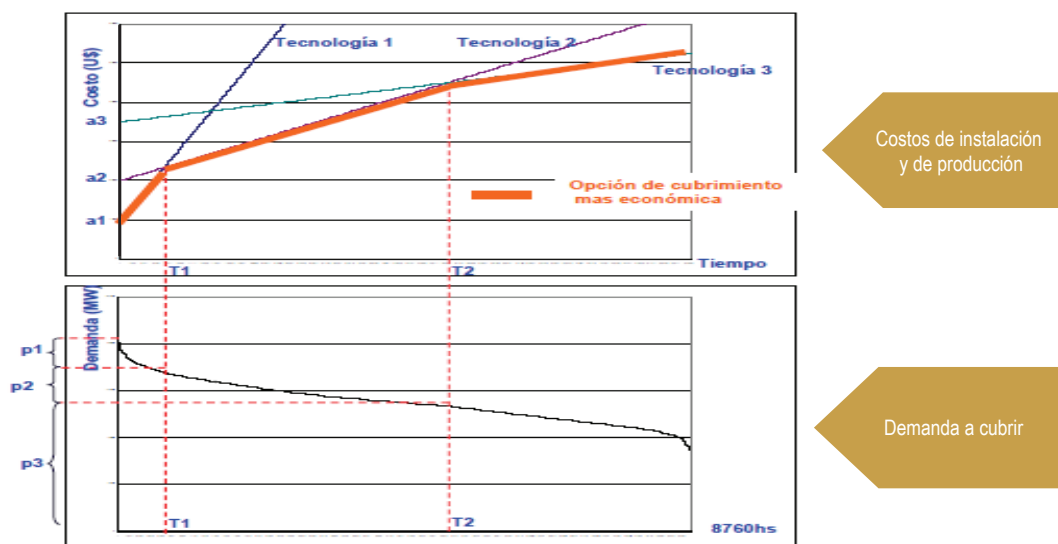
VP negativo

La hidro **NO**  
es preferible a la térmica

y según este valor sea positivo o negativo, la hidro es o no preferible a la térmica. Este análisis es sumamente simplificado; y si bien otorga una primera aproximación genera numerosas incógnitas.

Este análisis, permite, realizando una comparación del tipo que se presenta en la gráfica siguiente, determinar en qué orden aproximado de proporciones debería encontrarse un sistema eléctrico en cuanto a las plantas de punta (p1), semibase (p2) y base (p3).

**Figura V.10: Selección de Inversiones**



Fuente: Elaboración propia en base IAEA TRS 241 (1984). Expansion planning for Electrical Generation Systems, p. 234, IAEA Vienna 1984.

Este cálculo puede ser formulado fácilmente para efectuar también comparaciones entre plantas térmicas convencionales y nucleares en la base del diagrama de cargas, y térmicas de vapor y turbinas de gas en la punta del diagrama, como se ejemplifica en la gráfica anterior. En el gráfico superior se incluyen los costos totales anuales de operación según las horas del año que cada planta esté operando. Así la ordenada al origen de cada tecnología representa su costo de capital, en tanto monto asociado a la anualidad de la inversión, mientras que la pendiente con la que aumenta el costo a medida que la generación se efectúa por más horas en el año, está vinculada con el precio del combustible utilizado y el rendimiento de la máquina. Los cruces de las curvas son puntos de indiferencia entre tecnologías, es decir, valores de factor de utilización anual para los cuales dos tecnologías tendrían igual costo de producción total por unidad de energía generada. La combinación entre estas curvas de indiferencia de las tecnologías y la curva de carga del sistema determinan la cantidad de potencia "ideal" de cada tipo de tecnología para esta "foto" del sistema.



La utilización secuencial de esta metodología permitirá determinar un plan de expansión.

Este método permite ajustar el cálculo para tener en cuenta muchos costos y beneficios específicos de un proyecto. Por otro lado hay que considerar que las dos alternativas a evaluar, deberán estar equiparadas en cuanto a prestaciones, es decir, tendrán que satisfacer las políticas planteadas y brindar una seguridad y calidad de servicio similares.

Para que el programa de obras finalmente propuesto sea cercano a la mejor opción, es necesario asegurar que la solución construida (de referencia) sea “razonablemente buena” a fin de no tener que hacer un número excesivo de sustituciones marginales. Este requisito es muy difícil de cumplir cuando el sistema que se analiza no ha alcanzado un alto desarrollo y tiene todavía muchas opciones de equipamiento futuro, especialmente hidroeléctrico. Por otra parte, pueden existir algunas centrales, fundamentalmente hidroeléctricas, cuya inclusión altera sustancialmente la evolución del sistema, es decir no pueden ser consideradas como marginales.

Finalmente, debe indicarse que el análisis marginal de inversiones es muy estático desde el punto de del costo de inversión y operación, dada una determinada configuración del sistema y una forma de demandar la energía. Adicionalmente, es muy limitado y no posibilita la incorporación de otras dimensiones necesarias, tal como fuera justificado anteriormente.

### **Algunas consideraciones sobre las herramientas de planeamiento**

Integrar el conjunto de conceptos mencionados a lo largo del capítulo, asegurando que la evolución del plan de expansión a evaluar (incluso identificar “el” plan de expansión adecuado) no es tarea sencilla por la multiplicidad de aspectos a considerar así como por la interrelación entre las variables. Es por ello que existen una multiplicidad de modelos o herramientas para asistir el proceso de planificación de la expansión o sus distintos eslabones. Estas herramientas se pueden categorizar según múltiples criterios, entre ellos, según su alcance, según sus algoritmos de resolución, según su conceptualización del problema.

Se puede afirmar que es recurrente la identificación de los procesos de planificación eléctrica con los modelos de optimización. Encontrar la solución óptima es una propuesta muy atractiva pero hay ciertos recaudos que es importante remarcar. La optimización requiere definir una función de mérito cuyo resultado sea escalar, para así poder comparar una solución con otra y determinar unívocamente cuál es mejor. Esta función de mérito generalmente está asociada al costo total de un plan, en el que pretenden ser incluidas las externalidades existentes necesariamente valorizadas. Esta valorización es sumamente dificultosa, por caso alcanza con observar lo ocurrido con el mercado de bonos de carbono. Adicionalmente a la función de mérito cuantitativa, los modelos de optimización pueden incluir una serie de restricciones para acotar el conjunto de soluciones y encontrar entre estas la óptima. Entre las restricciones pueden incluirse cuestiones ambientales, de disponibilidad de recursos, de divisas, de generación máxima para determinadas unidades, entre otras. Las restricciones son una forma posible de convertir variables difícilmente valorizables en situaciones “aceptables”.

De este modo, los modelos de optimización eléctricos encuentran el plan de expansión que minimiza el costo total de inversión, operación y mantenimiento, exportación/importación (si fuera el caso) y energía no suministrada. Incluso desde un punto de vista conceptual, al incluirse un valor a la energía no suministrada, los modelos de optimización podrían resolver el margen de reserva óptimo del sistema, justamente a partir del equilibrio presentado en el apartado de margen de reserva en que se muestra que un bajo margen de reserva implica un alto costo social (mucho energía no suministrada y consecuencias económicas y sociales derivadas) mientras que un sobre equipamiento en exceso recarga el costo del sistema quizás en forma exagerada. Es así que si fuera posible evaluar el valor de la energía no suministrada un modelo de optimización podría determinar el margen óptimo. Desde ya, si bien todos los organismos de despacho eléctrico poseen alguna valorización para penalizar la energía no suministrada, estos valores son generalmente efímeros si se los pretende usar en una optimización, resultando un margen casi nulo. Es un tema de debate sin una metodología clara y aceptada.

Otro problema asociado a los modelos de optimización es el valor o precio que se asigna a los combustibles. La teoría económica neoclásica afirma que son los precios del óptimo global paretiano los que tendrían que ser utilizados para alimentar a un modelo sub-sectorial de energía, en cuanto al costo de oportunidad del recurso. Evidentemente los precios de los combustibles tienen un impacto mayúsculo en la determinación del sistema de expansión más adecuado y estos no precisamente surgen de mercados de competencia, por ende, generalmente no representan precios de un óptimo global, si es que este pudiera existir<sup>79</sup>. Sin embargo esto no es necesariamente cierto desde un punto de vista del desarrollo económico de un país pensando en tanto el desenvolvimiento del sector energético puede considerarse una herramienta clave para el desarrollo económico. La discusión es aún más intensa cuando la estructura de costos doméstica para la producción de los combustibles diverge fuertemente respecto de los precios de frontera. Cuando esto es así, no puede afirmarse que la solución óptima para el sistema energético en su conjunto o más ambiciosamente el

<sup>79</sup> Recordemos que desde el punto de vista teórico, el óptimo global sólo podría alcanzarse para un sistema económico si todas las actividades del mismo respondieran al funcionamiento y los supuestos de la competencia perfecta y los monopolios naturales estuvieran regulados. Esto claramente dista de ser realista, principalmente para gran parte de las industrias cuyos productos son insumos y/o bienes que permiten consumir la energía. Basta mencionar los oligopolios de las industrias automotrices, de las firmas productoras de electrodomésticos y de las empresas fabricantes de máquinas para la generación eléctrica, entre muchas otras.



sistema económico, sea aquella en la que el subsector eléctrico se optimiza a partir de los precios internacionales como insumo. Claro está, que la solución del plan óptimo está fuertemente influida por el valor asignado a los combustibles. De allí que sea dudosa la pretensión de alcanzar la solución óptima, ya que el precio de los combustibles no proviene de ninguna optimización para el conjunto de sistema energético o económico del país.

Los modelos de optimización son una herramienta importante para el planificador pues permiten identificar una solución en particular entre un cúmulo de cuasi infinitas opciones posibles. De hecho, sus resultados son útiles para ser contrastados con un determinado plan de política energética sub-sectorial, subsumido en un plan que contemple objetivos más amplios. Entre los modelos de optimización más utilizados se destacan el SUPER OLADE, el MESSAGE, el WASP, el OPTGEN, el MARKAL. Algunos de los cuales, son modelos del sistema energético en su conjunto, que pueden usarse si se desea para evaluar la expansión eléctrica.

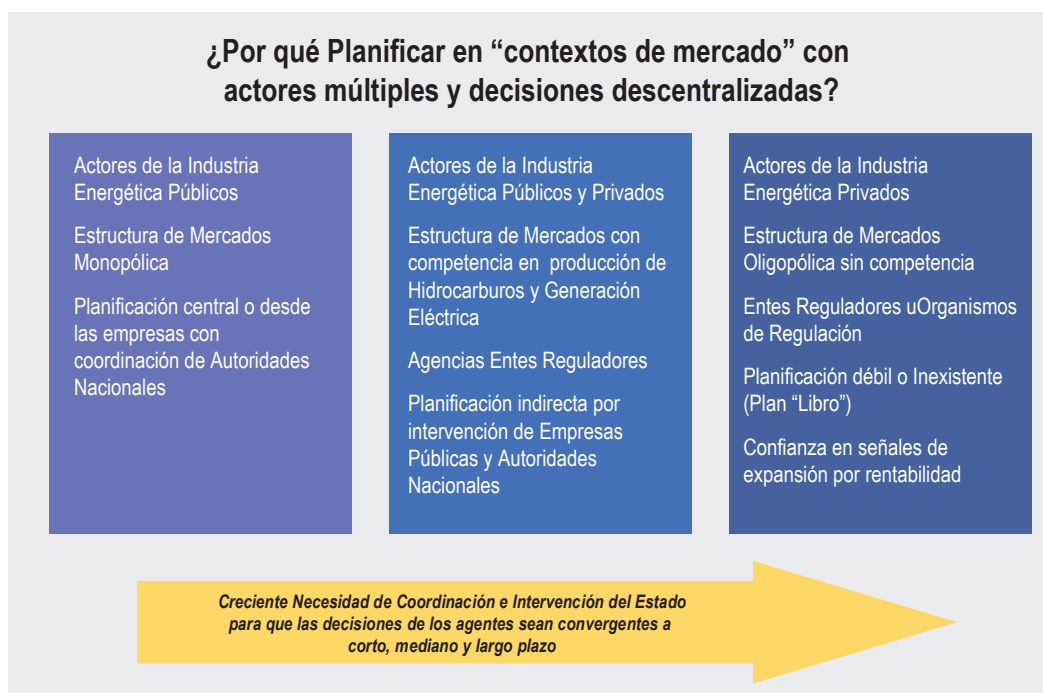
Existen otros modelos que pretenden simular el comportamiento de un plan de expansión o de un conjunto de planes enmarcados en una metodología de escenarios. En particular alguno de esos escenarios podría alimentarse con las salidas de un modelo de optimización eléctrico para así comparar otras implicancias de este plan u otros propuestos en el conjunto del sistema energético. El modelo LEAP es un modelo con estas características, en el cual si bien no se posee la posibilidad de representar el sector eléctrico con tanto detalle operativo, se logra una descripción suficiente para evaluar un plan de expansión frente a otro/s. En los últimos años, el modelo LEAP incorporó adicionalmente una funcionalidad de optimización para auxiliar en la identificación de un escenario de mínimo costo eléctrico.

### V.5.2. Planificación del abastecimiento de petróleo y gas

En la actualidad cada vez se hace más claro que en un sistema descentralizado con presencia de múltiples actores en las distintas cadenas energéticas puede producirse una descoordinación de las decisiones de inversión que conducen al Estado a tener que recurrir al menos a Planes Indicativos, Estratégicos, cuando no a medidas de Intervención directa o un retorno a un mayor control estatal ya no sólo en vinculación a la captación de la renta petrolera, sino, en directa vinculación con problemas de abastecimiento e inversiones.

La siguiente figura muestra la evolución registrada en muchos países respecto a las transformaciones desde un esquema de Planificación Estatal a través de entidades Ministeriales, Secretarías y Empresas Públicas a otro dominado por enfoques de “desregulación”, “competencia” y descentralización de decisiones<sup>80</sup>.

Figura V.11: La necesidad de planificar



Fuente: Apunte “Actividades de Abastecimiento”. Maestría en Economía y Política Energética y Ambiental (MEPEA) de la Fundación Bariloche y la Universidad Nacional del Comahue.

80 El material presentado en el siguiente punto, se basa en el apunte “Actividades de Abastecimiento” de la Maestría en Economía y Política Energética y Ambiental (MEPEA) de la Fundación Bariloche y la Universidad Nacional del Comahue. Bariloche, Argentina, Junio 2012.

Se observa así, que contrariamente a lo que solía afirmarse a comienzos de los noventa, en pleno auge de las reformas y privatizaciones, la confianza en las señales de mercado y una planificación superficial o débil, conduce a la necesidad de una intervención ordenadora por parte del Estado, en tanto es garante en última instancia del abastecimiento de energía, cualquiera sea el esquema institucional existente.

Resulta por lo tanto conveniente detenerse unos instantes y analizar las características de este tipo de bienes, denominados energéticos, entre ellos particularmente el petróleo y el gas.

- Las inversiones requieren un largo período de maduración. Por ejemplo, entre el momento en que se comienza con las tareas de exploración (y si estas resultan exitosas y se concreta la producción comercial de petróleo), y el desarrollo de un yacimiento, pueden pasar entre cinco y diez años.
- Este bien resulta hoy imprescindible para el funcionamiento del sistema socio-económico tanto en sectores de consumo final, como de consumo intermedio. Por otra parte, en algunos usos todavía no tiene sustitutos a costos competitivos. Por ejemplo, el diésel oil en transporte, las gasolinas en motores a ciclo Otto (salvo en este último caso en países con gas natural o con producción de alcohol etílico) y una proporción de biocombustibles, cuyos impactos merecen un capítulo aparte. La característica anterior acerca bastante las actividades destinadas a poner estos bienes a disposición de la sociedad a los denominados servicios públicos o al menos a bienes altamente estratégicos. Esto quiere decir que su suministro, o sea la seguridad de abastecimiento en calidad y cantidad y en el tiempo, resulta de necesidad pública y por lo tanto sujeta a normas específicas.
- Se tiene además que el sector petrolero es fuerte generador de rentas, influye de modo decisivo sea en la balanza comercial o en la recaudación tributaria y en los niveles de precios internos.

En este contexto se hace indelegable e imprescindible función reguladora de esas actividades por parte del Estado. A continuación se enumerarán algunos de los motivos por los cuales el Estado debe intervenir en el sector petrolero de los países:

- Para proteger a los consumidores, que son numerosos y variados, frente a la concentración de los oferentes en cuanto: a la calidad de los productos, a la seguridad de las instalaciones y a prácticas monopólicas u oligopólicas reflejadas en alteraciones no justificadas de precios.
- Para asegurar el abastecimiento presente y futuro de estos bienes ya que su carencia puede paralizar el funcionamiento del sistema socio-económico de un país.
- Porque es un combustible que puede ser nacional o importado con impactos macroeconómicos diversos.
- Porque tiene impactos en el medioambiente

Parece así necesario: prever la existencia de stocks mínimos de productos; exigir la realización de tareas mínimas de exploración que permitan mantener una adecuada relación de Reservas Comprobadas-Producción; autorizar las exportaciones y/o importaciones cuando se superen determinadas pautas cuantitativas; alertar con tiempo a las empresas públicas o privadas sobre los requerimientos futuros de equipamientos destinados a satisfacer las posibles expansiones de la demanda, etc.

Entonces el Estado, ya sea empresario o no, en ningún caso deberá dejar de ser regulador y planificador, porque el Mercado librado a sus propias fuerzas no asegura la protección del consumidor y tampoco el abastecimiento.

Por otra parte, para prever sus actividades futuras, sus requerimientos de inversión y el financiamiento de las mismas, su participación en el mercado y que parte de los beneficios no distribuirá a los accionistas, el Empresario Privado también necesita planificar y si es trasnacional o dominado por accionistas no energéticos, sus estrategias globales pueden diferir de las necesidades de un determinado país.

Por el lado de los requerimientos de derivados de petróleo la Planificación está íntimamente ligada a la del Sistema Energético en su conjunto.

En cambio por el lado del abastecimiento (una vez definidos los requerimientos de derivados y de crudos) las empresas petroleras pueden desenvolverse con mayor autonomía. Si las mismas son estatales será suya la responsabilidad de determinar los equipamientos y en consecuencia los planes de inversión y su evaluación en base a las políticas generales que establezca el organismo gubernamental correspondiente.

En estos casos, lo ideal sería la formulación de contratos entre las empresas estatales y el gobierno, donde se fijaran las metas a cumplir para períodos plurianuales, otorgándoseles autonomía de gestión, estabilidad a la conducción y rendición anual de cuentas y del cumplimiento de las metas convenidas.

De no existir en el país empresas petroleras estatales, resultaría imprescindible que el organismo gubernamental correspondiente conformara un ente regulador para analizar, evaluar e informar sobre los planes elaborados por el sector privado a fin de asegurar el normal abastecimiento, proteger a los consumidores y el medioambiente.

### La cadena petrolera y gasífera

El consumo de derivados de petróleo de un país o de una región está vinculado, a través de una compleja cadena de relaciones, con la comercialización, importación, exportación, producción, refinación, variación de reservas, exportación y transporte que constituyen las actividades propias de la industria petrolera. Pero al producir petróleo también se produce gas natural, hecho que hace muy dificultoso y probablemente inconveniente un manejo institucional e industrial autónomo de cada uno de esos energéticos.

En la Figura N° V.12 se puede apreciar cómo a partir del Modelo de Requerimientos Energéticos (MRE, tipo LEAP, MAED, MARKAL, etc. Modelos descritos en el Capítulo VI del presente Manual) se deduce el Consumo Final de Derivados de Petróleo (CFDP), proveniente de cada uno de los Sectores Socioeconómicos del país o de la Región que se esté estudiando. Si a este (CFDP) se le adicionan los Consumos Propios de Derivados de Petróleo (CPDP) del Sector Energético (Destilerías o refinerías de petróleo, Yacimientos, etc.) se obtiene el Consumo Neto Total de Derivados de Petróleo.

$$(CNTDP) (BS_{10}DP) = (CFDP) + (CPDP).$$

Los flujos provenientes de otros Centros de Transformación, distintos a las Destilerías de Petróleo, (por ejemplo: fuel oil y diésel oil para generar electricidad; gasolinas para la petroquímica) constituyen el Destino Intermedio (BS<sub>9</sub>DP), que junto con el Consumo Neto (BS<sub>10</sub>DP), originan el Abastecimiento de Derivados de Petróleo (BS<sub>8</sub>DP).

$$(BS_8DP) = (BS_9DP) + (BS_{10}DP)$$

Adicionando el Abastecimiento (BS<sub>8</sub>DP), las Exportaciones (BS<sub>3</sub>DP), lo No Utilizado (BS<sub>4</sub>DP), las Pérdidas (BS<sub>5</sub>DP) y las Variaciones de Existencia (BS<sub>6</sub>DP) y deduciendo las Importaciones (BS<sub>2</sub>DP) se obtiene la Producción de Derivados de Petróleo (BS<sub>1</sub>DP).

$$BS_1DP = BS_8DP + BS_3DP + BS_4DP + BS_5DP + BS_6DP - BS_2DP$$

Como la destilería de Petróleo no es el único centro productor de DP, se debe descontar de la Producción de Derivados de petróleo (BS<sub>1</sub>DP) la proveniente de Otros Centros de Transformación, por ejemplo Petroquímicas (PETR.BS<sub>1</sub>DP), y así puede determinarse el Requerimiento de Derivados de Petróleo de la Destilería, o sea (DEPBS<sub>1</sub>DP).

$$(DEP BS_1DP) = (BS_1DP) - (PETR.BS_1DP)$$

Un Modelo de Destilería, permitiría obtener el flujo de Petróleo Crudo a Procesar (DEP BP<sub>9</sub>PE) que junto con el procesado en otros centros de transformación como las Destilerías Petroquímicas (PETR.BP<sub>9</sub>PE), constituye el Destino Intermedio (BP<sub>9</sub>PE). Este valor es a su vez el Abastecimiento de Petróleo (BP<sub>8</sub>PE) ya que, en general, no resulta conveniente consumir directamente petróleo crudo. O sea que el Consumo Neto de Petróleo (BP<sub>10</sub>PE) es nulo.

$$(BP_9PE) = (DEP BP_9PE) + (PETR.BP_9PE)$$

$$(BP_8PE) = (BP_9PE) + (BP_{10}PE), \text{ pero } BP_{10}PE = 0$$

Adicionando el Abastecimiento de Petróleo (BP<sub>8</sub>PE), las Exportaciones (BP<sub>3</sub>PE); la Variación de Existencias (BP<sub>6</sub>PE); las Pérdidas (BP<sub>5</sub>PE) y el No Utilizado (BP<sub>4</sub>PE) y deduciendo las Importaciones (BP<sub>2</sub>PE), se obtiene la cantidad de Petróleo a Producir (BP<sub>1</sub>PE).

$$BP_1PE = BP_8PE + BP_3PE + BP_4PE + BP_6PE + BP_5PE - BP_2PE$$

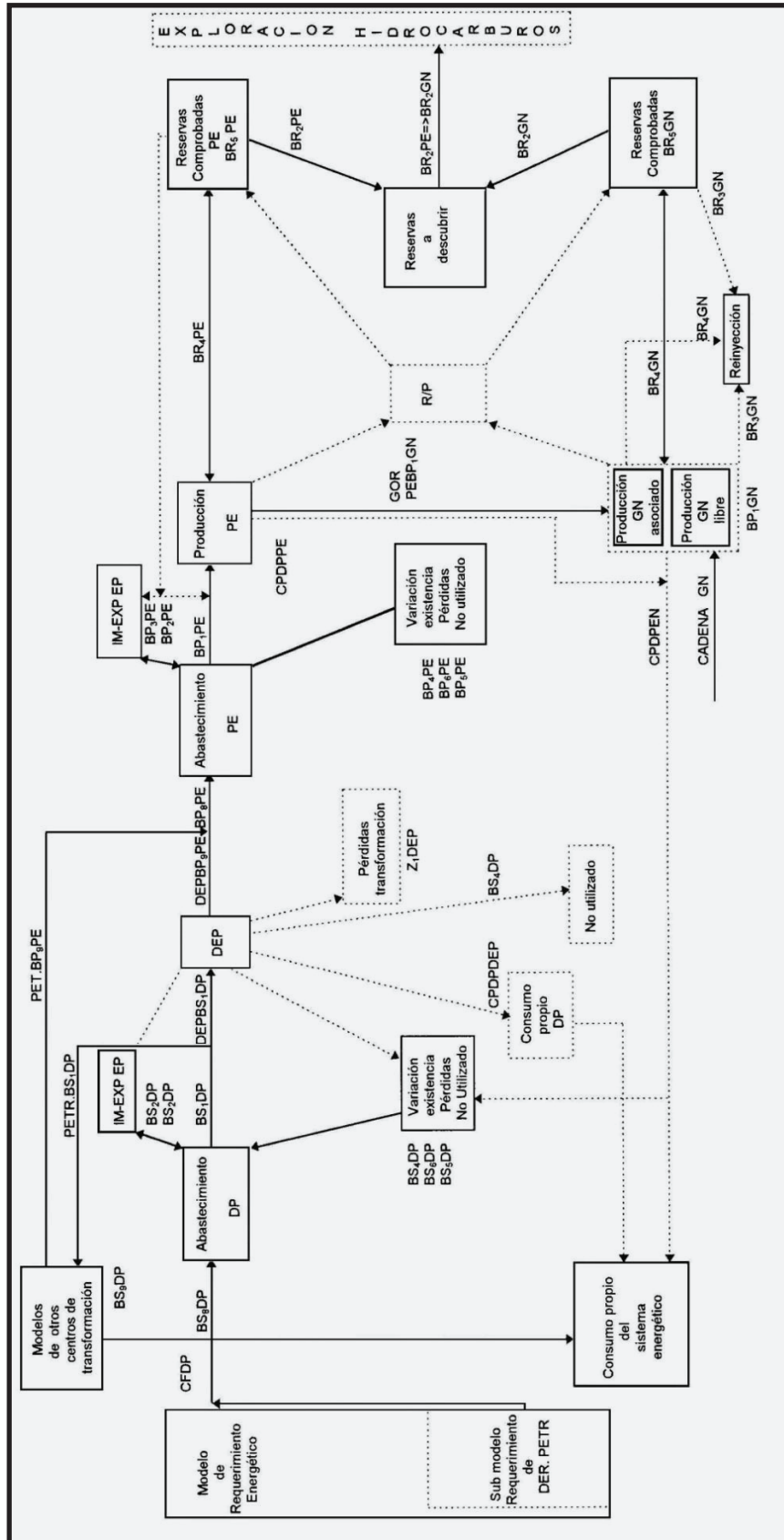
Conocidos (BP<sub>1</sub>PE) y la Relación Gas - Petróleo (GOR)<sup>81</sup> de los yacimientos productores de petróleo, se obtiene la cantidad de Gas Natural Asociado<sup>82</sup> a Producir (PEBP<sub>1</sub>GN).

$$(PEBP_1GN) = (BP_1PE) \cdot (GOR)$$

81 Indica la cantidad de Gas Natural en volumen, que se extrae por unidad de volumen de Petróleo de un Yacimiento. Así, un GOR = 300, indica que por cada m<sup>3</sup> de Petróleo producido se producen 300 m<sup>3</sup> de Gas Natural.

82 Gas Natural Asociado al petróleo, se refiere al gas que se produce del mismo pozo de donde se extrae el petróleo.

Figura V.12: Esquema del subsistema de Petróleo y su conexión con el Gas Natural



Políticas Energéticas	Políticas de Comercialización y Transporte de Derivados	Políticas de Refinación	Políticas de Comercialización y Transporte de Crudo	Políticas de Exploración - Producción de Petróleo
<ul style="list-style-type: none"> <li>- de Sustitución</li> <li>- de Conservación</li> <li>- Política Petroquímica</li> <li>- de Precios y Estructuras Tarifarias</li> <li>- Impositivas</li> <li>- Política Desarrollo Tecnológico</li> <li>- Política Recursos Humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel del Estado</li> <li>- Importación y Exportación de Derivados</li> <li>- Análisis Precios Internacionales de Derivados</li> <li>- Costos de Comercialización y Transporte de Derivados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel del Estado</li> <li>- Importación y Exportación de Crudos</li> <li>- Análisis de Costos y Márgenes de Refinación</li> <li>- Valores de los Derivados en Tanque de Destilería y criterios para apropiarlos</li> <li>- Evaluación de Impactos</li> <li>- Sector Externo de Inversiones</li> <li>- Sobre Industrial Local</li> <li>- Desarrollo Tecnologías</li> <li>- Requerimiento Mano de Obra</li> <li>- Medio Ambiente</li> <li>- Sobre Inversión Pública</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel del Estado</li> <li>- Análisis Mercado Petrolero</li> <li>- Costos de los Crudos en Boca de Pozo</li> <li>- Costos de Transporte</li> <li>- Determinación de las Rentas Diferenciales</li> <li>- Políticas de Precios para los crudos locales y apropiación de la Renta Petrolera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel del Estado</li> <li>- Legislación Petrolera</li> <li>- Análisis del Costo de Agotamiento</li> <li>- Análisis de los Costos de Desarrollo Exploración y Explotación a nivel de cada Yacimiento</li> <li>- Política de Riesgo Mínero</li> <li>- Planificación de la Exploración y el Desarrollo</li> <li>- Criterios sobre Comercialidad de Yacimientos</li> <li>- Evaluación de Impactos (similar a Refinación)</li> </ul>

Fuente: Apunte "Actividades de Abastecimiento". Maestría en Economía y Política Energética y Ambiental (MEPEA) de la Fundación Bariloche y la Universidad Nacional del Comahue.

Códigos de la Figura V.12		Pérdidas de Transformación en Destilerías	
DP	Derivados de Petróleo	Z <sub>1</sub> DEP	
CFDP	Consumo Final	BP <sub>2</sub>	Importación
CP DP	Consumo Propio	BP <sub>3</sub>	Exportación
BS <sub>3</sub> DP	Destino Intermedio	BP <sub>1</sub>	Producción
BS <sub>3</sub> DP	Abastecimiento	BP <sub>4</sub>	No Utilizado
BS <sub>2</sub>	Importación	BP <sub>5</sub>	Pérdidas
BS <sub>3</sub>	Exportación	BP <sub>6</sub>	Variación de Existencias
BS <sub>4</sub>	No Utilizado	F <sub>A</sub>	Factor de Autoabastecimiento
BS <sub>5</sub>	Pérdidas	CPDPPE	Consumo Propio de Derivados Petróleo en Producción Petróleo
BS <sub>6</sub>	Variación de Existencias	CPDPGN	Consumo Propio Derivados Petróleo en Producción Gas Natural
CPDPDEP	Consumo Propio de Derivados de Petróleo de las Destilerías de Petróleo	GOR	Relación Gas-Petróleo
PETR.BS <sub>1</sub> DP	Producción de Derivados de Petróleo en Industria Petroquímica	PEBP <sub>1</sub> GN	Producción de Gas Natural Asociado a Petróleo
BS <sub>1</sub>	Producción	BP <sub>1</sub> GN	Producción Total de Gas Natural
DEPBS <sub>1</sub> DP	Producción de Derivados de Petróleo en Destilerías	R/P	Relación Reservas-Producción
DEP	Destilerías de Petróleo	BR <sub>1</sub> PE	Reservas a Descubrir de Petróleo
PE	Petróleo Crudo	BR <sub>2</sub> GN	Reservas a Descubrir de Gas Natural
PETR.BP <sub>3</sub> PE	Destino Intermedio de Petróleo Crudo a Industrias Petroquímicas	BR <sub>3</sub> GN	Reinyección de Gas Natural
DEPBP <sub>3</sub> PE	Destino Intermedio de Petróleo Crudo a Destilerías de Petróleo	BR <sub>4</sub> PE	Producción de Petróleo
BP <sub>6</sub> PE	Abastecimiento Petróleo Crudo	BR <sub>4</sub> GN	Producción de Gas Natural
Z <sub>1</sub> DEP	Pérdidas de Transformación en Destilerías	BR <sub>5</sub>	Reservas Comprobadas finales

Un razonamiento similar al realizado para llegar desde el Modelo de Requerimientos a la Producción de Petróleo, permitiría también determinar la Producción Total de Gas Natural ( $BP_1GN$ ).

Si a la ( $BP_1GN$ ) se le deduce la producción de Gas Natural Asociado ( $PEBP_1GN$ ) se obtiene la Producción de Gas Natural libre<sup>83</sup> ( $BP_1GNF$ ).

$$(BP_1GNF) = (BP_1GN) - (PEBP_1GN)$$

A partir del dato de Reservas Comprobadas existentes en el año inicial del estudio ( $BR_1PE$ ); de la Producción Futura de Petróleo ( $BR_4PE$ ); y de las Reservas Comprobadas Futuras ( $BR_5PE$ ), se obtiene el valor de las Reservas a Descubrir ( $BR_2PE$ ) entre el año inicial y el futuro del estudio.

$$BR_2PE = BR_5PE + BR_4PE - BR_1PE$$

Para el Gas Natural puede realizarse un razonamiento semejante, teniendo en cuenta que las Reservas a Descubrir de Petróleo ( $BR_2PE$ ) y el GOR estimado para las mismas, permiten deducir los Descubrimientos de Gas Natural Asociado ( $PEBR_2GN$ ).

$$(PEBR_2GN) = (BR_2PE) \cdot (GOR)$$

Para determinar las Reservas a Descubrir de Gas Natural Libre ( $BR_2GNF$ ), se resta de las Reservas Totales a Descubrir de Gas Natural ( $BR_2GN$ ), las Reservas a Descubrir Asociadas a Petróleo ( $PEBR_2GN$ ).

$$(BR_2GNF) = (BR_2GN) - (PEBR_2GN)$$

Conocidos los volúmenes de Reservas a Descubrir, se estiman los planes de exploración, prospección, perforación de pozos, etc. mediante modelos probabilísticos y/o decisiones político-económicas respecto al riesgo minero que se está dispuesto a asumir.

### **Visión preliminar del tipo de oferta hidrocarburífera**

A los efectos de la planificación de la oferta hidrocarburífera es preciso tener en cuenta los distintos actores involucrados en esta etapa de la actividad ya que sus objetivos y/o intereses no siempre son coincidentes y esto genera conflictos.

Se puede entonces identificar a cinco tipos de actores:

- √ los usuarios finales
- √ las empresas refinadoras
- √ las empresas comercializadoras
- √ el organismo político energético y/o el ente regulador
- √ el organismo público recaudador de impuestos u otorgante de subsidios

También deberá tenerse en cuenta en qué tipo de mercado se realizan estas transacciones, así el planeamiento de la oferta será diferente, en base a las características del país que se trate.

<sup>83</sup> Gas Natural Libre, se refiere al gas que se ha separado dentro yacimiento del petróleo, y de estos pozos sólo se produce gas (eventualmente acompañado de alguna baja proporción de condensados).



### Tipos de Mercados en Hidrocarburos

Se pueden distinguir, al menos en América Latina, los siguientes tipos de mercados:

- Monopolio Estatal: Tanto en la etapa de refinación como de comercialización. En estos casos los precios son fijados directamente por el organismo financiero del país o por el organismo energético. Es el caso de Cuba y México.
- Monopolio Estatal en Refinación y Oligopolio Estatal-Privado en Comercialización: Los precios también los fija el Estado. En América Latina esta situación se presenta en Colombia (parcialmente), Costa Rica, Ecuador, Paraguay y Uruguay.
- Oligopolio Estatal-Privado en Refinación y Comercialización: Los precios los fija el Estado. Es el caso de Brasil previo a la reforma petrolera y actualmente el de Colombia.
- Monopolio Privado en Refinación y Oligopolio Privado en Comercialización: Los precios los fija el sector privado previo acuerdo del Estado, es el caso de Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, República Dominicana y Panamá. Casi todos estos países están pasando al grupo siguiente.
- Oligopolio Estatal-Privado en Refinación y Mercado Libre en Comercialización: En el caso de Chile existe un fondo estabilizador o compensador para los precios que percibe ENAP y existe libertad para importar y exportar los derivados. Es decir que existe un Poder Regulador del Estado. En Perú la perspectiva es la libre fijación de los precios. Desde 2000 a la actualidad, Colombia ha evolucionado hacia este modelo, tanto por la privatización de una de sus refinerías, como por la política de “desmonte de subsidios” aplicada en un contexto de equiparación de subsidio al de alejamiento del costo de oportunidad. En ese caso Precio FOB de exportación y mercados de Nueva York. Así, en todos estos casos los precios están en directa relación con los internacionales.
- Oligopolio Privado en Refinación y Ventas: Los precios y el comercio exterior son libres y están Vinculados a los internacionales. El Estado sólo fija los impuestos. En la práctica los precios están determinados por el Oligopolio Refinador-Comercializador. El Estado no tiene ningún poder regulatorio. Era el caso de Argentina hasta 2002 y el de Perú, lo fue el de Bolivia hasta 2006.

Además, los países de la Región pueden clasificarse, de acuerdo a sus principales características de la oferta petrolera, dentro de las siguientes categorías:

- Productores Exportadores de petróleo y sus derivados (por ejemplo: Venezuela, México)
- Productores Importadores y Exportadores de petróleo y sus derivados (por ejemplo: Ecuador, Argentina, Brasil, Colombia, Perú, Trinidad y Tobago)
- Productores Importadores de petróleo y sus derivados (por ejemplo: Chile, Cuba, Guatemala, Bolivia)
- No productores de petróleo y Productores de derivados (Por ejemplo: Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Nicaragua, Uruguay)
- Importadores de derivados, sin producción local de derivados (por ejemplo: Paraguay, Honduras, Panamá)

Por ejemplo, en el caso de los países fuertemente productores y exportadores, la exportación, corresponde a la diferencia entre la proyección de la producción petróleo (en base a las reservas probadas, su declinación y la incorporación de recursos a reservas) y la demanda interna de petróleo (crudo que ingresa a las refinerías para abastecer el mercado interno y posibles exportaciones de derivados). Es decir siempre la oferta de petróleo surge de la proyección de la producción, a la que se le deduce la demanda interna de crudo, para establecer los saldos exportables. Para determinar la demanda de crudo nacional a refinerías se debería aplicar un modelo de simulación de destilerías (ejemplo MESSAGE), que permita a partir de los requerimientos de derivados que surgen de un modelo de prospectiva de la demanda (más algún posible escenario de exportación de derivados), determinar las necesidades de crudo a procesar.

En el caso de los países productores marginales (que a la vez pueden ser importadores o exportadores marginales de crudo), se debería calcular primero la demanda interna de petróleo y luego la producción dependerá de la posibilidad de alcanzar el autoabastecimiento (como por ejemplo Argentina y Brasil) o no. En este último caso la producción dependerá de las hipótesis razonables de evolución de las reservas y la diferencia con la demanda será cubierta con la importación de crudo y derivados de petróleo.

Para los países importadores no productores, hay que distinguir los que tienen o no refinerías y si no la tienen si desean tenerla. Si la poseen, habría que calcular el crudo a procesar con un modelo de simulación de refinerías bajo la condición o no de autoabastecerse de derivados (como por ejemplo Uruguay), de allí surgirá la demanda de crudo requerida por las refinerías.

En el caso de los países importadores de derivados de petróleo, que no poseen refinerías, la demanda de derivados será la oferta asimilada a las importaciones (es el caso de muchos de los países del Caribe y Centro América). Los requerimientos de derivados surgen de un modelo de prospectiva de la demanda.

En lo que respecta al gas natural, los países se podrían caracterizar de la siguiente manera:

- Productores Exportadores de gas natural (como por ejemplo Bolivia, Colombia, Perú y Trinidad Tobago)
- Productores importadores de gas natural (como por ejemplo México, Argentina, Brasil, Chile)
- No Productores Importadores (como por ejemplo Uruguay, República Dominicana)

Al igual que lo mencionado en el caso del petróleo, el planeamiento de la oferta del suministro de gas seguirán las pautas antes señaladas, dependiendo del tipo de caracterización que el país posee en cuanto a abundancia o escasez relativa del recurso.

En el caso de los países importadores que poseen plantas de regasificación de gas natural (ejemplo Chile), la oferta de este recurso estará asociada a los planes de expansión de la plantas de GNL, dado que en lo inmediato no se vislumbra la posibilidad de importaciones a través de gasoductos desde los países vecinos.

### V.5.2. Planificación del abastecimiento de energías renovables

La evaluación de los recursos energéticos renovables presenta desafíos específicos al planificador debido a las características heterogéneas de los flujos de energías renovables, y a una serie importante de restricciones que existen para su aprovechamiento y que tienen esencialmente relación con la distribución geográfica, el acceso y el aprovechamiento de estos recursos. La cuantificación del potencial bruto resulta relativamente sencilla pero ofrece poca orientación en relación al potencial de aprovechamiento real del recurso en un contexto dado, el cual suele ser significativamente inferior al anterior. Por lo tanto, el planificador debe identificar las principales restricciones aplicables a cada recurso energético renovable y su posible evolución en el tiempo, de tal forma de ensayar una cuantificación del recurso que tome en cuenta dichas restricciones. De esta forma se podrá arribar a valores del recurso que sean de utilidad práctica para el proceso de planificación.

Las energías renovables proveen un amplio espectro de formas de energía (electricidad, energía térmica, mecánica, combustibles líquidos, gaseosos, y sólidos) y que abastecen un rango de servicios energéticos cada vez más extenso. La integración de las energías renovables a la matriz energética presenta desafíos especiales al planificador como consecuencia de algunas características que tienden a diferenciarlas de los combustibles fósiles y de la energía nuclear. Estas características ocasionan que la introducción de las energías renovables requiera cambios de diversa magnitud en el sistema energético. Dichos cambios dependen de la tecnología específica, del nivel de penetración de la misma, y de las características del sistema energético, entre otros factores.

Algunos de los aspectos que tienden a diferenciar las energías renovables de otras formas de energía son:

1. **Renovabilidad del recurso.** Las energías renovables se basan en el aprovechamiento de flujos energéticos, en contraste con los stocks energéticos que caracterizan a los combustibles fósiles y a la energía nuclear. La magnitud de estos flujos energéticos es sustancialmente mayor que la actual demanda energética mundial pero su distribución en los países es altamente variable. A pesar de estar asociados a flujos de energía, en algunos casos existe la posibilidad de agotamiento de los recursos renovables a escala local por manejo inadecuado del recurso primario (ej.: biomasa, geotermia).
2. **Variabilidad en la producción de energía en diferentes escalas temporales,** que pueden ir desde los segundos hasta los años. Al estar asociadas a flujos energéticos, las energías renovables pueden catalogarse como: variables y en algún grado impredecibles (solar, eólica); variables pero predecibles (mareomotriz); constantes (biomasa, geotermia); y controlables (biomasa, hidro). Algunas de estas características, unidas a las dificultades asociadas al almacenamiento de la energía, ocasionan un requerimiento de sistemas de back-up o un sobre dimensionamiento del abastecimiento (solar, eólica, mareomotriz). En el caso de la biomasa la disponibilidad del recurso puede tener importantes variaciones estacionales (ej.: caña de azúcar). Esto redundaría en la necesidad de complementar diversos energéticos y/o planificar el almacenamiento de un stock de biomasa o del correspondiente energético que resulta de la conversión de la misma. La disponibilidad de algunos recursos renovables puede verse afectada por el cambio climático (hidro, biomasa).
3. **Baja densidad energética en relación a los combustibles fósiles.** Esta es una característica intrínseca de la mayor parte de los recursos renovables primarios y se refleja en grandes áreas de captación e infraestructura para la conversión del recurso en energía secundaria (ej.: solar, eólica). La conversión en energéticos de similar densidad energética a la de los combustibles fósiles (ej.: diesel sintético derivado de la biomasa) se realiza a expensas de una baja eficiencia del proceso en su conjunto. Este aspecto tiene incidencia en los impactos y el costo de inversión.
4. **Modularidad y amplia escala de aplicación en términos de potencia.** Algunas de estas tecnologías presentan posibilidad de aplicación desde la escala de los watts hasta los cientos de MW.

5. **Distribución geográfica de los recursos.** Limitación o imposibilidad de su transporte, importación y exportación sin conversión energética mediante. Ello implica que los recursos primarios deban ser aprovechados o convertidos in situ. La distribución geográfica de los recursos abre la posibilidad de su aprovechamiento mediante diversos esquemas: centralizado, distribuido, o aislado. En el caso de la generación centralizada de electricidad ello requiere la interconexión y la transmisión de la energía eléctrica hasta los centros de demanda, en algunos casos a través de grandes distancias y con un costo significativo. En el caso de la generación aislada, las energías renovables pueden jugar un rol muy importante para lograr una mayor seguridad de abastecimiento y el acceso acelerado a la energía por parte de una fracción importante de la población rural, contribuyendo de esta forma al desarrollo económico y social.
6. **Costo y madurez tecnológica.** Algunas tecnologías renovables han alcanzado un importante grado de madurez tecnológica y de difusión comercial pero muchas otras aún se encuentran en diversas etapas de desarrollo pre-comercial. Incluso las tecnologías más maduras como la energía eólica de alta potencia o la energía fotovoltaica no dejan de evolucionar y presentan diversas sub-tecnologías que comparten el mercado. El costo de la energía renovable ha ido decreciendo pero en muchos países aún es superior al precio de la energía, requiriéndose incentivos económicos y financieros de diversa índole para fomentar su penetración. A pesar de ello existen algunas situaciones y aplicaciones donde la energía renovable ya es competitiva.
7. **Impacto ambiental y sustentabilidad.** Las energías renovables presentan impactos que son diferentes cuantitativa y cualitativamente de los correspondientes a las energías convencionales. Los impactos que se hayan distribuido a lo largo de toda la cadena y ciclo de vida del sistema energético, cobrando especial importancia la fabricación e instalación de los sistemas. En términos generales, los impactos asociados a la operación de los sistemas son específicos, y sus emisiones de gases de efecto invernadero son inferiores a las de las energías fósiles, con excepción de ciertas cadenas de producción de las energías de la biomasa bioenergías. Teniendo en cuenta estas características, la consideración de las externalidades ambientales de los sistemas energéticos durante el proceso de planificación podría ser un incentivo para favorecer la inserción de las energías renovables en la matriz energética.

Como se mencionó anteriormente, estas características no son universales. Tecnologías como la hidroelectricidad, la geotermia de alta entalpía, o incluso las termoeléctricas en base a biomasa tiene muchas similitudes con las centrales termoeléctricas convencionales, por lo que su incorporación al sistema eléctrico en general no presenta nuevos desafíos. Por otra parte, la variabilidad de la generación solar y eólica hace que la interconexión masiva de estas centrales requiera un rediseño del sistema eléctrico para mantener adecuados estándares de calidad y confiabilidad de suministro. En términos generales, la integración masiva de las energías renovables al sistema energético es técnicamente factible pero puede redundar en mayores costos. La escala de la penetración resulta por tanto importante para determinar la profundidad del análisis que se debe realizar previa a la incorporación de las energías renovables a la matriz energética para evaluar sus posibles impactos sobre el sistema en su conjunto. El umbral a partir del cual debe profundizarse este análisis es relativo a cada sistema energético y no es estático en el tiempo, dependiendo entre otros factores de:

- **Estructura del sistema energético por tipo de energía.** Por ejemplo, una mayor proporción de centrales hidro, o termoeléctricas de rápida respuesta permitiría una mayor incorporación de centrales solares y eólicas.
- **Distribución geográfica de los generadores renovables conectados a una misma red eléctrica.** Una mayor dispersión geográfica de los generadores permite reducir la variabilidad en la generación del conjunto por variación en los regímenes de viento e insolación. Cuanto más amplia la zona geográfica considerada, mayor puede ser este efecto.
- **Interconexión con otros países.** La interconexión con los sistemas eléctricos de otros países que puedan absorber una parte de la variabilidad del recurso (ej.: con alta proporción de centrales hidro) permite incrementar la penetración de las renovables variables
- **Complementariedad entre recursos energéticos y con la demanda energética.** La complementariedad entre recursos energéticos y con la demanda puede facilitar la inserción de energías renovables variables en la matriz energética.
- **Características específicas de las tecnologías renovables incorporadas.** Las tecnologías eólicas son diversas y han evolucionado para ofrecer mejores capacidades de soporte de la red y seguridad ante la salida de servicio de los generadores o ante variaciones en las características de la señal eléctrica.
- **Sistema de control y despacho de generadores.** Sistema avanzado de pronóstico de recursos renovables. (ej.: reducción del tiempo entre la planificación del despacho y el despacho real (*jateclorure time*), monitoreo online de generadores renovables, recolección online e interpretación de datos de red meteorológica nacional para obtener pronósticos más precisos y con mayor anticipación).
- **Almacenamiento de la energía generada.** Desarrollo de sistemas económicos de almacenamiento de energía térmica o eléctrica a diversas escalas (ej.: almacenamiento de calor en centrales termosolares).

La variabilidad en la producción de energía de algunas de las tecnologías renovables implica que para cubrir elevados porcentajes de la demanda energética en base a las mismas pueda ser necesario recurrir al sobre dimensionamiento de los sistemas para los momentos en los que el recurso es bajo. Por otra parte, restricciones asociadas principalmente al costo de inversión y a la necesidad de cumplir con niveles adecuados de seguridad de suministro ocasiona que se trate de evitar el sobre dimensionamiento de los sistemas. Aquí se debe realizar una distinción entre los sistemas aislados y aquellos que tienen acceso a una red confiable de suministro (eléctrico o de otros energéticos), y también entre aquellos usos que deben tener una alta confiabilidad de suministro y aquellos que podrían quedar sin abastecimiento en forma temporal. En sistemas aislados que requieren una elevada seguridad de suministro (ej.: puestos sanitarios, telecomunicaciones), se sobredimensiona el almacenamiento en sistemas renovables o se instala un sistema convencional de respaldo. En sistemas con acceso a redes adecuadas de suministro prima en la planificación la complementariedad entre energías renovables y convencionales. Como ejemplo, los sistemas solares para calentamiento de agua en general se conciben para complementar sistemas convencionales en base a combustibles líquidos, electricidad, o leña. Sin embargo, en algunos casos de sistemas interconectados de baja escala, como la generación eléctrica distribuida residencial con energía fotovoltaica, la magnitud de la generación puede ser significativa en relación a los requerimientos del hogar. En este caso la seguridad de suministro está garantizada por la interconexión, y el costo de la inversión se justifica mediante incentivos y la venta de energía a la red.

Por todo lo dicho anteriormente, las energías renovables presentan una gran diversidad de situaciones a las que se debe enfrentar el planificador. Ello implica que la inserción de cada tecnología renovable en determinada aplicación debe ser evaluada en forma específica y atendiendo al contexto en el que se inserta, no pudiendo en general extrapolarse sin adaptación experiencias exitosas desarrolladas en otros países o incluso en el mismo país pero con diferentes tecnologías.

## V.6. Recursos

### V.6.1. Cuantificación de los recursos energéticos primarios

#### *Petróleo y gas natural*

La industria hidrocarburífera<sup>84</sup> ha avanzado significativamente. Sin embargo no se ha aun desarrollado una técnica o tecnología que permita desde la superficie dar certeza de la existencia de hidrocarburos en el subsuelo. La única manera de garantizar su existencia es a partir de las perforaciones de pozos.

Por lo tanto, la industria conlleva un riesgo intrínseco que la caracteriza, denominado riesgo minero. Este es uno de los principales rasgos que define a la industria de los hidrocarburos como una actividad de riesgo, donde como recompensa existe una renta asociada al mismo.

Dicha característica, resulta ser uno de los principales problemas a enfrentar por parte del planificador energético. Entre otras preguntas que el planificador debe responder se destacan las siguientes:

- √ ¿Cuánto recurso existe?
- √ ¿Qué parte de ese recurso se podrá convertir en reserva?
- √ ¿Qué esfuerzo exploratorio deberá realizarse para satisfacer los requerimientos?
- √ ¿Cuánto se puede extraer técnicamente y económicamente?

El grado de incertidumbre, sobre estas interrogantes podrá ser acotado, mediante la elaboración de matrices que permitan la clasificación de reservas y recursos. A continuación se describirán cada uno de los componentes que forman parte de dicha matriz,

#### Criterios para la Clasificación de Recursos y Reservas

**Recursos:** Se entiende como tal a aquellas zonas del subsuelo que por inferencia geológica poseen algún tipo de hidrocarburo. No todo el recurso puede a veces ser extraído, ya sea por su incertidumbre geológica o por cuestiones económicas, por lo tanto sólo una porción de éste puede convertirse en Reserva. Existe además una parte del recurso que es no recuperable (por más que mejore la certidumbre geológica o las condiciones económicas). A éste se lo denomina No recurso. Ejemplo: el petróleo irreductible por capilaridad que queda en la roca reservorio, es No recurso. Esto limita a un cierto porcentaje el volumen de recurso potencialmente extraíble.

**Reservas:** Es una porción de los recursos, la cual bajo las actuales condiciones económicas y dada su certidumbre geológica, puede ser extraída en el tiempo. Se presentarán más adelante distintas sub-categorías que componen las reservas.

84 Se refiere al petróleo y gas natural.

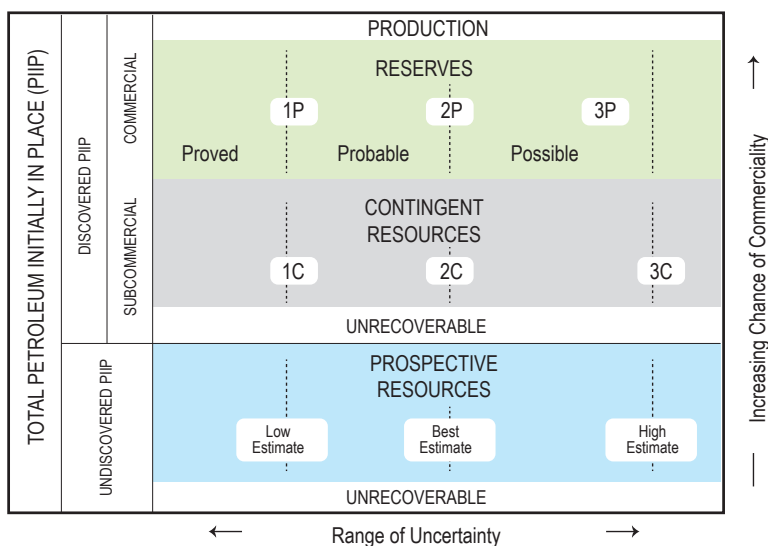
## Matriz de Recursos y Reservas

Como se ha visto, existen dos parámetros importantes que permitirán caracterizar a los recursos y las reservas, estos son: el grado de certidumbre geológica y el grado de factibilidad económica.

Considerando estos dos elementos, en el año 1964 el geólogo estadounidense Vincent McKelvey, elaboró una matriz que lleva su nombre, la que permite clasificar los recursos.

La Sociedad de Ingenieros en Petróleo (SPE) y el World Petroleum Congress (WPC), fueron actualizando los conceptos que componen dicha matriz, entre otras cuestiones debido a que la Securities and Exchange Commission (SEC), de la Bolsa de Valores de Nueva York, utiliza las categorías aquí definidos para informar a los accionistas las reservas con las que cuentan la empresas que cotizan en bolsa (la SEC sólo considera como reservas a las que se encuentran bajo la categoría de Probadas). En el año 2007 se hizo la última revisión de dicha matriz, quedando así conformada:

**Figura V.13: Matriz de McKelvey, actualizada a 2007**



Fuente: adaptada de McKelvey, V.E. 1972. "Mineral Resource Estimates and Public Policy."

Aquí puede observarse que los hidrocarburos inicialmente in situ, se dividen en Reservas, Recursos Contingentes y Recursos Prospectivos.

Bajo el concepto de reservas se encuentran tres sub-categorías: probadas, probables y posibles. A continuación se presentan sus definiciones:

- ✓ **Reserva Probada:** Cantidad de petróleo o gas natural recuperable económicamente del volumen in situ<sup>85</sup> de un yacimiento comprobado con la tecnología existente al momento de la estimación. En el caso del gas natural debe distinguirse entre gas asociado, gas de yacimientos de condensado y gas libre. Este concepto de reserva probada es el que se vuelca en el balance de estados contables de las empresas. La información de reservas probadas se obtendrá en la empresa petrolera.
- ✓ **Reserva Probable:** Cantidad de petróleo o gas natural recuperable económicamente del volumen in situ de un yacimiento que se estima será descubierto, con un grado apreciable de certeza, y con la tecnología existente al momento de la estimación.
- ✓ **Reserva Posible:** Cantidad de petróleo o gas natural recuperable económicamente del volumen in situ de un yacimiento, que se estima será descubierto con un bajo grado de certeza, y con la tecnología existente al momento de la estimación.

Cabe destacar que de las tres sub-categorías que conforman las Reservas, las Probadas se refieren a hidrocarburos ya descubiertos y comprobados, mientras que las Probables y Posibles, se refieren a hidrocarburos ya descubiertos pero no comprobados (hay inferencias geológicas acerca de su existencia). Además las tres sub-categorías de reservas se encuentran bajo la categoría de comerciales, ya que los precios y costos al momento de su estimación hacen factible su extracción en condiciones económicas.

Como 1P, se define a las Reservas Probadas; 2P, se define la suma de Probadas más Probables y 3P, se define como la suma de Probadas, Probables y Posibles.

<sup>85</sup> Volumen in situ: es la cantidad total de Petróleo o Gas Natural contenido en la roca reservorio de un yacimiento.



En cuanto a los Recursos Contingentes, éstas son concentraciones de hidrocarburos que se hayan descubiertas, pero las condiciones actuales de mercado o la falta de infraestructura para su extracción no permite incluirlos como reservas (son sub-comerciales), y los Recursos Prospectivos, son aquellos que aún no se han descubierto, pero las condiciones geológicas detectadas, permiten inferir su existencia.

Por último, bajo la categoría No Recuperable, se engloba el volumen de hidrocarburos que anteriormente eran denominadas (en la primera versión de la matriz), como No Recurso.

### Metodología para elaborar la matriz de Recursos y Reservas

A los efectos de desarrollar la planificación del sector hidrocarburos, un primer paso a llevar a cabo será la elaboración de dicha matriz. Para ello es necesario disponer de información de reservas y recursos, la que debe ser suministrada por los Ministerios, Secretarías o Agencias encargadas del desarrollo y promoción de la industria hidrocarburífera y/o las empresas que tienen a su cargo la exploración y/o explotación de las áreas.

La información referida recursos contingentes y prospectivos debe ser obtenida ya sea con estudios de campo (prospectiva, pozos estratigráficos, testigos corona, estudios de inferencia geológica, etc.), solicitados por el organismo que tienen a su cargo la planificación del sector y/o realizar consultas en la bibliografía internacional, referidas a estimaciones de los recursos hidrocarburíferos del país. Este último tipo de información es proporcionada por el USGS (United States Geological Survey), en su informe Model for Undiscovered for conventional oil, gas and NGL Resources. La última edición del mismo corresponde al año 2000 (para el año 2013 se ha anunciado una nueva edición actualizada), o por la Energy Information Administration de los Estados Unidos, en su informe denominado World Shale Gas and Shale Oil Resources Assessment.

### Ejemplo. El caso argentino

Para llevar a cabo el presente ejemplo, fueron consultadas las bases de datos de la Secretaría de Energía de la República Argentina, en las que se detallan las reservas al 31/12/11 en sus diferentes sub-categorías. Estas fueron complementadas con el estudio denominado: Model for Undiscovered for conventional oil, gas and NGL Resources- año 2000, junto a publicaciones del USGS que permitieron identificar los recursos contingentes y prospectivos, en términos de hidrocarburos convencionales<sup>86</sup>.

**Tabla V.1: Matriz de Recursos y Reservas de Argentina**

	Petróleo Convencional	Gas Natural Convencional	Total	
Reservas Probadadas	394	333	727	31%
Reservas Probables	132	137	269	12%
Reservas Posibles	101	156	257	11%
Recursos Contingentes y Prospectivos	151	921	1,072	46%
Total (millones m <sup>3</sup> eq. petróleo)	778	1,547	2,324	
Total (%)	33%	67%		

Fuente: N. Di Sbroiavacca, elaborado en base a EIA, USGS y Secretaría de Energía Argentina.

Como se puede apreciar, quedaría en el subsuelo argentino más gas natural que petróleo. Se observa que a nivel de recursos contingentes y prospectivos, queda aún bastante por descubrir y poner en producción en el caso de gas natural. Por su parte, dado que el país se encuentra en los últimos años con un importante faltante de dicho energético, sería recomendable (a partir de lo observado en la matriz), implementar campañas de prospección y exploración en las áreas más promisorias para identificar ese recurso y considerar la conveniencia de propiciar la búsqueda y extracción de gas natural, vía la política de precios y/o con mejores condiciones fiscales.

<sup>86</sup> Corresponde a una clasificación de hidrocarburos, donde se engloba a aquellas acumulaciones presentes en el subsuelo ya sea de petróleo o gas natural, que son extraídos con las técnicas usuales, sin requerir de otros procesos de extracción especiales, que por lo general los hacen más costosos (ejemplo: hydrofracking: técnica que consiste en realizar pozos horizontales junto a múltiples fracturas hidráulicas).



El proceso de planificación no es estático, sino dinámico, por tanto, éste deberá actualizar periódicamente la información de dicha matriz A modo de ejemplo acerca de la dinámica que presenta el tema, recientemente fue publicado por el Energy Information Administration un informe denominado: World Shale Gas and Shale Oil Resources Assessment (Junio de 2013). En este documento se presentan estimaciones sobre los recursos hidrocarburíferos no convencionales<sup>87</sup> para 41 países.

Considerando la información allí presentada, Argentina sería uno de los países con mayor potencial de hidrocarburos no convencionales en el mundo. En base a los datos de dicho informe, fue elaborada la siguiente matriz de recursos y reservas de Argentina, considerando tanto los hidrocarburos convencionales como los no convencionales.

**Tabla V.2: Matriz de Recursos y Reservas de Argentina, al 31/12/11 en millones de m<sup>3</sup> equivalentes de petróleo**

	Petróleo Convencional	Petróleo No Convencional	Sub-Total	Gas Natural Convencional	Gas Natural No convencional	Sub-Total	Total
Reservas Probadas	394	4,285	394	333	21,659	333	727
Reservas Probables, Posibles y Recursos Potenciales	384		4,669	1,214		22,873	27,542
Total (millones m <sup>3</sup> eq.petróleo)	778	4,285	5,063	1,547	21,659	23,206	28,268
Total (%)	3%	15%	18%	5%	77%	82%	

Fuente: N. Di Sbroiavacca, elaborado en base a EIA, USGS y Secretaría de Energía Argentina.

En base a la información de dicha tabla, se aprecia que los hidrocarburos convencionales, representan el 8% (3% en petróleo y 5% en gas natural), de los recursos totales del país, mientras que los no convencionales el 82% restante. Este nuevo escenario está modificando en la actualidad los procesos de toma de decisión en el ámbito petrolero del país y debe tomar nota de ello el planificador, a fin de generar las condiciones que propicien el desarrollo de los mismos y tener en cuenta como modificarán esas decisiones la disponibilidad futura del recurso.

### **Carbón mineral**

La cuantificación del recurso carbonífero de un país de basa en criterios geológicos, mineros y económicos. La cantidad de carbón in situ de un país, y en algunos casos la cantidad de carbón explotable, está influenciado por los criterios nacionales de medición de los recursos. Los fundamentos para contabilizar estos recursos varían de país en país y por lo tanto, muchas veces las comparaciones directas en cuanto a la dotación de recursos entre países no es posible.

**Recursos:** se refiere a la cantidad de carbón mineral que puede estar presente en el depósito o yacimiento de carbón. Este concepto no tiene en cuenta la factibilidad económica de su extracción. No todos los recursos son recuperables utilizando la tecnología actual. Las reservas constituyen entonces aquellos recursos que son recuperables.

**Reservas:** éstas pueden ser subdivididas entre **Probadas** (o medidas) y **Probables** (o indicadas), basada esta división en los resultados de la exploración y el grado de confianza de esos resultados. Las reservas probadas son por lo general estimadas con un mayor grado de confianza que las probables.

Al carbón mineral, bajo el cual se agrupa una variedad de combustibles orgánicos sólidos, por conveniencia se lo divide en dos subcategorías, las cuales a su vez tienen otras dos subcategorías que lo componen, que de acuerdo a la Agencia Internacional de la Energía son las siguientes:

- √ Hulla (Hard Coal)
  - o Antracita
  - o Carbón Bituminoso
    - § Carbón para Coqueo
    - § Otros carbones bituminosos
- √ Lignito (Brown Coal)
  - o Carbón Sub-bituminoso
  - o Lignito

<sup>87</sup> En dicho informe sólo se ha realizado una estimación de los recursos de hidrocarburos no convencionales, correspondientes sólo al shaleoil y shale gas (hidrocarburos extraídos de rocas madre compactas del tipo arcillas o esquistos), sin considerar los hidrocarburos del tight (hidrocarburos no convencionales contenidos en rocas compactas tipo areniscas y carbonatos).

La hulla, de acuerdo a la International Coal Classification of Economic Commission for Europe (UN/ECE), es aquel carbón cuyo poder calorífico superior no es menor a los 5.700 kcal/kg, mientras que el Lignito posee un poder calorífico superior menor a los 5.700 kcal/kg.

La hulla se calcula como la suma de la antracita y el carbón bituminoso.

La antracita por su parte, es una hulla de alto rango, usada principalmente para usos calóricos en la industria y el sector residencial. El carbón bituminoso es una hulla de rango medio. Este se divide en carbón para coque, usado para la producción de coque industrial (que luego irá al alto horno para producir acero) y en el residencial en usos calóricos. Los otros carbones bituminosos, se usan principalmente para usos térmicos y en la generación de vapor (en general asociados a la generación de electricidad).

Por su parte, el lignito se calcula como la suma del carbón sub-bituminoso y el lignito propiamente dicho.

El carbón sub-bituminoso posee un poder calorífico superior entre 4.165 y 5.700 kcal/kg, mientras que el lignito posee un poder calorífico superior menor a 4.165 kcal/kg.

Es importante destacar que el *oilshale* que se obtiene a partir de procesos mineros y que luego es quemado directamente, se considera como lignito, mientras que el *shaleoil* es considerado con los hidrocarburos (dentro de los no convencionales).

El planificador, debería en el caso del carbón mineral, seguir criterios similares a los presentados en el caso de los hidrocarburos para identificar para el año base la dotación de recursos y reservas del país, teniendo en cuentas las categorías y sub-categorías antes expuestas.

### **Biomasa**

Ésta se encuentra compuesta por los siguientes tipos de biomasa. Fundación Bariloche (2013b):

- √ Leña (LE): madera en bruto de los troncos y ramas de los árboles destinadas a ser quemadas para cocinar, acondicionar ambientes, calentar agua, o para la producción de vapor o energía eléctrica. Las plantaciones pueden ser bosques naturales o bosques implantados.
- √ Cultivos Energéticos (CE): son aquellos destinados a la obtención de productos energéticos. Por ejemplo la caña de azúcar, soja, colza, palma y similares; plantados con el objeto de producir energía (etanol, metanol, biodiesel, etc.). Es decir, el mismo tipo de cultivo destinado a la producción de alimentos o insumos industriales no se considerará un Cultivo Energético. Las plantaciones forestales se incluirán dentro de Leña.
- √ Residuos de Biomasa (RB): son los generados en las actividades agrícolas, agroindustriales, forestales y urbanas, juntamente con el estiércol del ganado, siempre que se los pueda utilizar energéticamente.
  - Residuos Agrícolas: comprende a los rastrojos de los cultivos agrícolas y los residuos de poda de cultivos frutales.
  - Residuos Pecuarios: son el estiércol generado por la población animal (caballos, vacunos, porcinos, aves, ovinos, camélidos, otros).
  - Residuos Agroindustriales: materia orgánica que se genera en la agroindustria, cuando materias primas agrícolas son sometidas al proceso de industrialización. Ej.: cáscaras, pulpas, lejías, bagazo, carozos, etc.
  - Residuos Forestales: son aquellos generados en la extracción y procesamiento de madera de los bosques naturales o implantados como ramas, Virutas, costaneros, aserrín y raíces.
  - Residuos Urbanos: son los materiales potencialmente combustibles derivados de la biomasa (papeles, cartones, etc.) desechados como basura en las actividades de las poblaciones urbanas.

### **Leña**

Esta fuente puede analizarse como un flujo o como un stock. El “recurso” renovable es en este caso sustentado por la tierra, donde se pueden plantar especies forestales y donde las mismas crecen, incluso en los bosques naturales. Es decir que se verifica un “Potencial anual de producción de masa forestal energética”, expresada en general en t/ha. Pero también puede considerarse el “stock” de masa forestal energética (en t) que existe en un territorio dado y en un año dado, como el equivalente a una “Reserva de masa forestal”. A continuación se detallarán ambos enfoques.

a) **Como stock (Reservas)**

Recurso Forestal Bruto Total (RFBT):

$$\text{RFBT} = \sum_j (\text{hectáreas totales})_j \times (\text{t/ha})_j = \dots \dots \dots [\text{t}]$$

Este concepto incluye la masa forestal de todas las especies, siendo j las especies. Se dice que RFBT es igual al producto de las hectáreas totales de bosque (sea natural o plantado) multiplicadas por el rendimiento en toneladas de madera por hectárea de cada especie j.

Recurso Forestal Energético Bruto (RFEB):

$$\text{RFEB} = \sum_i (\text{hectáreas totales de especies energéticas})_i \times (\text{t/ha})_i \times (\text{kcal/t})_i = \dots \dots \dots [\text{kcal}]$$

Este concepto se refiere exclusivamente a las especies forestales con finalidades energéticas (i). Es decir, aquellas aptas para obtener Leña, Carbón Vegetal, gas de gasógeno, etc. El valor del RFEB se obtiene en kcal conocido el Poder Calorífico Inferior de las especies forestales energéticas

Recurso Forestal Energético Extraíble (RFEE):

$$\text{RFEE} = \sum_i (\text{hectáreas totales especies energéticas extraíbles})_i \times (\text{t/ha})_i \times (\text{kcal/ton})_i = \dots \dots \dots [\text{kcal}]$$

De las especies forestales j ó i aptas para ser consideradas energéticas, una parte de ellas no puede o no debe considerarse como utilizable por restricciones tecnológicas, medioambientales y otras:

- √ Inaccesibilidad: las especies están fuera del alcance de los medios de extracción disponibles.
- √ Parques Nacionales y Reservas: las especies se encuentran en zonas vedadas para su extracción.
- √ Protección de erosión del suelo y cuencas hídricas: las especies son protectoras de los ecosistemas y les confieren estabilidad.
- √ Otras restricciones

Entonces las especies l son aquellas que superan las restricciones anteriores.

Recurso Forestal Energético Económicamente Extraíble (RFEEE):

Es el RFEE que es a su vez económicamente extraíble. Es decir, que los costos de extracción, rodeo y acondicionamiento de la masa forestal no superan los beneficios que de su utilización se derivan.

Este concepto equivale al de una Reserva y es el que debe incorporarse al Balance. En este caso a la Leña se la analiza como un stock y no como un flujo.

b) **Como Flujo (Potencial)**

Potencial Anual de Extracción (PAE) [t/año] o Productividad Promedio:

La superficie forestal correspondiente a la que se denomina RFEEE, genera anualmente un volumen de masa forestal en t/ha-año. Estas [t/ha-año] multiplicadas por las hectáreas de dicha superficie forestal, permiten obtener el (PAE) en [t/año]. Este valor se puede expresar también en [kcal/año].

Producción Anual (PA) [t/año]:

Es la cantidad de masa forestal energética producida (o sea extraída) por año en un espacio dado (provincia, región, país). También puede expresarse en [kcal/año].

Explotación Minera del Recurso Forestal:

Cuando:  $PAE < PA$ , se dice que el bosque se explota como una mina. O sea, como si se tratara de un recurso No Renovable, ya que con ese ritmo al cabo de  $t$  años la masa forestal desaparecería.

Potencial como Reserva (P):

Para calcular la "Reserva" de Leña, a partir del Potencial Anual de Extracción (PAE) se procede del modo siguiente:

$$P = PAE [t/año] \times \text{Edad media especies [años]} = \dots [t]$$

También se puede expresar en [kcal] con el PCI [kcal/t]. En forma simplificada se puede calcular P con la PA.

**Cultivos Energéticos**

Los cultivos energéticos corresponden a flujos anuales de materias primas que se pueden tratar con la metodología descrita para un flujo anual de leña donde  $PA \leq PAE$ .

Los Conceptos:

Potencial Bruto Total (PBT):

Equivale a toda la producción del cultivo energético generada en un año (ej.: poroto de soja o caña de azúcar)

Potencial Bruto Energético (PBE):

Se refiere a la parte del PBT que puede utilizarse energéticamente. Es decir que del PBT debe deducirse la parte del cultivo que se emplea, o es conveniente que se emplee, como materias primas, como alimento animal, etc.

Potencial Energético Económico (PEE):

Es la parte del PBE que técnica y económicamente sería utilizable energéticamente. Es decir, aquella cuyo costo de recolección, almacenamiento, acondicionamiento, transporte y transformación resulta técnica y económicamente conveniente.

El valor de la "Reserva" a volcar en el Balance se deduce a partir del PEE, del modo siguiente:

La Reserva Inicial =  $R_i$ :

$$R_i = PEE_i [t/año] \times \text{Vida útil (años)}$$

Los criterios para determinar la Vida útil dependen de cada tipo de cultivo energético:

- ✓ Para los Cultivos plurianuales es función de la Vida media de las especies. Por ejemplo, 15 años para la palma aceitera.
- ✓ Para los Cultivos anuales es función del número de años en que se agotaría la tierra donde se cultivan, si se sembrara ininterrumpidamente dicho cultivo.

**Residuos de Biomasa**

Los conceptos:

Potencial Bruto Total (PBT):

Equivale a toda la producción de RB generada en un año.

**Potencial Bruto Energético (PBE):**

Se refiere a la parte del PBT que puede utilizarse energéticamente. Es decir que del PBT deben deducirse los RB que se emplean, o es conveniente que se empleen, como materias primas, como fertilizantes orgánicos, como alimento animal, para mantener las capas fértiles del suelo y/o para sostener el ecosistema.

**Potencial Energético Económico (PEE):**

Es la parte del PBE que técnica y económicamente sería utilizable energéticamente. Es decir, aquellos residuos cuyos costos de recolección, almacenamiento, acondicionamiento, transporte y combustión resultan técnica y económicamente convenientes. El valor de la "Reserva" a volcar en el Balance se deduce a partir del PEE, del modo siguiente:

La Reserva Inicial =  $R_i$ :

$$R_i = PEE_i [t/año] \times \text{Vida útil (años)}$$

Los criterios para determinar la vida útil dependen de cada tipo de RB y se define en forma relativamente arbitraria:

- ✓ Para los Residuos Forestales es función de la Vida media de las especies forestales. Por ejemplo 20 años.
- ✓ Para los Residuos Agrícolas es función del número de años en que se agotaría la tierra donde se cultivan, si se sembrara ininterrumpidamente dicho cultivo. Por ejemplo 5 años.
- ✓ Para los Pecuarios es función de la Vida útil de la especie animal de que se trate. Ej.: 10 años para caballos; 5 años para porcinos; y 8 años para bueyes.
- ✓ Para los Agroindustriales es función de la Vida útil del establecimiento. Ej.: 30 años

La Reserva Final =  $R_f$ : se estima igual que la  $R_i$ , pero para el período final. Los  $PEE_{final}$  se calculan como los  $PEE_{inicial}$ . Los Descubrimientos se obtienen por cálculo:  $Desc = R_f - R_i$

**Energía hidráulica**

Definición:

Energía Hidráulica (HE): Es la proveniente de un curso de agua ya sea para generar electricidad en una central o para accionar bombas, molinos, ruedas, etc.

Los conceptos:

**Potencial Teórico Bruto (PTB):**

Es la energía y potencia obtenibles teóricamente de todos los flujos y caídas de agua existentes en un sistema si fueran turbinados con una eficiencia del 100% hasta el nivel del mar o hasta el límite con otros países.

**Potencial Técnicamente Equipable (PTE):**

Es la parte del PTB que puede captarse a través del equipamiento técnicamente realizable.

**Potencial Económicamente Equipable (PEE):**

Es el que resulta conveniente aprovechar por sus costos y con la tecnología disponible. Este es el concepto que se utiliza para completar el Balance de Reservas. Estos datos se encuentran disponibles en las empresas eléctricas y se obtienen en energía [GWh/año] y en potencia garantizada [MW].

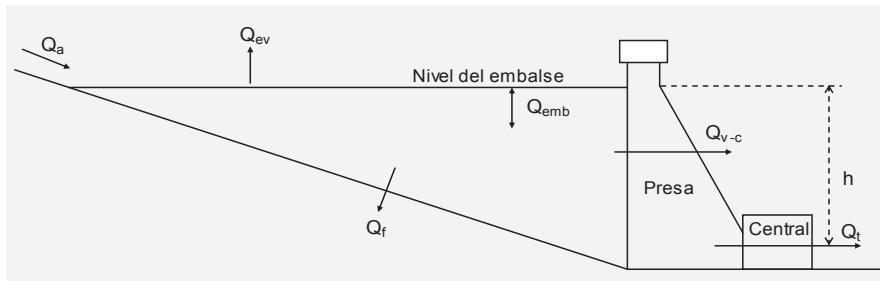
Para obtener la "Reserva" se multiplica el PEE por la Vida útil de las Centrales, o sea

$$R_i = PEE \text{ (GWh/año)} \times \text{Vida útil [años]}$$

En general, se toman 30 años a 50 años como Vida útil. Los valores en kcal se obtendrán empleando el coeficiente teórico de la Electricidad (860 kcal/kWh) o el coeficiente de equivalencia del equipamiento térmico, por ejemplo 2500 (kcal/kWh).

### Balace de Energía Primaria para la Energía Hidráulica

En la figura siguiente se muestra un corte simplificado de una Central Hidroeléctrica con embalse.



Dónde:

- $Q_a$ : Caudal medio anual de aporte del río [ $m^3/s$ ]
- $Q_t$ : Caudal medio anual turbinado ( $m^3/s$ )
- $Q_{emb}$ : Caudal medio anual equivalente correspondiente a la variación del volumen de agua del embalse
- $Q_{ev}$ : Caudal de evaporación medio o anual equivalente, correspondiente al volumen de agua evaporada en el embalse
- $Q_f$ : Caudal de filtración, es el caudal medio anual perdido por filtración en el embalse
- $Q_{v-c}$ : Caudal derramado, es el caudal medio anual computado sobre año calendario, descargado por el vertedero y la compuerta
- $h$ : Nivel de embalse, tiene el carácter de una cota media anual sobre el nivel del mar entre el nivel del embalse y el eje de la turbina.

Los caudales  $Q_{emb}$ ,  $Q_{ev}$ ,  $Q_f$ , no se conocen directamente y se determinan a partir de los correspondientes volúmenes anuales y el número de segundos contenidos en el año.

El Balance de materia entre las masas de agua es el siguiente:

$$Q_a = Q_t + Q_{v-c} + Q_{ev} + Q_f + Q_{emb}$$

La energía potencial gravitatoria se obtiene como:

$$E = \rho \times g \times t \times h \times Q$$

Dónde:

- $\rho$ : densidad del agua [ $t/m^3$ ]
- $g$ : aceleración de la gravedad [ $m/s^2$ ]
- $t$ : tiempo [s]
- $h$ : altura de la caída [m]
- $Q$ : cualquiera de los caudales antes indicados [ $m^3/s$ ]

La ecuación del balance energético es:

$$E_a = \rho \times g \times t \times h \times Q_a = \rho \times g \times t \times h \times Q_t + \rho \times g \times t \times h \times Q_{v-c} + \rho \times g \times t \times h \times (Q_{ev} + Q_f) + \rho \times g \times t \times h \times Q_{emb}$$

que representa la energía total aportada por el río en el emplazamiento de altura  $h$ .



## Energía Solar

Esta fuente se analiza como un flujo.

Definición:

Energía Solar (SO): Es la energía disponible directamente en forma de radiación y que es captada y transformada por un equipamiento intermediario (colector, panel fotovoltaico, concentrador). Es la que incide anualmente sobre nuestro planeta y en consecuencia sobre el territorio en estudio.

Los conceptos:

Potencial Bruto (PB):

Es toda la radiación global que incide anualmente sobre el territorio en estudio. Por ejemplo, los datos pueden oscilar entre 8 y 12 kcal/cm<sup>2</sup>mes durante los meses de invierno; y entre 16 y 20 kcal/cm<sup>2</sup>mes en los meses de verano. La incidencia, se mide sobre el plano horizontal y se estima según la latitud del lugar, para cada uno de los meses del año.

Luego:

$$PB = \text{Sup. [km}^2\text{]} \times \sum_{j=1}^{12} R_{s_j} \text{ [kcal/cm}^2\text{mes]} \times 10^{10} \text{ [cm}^2\text{/km}^2\text{]} = \dots \text{ [kcal/año]}$$

donde:

Sup.: Superficie del territorio  
 Rs<sub>j</sub>: Radiación global para el mes j

Se pueden definir diferentes niveles de potencial bruto ya que la estimación de la superficie puede hacerse con y sin restricciones. En este último caso se considera solamente la superficie aprovechable y se excluyen superficies dedicadas a otros usos del suelo incompatibles con el aprovechamiento solar (ej.: bosques, espejos de agua, caminos, aeropuertos, y otras obras de infraestructura.). En algunos casos estas restricciones pueden introducirse mediante un coeficiente que refleje la fracción de la superficie aprovechable. También pueden considerarse restricciones adicionales, como las asociadas a la viabilidad de la interconexión de obras de generación eléctrica de alta potencia. En este caso, la superficie debe acotarse en base a la distancia a una línea de transmisión adecuada para realizar la interconexión.

Potencial Neto Económico (PNE) [kcal/año]:

Es la radiación global anual captada a través de un artefacto o equipo existente en el sistema. Es decir, que solamente se considerará como potencial de energía solar, aquella radiación que es efectivamente utilizada por un captador solar. Por ejemplo: panel fotovoltaico, colector plano y/o concentrador.

Este concepto equivale también al de Producción Anual de energía solar.

$$PNE_c = PB_c \times \eta_c$$

donde  $\eta_c$  es el rendimiento del captador.

Los captadores se obtendrán de las encuestas que se ejecutan para alimentar al Sistema de Informaciones Energéticas. La Reserva, a incluir en el Balance, ya sea la inicial o final, se calcula multiplicando al PNE por la Vida útil del captador.

$$R_i = PNE_i \text{ [kcal/año]} \times \text{Vida útil del captador [años]} = \dots \text{ [kcal]}$$

Las vidas útiles aproximadas serían las siguientes:

Colectores planos: 20 años  
 Concentradores: 30 años  
 Fotovoltaica: 25-30 años

Los valores pueden llevarse directamente a tep (1 tep = 10<sup>7</sup> kcal) o utilizar el equivalente de la alternativa que produce un servicio similar:

- √ Colectores Planos y de tubo en vacío (con o sin heat pipe): el equivalente al Gas Natural o el Gas Licuado de Petróleo, o sea que las kcal solares se transforman en tep de Gas Natural o Gas Licuado equivalentes.
- √ Concentradores para generar calor: equivalente al Gas Natural o Fuel Oil.
- √ Concentradores para producir electricidad y FV de alta potencia: equivalente de central térmica, Ej. 2500 kcal/kWh.
- √ Fotovoltaica baja potencia: equivale al rendimiento de un grupo electrógeno a gasolina o sea: 6500 kcal/kWh.

### **Energía Eólica**

Esta fuente se analiza como un flujo.

Definición:

Energía Eólica (EO): Es la energía cinética del viento captada por un equipamiento eólico (molino) o un aerogenerador.

Los conceptos:

Potencial Eólico Bruto (PEB):

Se deduce de acuerdo a los mapas mensuales de vientos del territorio, suponiendo que la velocidad de los mismos (V en km/h) incide sobre una superficie plana de 1 m<sup>2</sup>. El flujo mensual de vientos es el equivalente, conceptualmente, a los caudales de un aprovechamiento hidroeléctrico. Es decir, que debe obtenerse la velocidad media mensual garantida de los vientos en el territorio de que se trate.

Luego, según la ley de Betz se deduce la Potencia Máxima eólica (PM):

$$PM [kW/m^2] = 8.1186 \times 10^6 \times (V [km/h])^3$$

donde: 8.1186 x 10<sup>-6</sup> es un coeficiente para transformar las unidades.

Luego:

$$PEB [kWh/m^2-año] = t [hs/año] \times (V [km/h])^3 \times 8.1186 \times 10^6$$

donde: t es la duración del viento en horas por año.

O sea que PEB se expresa como un flujo anual de energía por m<sup>2</sup> de superficie incidente.

Potencial Neto Económico (PNE):

Lo mismo que para la Energía Solar, el potencial dependerá del captador de energía eólica (molino o aerogenerador).

La Potencia Neta (PN):

$$PN [kW] = PM [kW/m^2] \times \eta_c \times a [m^2].$$

donde:

$\eta_c$  : rendimiento del captador (fracción de la energía captada respecto del total que hubiera atravesado esa superficie si no estuviese el captador)

a: superficie del captador

$$PNE [kWh/año] = PN [kW] \times t [h/año]$$

Ejemplo para un molino:

diámetro: 1,83 metros

$\eta_c = 60\%$

$V = 11$  km/h

$t = 365$  h/año

$$PNE = 365 \text{ [h/año]} \times 11^3 \text{ [km/h]^3} \times 0,6 \times 2,63 \text{ [m}^2\text{]} \times 8.1186 \times 10^6 = 6 \text{ [kWh/año]}$$

La Producción Anual de energía eólica es equivalente al PNE. Luego, para obtener la Producción total deben conocerse el número de molinos y aerogeneradores. Este dato puede obtenerse a partir de encuestas o planes.

Para una estimación del PNE total, se debe estimar la PNE por regiones (por ejemplo, clasificadas según la velocidad media del viento) y el número de aerogeneradores instalable en cada región. Este último puede estimarse en base a la superficie de terreno aprovechable, la potencia unitaria de un aerogenerador de referencia, y la densidad de potencia por unidad de superficie.

Al igual que en el caso de la energía solar, la estimación de la superficie puede hacerse con y sin restricciones. En este último caso se considera solamente la superficie aprovechable y se excluyen superficies dedicadas a otros usos del suelo incompatibles con el aprovechamiento eólico. También pueden considerarse restricciones adicionales, como las asociadas a la viabilidad de la interconexión de obras de generación eléctrica de alta potencia. En este caso, la superficie debe acotarse en base a la distancia a una línea de transmisión adecuada para realizar la interconexión. La densidad de potencia dependerá del tipo de aprovechamiento a realizar. En el caso de la instalación de aerogeneradores de alta potencia, se pueden utilizar densidades de potencia típicas para granjas eólicas (ej.: 8MW/km<sup>2</sup>). Una vez conocida la PNE por región se puede estimar la PNE total sumando sobre las regiones:

$$PNE \text{ total [GWh]} = \sum_i (PNE_i \text{ [GWh]} \times \text{Aerogeneradores}_i)$$

Donde  $i$  son las zonas con diferente factor de capacidad<sup>88</sup>.

La Reserva, tanto inicial como final, que se incluirá en el Balance, se calcula del modo siguiente:

$$R_i \text{ [kWh]} = (PNE_i \text{ [kWh/año]} \times \text{Vida útil del captador [años]}) / \eta_e$$

donde:  $\eta_e$  es el rendimiento de equivalencia para molinos

La vida útil de los captadores (indicativa):

Molino:	30 años
Aerogenerador:	20 años

Para obtener los valores en tep se usarán los coeficientes de equivalencia. Por ejemplo:

Para molinos: motobomba a Nafta = 2030 kcal/kWh

Como la Reserva está medida en el molino como captador, debe tenerse en cuenta el rendimiento en la bomba:  $\eta_e = 0.3$

Para aerogeneradores pequeños: grupo electrógeno a Nafta: 6500 (kcal/kWh). Para aerogeneradores de alta potencia: 2500 (kcal/kWh)

<sup>88</sup> El factor de capacidad se define como el cociente entre la Energía eólica generada en un año y el producto de la potencia eólica nominal por 8760 horas que posee el año.

## Uranio

Esta fuente se analiza como un stock.

Existen tres categorías de recursos: recursos identificados, recursos no descubiertos, y recursos no convencionales. Los recursos identificados se subdividen en dos subcategorías: recursos razonablemente asegurados y recursos adicionales estimados. Los recursos no descubiertos comprenden también dos subcategorías: recursos pronosticados y recursos especulativos.

Recursos Razonablemente Asegurados (RRA): Es la cantidad de Uranio (U) que puede ser extraído a un costo menor a un valor determinado (ej.: US\$ 80 el kg de U o a menos de US\$ 30 la libra de  $U_3O_8$ ). Equivale al concepto de Reserva y es lo que se incluye en el Balance.

Recursos Adicionales Estimados (RAE): Son las cantidades que pueden ser extraídos a un costo mayor al anterior (ej.: entre 80 y 130 US\$ el kg de U.).

Recursos Especulativos: Equivalen al concepto de Reserva Especulativa mencionado para el Petróleo.

Recursos no convencionales: Recursos con muy bajo nivel de concentración o subproductos menores de otros minerales que requerirían otras tecnologías y/o precios para ser extraídos comercialmente.

Equivalencia Energética: si no se dispone de una estimación propia para expresar los valores en tep, se utilizará la siguiente equivalencia: 1 tU = 9800 tep.

Producción: Es la cantidad de Uranio extraída en un año (inicial o final) de los yacimientos del territorio en análisis.

## Energía Geotérmica

Definición:

Energía Geotérmica (GE): Es el vapor y el agua caliente obtenidos de yacimientos geotérmicos tal cual salen de los mismos.

Los conceptos:

Recursos Geotérmicos Brutos (RGB):

Los tipos de yacimientos geotérmicos se clasifican según el estado del agua en el reservorio en:

- √ agua caliente o vapor húmedo a más de 150 °C
- √ agua caliente: entre 20 y 150 °C
- √ vapor seco
- √ roca seca: cuando la temperatura aumenta más de 5 °C cada 100 metros de profundidad

Los RGB serían todas aquellas estructuras del subsuelo donde la temperatura aumentará más de 5 °C cada 100 metros de profundidad.

Recursos Geotérmicos Netos (RGN): Es la cantidad de calor de los (RGB) que puede recuperarse con la tecnología disponible.

Reservas Geotérmicas (RG): Es todo el calor contenido en un yacimiento que puede explotarse económicamente con la tecnología actualmente disponible. Equivale conceptualmente al Volumen "in situ" de Petróleo.

Reservas Geotérmicas Recuperables (RGR): Es el calor que puede extraerse económicamente de las RG con la tecnología actualmente disponible. Este concepto es el que se incluirá en el Balance de Reservas.

### V.6.2. Problemas

#### **Cómo agregar los recursos renovables y no renovables**

La primera consideración es el problema que se presenta al querer agregar las fuentes renovables y las no renovables.

Para las primeras es posible definir un potencial anual aprovechable, que corresponde a la porción del flujo total anual que es posible captar para fines energéticos, en las condiciones técnicas y económicas del momento en que se realiza la estimación. Dicho valor es un *flujo anual*. Para las segundas, por el contrario, se define normalmente una Reserva comprobada que corresponde a la fracción

del volumen total identificado que es factible extraer en las condiciones técnicas y económicas del momento en que se realiza la estimación. El valor respectivo corresponde a una *existencia*.

Existen aún otros casos en que la distinción no es tan clara y puede interpretarse el problema tanto desde el punto de vista de un flujo como de una existencia. Por ejemplo, no resulta claro en todos los casos si un yacimiento geotérmico es un recurso renovable o no renovable. Ello dependerá de que el mismo tenga una recarga natural o no y de su forma de explotación. Otro ejemplo es el de un bosque, natural o implantado, que puede ser considerado como la existencia total de la masa boscosa o en función exclusiva de su productividad anual.

Para resolver el problema general de asimilar flujos y existencias se puede utilizar la conocida relación Reservas/Producción de uso difundido en la industria petrolera. Dicha relación indica el número de “años” durante los cuales podrá mantenerse en forma constante la producción de un año dado con las Reservas Probadas de ese mismo año. En el caso de los recursos renovables es posible invertir el razonamiento, y asignar a cada uno de ellos un cierto número de “años” de manera de poder calcular un valor de la “Reserva” de la fuente considerada. Aquí se abren varias posibilidades para elegir dicho número de “años” y cualquiera de ellas tendrá un cierto grado de arbitrariedad como sucede en todas las convenciones utilizadas en la estadística para agregar productos no homogéneos. Una posibilidad, es fijar un número de “años” común para todas las fuentes renovables y el mismo surgiría de la relación R/P de la fuente no renovable más importante (Ej. el petróleo o el carbón mineral). Ello aseguraría cierta “homogeneidad” a los valores obtenidos y evitaría que se favorezca a una u otra fuente en particular en el proceso de conversión. Otro criterio a utilizar sería fijar un número de “años” específicos para cada fuente, en función de sus características particulares. Por ejemplo en el caso de la hidroelectricidad podría tomarse la vida útil de la central o la vida útil de la represa. En el caso de la leña, el período medio de crecimiento de las especies consideradas en cada bosque particular. En el caso de la energía solar o eólica, la vida útil de los artefactos utilizados para su captación. Y así siguiendo, lo fundamental en este terreno es elegir un criterio, aplicarlo en forma sistemática a través del tiempo, y mencionarlo en forma explícita al pie de la estimación correspondiente. También resulta aconsejable dar simultáneamente los valores en las unidades propias de cada fuente y en tep<sup>89</sup>.

El segundo problema de carácter general, es el del criterio a utilizar para convertir a tep las cantidades de aquellas fuentes que no tienen un Poder Calorífico Inferior (PCI) definido. Es el caso de la Energía Hidráulica, la Solar y la Eólica. Este problema puede resolverse con dos criterios: a) midiendo las cantidades de energía secundaria obtenida (Ej. Electricidad) y dividirla por los rendimientos del equipamiento a fin de obtener la cantidad insumida de energía primaria; y, b) utilizar el equivalente calórico del combustible alternativo y tecnología que rinde el mismo servicio.

Una vez definidos ambos problemas será posible calcular la “Reserva” de un recurso renovable. A modo de ejemplo, se plantea que en un sistema se ha identificado un potencial hidroeléctrico, técnica y económicamente explotable de 3.500 GWh. En dicho sistema las centrales térmicas equivalentes consumen, en promedio 0,3 tep/MWh y se estima que la Vida útil de una central hidroeléctrica es de 30 años.

La “Reserva” hidroeléctrica de ese país sería igual a:

$$3.500.000 \text{ MWh/año} \times 0,3 \text{ tep/MWh} \times 30 \text{ años} = 31,5 \times 10^6 \text{ tep}$$

De manera similar se calcularían las “Reservas” de las demás fuentes renovables. Los mismos criterios definidos para medir los valores absolutos de “Reservas” iniciales o finales, pueden ser utilizados para valorizar las variaciones anuales provocadas por nuevos “descubrimientos” o revisiones de las estimaciones anteriores.

### **La información sobre los recursos energéticos**

El punto anterior se ha referido específicamente a las reservas probadas con el sentido de los volúmenes técnica y económicamente explotables en el momento que se realiza el análisis o medición. Si bien este concepto es claro a nivel teórico, en la práctica resulta muy difícil llegar a determinar si los valores publicados de reservas de las distintas fuentes realmente corresponden a la definición teórica. Este problema se presenta en particular en aquellas fuentes en que las estimaciones de reservas o de potencial no se realizan en forma periódica y sistemática. Por ejemplo, cambios producidos en los precios internacionales de las diversas fuentes energéticas deberían traer aparejada una reestimación de dicho potencial. Es por ello que se considera que la primera prioridad de los países sería tratar de obtener las estimaciones más actualizadas posibles para las diversas fuentes, tratando que las fechas de dichas estimaciones sean coincidentes y que los valores suministrados se correspondan realmente con la definición teórica de reserva probada o potencial técnica y económicamente aprovechable.

<sup>89</sup> t: toneladas equivalentes de petróleo. 1 tep = 41,868 GJ.

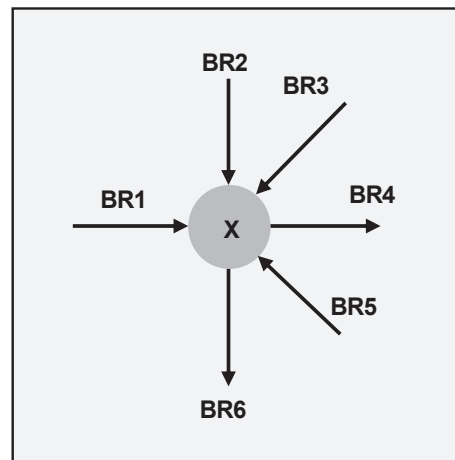
Independientemente de dicho objetivo, existe otro de relativa importancia en particular cuando se quiere realizar un planeamiento a mediano o largo plazo. En este caso los datos sobre reservas, por bien estimados que estén, no son suficientes para definir una política energética a largo plazo. Para ello, es imprescindible tener estimaciones lo más adecuadas posible de los Recursos de las fuentes No Renovables y del Potencial máximo de las Renovables. Este tipo de información es aún más escasa y heterogénea que la referente a las Reservas. No obstante se considera necesario y conveniente, en una segunda etapa, tratar de obtener el máximo de información disponible referente a: Reservas Probables y Posibles; Recursos, para las fuentes No Renovables y Potencial máximo de las Renovables.

Como incorporar las reservas al BEI (Balance energético integral) El Balance Energético Integral (BEI) agrega, en relación al Balance Energético de Base, el Balance de Reservas (considerando las reservas probadas) y Potenciales de Energía Primaria y, en el otro extremo de la cadena, los Consumos de Energía Neta (Final) por Usos y los Consumos de Energía Útil por Fuentes y Usos.

Toma en cuenta ciertos aspectos importantes para los países en vía de desarrollo, que no son considerados en otros esquemas, tales como: a) pérdidas a nivel de la producción o tratamiento de ciertas fuentes; b) identificación de las fuentes de energía producidas y no utilizadas; c) identificación de la reinyección (gas natural, geotermia); d) identificación de las pérdidas por sectores, por fuentes y por usos; e) mayor apertura para los centros de transformación (Destilerías de Alcohol, Carboneras, Plantas de Biogás, etc.) y f) mayor apertura sectorial del consumo (Residencial Urbano y Rural, Sector Productivo Rural, Sector Servicios).

En el caso de las Reservas de recursos energéticos no renovables (Petróleo, Gas Natural y Carbón Mineral), se presenta a continuación el flujo de Balance.

**Figura V.14: Flujos del Balance de Reservas**



Fuente: elaboración propia

BR1: Reserva Inicial	BR2: Descubrimientos y reajustes
BR3: Reinyección (sólo para gas natural)	BR4: Producción
BR5: Reposición de la Producción (sólo para las renovables)	BR6: Reserva Final

En el caso de los no renovables (por ejemplo para fuente i), la ecuación que rige para estimar las reservas finales de un año al otro es la siguiente:

$$BR6i = BR1i + BR2i + BR3i - BR4i$$

Es recurrente en los nuestros países que la información de los descubrimientos anuales no sean reportados, pero sí el dato de reservas iniciales y finales en cada período. En ese caso, la ecuación para estimar los descubrimientos (o ajustes anuales, los que implican valores negativos, en función de revisiones de estimaciones previas del volumen de reservas, debido a que se cuenta con mayor información), se obtiene con la siguiente expresión:

$$BR2 = BR6 + BR4 - BR1 - BR3$$

Cabe destacar que en el caso de disponer de información de reservas finales e iniciales a nivel de cuenca productiva o yacimiento, permite identificar con mayor grado de detalle los descubrimientos anuales.



## V.7. Modificadores

Se entiende por modificadores a aquellos factores que podrían alterar cuantitativa y cualitativamente los escenarios que sirven de base para la adopción de soluciones prospectivas en el ámbito energético. Por lo tanto, los modificadores constituyen un elemento clave y privilegiado para desarrollar y caracterizar escenarios contrastados. En particular, si éstos son construidos de modo analítico, los modificadores pueden expresarse cualitativamente empleando abundante y suficiente descripción, narrativa o texto. Pueden emplearse además criterios de expertos o antecedentes y experiencias comparables, para ensayar alguna estimación cuantitativa. Las hojas de ruta o *roadmaps* son una de las herramientas posibles para presentar estos desarrollos.

Los modificadores tecnológicos incluyen tecnologías eficientes, y tecnologías asociadas a la sustitución entre fuentes energéticas, tanto renovables como no renovables. Los modelos que describen innovación y desarrollo tecnológico pueden reflejar procesos de tipo lineal; continuo e incluso procesos basados en avances súbitos y substantivos. En el primer caso la evolución suele tomar varias décadas y las etapas pueden verse influenciadas por aspectos propios a cada país de carácter tecnológico, social, económico, geográfico, climático, estratégico, e institucional, entre otras condiciones de contorno.

El desarrollo de tecnologías requiere visión y políticas estructurales que se adecuen al alto grado de incertidumbre implícito en el proceso de innovación, demandando fondos públicos durante períodos de tiempo relativamente prolongados (décadas). La inserción temprana de una tecnología y la asociación entre tecnologías puede crear conjuntos muy estables en el tiempo, difíciles de ser desplazados (ej.: reactor nuclear de agua liviana, vehículos en base al motor de combustión interna y combustibles líquidos), aun cuando algunas innovaciones ofrezcan ciertas ventajas comparativas. Esto unido a la extensa vida útil y los estrechos vínculos con tecnologías asociadas, genera transiciones lentas, en comparación con innovaciones no energéticas. El análisis de la historia del desarrollo tecnológico muestra que la penetración de tecnologías de uso final ha predominado por sobre las tecnologías de abastecimiento energético. El usuario valora inicialmente más la performance que el costo de nuevas tecnológicas. Sin embargo, los escenarios energéticos suelen poner énfasis en las tecnologías modernas de abastecimiento, relegando el rol de las tecnologías de uso final – debido probablemente a la escasa información para modelar un gran número de nuevas tecnologías de uso final y de sus aplicaciones.

Los modificadores Ambientales se vinculan con restricciones ambientales, distinguiéndose las condiciones de borde o contexto - donde se inserta el sistema energético analizado – de los parámetros a partir de los cuales se construyen estados futuros de tal sistema. Las motivaciones ambientales - por ejemplo alcanzar un porcentaje de mezcla de biocombustibles o de renovables en la generación de electricidad - suelen constituir además un objetivo puntual de política. Se menciona que sin embargo su implementación no siempre ha considerado el conjunto completo de impactos involucrados. Por su parte la definición de indicadores ambientales y su posterior monitoreo, puede reflejar la eficacia de las políticas ambientales que en definitiva constituirán el modificador a introducir en los Escenarios Energéticos.

La existencia de disposiciones y políticas que castiguen o multen sensiblemente los impactos ambientales derivados de determinadas actividades energéticas, acelerarán la incorporación de estrategias de menor impacto. Debe interpretarse tecnología en sentido amplio, sin limitarlo a máquinas u objetos, sino también procesos, formatos organizativos, manejo de información etcétera.

### V.7.1. Modificadores tecnológicos

Los modelos que describen los procesos de innovación y desarrollo tecnológico pueden reflejar procesos relativamente lineales y continuos, o procesos basados en grandes y súbitos avances. En el primer caso, la evolución temporal a lo largo del proceso suele tomar varias décadas y las etapas por las que transcurre pueden verse influenciadas por un sinnúmero de condiciones de contorno, como ser aspectos tecnológicos, sociales, económicos, geográficos, climáticos, estratégicos, e institucionales. Estas condiciones de contorno deben definirse en el contexto de cada país donde la tecnología será desarrollada y aplicada. Como ejemplo de ritmo de penetración se puede indicar que la declinación de la máquina a vapor en base a carbón en favor de tecnologías basadas en el uso del petróleo y la electricidad demoró cerca de un siglo, con una sustitución inicial particularmente lenta. En este punto es necesario realizar una distinción entre 1) procesos de mejora de eficiencia y modificaciones a partir de desarrollos tecnológicos existentes que ya tienen una base comercial, y 2) procesos de innovación y desarrollo tecnológico que no poseen dicha base y que implican cambios más abruptos desde lo conceptual. Los primeros suelen involucrar cambios más suaves, incrementales, y con menor extensión temporal que los últimos. Es importante también mencionar que el desarrollo de una tecnología o de un sistema tecnológico puede tener importantes ramificaciones y efectos de derrame, dando lugar a avances en otras tecnologías y campos del conocimiento.

Las etapas en el desarrollo tecnológico pueden agruparse genéricamente en las indicadas en la tabla siguiente. Allí se listan a modo de ejemplo y en forma aproximada algunas tecnologías y su grado relativo de desarrollo en la actualidad.

Tabla V.3: Etapas en el proceso de innovación y desarrollo tecnológico

Etapa	Tecnologías y cadenas energéticas - Ejemplos (2013)
<ul style="list-style-type: none"> <li>√ Investigación básica</li> <li>√ Investigación aplicada</li> </ul>	Celdas Fotovoltaicas avanzadas Baterías de metal líquido Almacenamiento de H <sub>2</sub> Explotación de hidratos de metano
<ul style="list-style-type: none"> <li>√ Desarrollo de procesos e ingeniería</li> </ul>	Combustibles a partir de CO <sup>2</sup> Gradiente salino OTEC H <sub>2</sub> en base a renovables Reactor de fusión Transporte Maglev Aire comprimido (almacenamiento EE) Turbina hidrocínética Redes eléctricas inteligentes Tecnologías limpias de generación en base a Carbón Mineral (CCT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>√ Demostración y prueba a gran escala</li> <li>√ Etapa pre-comercial</li> </ul>	Reactores de fisión avanzados Biocombustibles avanzados (ej.: FT) Fotovoltaica con concentrador Celdas de combustible Vehículo eléctrico Energía mareomotriz (mareas y olas) Etanol lignocelulósico (bagazo) Concentrador Solar plato parabólico con motor Stirling Concentrador solar con torre central Concentrador solar lineal de Fresnel
<ul style="list-style-type: none"> <li>√ Difusión comercial con incentivos y/o limitada a nichos de mercado</li> </ul>	Superconductores o volantes de inercia (almacenamiento EE) Vehículo híbrido Gasificación de Biomasa Energía de residuos Concentrador solar lineal parabólico Eólica offshore Batería Ion Litio, Ni/Cd Bomba de calor geotérmica Biogás Biocombustibles de primera generación Solar Fotovoltaica en base a Silicio Solar térmica Eólica onshore Geotermia Hidrocarburos no convencionales (hidrofracking) Lámpara LED Motores eléctricos eficientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>√ Difusión comercial</li> </ul>	Recuperación secundaria de hidrocarburos Artefactos domésticos de uso final más eficientes Aislación térmica Vehículos flexfuel Lámpara fluorescente compacta Caldera de alta presión Reactores de fisión en base a uranio Termoeléctricas fósiles convencionales CHP Combustión de biomasa Batería de plomo ácido Hidroenergía Hidrocarburos convencionales
<ul style="list-style-type: none"> <li>√ Sustitución por otras tecnologías</li> </ul>	Algunos diseños de reactores nucleares de primera generación Máquina a vapor Molino para molienda y bombeo de agua

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario tener en cuenta que esta representación en etapas de desarrollo tecnológico es una simplificación y que:

- √ La transición entre etapas no necesariamente es lineal ni suave
- √ Las diferentes etapas en el desarrollo de una tecnología energética desde su concepción hasta su difusión en el mercado se pueden realimentar mutuamente
- √ Cada etapa puede dar lugar a un conjunto de tecnologías nuevas
- √ Las etapas pueden poseer límites difusos
- √ Algunas de las etapas pueden estar ausentes
- √ Los componentes de un sistema energético pueden tener diferente grado de desarrollo tecnológico
- √ La ubicación relativa de una tecnología dentro de la escala de etapas puede ser específica a un determinado país o aplicación

Existen diversas metodologías para evaluar en qué etapa se encuentra el desarrollo de determinada tecnología. A modo de ejemplo se presenta en la Tabla V.4 la evaluación del grado de madurez de diversas tecnologías de generación eléctrica en base a la escala desarrollada por el DOE<sup>90</sup>.

**Tabla V.4: Escala para la evaluación del nivel de desarrollo tecnológico de tecnologías de generación eléctrica**

	TRL <sup>91</sup>	Definición	Descripción
Investigación tecnológica básica	1	Principios básicos observados y reportados	La investigación básica empieza a ser traducida en investigación aplicada
Investigación para probar la factibilidad	2	Formulación del concepto tecnológico y/o aplicación	Comienza el proceso de innovación. Una vez que se observan los principios básicos pueden inventarse aplicaciones prácticas. Las aplicaciones son especulativas
	3	Función crítica analítica y experimental y/o prueba característica del concepto	Se inicia la I&D en forma activa. Incluye estudios analíticos y a escala de laboratorio para validar físicamente las predicciones analíticas de los diferentes componentes de la tecnología
Desarrollo tecnológico	4	Validación de componente y/o sistema en un ambiente de laboratorio	Se ha desarrollado y validado un prototipo a escala de banco de prueba en ambiente de laboratorio (<5% escala final)
Demostración de la tecnología	5	Validación de un símil del sistema en escala de laboratorio en un ambiente relevante	Se integran los componentes tecnológicos básicos de tal forma que la configuración es similar a la aplicación final en casi todos sus aspectos.
	6	Demostración del sistema prototipo a escala ingeniería/piloto en un ambiente relevante	Los modelos o prototipos a escala de ingeniería son probados en un ambiente relevante
Comisionado del sistema	7	Demostración del prototipo del sistema en un ambiente de planta	Demostración de un prototipo del sistema real en un ambiente relevante. El diseño final está prácticamente completo (5%-25% escala final)
	8	Sistema real completado y calificado a través de pruebas y demostración en un ambiente de planta	Se ha probado que la tecnología funciona bajo su forma final y bajo las condiciones esperadas. Aquí terminaría en general el proceso de desarrollo tecnológico.
Operación del sistema	9	Sistema real operado en todo el espectro de condiciones esperables	La tecnología se encuentra en su forma final y es utilizada a lo largo de todo su rango de condiciones de operación.

Fuente: (DOE, 2012a).

Cabe destacar que esta escala se refiere a aspectos puramente tecnológicos.

En la Figura V.4 se mencionan algunos de los aspectos que aceleran o retrasan el proceso de desarrollo de las tecnologías energéticas y ejemplos de tecnologías.

<sup>90</sup> Department of Energy de los Estados Unidos de América.

<sup>91</sup> TechnologyReadinessLevel.

Uno de los aspectos que allí se mencionan son las políticas para la innovación tecnológica, que tienen como objetivo acelerar el proceso de desarrollo a través de la influencia que ejercen sobre el resto de los aspectos de la Figura V.4 y sobre cada una de las etapas del desarrollo tecnológico y sus insumos (conocimiento, recursos humanos, recursos económicos, marco institucional, etc.). Dicha intervención política se justifica cuando se evalúa que una tecnología energética tiene el potencial de ofrecer ciertas ventajas comparativas respecto de la tecnología dominante, desde el punto de vista de factores muy diversos como su impacto ambiental, su performance, la posibilidad de utilización de recursos locales, la seguridad energética, etc. No siempre esta evaluación es acertada, y a veces se observan ejemplos de “apuestas” tecnológicas que finalmente no brindan las ventajas esperadas o lo hacen a un precio muy elevado para la sociedad (ej.: biocombustibles de primera generación producido en remplazo de bosques naturales y la utilización intensiva de agroquímicos).

Las características de los sistemas energéticos hacen que a raíz de la influencia de algunos de los aspectos mencionados en la Figura V.4 los tiempos de desarrollo sean superiores a los que se observan en el caso de tecnologías no energéticas. Por ende, el desarrollo de estas tecnologías usualmente requiere de una visión y de políticas estructurales que se adecuen al alto grado de incertidumbre implícito en este proceso de innovación. Ello usualmente demanda destinar fondos públicos al desarrollo e innovación tecnológica durante periodos de tiempo relativamente prolongados (décadas).

La inserción temprana de una tecnología y la asociación entre tecnologías puede crear conjuntos muy estables en el tiempo y difíciles de ser desplazados por otras tecnologías, aun cuando estas últimas ofrezcan ciertas ventajas comparativas (ej.: reactor nuclear de agua liviana, vehículos en base al motor de combustión interna y combustibles líquidos). Este fenómeno puede bloquear el ingreso de nuevas tecnologías por varias décadas ya que es poco común que una tecnología energética sea desplazada prematuramente, lo que unido a su extensa vida útil y los vínculos que se desarrollan con un conjunto de tecnologías asociadas genera transiciones relativamente lentas en comparación con las que caracterizan a las tecnologías no energéticas. Este fenómeno debe ser tenido en cuenta a la hora de analizar potenciales procesos de sustitución entre tecnologías. Sin embargo, grandes accidentes y catástrofes pueden ocasionar retiros anticipados, tal como ha sucedido con algunos diseños de reactores nucleares.

El desarrollo de una determinada tecnología energética debe entenderse en el contexto de un sistema energético y de una cadena energética en la que se inserta un conjunto de tecnologías, por lo tanto su desarrollo comercial está interrelacionado y puede acelerarse o retrasarse debido a esta interacción. Desde el punto de vista de la definición de escenarios energéticos esto implica que sea más adecuado considerar el impacto de la inserción de conjuntos de tecnologías más que de tecnologías individuales.

**Figura V.15: Aspectos que aceleran o retrasan el desarrollo de las tecnologías energéticas**

Baja	← Tasa de cambio tecnológico →	Alta
Elevada inversión y costos (Reactor de fusión nuclear)		Existencia de nichos de mercado y demanda potencial (Colector solar agua caliente)
Larga vida útil (Centrales eléctricas)		Facilidad para la producción en masa (Celda Fotovoltaica)
Elevado grado de exposición al riesgo financiero (Termoeléctrica solar)		Existencia de estandarización (Paneles solares)
Gran tamaño (Reactores nucleares avanzados)		Tamaño reducido (Tecnologías energéticas de uso final)
Introducción de cambios abruptos en el sistema (Vehículo eléctrico, celda FV)		Introducción de cambios suaves en el sistema (Mejoras de eficiencia, Vehículo flexfuel)
Extenso tiempo de aprendizaje y experimentación (Energía mareomotriz)		Ventajas ambientales, estratégicas, etc. (Aerogeneradores de gran potencia)
Extenso tiempo de interacción con otras tecnologías (Celda de combustible)		Alta performance en la satisfacción de requerimientos energéticos (Bomba de calor geotérmica)
Importante requerimiento de aumento de escala (Baterías avanzadas)		Elevada confiabilidad (Energía geotérmica)
Requerimiento de infraestructura específica (Estaciones de carga de vehículos a H2)		Tecnología de uso múltiple (Celda de combustible, Baterías avanzadas)
Existencia de tecnología dominante estable (Vehículo EE versus convencional)		Disponibilidad adecuada de componentes clave: materias primas, capacidades
		Marco institucional, legal, y regulatorio favorable (Solar FV/Japón; Eólica Brasil)
		Políticas de innovación y desarrollo tecnológico de largo plazo (Aerogeneradores/Dinamarca, Solar/Alemania)

Fuente: Elaboración propia.

Dada la complejidad y la extensión temporal del problema planteado, no es posible anticipar la posible evolución temporal de una tecnología dada y si la misma llegará o no a alcanzar la etapa de difusión masiva y en qué lapso. Sin embargo, el análisis de algunos procesos históricos de penetración puede brindar elementos para considerar en relación a los modificadores a los escenarios energéticos. En la Tabla se presentan algunos tiempos involucrados en la penetración comercial y la mejora de eficiencia de algunas tecnologías energéticas de abastecimiento y uso final.

**Tabla V.5: Ejemplos de los tiempos involucrados en la penetración comercial e incremento de eficiencia y reducción de costo de algunas tecnologías energéticas**

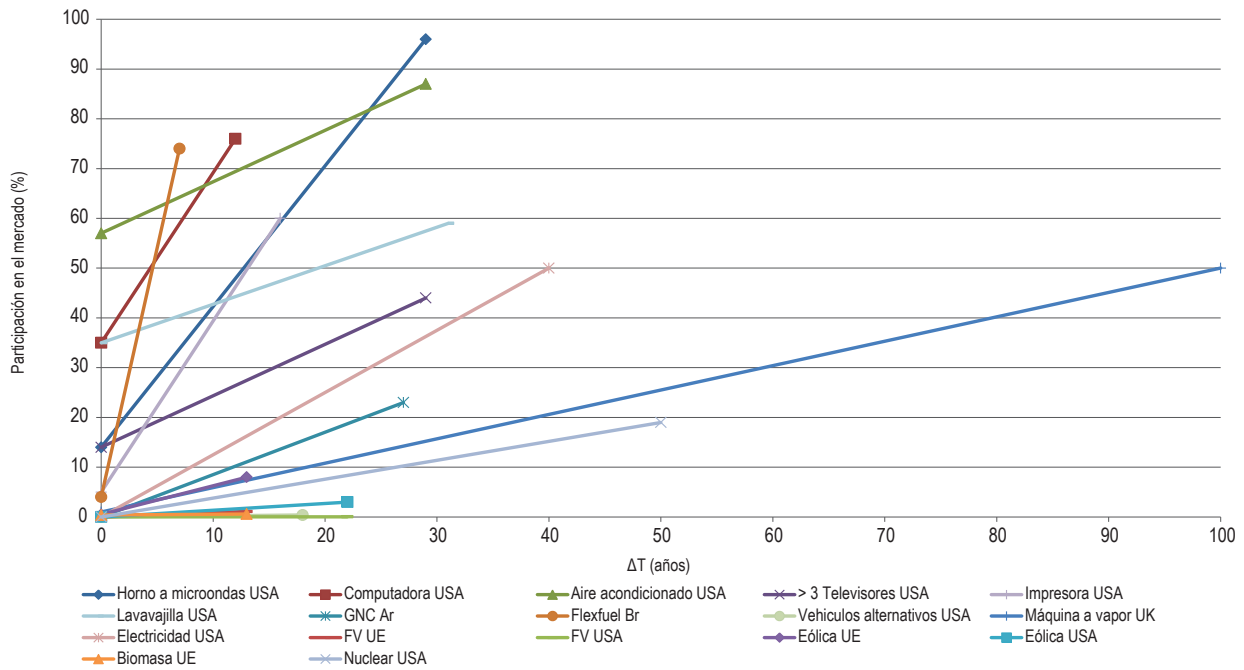
Tecnología	Tiempo (años)
<b>Máquina a vapor</b>	
Incremento de eficiencia de 1% a 20%	100
Incremento de eficiencia de 20% a 40%	100
Reducción de costo de 12,000 USD(2003)/kW a <3,000 USD(2003)/kW	150
Participación del 50% de la potencia instalada en UK (desplazando hidro y eólica)	100
Desplazamiento de la máquina a vapor a carbón mineral por tecnologías más modernas	80
<b>Fotovoltaica</b>	
Incremento de eficiencia de celda de Siliciomonocristalino de 14% a 25%	22
Incremento de eficiencia de celda de Silicio multicristalino de 15% a 20%	20
Reducción del precio del módulo de 65 USD/W a 1.4 USD/W (95%)	34
Incremento de la participación en la potencia instalada total en la UE del 0% al 1.1%	13
Incremento de la participación en la generación neta en EEUU del 0.01% al 0.04%	22
<b>Aerogeneradores de gran potencia</b>	
Reducción del costo de inversión de 4000 USD(2005)/kW a 1600 USD(2005)/kW	20
Incremento de la participación en la potencia instalada total en la UE del 0.5% al 8%	13
Incremento de la participación en la generación neta en EEUU del 0% al 3%	22
<b>Biomasa moderna para generación eléctrica</b>	
Incremento de la participación en la potencia instalada total en la UE del 0.4% al 0.6%	13
<b>Energía Nuclear</b>	
Incremento de la participación en la producción neta de electricidad en EEUU del 0% al 19%	50
<b>Sustitución entre fuentes</b>	
Desplazamiento de las fuentes tradicionales por el carbón mineral	120
Participación de la electricidad del 0% al 50% del total de la fuerza motriz en EEUU	40
<b>Tecnologías de uso final de la energía</b>	
Incremento del % de hogares de EEUU con horno a microondas del 14% al 96%	29
Incremento del % de hogares de EEUU con computadora del 35% al 76%	12
Incremento del % de hogares de EEUU con aire acondicionado del 57% al 87%	29
Incremento del % de hogares de EEUU con lavavajilla del 35% al 59%	31
Incremento del % de hogares de EEUU con tres o más televisores del 14% al 44%	29
Incremento del % de hogares de EEUU con impresora del 5% al 60%	16
Incremento de eficiencia en vehículos a motor de EEUU de 18 l/100km a 13.5 l/100km	60
Incremento del % de vehículos con combustibles alternativos en EEUU (incluye GNC) del 0% al 0.4%	18
Incremento del vehículos livianos a GNC de Argentina sobre el total del 0% al 23%	27
Incremento del % de vehículos livianos Flex fuel en Brasil del 4% al 74%	7

Fuente: Elaboración propia en base a (NREL, 2013); (IIASA, 2012); (IPCC, 2011); (EWEA, 2009); (EIA, 2012); (ANFAVEA, 2011).

En la Figura V.19 se ha graficado la evolución temporal de la participación de las tecnologías listadas en la Tabla V.5. Se puede observar el mayor dinamismo de algunas de las tecnologías de uso final de la energía respecto de las tecnologías de abastecimiento. Dentro de las tecnologías renovables para abastecimiento eléctrico existen grandes diferencias en las tasas de penetración, explicadas en parte por el costo asociado a cada tecnología (ej.: solar FV versus eólica). En el caso de la energía fotovoltaica se observa que pese a la significativa reducción del costo por unidad de potencia y al aumento de la eficiencia, después de más de una década de desarrollo comercial con incentivos no se aprecia una significativa penetración en la UE y en EEUU dentro de la matriz eléctrica. En igual periodo la participación de la energía eólica de alta potencia en la UE creció 7 veces más que la energía FV.

Dentro del sector transporte se observa la veloz penetración de los vehículos Flex fuel en Brasil (la mayor entre todas las tecnologías analizadas) respecto de la penetración de los vehículos a GNC en la Argentina o de vehículos alternativos en USA. Los vehículos Flex fuel reúnen varias de las características asociadas a procesos rápidos de cambio tecnológico: cambios suaves para el usuario y el sistema energético en general (estos vehículos se lanzaron al mercado en el año 2003, muchos años después del comienzo de la comercialización del etanol), flexibilidad en la elección de los energéticos a utilizar (mezcla variable en surtidor en función del precio relativo de los energéticos a lo largo del año), ausencia de grandes inversiones en infraestructura (ej.: estaciones de servicio especializadas como en el caso del GNC), Vinculación con un sector altamente dinámico y atractivo para el usuario como es el de la comercialización de vehículos, tiempos de recambio relativamente cortos, inversión moderada a baja, tecnología económicamente accesible y fácil de implementar dentro del esquema industrial existente(industria automotriz local).

**Figura V.16: Evolución temporal de la participación en los correspondientes mercados de diversas tecnologías energéticas**



Fuente: Elaboración propia en base a (NREL, 2013); (IIASA, 2012); (IPCC, 2011); (EWEA, 2009); (EIA, 2012); (ANFAVEA, 2011).

Una de las conclusiones que se puede extraer del análisis de la historia del desarrollo tecnológico es que la demanda de servicios energéticos existentes y nuevos y de las respectivas tecnologías de uso final ha sido un factor crítico en los procesos de transición tecnológica a nivel de la oferta energética. La evidencia histórica también señala que la penetración de las tecnologías de uso final de la energía ha predominado por sobre las tecnologías de abastecimiento energético y que el usuario final suele valorar inicialmente más la performance que el costo de las innovaciones tecnológicas. Sin embargo, los escenarios energéticos suelen poner énfasis en las tecnologías modernas de abastecimiento, mientras que las tecnologías de uso final de la energía suelen estar peor representadas. Ello se debe a la falta de disponibilidad de información para lograr una adecuada modelización de un gran número de nuevas tecnologías energéticas de uso final y de sus aplicaciones. También cabe señalar que en el ámbito de la modelización de los usos finales y en contraposición con lo sucedido a raíz de la introducción de nuevos energéticos como el vapor o la electricidad, los escenarios energéticos no suelen incorporar modificaciones cualitativas en los requerimientos energéticos y se enfocan esencialmente en sustituciones entre tecnologías. El planificador debe intentar mitigar estas deficiencias en la representación de ciertos modificadores, sobre todo de aquellos que plantean rupturas en los escenarios energéticos y que pueden ayudar a modelar procesos que han tenido un peso relevante en la historia del desarrollo tecnológico en el ámbito energético.



## V.7.2. Modificadores ambientales

### Introducción y contexto

Las restricciones ambientales pueden interpretarse como un sub conjunto de elementos que permite desarrollar y caracterizar los escenarios sujetos a comparación. Por ejemplo un escenario de base que refleje emisiones de gases contaminantes de modo tendencial, puede ser contrastado con otro caracterizado por un elevado nivel de emisiones, vinculado a un uso intensivo de recursos fósiles, o bien con un escenario de producción más limpia de la energía, basado en sustitución de fuentes fósiles por renovables y dotado de medidas de eficiencia energética o uso racional de la energía. De este modo la dimensión ambiental suele constituir una parte central en la definición del escenario deseado, planteándose por ejemplo un límite en el incremento de emisiones de GEI de 25% versus un escenario de 50% de aumento.

La incorporación del aspecto ambiental al desarrollo de escenarios energéticos tiene dos alcances que deben distinguirse con claridad: el ambiente constituye por un lado, parte de las condiciones de borde o entorno que definen y delimitan el espacio donde se propondrán luego los escenarios energéticos (y previamente sus pares socioeconómicos que constituyen el marco de referencia). Por otro lado existe un cierto margen de maniobra o grados de libertad disponibles en función de la incertidumbre Vinculada a las restricciones ambientales que el sistema energético va a enfrentar. Es dentro de este segundo sub-conjunto dónde pueden proponerse parámetros o drivers que delimiten distintos escenarios energéticos.

Es relevante entonces distinguir aquellos modificadores que responden a decisiones soberanas nacionales, regionales o locales, de aquellos que reflejan cambios en el contexto internacional. Un ejemplo de los primeros está dado por las metas de Costa Rica o Uruguay de alcanzar, en un futuro próximo, muy elevadas proporciones de generación eléctrica a partir de fuentes nuevas y renovables; mientras que un ejemplo de condiciones internacionales sería el caso que los países firmantes del prorrogado protocolo de Kioto, convengan o no -hacia el 2015 - en la obligatoriedad de reducir emisiones para la totalidad de las Partes. En el primer caso, las medidas de política energética dan forma al escenario propuesto, dentro de un ejercicio de escenarios completo y basado en abundante información que plantee metas cuantitativas, las acciones de política permitirían precisar y cuantificar el tránsito desde la situación inicial a la situación deseada.

Por otra parte, debe destacarse que las motivaciones ambientales son uno de los objetivos de política puntual. Sin embargo la especificación de tal objetivo (por ejemplo alcanzar un porcentaje de mezcla de biocombustibles o un porcentaje renovable en la generación de electricidad) debe contemplar – al igual que el caso de modificadores tecnológicos - el conjunto de impactos que la medida produce.

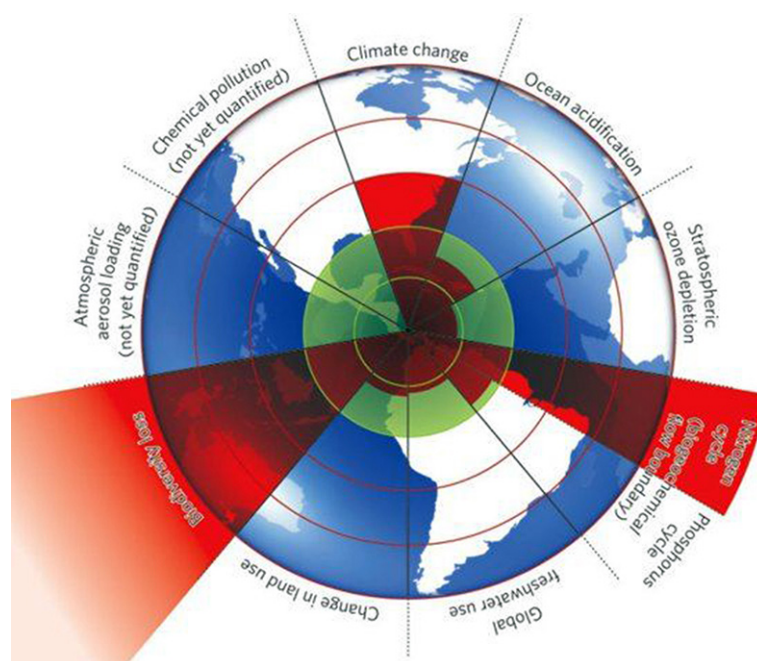
Este planteamiento está alineado con la descripción realizada para los Modificadores Tecnológicos. La incorporación de nuevas tecnologías para el sector energético, en un contexto de decisiones planificadas, con una visión estructural y sostenida a lo largo del tiempo, generará impactos ambientales tanto positivos como negativos. Así como en la primera sección se hizo mención de políticas para la innovación tecnológica que aceleran el proceso de desarrollo e incorporación de determinadas tecnologías, ahora en el contexto de modificadores ambientales, se enfatiza el impacto ambiental de las opciones impulsadas.

Al elaborar escenarios energéticos, las decisiones involucran múltiples aspectos u objetivos, en esta instancia es intenta reflexionar sobre los ambientales. Pueden constituir un límite ej. nivel de emisiones o un objetivo de potencia instalada de energías renovables. Las políticas puntuales implementadas para evitar transgredir un cierto nivel de emisiones, o bien alcanzar determinada cantidad de MW o porcentaje de participación de las fuentes renovables, son objeto de otra discusión.

### Marco de desarrollo para sistemas energéticos: límites o fronteras

Para enmarcar los modificadores ambientales, se dispone de un muy interesante material de referencia (Rockström, J. et.al. 2009) resumido en el esquema inferior. Se presentan 9 fronteras específicas, que constituyen límites tentativos de extremada relevancia para la trayectoria del planeta a través del tiempo. El nivel aceptable o seguro de una o varias de las fronteras se establece mediante el supuesto fuerte que las otras fronteras no están siendo transgredidas. Sin embargo, lo que aparenta ser un nítido límite físico puede modificarse por ejemplo si un parámetro de variación paulatina como la tasa de pérdida de biodiversidad - excede su umbral límite. A nivel agregado la desertificación, inducida por transgresión de la frontera del cambio climático – de especial interés para los sistemas energéticos - puede causar por ejemplo una pérdida de tierra cultivable tan importante, que desplace hacia abajo su borde. A nivel regional la deforestación del Amazonas, dentro de un régimen de cambio climático podría impactar sobre la disponibilidad del recurso hídrico en Asia – resaltando la elevada sensibilidad de la frontera hídrica respecto a las otras fronteras que demarcan cambios en el uso del suelo y cambio climático.

Figura V.17: Subsistemas biofísicos o procesos, representando nueve fronteras planetarias



Fuente: Rockström, J. et. Al. (2009).

Nota: El esquema propone una estimación de la evolución cuantitativa desde niveles preindustriales al presente, en función de respectivas **variables de estado** definidas para siete de las fronteras planetarias: Cambio Climático; Pérdida de Biodiversidad; Ciclo de fósforo (frontera del flujo bio-geoquímico); Ozono estratosférico (reducción capa estratósfera); Acidificación de océanos; Uso de agua dulce y Cambio en uso de la tierra se remite al lector a la obra original de libre acceso para detalle metodológico). El nonágono interno sombreado en verde representa el espacio operativo seguro, para el que se proponen umbrales límite en sus bordes externos. La extensión de los triángulos sombreados en rojo para cada frontera, refleja la estimación de la posición actual de la variable de control.

Para la pérdida de biodiversidad, el límite actual excede el espacio disponible en la figura. Ese sub-sistema, junto con el correspondiente al ciclo global del Nitrógeno (frontera del flujo bio-geoquímico); son definidas mediante tasas de cambio de la respectiva **variable de control**: extinciones anuales por millón de especies por año y tasa de N<sub>2</sub> removido de la atmósfera debido a la acción del hombre, respectivamente – ya que no se ha podido definirles una variable de estado. Mientras que ni siquiera han podido establecerse límites cuantificados aún para la Contaminación Química y para el Efecto Aerosol (carga a la atmósfera).

En el análisis de referencia, se ha intentado cuantificar la trayectoria temporal de siete de las fronteras planetarias propuestas desde niveles pre-industriales al presente – figura superior. La aceleración de la actividad humana desde la década de 1950 – en particular el empleo de fertilizantes en la agricultura moderna – resultó en la transgresión de la frontera en términos del **ciclo global del nitrógeno**. Si bien no se dispone de datos agregados para un período temporal extenso, para la **frontera de la biodiversidad**, la definición propuesta para su umbral – 100 extinciones anuales por millón de especies por año - ha sido largamente excedida (incluso fuera de la escala sombreada en la figura). Los autores indican que el mundo no puede sostener la tasa actual de pérdida de especies sin sufrir colapsos funcionales. Hacia la década de 1980 la humanidad habría alcanzado el borde de la frontera de cambio climático, pero la tendencia de elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> no ha mostrado aún signos de ceder.

Por el contrario como resultado de la firma del Protocolo de Montreal la humanidad sí se tuvo éxito en revertir la tendencia del **ozono estratosférico** en la década de 1990. A través de la figura expuesta los autores estiman que la humanidad se aproxima, a ritmo creciente, a los límites o bordes en cuanto al uso de agua dulce y cambio de uso del suelo. La frontera de **acidificación del océano** está en riesgo – reconocen sin embargo la carencia tanto de series temporales suficientes para esta variable, como de información de la respuesta de los organismos y ecosistemas marinos a la perturbación proyectada para el CO<sub>2</sub>.

Las reflexiones discutidas por los autores pueden Vincularse con cinco importantes Convenciones Globales, cada una de ellas supone distintos grados de libertad o margen de maniobra para las posibilidades de acción al interior de los sistemas energéticos nacionales del mundo. Para nuestro análisis interesan las Vinculadas al sector energético aunque no es posible soslayar aquellas dimensiones que serán impactadas, por ejemplo por el desarrollo de obras de infraestructura. En el caso de construcción de obras de transporte eléctrico en alta tensión o emprendimientos hidroeléctricos para generación de electricidad – generalmente multipropósito

ya que también brindan servicios y soluciones para factores como el control de crecidas de los ríos involucrados, agua para riego, entre otras - el posible impacto sobre la biodiversidad puede ser extremadamente relevante. Como se indicó en el caso del ozono estratosférico la firma del **protocolo de Montreal** ha logrado revertir la tendencia negativa, mientras que en lo que hace a cambio climático, el **protocolo de Kioto**, dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, aún no han podido lograr el consenso mínimo necesario para lograr el retroceso de las emisiones contaminantes o al menos su estabilización. Otras convenciones internacionales de relevancia son la de **Aguas Internacionales; Biodiversidad y Desertificación**.

### **Caso de Análisis: Los Gases de Efecto Invernadero y otros gases de contaminación atmosférica**

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es uno de los impactos de mayor importancia relativa, en función de la responsabilidad del sector energético. Se dispone además de un poco más de información aunque estrictamente podría decirse un menor nivel de incertidumbre.

Entre las múltiples causas además de la mencionada importancia relativa del sector energía en el total de emisiones y disponibilidad de información que contribuyen a esto se coloca su enorme repercusión en los medios y en la sociedad de todo el mundo.

Una vez realizado el inventario de GEI, se obtienen las emisiones de GEI por fuente y uso. Con estos valores, que por lo general se encuentran expresados en toneladas de contaminante, se pueden realizar una serie de indicadores que permitirán fácilmente una comparación internacional y extraer conclusiones.

Entre estos indicadores los más usados son las emisiones de  $\text{CO}_2$ /Habitante; las emisiones de  $\text{CO}_2$ /Energía Consumida y las emisiones de  $\text{CO}_2$ /1000 U\$S de PBI.

Un valor elevado para este primer coeficiente indica un alto consumo de energía per cápita y un importante grado de acceso, por parte de los habitantes de un país, a las fuentes energéticas. Además depende del mix de fuentes energéticas utilizadas en cada caso.

Por último, el indicador  $\text{t CO}_2$ /1000 U\$S, representa la relación existente entre los sectores ambiental y económico. Un valor alto para este coeficiente indica elevadas emisiones para un bajo PBI, caso típico de economías que poseen sectores industriales energo-intensivos como la siderurgia a carbón, con bajos rendimientos energéticos y que elaboran productos con bajos precios de venta. También podría ser el caso de plantas de fabricación de papel o celulosa, plantas de producción de aluminio, entre otros procesos industriales intensivos en el insumo.

Valores reducidos de este coeficiente indicarían, entre otras cosas, economías muy terciarizadas, con altos valores de PBI en relación a las emisiones efectuadas.

En síntesis, la evidencia disponible muestra que en la mayoría de los países existe una asociación positiva entre el consumo de energía per cápita, el ingreso per cápita y las emisiones per cápita. Estas asociaciones dan cuenta de la alta dependencia que existe entre el crecimiento económico, el uso de energía y las emisiones de GEI de forma que la imposición de límites absolutos específicos al consumo de energía se traduciría, en términos coyunturales, en una contracción económica en la región (Kozulj, 2010).

### **Otras restricciones ambientales**

El eventual endurecimiento de la regulación ambiental, incluyendo estándares, comercio, impuestos, multas, prohibiciones, metas, etc. puede provenir de factores diversos, entre ellos:

- √ Disminución en los niveles de incertidumbre actuales – basado principalmente en avances científico-diplomáticos a nivel global;
- √ Lobby de grupos de presión de sesgo ecologista;
- √ Nueva evidencia de daño ambiental junto a sucesos puntuales de contaminación y catástrofes.

La información nueva puede surgir de resultados obtenidos mediante investigación y desarrollo, incluyendo casos piloto, o por situaciones no previsibles, aleatorias o acumulativas. Resulta entonces relevante identificar el rol de la generación y distribución de información pública ambiental, concientización social en general, formación de recursos humanos especializados y vinculados internacionalmente, entre otros elementos. Nuevamente estos factores pueden impactar al interior de los países o generar nuevas percepciones a nivel global.

Otro tipo de problemas ambientales además de las emisiones de GEI vinculados al sector energético requerirán la implementación creciente y sistemática de programas de “mejores prácticas ambientales”, en particular para el sector de extracción y transporte de hidrocarburos líquidos y gaseosos, problema que puede ser creciente a medida que se exploten mayores cantidades de recursos no convencionales, lo que implica un especial cuidado para evitar la contaminación de los acuíferos.

De modo similar, la disponibilidad de recursos hidráulicos no aprovechados hace deseable enfatizar los procedimientos y alcances de las evaluaciones de impacto ambiental (incluyendo por definición la dimensión social), de modo tal de que no se convierta ni en una verdadera amenaza ambiental, ni en freno al desarrollo energético, necesario para el desarrollo de la región.

- √ En este aspecto queda aún un extenso camino a recorrer para lograr la implementación efectiva de procesos participativos, que reúnan los intereses de todos los eslabones de la sociedad, pero de modo informado y en función de consensos y objetivos comunes mínimos.

## V.8. Inversiones

### V.8.1. Marcos institucionales, regulación e inversiones

Un aspecto crítico en la prospectiva de inversiones tiene que ver con la vinculación del proceso de inversiones en los distintos eslabones de las cadenas energéticas según modalidades institucionales y regulatorias. Al respecto es de suma importancia considerar que las inversiones del sector energético requieren de un plazo de maduración que obliga a prever su inicio con una antelación que en muchos casos puede exceder los cinco a diez años. A la vez, dichas inversiones requieren no solo de fuentes de financiamiento disponibles, sino también de la formación de capacidades técnicas, obtención de equipos e insumos críticos.

Un tema de particular relevancia lo constituye el hecho de que la multiplicidad de actores y diversidad de marcos regulatorios puede inducir a criterios muy disímiles en cuanto a las decisiones de inversión en distintos activos de eslabones de cada cadena energética, lo que configurará un sistema de abastecimiento energético que puede diferir del deseado para abastecer las demandas futuras proyectadas. Es decir la resultante de decisiones de inversión descentralizadas basadas en criterios microeconómicos, no necesariamente converge en una asignación óptima de recursos cuando la mirada es puesta en el desempeño articulado del sector energía y sobre el grado real de aprovechamiento de los recursos potenciales más abundantes.

En un gran número de casos se han detectado problemas de expansión de la oferta en distintas cadenas o eslabones de ellas con impactos sea sobre la configuración del sector, sobre su desempeño, sobre la regulación e intervención del Estado y sobre la economía. La capacidad de inyección de gas puede estancarse o declinar aún en contextos con reservas comprobadas, o también junto a su decrecimiento por falta de inversiones. En estos casos no sólo la infraestructura de transporte puede quedar ociosa, sino que la modalidad de generación de electricidad puede verse comprometida. En otros puede hallarse retrasada la ampliación de la infraestructura de transporte de gas limitando potenciales abastecimientos o inversiones para hacer producir yacimientos con reservas comprobadas. La falta de planificación e inversiones en líneas de transporte eléctrico puede retrasar el desarrollo de obras hidroeléctricas o de instalación de parques eólicos cuando estos potenciales se hallan en zonas alejadas de los centros de consumo y no existe infraestructura en líneas de AT.

La ausencia de un marco global de planificación e inversiones pueden dificultar o retrasar decisiones en algún eslabón de los mencionados si los actores no perciben señales de coordinación que hagan previsible el marco de sus decisiones en términos no sólo de rentabilidad sino de un cronograma de inicio y finalización de obras clave. En ocasiones las conductas de los agentes entran en lógicas circulares porque contratos que asegurarían la Viabilidad de ciertas inversiones en su sector no cuentan con contratos o voluntad de inversión en otros vinculados a ellos, por ejemplo incrementar la oferta de gas en un yacimiento puede requerir ampliaciones en la capacidad de transporte de gas que a su vez requerirían de un volumen de contrataciones no realizadas si las ofertas de ambos productos energéticos se realizan por separado o con criterios no coordinados. A su vez ello impediría la instalación de nuevas capacidades de generación termoeléctrica o del desarrollo de redes de gas para atender demandas industriales o de las distribuidoras.

La ausencia de marcos institucionales apropiados e instancias de coordinación de los procesos de inversión, puede retrasar obras como la construcción de refinerías lo que deriva bien sea en un incremento de importaciones, bien sea en anuncios de proyectos en distintos países que de concretarse generarían capacidades excedentes que alterarían el retorno previsto de las inversiones. Los riesgos de capacidades redundantes o su visualización puede a su vez frenar las decisiones a nivel regional. La estrechez de la oferta de gas puede implicar la sustitución por formas de suministro de GNL que sean más costosas que las de un aprovisionamiento por planta regasificadora. La instalación de dicha planta puede requerir cinco años para hallarse operativa y en el interin ser descubiertas o puestas en producción reservas cuyo desarrollo fue postergado, lo que tiene fuertes implicaciones para la formación de precios en las cadenas de gas y de electricidad o aún para decisiones de ampliación de la capacidad de transporte de gas o de líneas de Alta Tensión. El carácter de irreversibilidad de las obras conlleva a la configuración de sistemas defectuosos sea por redundancias innecesarias, sea por su vulnerabilidad o inadecuación para satisfacer las demandas de distintos energéticos.

Uno de los hechos constatados a partir del análisis realizado sobre marcos de regulación de energía en los sectores de electricidad e hidrocarburos, junto a los estudios de oferta y demanda de energía por países, es que la orientación de las inversiones puede dirigirse hacia visiones de corto plazo que configuran situaciones de escasez de oferta o redefinen direcciones contrarias al robustecimiento



de ejes clave como lo son la seguridad de suministro, el acceso y la accesibilidad, la minimización de impactos medioambientales y la de los costos totales de abastecimiento.

No pocos países han mostrado un estrechamiento de la holgura entre oferta y demanda de energía, lo que ha conducido a intervenciones estatales para garantizar el suministro sin que mediara una visión de largo plazo en el sentido de utilizar los recursos más abundantes y menos costosos. Por otra parte los casos en los cuales se ha confiado en las señales de precios como orientadoras de inversiones y como mecanismo autosuficiente para expandir la oferta, han redundado en estrategias empresariales contrapuestas a los objetivos de la política energética.

La falta de coordinación en la expansión de la oferta de gas natural, en la capacidad de transporte, en el mantenimiento de una adecuada política de exploración para sostener relaciones de reservas y producción que garanticen en plazos razonables el abastecimiento a diversos mercados como los domiciliarios, comerciales, vehiculares, industriales y de generación de electricidad, han conducido a la subutilización de la capacidad de las instalaciones de transporte, de consumo o de generación creando cuellos de botella resolubles mediante sustituciones de corto plazo que han dislocado los costos y la racionalidad de la configuración de los parques de generación eléctrica, reduciendo la confiabilidad en ambas cadenas-eléctrica y de gas-, poniendo en riesgo la vida útil de activos como los ciclos combinados cuando deben operar con combustibles líquidos, incrementando costos económicos para las industrias y ambientales para la sociedad local y global. La ausencia de marcos de inversión programada y coordinada ha creado paradojas de escasez o demoras en ampliaciones, o bien dificultado las contrataciones de largo plazo necesarias para dar estabilidad, previsibilidad y confiabilidad a los sistemas de abastecimiento.

Los sistemas energéticos que se han visto sometidos a estos estrechamientos de las inversiones, han tenido asimismo fuertes dificultades para resolver la diversificación de la matriz energética en la dirección de hacer uso de los recursos más abundantes y de menor costo, en tanto su puesta en funcionamiento supone el acceso al financiamiento de largo plazo que a su vez compite con la necesidad de atender demandas crecientes en el corto plazo, lo que duplica necesidades de inversión y crea reglas disímiles de recuperación de costos para distintos actores.

Dado que en esquemas desintegrados y con marcos regulatorios laxos respecto a reglas de inversión- la previsibilidad del sistema futuro es muy baja, se impone la necesidad de generar marcos de planificación integrales cuyas modalidades no van a ser idénticas según cuál sea el marco institucional del sector. Del mismo modo cabe decir que la presencia de actores estatales y privados en la misma cadena -o con entrecruzamientos horizontales y verticales- puede crear paradojas respecto a la toma de decisiones de inversión. Tal es el caso de empresas públicas que bien pueden expandir su oferta, pero que al hacerlo en un ámbito en el que participan actores privados, pueden desincentivar las inversiones de estos últimos debido a que se generarían situaciones asimétricas respecto a los riesgos reales o percibidos. Esto último debido a que se ha instalado en el imaginario del ámbito energético el paradigma de la competencia entre iguales y en tal caso una empresa estatal contaría con supuestas ventajas. A su vez los actores privados, como se dijo, pueden ser muy adversos a tomar dichos riesgos por lo cual la orientación de sus inversiones no son de largo plazo, lo que crea de por sí un marco de escasa holgura o robustez para satisfacer las demandas de energía en una determinada nación o aún a nivel regional.

Mientras que la mayor parte de los países adoptaron enfoques de costo marginal, o bien reglas de expansión que no vinculan beneficios con reinversiones, el ejercicio del poder de mercado ha aparecido como una cuestión ineludible toda vez que contextos de escasez son el ámbito apropiado para introducir costos marginales crecientes y escalonados como por ejemplo cuando se despachan generadores con equipos ineficientes y que utilizan combustibles costosos, o bien cuando el sustituto más próximo de un producto como el gas natural de yacimiento en tierra debe ser reemplazado por suministros de GNL. En tal sentido puede ser afirmado que los incentivos naturales pueden alinearse más en una dirección de estrechez de la oferta que en una de redundancia, si no existen mecanismos explícitos para asignar los costos de la confiabilidad de los sistemas.

Una modalidad que ha surgido como respuesta a la estrechez de ciertas ofertas energéticas, es la creación de mecanismos de subastas o licitaciones de obras y cantidades de energía futuras. En tal caso la competencia ya no se da "en el mercado" sino que se transfiere a una competencia "por el mercado". Este mecanismo surge como un intento de conciliar la oferta futura -de forma tal que pueda ser planificada de modo anticipado- y que a su vez no sea irreconciliable con marcos institucionales y regulatorios con fuerte participación de actores privados guiados por reglas de rentabilidad y recuperación de las inversiones acordes a dichos marcos. Ciertamente este mecanismo sí es compatible con la planificación, pero también es un retorno al criterio "*cost plus*" que se suponía superado.

Cuando se adopta tal enfoque de expansión de la oferta, surge a su vez la cuestión de la competencia entre tecnologías y si esta debe existir o no. En muchos casos se estima que es conveniente que los procesos de subastas no sean por tecnología sino por menores costos del producto energético subastado, lo que decide de por sí la expansión futura de la configuración del abastecimiento en direcciones determinadas, dada la inconmensurabilidad del costo de algunas tecnologías en términos de largo plazo y de corto plazo, en especial cuando se trata de la generación de electricidad. Tales senderos de decisiones pueden no considerar el impacto sobre la necesidad de prever inversiones en otras cadenas de energía.

En otros casos, en cambio, el mix de oferta energética integral se predefine por una serie de criterios donde la dimensión económica es solo una de las múltiples a considerar cuando se trabaja con la idea de un enfoque integral que reúna ejes como los antes mencionados (seguridad de suministro, impacto ambiental, social, posicionamiento regional, posibilidad de crear cadenas de valor, etc.). En tales casos la tarea se facilita debido a que las capacidades a crear son identificables y por lo tanto lo son las inversiones requeridas con su cronograma.

En el anterior, por el contrario, se hace más difícil cuantificar ciertas inversiones porque dependerán de lo establecido por el regulador, lo que no obsta para que esta figura obre en un marco de planificación de inversiones de corto, mediano y largo plazo.

### V.8.2. La definición técnica de las inversiones requeridas y su cuantificación

Otro de los aspectos críticos es la cuantificación de las inversiones, los métodos para su estimación y los mecanismos para su financiamiento. La prospectiva de demanda y oferta, según la prospectiva de balances energéticos -que asegura la coherencia de las proyecciones de las distintas variables energéticas-, es un punto de partida para estimar las inversiones de corto, mediano y largo plazo en distintos eslabones de la cadena.

Bajo este enfoque y definidas las políticas que un determinado país desea adoptar para crear su propio marco de política energética, el conjunto de la oferta a crear queda definido para cada escenario o aún para comparar distintas opciones de plan sea normativo, indicativo, referencial.

La metodología requiere sin embargo de pasos previos, los que se refieren a la construcción de unidades referenciales de valor para cada actividad y obra de infraestructura necesaria para que las demandas proyectadas puedan ser satisfechas con una determinada oferta acorde a los criterios del decisor político.

Al respecto varias cuestiones pueden surgir: a) ¿Se desea que el “Plan de Abastecimiento Energético Integral” sea de “Mínimo Costo”?; b) ¿Se Puede obtener el mismo mediante alguna metodología amigable? ¿Es deseable este enfoque o es preferible comparar alternativas robustas predefinidas en base a criterios multivariados?

Si el “Plan Energético” seleccionado o “en estudio comparativo” es guiado por criterios de mínimo costo existen modelos como el MESSAGE que pueden ser de los más integrados. Este modelo fue originalmente desarrollado por IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), siendo que la el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), adquirió la última versión del modelo, y le hizo modificaciones en la *interfase* con el usuario para facilitar la aplicación. El mismo es utilizado para formular y evaluar alternativas energéticas bajo restricciones como límites de nuevas inversiones, costo de combustibles, regulaciones ambientales y velocidad de penetración en el mercado de las nuevas tecnologías.

Dado que este modelo permite representar toda la cadena de energía -desde los recursos hasta los usos finales, utilizando herramientas de optimización, es empleado *el criterio de minimizar el costo total del sistema en su expansión*. El costo minimizado incluye el costo de inversión, el costo de operación y cualquier costo de penalización adicional definido por los límites, rangos o restricciones. La suma de los costos ajustados por la tasa de descuento es utilizada para encontrar la solución óptima. Por lo tanto la solución óptima puede ser transformada en un plan de inversiones en tanto los costos de inversión fueron predefinidos, lo cual sólo es cierto en los casos donde o bien se asume que el costo de los combustibles refleja costos de oportunidad, o bien requiere a su vez de un modelado adicional de la cadena de suministro de combustibles para obtener el plan de inversiones implícito en ese suministro a unos costos dados que pueden o no ser los de oportunidad. El programa es una descripción detallada del sistema de energía modelado, que debe incluir: a) Formas de Energía en cada nivel de la cadena energética; b) Tecnologías empleadas por esas formas de energía; c) Recursos Energéticos. En la definición de las Formas de Energía se debe incluir los niveles en la cadena energética, comenzando desde la demanda hasta los recursos. Sin embargo el modelo no asume modificaciones de la demanda según los precios = costos de las corridas del modelo.

Otros modelos, como el ENPEP están diseñados para simular el mecanismo de equilibrio del mercado energético, con el fin de maximizar simultáneamente los beneficios de los productores y los consumidores. Este modelo combina los resultados del MAED y el WASP para determinar el equilibrio entre la oferta y la demanda de energía a largo plazo mediante el cálculo de las cantidades y los precios de equilibrio del mercado. Una vez determinado dicho equilibrio resta la tarea de fijar las cantidades de inversión requeridas y comprobar que los parámetros y costos utilizados para estimar precios correspondan con esas hipótesis cuando no son endógenas, y en este caso no lo son dado que el MAED no discrimina costos de combustibles por cadenas (el consumo de combustibles fósiles no es desagregado en petróleo, gas natural, carbón, etc.).



Los modelos de análisis financiero de planes de expansión del sector eléctrico (FINPLAN), son instrumentos para comprender e incorporar las cuestiones de las limitaciones financieras, que suelen ser el mayor obstáculo para la aplicación de estrategias energéticas óptimas. Pero el FINPLAN ayuda a evaluar la viabilidad de los proyectos de generación de electricidad mediante el cálculo a partir de los indicadores financieros importantes y tiene en cuenta las fuentes de financiación, los costos, los ingresos, los impuestos, etc. Es especialmente útil para establecer la viabilidad financiera a largo plazo de los proyectos mediante la preparación de flujos de tesorería, estados de ingresos y gastos, balances generales y ratios financieras. Otros como el LEAP permiten ser utilizados para proyectar demandas y emisiones de GEI, pero deben ser complementados con varios instrumentos analíticos para establecer, tanto escenarios de demanda como de oferta, insumos indispensables para determinar un plan de inversiones coherente. En tal sentido el capítulo VI trata específicamente del instrumental informático disponible para intentar brindar soluciones a estas interrogantes.

Es de remarcar, no obstante, que ciertamente es sólo la interacción entre los resultados del modelo o de los modelos y la experticia y conocimientos del grupo investigador o del equipo técnico planificador, el que termina definiendo una delimitación del escenario o escenarios de oferta que a su vez brindan el marco cuantitativo de las inversiones necesarias estimadas para lograr el Plan. Esta advertencia es necesaria en tanto aún hoy existe una confianza excesiva en los resultados de los modelos o un énfasis exagerado en los datos que se utilizan siendo que en la mayor parte de los países la información es deficiente o aun cuando no lo es, por necesidad expresan órdenes de magnitud relativamente imprecisos.

Una vez determinado el o los escenarios de expansión de oferta que integrarían el Plan Energético de Referencia se deben estimar las inversiones y los cronogramas respectivos de obras para cada eslabón. Para ello es necesario trabajar ya a nivel de cadenas y eslabones, pero dentro de un margen general de abastecimiento que debe de haber surgido en el proceso antes descrito.

### ***Inversiones en la cadena de hidrocarburos***

#### *Inversiones en el Upstream*

Las inversiones en el *upstream* de la industria del petróleo y gas natural se refieren a los planes de exploración y explotación que deben ser llevados a cabo para asegurar que las relaciones reservas/producción mínimas sean compatibles con la provisión en el tiempo de la producción de hidrocarburos líquidos y gaseosos necesaria para abastecer las demandas del plan en el plazo del mismo y para las generaciones futuras. El no vincular tasas de expansión de la producción de hidrocarburos con la suficiencia de reservas, puede conducir a agotar las posibilidades de abastecimiento previstas a los costos previstos y requerir nuevas inversiones. Ello también puede tener impactos en los encadenamientos de las inversiones en el tiempo.

Dado que se trata de reservas comprobadas, probables, posibles y recursos según definiciones internacionales como las fijadas por la SPE, el plan debe indicar metas de actividades de prospección sísmica 2D y 3D, número de pozos exploratorios, de avanzada y de desarrollo compatibles con metas de incremento de reservas comprobadas y metas de producción.

Una dificultad al respecto surge de la relación incierta entre esfuerzos de inversión resultados, en particular en la etapa de exploración. Las tasas de éxito dependen de muchos factores, entre ellos el grado de prospectiva previa y el conocimiento de las distintas áreas, campos, yacimientos. La tasa de éxito será, a priori, elevada en áreas ya maduras en etapas cercanas al inicio del desarrollo de los campos. Las tasas de éxito también se incrementan con la cantidad de perforaciones exploratorias, pero serán distintas en áreas conocidas que en áreas nuevas. La declinación de la producción en áreas muy maduras puede indicar que los campos están en etapa de agotamiento. Diversos estudios deben acompañar el análisis de Viabilidad de lograr aumentos en los factores de recuperación.

Todo lo anterior indica que aunque se puedan estimar las actividades a realizar en sísmica y perforación de pozos exploratorios para incorporar nuevas reservas, los resultados a obtener son siempre inciertos e involucran un alto riesgo. Una dificultad adicional reside en que los resultados calificados como "fracasos" (ej. pozos secos o pozos no viables en términos económicos a un determinado nivel de precios) pueden alterar las decisiones de inversión subsiguientes no sólo en un campo determinado sino por contagio hacia áreas próximas o aún hacia todo un país. En este aspecto vuelven a surgir temas institucionales y de regulación de la actividad que hacen al concepto de "*prospectiva integral*" (geológica, económica, jurídica, sociopolítica).

Una solución habitual es el llamado a licitación de áreas de exploración en distintas cuencas y campos actividad convocada sea por Agencias Nacionales de Hidrocarburos (Ej. ANH de Colombia; ANP Brasil; etc.) o por otros organismos según sea el marco institucional y de regulación de la actividad en cada país. A los fines de la planificación energética lo importante es determinar de modo indicativo los estándares mínimos de actividad compatibles con la incorporación de reservas en un plazo dado y asegurar que las rondas de licitación se realicen. Sólo de este modo los países pueden definir su perfil futuro, es decir si alcanzarán el autoabastecimiento total o parcial, si serán exportadores en forma creciente o declinante o bien si se autodefinirán como importadores.

Estas definiciones no son por cierto neutras respecto a otras decisiones de inversión en el sector energético dado que de una u otra situación se desprenden marcos referenciales que pueden alterar radicalmente otros planes de inversión (ej. en el sector de electricidad o aún en las políticas de la industria automotriz).

La determinación de estándares de actividad como km. de sísmica 2D y 3D, número de pozos, etc. son fácilmente traducibles en cronogramas y en montos de inversión. Para ello los organismos encargados deben disponer de unidades de valor de referencia para cada actividad, tales como costo por pozo de exploración para cada cuenca según profundidad, características topográficas, dificultad de acceso, disponibilidad de infraestructura, etc. Lo mismo para la actividad de sísmica. En principio las metas físicas de inversión compatibles con una esperanza de hallazgos de hidrocarburos en un plazo de tiempo permiten obtener las magnitudes de inversión a convocar o a realizar en un plazo determinado. Los parámetros para establecer las relaciones entre esfuerzo exploratorio y resultados esperados surgen necesariamente del acopio centralizado de información geológica. En caso de no existir ésta, lo primero es invertir para obtenerla lo que puede requerir de estudios costosos y que involucran también plazos prolongados.

Las inversiones en desarrollo de reservas existentes son más fáciles de estimar y monitorear. La importancia de mantener estructuras institucionales que lleven a cabo este proceso es crucial para la planificación energética. Si los resultados de la actividad muestran un perfil de agotamiento de campos sin que existan posibilidades de incorporar nuevas reservas, el resultado se transmitirá rápidamente a otros ámbitos obligando a redefinir metas de otros sectores. Por ejemplo, la expansión de generación termoeléctrica puede verse afectada por la falta de aprovisionamiento de gas natural o bien sus costos y competitividad ser afectados si los suministros implican importaciones de GNL. Asimismo las autoridades podrán decidir si instalar o no plantas de GNL. Para el caso de los hidrocarburos líquidos, el perfil de hallazgos según calidad y cantidad anticipará necesidades de otras inversiones como adecuación de refinerías, plantas de *upgrading*, infraestructura de transporte.

Se puede afirmar que los procesos de inversión en el sector del *upstream* y sus resultados constituyen uno de los pilares que afectaran toda la concepción de la expansión de la producción y consumo de energía y, por consiguiente, el proceso de planificación e inversiones en otras cadenas y sectores. Como ya fuera mencionado, en tanto los resultados son siempre inciertos en términos de la relación “*esfuerzos de inversión- resultados obtenidos*”, la continuidad y monitoreo de ambos factores junto a los mecanismos institucionales para efectuarlos es imprescindible para los países productores. Este problema obviamente no aplica a países importadores, los que deben concentrarse en planificar la infraestructura de importaciones y su conexión con plantas GNL y Refinerías.

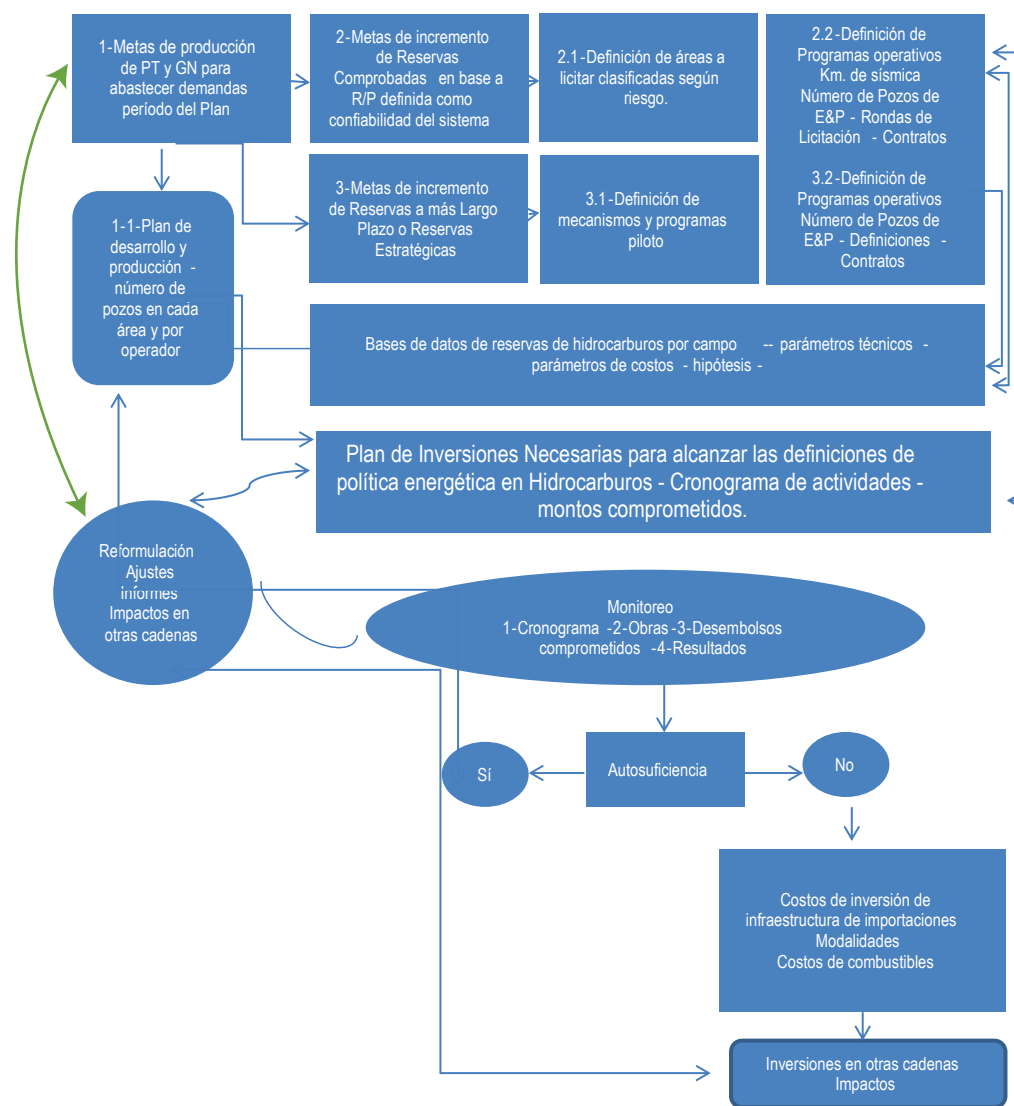
En tanto la exploración y explotación petrolera son actividades de particular riesgo- y las que presentan uno de los mayores plazos de maduración entre esfuerzos iniciales y obtención de resultados- la cuestión del financiamiento del sector y los modos de participación privada son aspectos clave.

En la Figura V.21 se presenta un esquema posible para la determinación del plan de inversiones y algunos instrumentos.

La idea central parte del modelado general del requerimiento de petróleo y gas que deben ser abastecidos cumpliendo a su vez la restricción de que la relación reservas producción asegure la continuidad del abastecimiento o bien indique señales de reforzar inversiones en exploración o en importaciones. Sobre esta base ciertos parámetros técnicos permiten definir metas físicas, las que multiplicadas por valores de referencia arrojan por sumatoria montos de inversiones del Plan por tipo de actividad. A su vez sobre esta base es factible subdividir el Plan en Rondas o Licitaciones que inviten a invertir o bien son guía de inversiones por área y actividad en un plazo temporal definido para algún actor específico. El Plan debe ser monitoreado en su ejecución y en sus resultados, pues es imposible establecer metas rígidas. De los resultados van surgiendo prospectivas que retroalimentan el Plan de inversiones y las propias orientaciones de política.

Nótese que el esquema presentado supone un modelo de decisiones centralizadas con posibilidad de actores múltiples que compitan por áreas de exploración y explotación, pero bien puede ser aplicable a un modelo de actor único.

Figura V.18: Esquema para la determinación del plan de inversiones en Hidrocarburos (Upstream).



Fuente; Elaboración propia.

## Inversiones en el Downstream

### i) Oleoductos y refinerías

Definidos los yacimientos productores, la autosuficiencia total o parcial, la calidad de los crudos y la infraestructura previa, las inversiones físicas en oleoductos y ampliación o construcción de refinerías en base a las demandas proyectadas, es una tarea sencilla. Sin embargo, las decisiones de inversión y su ejecución pueden presentar problemas y complejidades. En primer lugar se da el hecho de que los cuellos de botella en refinación pueden darse para un combustible y no para otro (ej. faltantes de Diésel y autosuficiencia de naftas o gasolinas). Un inversor privado no estará en condiciones de instalar una nueva refinería si la demanda no satisface un grado de utilización de las instalaciones que le permita recuperar el capital en un plazo razonable. Las importaciones necesarias para satisfacer los faltantes entre oferta local y demanda pueden significar erogaciones de divisas y construcción de facilidades portuarias y de transporte que no serán necesarias- en la misma magnitud- una vez que la demanda alcance el volumen que haga viable la instalación de una nueva refinería. Si bien las refinerías son modulares, hay cuestiones de complejidad y economías de escala que deben ser consideradas. La evaluación de alternativas de inversión y modalidades de resolver cómo será el sendero a seguir debe contemplar las particularidades de cada caso y considerar la inversión estatal como una posibilidad conveniente. En tales casos dicha inversión puede ser recuperada en el largo plazo a costos menores que los implícitos en la suma del valor de las importaciones durante un plazo prolongado, tema que puede ser importante para países con problemas crónicos de balanza de pagos. En todo caso se trata de optimizar el conjunto de recursos disponibles en un marco de planificación que no considera que las decisiones de corto plazo configuren, como se dijo, senderos sustentables en el largo plazo.

## ii) Gasoductos

El sistema de transporte troncal puede ser nuevo o una reconfiguración-ampliación del existente. Su planificación es necesaria por lo ya dicho respecto a los cuellos de botella que puede generar una insuficiencia de capacidad de oferta. Para los sistemas nuevos o incipientes con mercados a desarrollar en el mediano o largo plazo, la inversión privada puede no ser una alternativa viable si no existe un mecanismo de compensación por la capacidad ociosa que no será remunerada por los consumidores. En caso de que la regulación intente que la inversión sea recuperada por tarifas, las del primer período pueden ser muy elevadas y hacer del gas natural un producto poco competitivo. En ciertos casos la inversión realizada por sistemas BOMT, puede requerir de la creación de una empresa administradora que medie entre el pago de los BOMT y la recuperación por tarifas. Esta empresa operará a pérdida durante cierto tiempo (ej. diez años), pero tendrá luego un valor de mercado que puede permitir la recuperación parcial o total de los desembolsos en el plazo de la transición.

En sistemas maduros los mecanismos de fideicomiso han funcionado de modo satisfactorio para ejecutar obras de ampliación porque la velocidad de crecimiento de la demanda ha sido elevada.

En los planes de expansión de la industria del gas existen parámetros para estimar el monto de inversiones, siendo a su vez múltiples las formas de obtener financiamiento y recuperación de las inversiones.

### ***Inversiones en la cadena eléctrica***

En algunos países de la región se presentan planes referenciales de expansión eléctrica. En tales casos se supone que las obras son predefinidas y se alcanzan en el tiempo a fin de satisfacer las demandas proyectadas de picos de potencia y cobertura de la demanda de energía. Si tal ejercicio no se realiza se dispone al menos de demandas de corto y mediano plazo con algunas estimaciones de largo plazo.

Es importante que las autoridades prevean con antelación la definición de los mecanismos de expansión. Las subastas o licitaciones de obras que surgen de tal esquema permiten obtener los márgenes de confiabilidad deseados. Sin embargo si las licitaciones son por el criterio del menor costo ofertado de energía se debe asegurar que las ofertas cuenten con respaldo de combustibles determinados con un margen de variabilidad acotado en cuanto a su precio. De otro modo pueden requerir de ajustes de valor que revelen una mala elección en un período de “n” años luego de ejecutada la inversión.

Las subastas con cuotas de participación de fuentes son ideales para diversificar la matriz de generación eléctrica. En este esquema no se asegura el mínimo costo de la energía en el corto plazo, sino el mínimo costo por fuente. Si bien esta opción puede resultar más costosa para los consumidores en un período determinado, puede asegurar que cada país oriente mejor sus inversiones hacia las direcciones que brinden menor vulnerabilidad de abastecimiento, mayor aprovechamiento de recursos y menor impacto ambiental en término de emisiones de GEI. Sin embargo tal enfoque supone también un estricto orden de planificación de las redes de transmisión y lograr su financiamiento.

El esquema supone la existencia de un plan referencial de expansión de largo plazo donde cada obra ingrese en los plazos previstos lo que requiere de holgura financiera y no es necesariamente compatible con la minimización de costos para los consumidores.

Los enfoques que intenten escapar de esta restricción pueden quedar atrapados de lo que ocurra en el mercado de combustibles y del escenario de precios internacionales del crudo y del gas natural, aun cuando en el caso del gas no existe un precio de referencia internacional que sea único o que garantice inversiones con sesgo a reservas de gas. Esto último ocurre sin duda porque la expansión termoeléctrica es la que permite con mayor velocidad poder atender demandas crecientes de energía eléctrica. Ciertos casos pueden revelar que la formación de costos medios a partir de esa solución es sub-óptima cuando se analizan escenarios ex-post.

Es que precisamente la ausencia de un marco integral de expansión de la oferta energética, como prerrequisito, impide generar un esquema adecuado de planificación de las inversiones y de los mecanismos para asegurar que los distintos proyectos de inversión sean coordinados y viabilizados a través de instrumentos incluidos los de la regulación.

En cuanto a la cuantificación de las inversiones existen múltiples fuentes para valorizar los costos por MW de distinto tipo de tecnologías y también para costear indicativamente rangos de valor de km de líneas de AT y MT.

### **V.8.3. Plan de inversiones del sector energético**

Una vez establecidas las metas sectoriales de desarrollo de reservas de hidrocarburos convencionales y no convencionales (inversiones en exploración y producción), en importaciones o infraestructura para las mismas, en oleoductos, refinerías, gasoductos, plantas eléctricas por tipo de tecnología y líneas de AT y MT, el plan- o diversos escenarios que el Plan presente- las mismas pueden ser cuantificadas y ordenadas en el tiempo. Asimismo para cada una de ellas el organismo indicará los instrumentos mediante los cuales se halla prevista su ejecución (obras de infraestructura realizadas por el Estado; áreas de participación privada o público-privada; reglas de recuperación de las inversiones; disponibilidades presupuestarias asignadas o mecanismos de recuperación mediante tarifas).



The left side of the page features a vertical decorative strip. It contains a complex pattern of overlapping gears of various sizes and orientations, rendered in a light blue color. Overlaid on this is a white wireframe structure that resembles a stylized human eye or a complex geometric form, composed of numerous thin lines connecting various points.

# CAPÍTULO VI

---

Utilización de  
Modelos en  
la Planificación  
Energética



## PALABRAS CLAVES

Modelos – Planificación energética – *Top-down* – *Bottom-up* – Casos de estudio – Proceso de selección.

### VI.1. Introducción

La proyección del consumo y de la oferta de energía son tareas que abarcan una serie de áreas de conocimiento e involucran una gran cantidad de variables. Dada la amplitud exigida, en general, se requiere el uso de modelos matemáticos que describen la cadena energética, desde la extracción de las fuentes energéticas hasta su uso final, a lo largo de la producción, transformación, distribución y almacenamiento. Básicamente, las herramientas disponibles para el análisis del sistema energético pueden tener dos enfoques: “*bottom-up*” y “*top-down*”. Como se describirá más adelante, estos dos enfoques difieren básicamente en el nivel de agregación de los modelos.

En este contexto, el objetivo de este Capítulo es describir, discutir y explicar el funcionamiento de diferentes modelos aplicables a la planificación energética de países de ALC. De hecho, el capítulo busca presentar aplicaciones de los diferentes modelos para el análisis de prospectiva energética en países de ALC. Para el cumplimiento del objetivo, en la primera fase, se discute sobre el papel y la clasificación de los modelos de planificación energética, para posteriormente presentar descripciones, funcionamiento, casos de estudio y proceso de selección de los modelos analizados.

En la primera sección inicialmente se resumirán los objetivos de las herramientas de planificación energética. A continuación, se clasificarán los principales modelos aplicables a la planificación energética, según su enfoque, alcance, propósito y aplicación. En la segunda sección se tratará de describir las características generales de los diferentes modelos para la planificación energética que sean aplicables a los países de ALC. Además, se describe el funcionamiento de algunos modelos para la planificación energética que sean aplicables a los países de ALC. En la tercera sección, se tratará de describir experiencias previas en donde fueron aplicados los modelos descritos de planificación energética en países miembros de ALC. En la cuarta sección, con base en las características generales, descripción de funcionamiento y las experiencias previas, se producirá un cuadro sinóptico que permitirá al formulador de políticas públicas seleccionar modelos de planificación energética aplicables a su país y / o región. Por último, la quinta sección hace referencia a algunos comentarios finales.

### VI.2. Papel y clasificación de los modelos de planificación energética

En la secuencia se describe el papel de apoyo que cumplen los modelos de planificación energética al proceso de toma de decisiones durante la planificación energética propiamente dicha. El objetivo específico de esta sección es clasificar a los diferentes modelos según su enfoque, alcance, propósito y aplicación.

#### VI.2.1. Papel de los modelos de planificación energética

Como fue explicado por Connolly *et al.* (2010), no hay una herramienta que aborde todos los temas relacionados con la planificación energética integrada, en lugar de ello, la “mejor” herramienta dependerá de los objetivos específicos que busca atender el análisis. El problema de la consistencia muestra que podría ser mejor utilizar un modelo que es “aproximadamente correcto” para evaluar varios problemas al mismo tiempo, en lugar de juntar varios modelos sofisticados, con el riesgo de afectar la transparencia y la flexibilidad, además de crear una inconsistencia total del enfoque (Frei *et al.*, 2003).

No se debe perder de vista que las herramientas de planificación energética deben ayudar a quien toma las decisiones, en el sentido de suplir la demanda creciente por energía de manera eficiente. Por lo tanto, es preciso construir herramientas que representen la complejidad del sistema energético de forma organizada, para auxiliar a quienes toman las decisiones en la formulación de políticas energéticas sustentables (D’Sa, 2005).

No obstante, el uso de una herramienta de planificación energética requiere un proceso de formulación estratégica que mapee los objetivos de su implementación. Esto es obligatorio para que el formulador de política energética entienda las capacidades de la modelización energética existente, y de esta forma identifique las metas de usar cada herramienta. Se trata de entender anticipadamente lo que es deseable de la herramienta de planificación energética, así como lo que esta define. Fundamentalmente,

los siguientes interrogantes pueden ayudar en el proceso de selección de modelos (Codonniet *et al.*, 1985; Frei *et al.*, 2003; Sohn, 2007; D'Sa, 2005; Connolly *et al.*, 2010):

- √ ¿Qué requiere? ¿Qué necesita? ¿Pronosticar la oferta y demanda de energía? ¿Energía final o servicio energético? ¿Largo, mediano o corto plazo? ¿Horizonte simple o múltiple?
- √ ¿Se busca solo para mejorar el conocimiento del sector energético?
- √ ¿El modelo serviría para probar políticas energéticas, industriales o ambientales?
- √ ¿El modelo serviría para analizar las interacciones entre energía, economía, sociedad y medio ambiente?
- √ ¿El modelo serviría para construir escenarios del tipo "What if"?

Uno de los criterios que guía el proceso de selección de herramientas de planificación energética está en función de lo que se quiere estimar y de su horizonte de tiempo. De hecho, las estimaciones pueden ser meramente un ejercicio para aumentar el conocimiento sobre las variables en cuestión, o directamente centradas para la definición de políticas energéticas. En términos de interacción, el modelo escogido puede, por un lado, hacer estimaciones energéticas de forma aislada, sin cualquier reciprocidad con variables económicas, poblacionales y ambientales. Por otro lado, los modelos integrados son capaces de estimar agregados energéticos a partir de la interacción con variables socioeconómicas y ambientales. Además, se debe mencionar que los escenarios son proyecciones que consideran preguntas del tipo "What if". Estos reconocen que las personas tienen creencias y eligen aquello que conduzca a un resultado. Los escenarios consideran un rango aceptable de futuros y como estos pueden emerger desde la realidad actual, mientras los pronósticos se enfocan en probabilidades.

La mayoría de los modelos de sistemas energéticos y tecnológicos son usados para describir el mediano y largo plazo de la infraestructura energética a escala global o regional. Con algunos modelos, la incertidumbre asociada al futuro es usualmente tomada en cuenta al usar escenarios, los cuales describen "mundos" alternativos donde podríamos encontrarnos. El rango en el que fluctúan los resultados del modelo calculado para estos "mundos" muestra el grado de incertidumbre para diferentes indicadores. Si bien este enfoque es muy útil para obtener resultados de optimización, no es adecuado para describir y simular el marco en el que operan los tomadores de decisión.

En realidad, los tomadores de decisión no tienen información completa relacionada con los costos futuros, precios, restricciones e incertidumbre sobre el futuro del sistema energético. A diferencia del concepto de riesgo, en el que se puede asociar al futuro una posibilidad de ocurrencia conocida, al hablar de incertidumbre se refleja el desconocimiento de alguna posibilidad de ocurrencia que pueda ser asociada al escenario. A menudo, esto puede llevar a ponderar en mayor medida a las decisiones de corto plazo debido a que hay información disponible (menor grado de incertidumbre), posponiendo de este modo, la toma de decisiones de largo plazo, hasta cuando nueva información esté disponible para ser usada. Este tipo de aspectos no pueden ser descritos en un modelo, donde toda la información es exacta y simultáneamente disponible para todo el horizonte de tiempo a ser modelado (Keppo y Strubegger, 2010). De hecho, existen pocos modelos que tienen módulos específicos para tratar el tema de incertidumbre, entre los que se destaca SUPER OLADE con su módulo MODPIN para tratar la incertidumbre sobre los regímenes hidrológicos futuros, el crecimiento de la demanda, el costo de combustibles y el tiempo de construcción de los proyectos.

En función del grado de incertidumbre que supone la planificación energética de largo plazo, los planificadores suelen proyectar sistemas energéticos resilientes, capaces de absorber impactos/contingencias y de dar respuesta rápida a interrupciones en la provisión de los servicios energéticos (Dyer H. y Trombetta M. J., 2013; Winzer, 2012). Las contingencias pueden afectar a la generación/producción, al transporte y distribución, o puede tratarse de otros eventos inesperados, inclusive de accidentes naturales y atentados (UNISDR, 2012). Las contingencias son clasificadas como shocks (surgimiento rápido y de corta duración), y estreses (surgimiento lento y larga duración) (Dyer H. y Trombetta M. J., 2013). Con la intención de contar con sistemas energéticos resilientes, es frecuente planificar usando factores de seguridad altos, reservas estratégicas de energéticos, y específicamente para el caso de sistemas eléctricos, se acostumbra mantener transformadores de reserva, disponer de potencia girante y aplicar criterios de confiabilidad "n-1" para los sistemas de transmisión y distribución (líneas y transformadores) (Winzer, 2012; etc.). Este tipo de ejercicio puede realizarse usando modelos de planificación energética de optimización, así como también con los de simulación.

Adicionalmente, existen metodologías de planificación energética que colocan énfasis en la gestión de riesgos, por tanto, no buscan un plan de expansión de mínimo costo sino una expansión que sea más robusta ante los diversos riesgos e incertidumbres, un ejemplo de ello es la metodología "Trade-Off Risk" (Crousillat y Merrill, 1992) y el "Minimax" (Minimización del máximo arrepentimiento de Savage) utilizado por el SUPER-OLADE.

Ante las ventajas y desventajas de cada modelo, es labor del planificador energético optar por la solución que minimice el riesgo asociado a la limitación intrínseca de los diferentes enfoques. Por lo tanto, algunos criterios pueden ser incorporados a la elección del modelo:

- El modelo debe ser de fácil ejecución, exigiendo, así, menor tiempo para la preparación de la información de entrada y la elaboración de los escenarios.
- El modelo debe tener un número limitado de variables exógenas.
- El modelo debe garantizar la compatibilización interna, es decir, la coherencia de las hipótesis técnico-económicas.
- El modelo debe permitir el análisis de políticas energéticas y ambientales que afectan los precios de los energéticos.
- El modelo debe evaluar los impactos sobre el sector energético del comportamiento del consumidor, de políticas específicas, de progreso técnico y de sustitución tecnológica y de factores de producción.

### VI.2.2. Clasificación de los principales modelos aplicables a la planificación energética

En la planificación energética el tiempo es una variable clave, abarcando al planeador la perspectiva de largo plazo, y al tomador de decisión la de corto plazo. La duración de este periodo de tiempo o plazo se fundamenta en la teoría microeconómica clásica que indica que los factores de producción varían estructuralmente en el largo plazo, mientras que variaciones coyunturales se asocian al corto plazo y medidas de control y seguimiento se asocian al medio plazo (Pindyck R. & Rubinfeld D., 2010). Las cantidades de los insumos o factores de producción varían en el largo plazo, tiempo en el cual la evolución tecnológica es evidente (Pindyck R. & Rubinfeld D., 2010). Se entiende también que en el corto plazo la demanda permanece más estable. La selección del horizonte de tiempo para el análisis es muy importante y estratégica, por ejemplo, modelos de optimización del tipo “*perfect foresight*” encontrarán trayectorias óptimas diferentes en función del horizonte. Si se fija un horizonte no tan distante (por ejemplo, 2050), el modelo estará sujeto a bloqueos tecnológicos (*knock-in effect*) debido a la construcción de infraestructuras de alto costo de inversión y largos tiempos de vida útil; por otro lado, si se fija un horizonte más distante (por ejemplo, 2100), el modelo tendrá más libertad para llegar al punto óptimo por caminos diferentes, escogiendo tecnologías que quizás en un horizonte de tiempo mayor ya muestran viabilidad económica (Vogt-Schilbet *et al.*, 2014). Por otra parte, el espacio es una variable clave, cabiendo a la planificación garantizar la universalidad a los servicios energéticos (Antonette, 2005). Así, en consonancia con la propia idea de planificación energética integrada de largo plazo, los modelos energéticos pueden servir para (Frei *et al.*, 2003; Antonette, 2005; Sohn, 2007):

1. Formulación de políticas públicas.
2. Medición de indicadores de eficiencia productiva y de calidad de servicios (para uso, por ejemplo, de órganos reguladores).
3. Análisis consistente de las interacciones entre las cadenas del sector energético y entre este sector y otros de la economía.
4. Análisis de escenarios de largo plazo, a partir de simulaciones de árboles de decisiones probables y de pruebas del tipo “*What if*” (“¿qué pasaría si?”). En este caso, son menos los modelos de proyección y más las herramientas de planificación y de análisis de políticas energéticas.
5. Capacitación del propio acto de planificación (papel didáctico de los modelos).

Varios autores consistentemente crearon tipologías para los modelos aplicados a la planificación energética de largo plazo (Codoniet *et al.*, 1995; Bohringer, 1998; Costa, 2001; Bajay, 2004; Connolly *et al.*, 2010; Jebaraj y Iniyar, 2006). Estas tipologías continúan similares, pero no idénticas. Usualmente la discusión más reciente adopta la comparación entre los modelos tipo *top-down* (TD) y los modelos tipo *bottom-up* (BU) (van Vuuren *et al.* 2009).

Los análisis puramente TD se basan en modelos de equilibrio general y son, en teoría, siempre consistentes; sin embargo, no permiten *per se* análisis detallados, tratan el progreso técnico de forma agregada. Las ganancias potenciales de eficiencia tienden a ser subestimadas (Jacobsen, 1998; Koopmans y Velde, 2001; Klaassen y Riahi, 2007; van Vuuren *et al.*, 2009).

Los análisis BU son desagregados sectorialmente (e incluso sub-sectorialmente) (Worrel *et al.*, 2004). No obstante, análisis sectoriales del tipo *bottom-up*, al ser asociados, no necesariamente garantizan consistencia global (Koopmans y Velde, 2001; Hourcade *et al.*, 2006). Estos modelos tratan el progreso técnico de forma desagregada. Las ganancias potenciales de eficiencia tienden a ser sobreestimadas, pues los modelos puros no tienen en cuenta los llamados “*hidden costs*” de las innovaciones tecnológicas (Gritsevskiy y Nakicenovi, 2001; Berglund y Söderholm, 2006). La Tabla VI.1 resume estos conceptos.

Tabla VI.1: Diferencias básicas entre los enfoques puramente TD y puramente BU

<i>Top-down</i> (TD)	<i>Bottom-up</i> (BU)
Utiliza datos agregados	Utiliza datos detallados de las tecnologías
Es posible la evaluación costo/beneficio de la planificación a través de los impactos en la producción, los ingresos y en el PIB.	Es posible evaluar el costo/beneficio de la planificación a partir de los impactos de desarrollo y aplicación de tecnologías.
Asume que los mercados son eficientes	No parte de la hipótesis de eficiencia del mercado
Permite la evaluación de los efectos intersectoriales	No permite la evaluación de efectos intersectoriales
Adecuado para la evaluación de políticas fiscales y monetarias	Adecuado para la evaluación de políticas de gerenciamiento por el lado de la demanda (GLD)
No permite evaluación detallada de impactos ambientales.	Adecuado para la evaluación de políticas ambientales sectoriales.

Fuente: Basado en Bajay (2004).

Buena parte de la discusión actual sobre modelos de planificación energética de largo plazo se centra en cómo distinguir entre modelos TD y BU (McFarland et al, 2004; Klaassen y Riah, 2007; van Vuuren et al. 2009). Actualmente se hacen esfuerzos, simulando diversos escenarios energéticos, para compatibilizar modelos *top-down* con modelos *bottom-up*, y viceversa, buscando: i) verificar la consistencia del análisis *bottom-up*, y, ii) agregar al análisis *top-down* la posibilidad de evaluación de políticas energéticas sectoriales, por ejemplo, adicionando detalles del sector energético (Messner y Schratzenholzer, 2000; Hourcade et al., 2006; Klaassen y Riah, 2007, Rathmann, 2012; Wills, 2013).

En términos de herramientas computacionales, los modelos de largo plazo usualmente se basan en técnicas de optimización (frecuentemente programación entera mixta), cuando buscan evaluar decisiones óptimas de asignación de los recursos energéticos cumpliendo con restricciones técnico-económicas e incluso institucionales; o técnicas de simulación, en las que se realizan evaluaciones paramétricas, e inclusive econométricas, de escenarios energéticos y/o tecnológicos, sin el objetivo explícito de asignación óptima de los recursos.

La optimización es usada tanto en los modelos *bottom-up* como en los *top-down*, la cual guía a una combinación de tecnologías "preferidas" (o a la asignación de los factores de producción) en relación a las metas de optimización escogidas (por ejemplo, menor costo o máximo consumo privado) sujeto a ciertas restricciones (por ejemplo, capacidad de inversión máxima que se puede modelar como una restricción de capacidad a instalar máxima, niveles impositivos, etc.). En el caso de que el modelo use optimización también para definir su escenario base, la introducción de una perturbación (por ejemplo, precios sobre la emisión de gases) guiará automáticamente a una situación no óptima. Es importante resaltar que estas herramientas modelan mercados competitivos o perfectos, cabiendo a los planificadores energéticos incorporar las fallas de mercado (subsídios, externalidades, tributos e impuestos, etc.) usando restricciones, a cumplirse durante la optimización.

Por consiguiente, una alternativa para salvar esta hipótesis, en lugar de utilizar técnicas de optimización, describir el sistema económico o energético sobre la base de un conjunto de reglas que no necesariamente conducirá a tal equilibrio, estos son los llamados modelos de simulación. Los modelos de simulación determinan el comportamiento de los consumidores y de los productores con relación a la energía, a partir de la variación de los precios, renta y progreso tecnológico. Normalmente determinan el equilibrio de mercado a partir de un abordaje iterativo. De esta forma, esos modelos no son limitados por el comportamiento óptimo de los agentes. Sin embargo, las relaciones entre los agentes económicos pueden ser polémicas y difíciles de parametrizar. Las proyecciones son también bastante sensibles a las condiciones y a los parámetros iniciales. En ese caso, la perturbación al modelo podría llevar inclusive a resultados de costos menores (o a niveles de consumo mayores). Esta distinción es importante para entender por qué algunos enfoques podrían presentar costos negativos (algunos estudios orientados a tecnologías específicas) o niveles de ingreso mayores.

De hecho, la mayoría de modelos no aplica, exclusivamente, técnicas de optimización o simulación. Por ejemplo, modelos híbridos asumen a variables macroeconómicas exógenas como endógenas, e incorporan las alteraciones económicas y energéticas en una estructura consistente<sup>92</sup>.

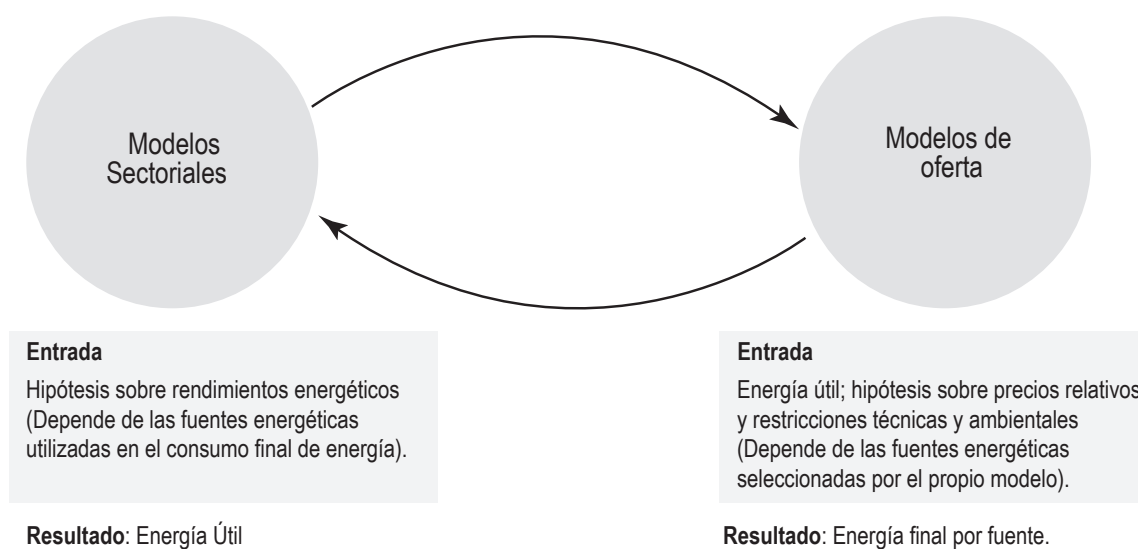
<sup>92</sup> Los modelos híbridos IMACLIM y MESSAGE-MACRO hacen una proyección simultánea de la matriz insumo-producto y del balance energético (Rao y Riahi, 2006). Existen hipótesis sobre el progreso técnico, sobre todo en lo que se refiere a los insumos energéticos y al factor de producción y trabajo. Las variaciones de cantidades, engendradas por el progreso técnico, afectan los precios relativos. La comunicación entre la parte macro-económica y la técnico-económica del modelo es hecha de forma iterativa en función de las variaciones de precios y cantidades.

Finalmente, una diferencia relevante se da entre modelos de equilibrio general, donde el sector energético es modelado simultáneamente con otros sectores económicos; y modelos de equilibrio parcial, donde son asociados apenas al sector energético, e incluso únicamente a segmentos de este sector (modelos subsectoriales).

Estos modelos sectoriales son herramientas que permiten evaluar la evolución de la demanda de energía (en el medio y largo plazo) en un escenario que describe la evolución hipotética de diversos factores económicos, sociales y tecnológicos. En este modelado, la demanda de energía es desagregada en categorías según sus usos finales, cada una correspondiendo a un determinado servicio o para la producción de cierto bien. La naturaleza y el nivel de demanda por bienes y servicios son luego asociados a diferentes factores sociales (por ejemplo, a la densidad demográfica regional, tipo y cantidad de electrodomésticos por residencia); factores socio-económicos (por ejemplo, prioridad para el desarrollo de ciertas industrias o sectores económicos, la política del país para transporte público); factores puramente económicos (por ejemplo, la influencia de la variación de los precios del combustible); o factores puramente tecnológicos (como la evolución de las eficiencias de ciertos tipos de equipos, penetración en el mercado de nuevas tecnologías o formas de energía) considerados en el escenario mencionado.

De manera simplificada, los modelos sectoriales tendrán como resultado final la demanda por energía útil de diferentes usos finales<sup>93</sup>, para los diferentes escenarios analizados. Por lo tanto, las variables claves de simulación de los modelos sectoriales son los rendimientos de los equipos de consumo y los niveles de actividad económica o de actividad física, según sea el sector de consumo. Evidentemente, los rendimientos de los equipos de consumo de energía final no están desvinculados del tipo de energía final consumida. Son los modelos integrados que seleccionan las fuentes energéticas consumidas para la atención de la demanda por energía útil, a través de una minimización del costo total (considerando los precios relativos de las fuentes energéticas). Dichos modelos, a su vez, dependen de los resultados de los modelos sectoriales, que derivan de asunciones sobre el rendimiento energético (dependientes de las fuentes energéticas). Esto genera un ciclo entre los modelos (por ejemplo, interacción entre modelos de demanda y oferta- Figura VI.1) (Borbaet *al.*, 2012).

**Figura VI.1: Circularidad entre los modelos de demanda y modelos de oferta**



Fuente: Borbaet *al.*, (2012).

En suma, siete tipos de herramientas fueron definidas, las cuales pueden ser usadas exclusivamente o colectivamente para caracterizar un modelo energético. Las herramientas o modelos energéticos disponibles son tipificados en función de sus características y prestaciones en la Tabla VI.2.

Son varias las herramientas que fueron desarrolladas y que se han aplicado para la planificación energética de diferentes regiones del planeta, incluyendo a regiones y países latinoamericanos. Usualmente, en el contexto internacional de modelado energético de largo plazo, se tiende a trabajar con modelos del tipo BU basados en técnicas de optimización, buscando el mínimo costo sectorial (para una única cadena energética o subsector, por ejemplo, electricidad, refinación de petróleo, etc.), o el mínimo costo de todo el sistema energético (en este caso, se optimiza simultáneamente todas las cadenas energéticas). También es usual acoplar estas herramientas BU a herramientas TD, con el objetivo de garantizar la consistencia macroeconómica y también de obtener los escenarios macroeconómicos necesarios para la simulación de escenarios energéticos. Con la intención de auxiliar al planificador energético, en términos de accesibilidad a los diferentes modelos, se mapeó su origen (organización que lo desarrolló) y disponibilidad (Tabla VI.3).

<sup>93</sup> Excepto en el caso de demanda de electricidad para usos cautivos de esta fuente energética (por ejemplo, en el caso de iluminación no se especifica lúmenes y si consumo eléctrico)

La Tabla VI.3 también indica, para cada modelo, un link en donde se encontrará información sobre acceso, capacitaciones, foros de discusión *on-line*, eventos, soporte, contacto con otros usuarios del modelo, etc.

**Tabla VI.2: Tipos de modelos para la planificación energética**

Modelos	Tipo								Plazo
	Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial <sup>b</sup>	Integrado/ Multisectorial <sup>c</sup>	Equilibrio	Área Geográfica	
AEOLIUS	-	SI	SI	-	-	-	-	Nacional/estado/regional	1 año <sup>a</sup>
BALMOREL	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Internacional	Max 50 años
BCHP	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	1 año <sup>a</sup>
COMPOSE	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Sin límite
DECOMP	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	1 año <sup>a</sup>
DigSilent	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin límite
E4cast	-	SI	-	SI	SI	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
EEPPS	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional	1 año <sup>a</sup>
EMCAS	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional/estado/regional	Sin límite
EMINENT	-	SI	-	-	SI	-	-	Nacional/estado/regional	1 año <sup>a</sup>
EMPS	SI	-	-	SI	-	SI	Parcial	Internacional	25 años
EnergyPLAN	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	1 año <sup>a</sup>
energyPRO	-	-	SI	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Max 40 años
ENPEP	SI	-	SI	-	-	SI	General	Nacional/estado/regional	75 años
ENVISAGE	SI	-	SI	-	-	SI	General	Global	Sin límite
EPPA	SI	-	SI	-	-	SI	General	Global	Hasta 2100
FINPLAN	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Sin límite
GCAM	SI	-	SI	-	-	SI	General	Global	50+ años
GEMME	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional	Sin límite
GTMMax	-	-	SI	SI	-	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin límite
H2RES	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Isla	Sin límite
HOMER	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	1 año <sup>a</sup>
HYDROGEMS	-	-	-	-	-	-	-	Solo proyecto	1 año <sup>a</sup>
IKARUS	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Max 50 años
IMACLIM	SI	SI	SI	-	-	SI	General	Nacional/estado/regional	Sin límite
INFORSE	-	-	-	-	-	-	-	Nacional/estado/regional	50+ años
Invert	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Max 50 años
LEAP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin límite
M-REF	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional	Sin límite
MAED	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional/estado/regional	25 años
MARKAL	-	SI	-	SI	SI	SI	Parcial	Nacional/estado/regional	Max 50 años
MEDEE-2	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional/estado/regional	Max 60 años
Mesap	-	SI	-	-	SI	-	-	Nacional/estado/regional	Sin límite



Modelos	Tipo								Plazo
	Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial <sup>b</sup>	Integrado/ Multisectorial <sup>c</sup>	Equilibrio	Área Geográfica	
MESSAGE	-	SI	-	SI	SI	SI	Parcial	Global/nacional/regional	50+ años
MiniCAM	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Global y regional	50+ años
MoMo	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional	50+ años
MOPERD	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin límite
NCP	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	1 año
NEMS	-	-	-	-	SI	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
NEPLAN	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional	Sin límite
NEREUS	SI	SI	-	SI	-	-	General	Nacional	Sin límite
NETPLAN	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	Sin límite
NEWAVE	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	1 año
OPTGEN	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	Sin límite
ORCED	-	SI	SI	SI	SI	-	General	Nacional/estado/regional	1 año <sup>a</sup>
PERSEO	SI	SI	-	SI	SI	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
PLANEL	-	SI	-	SI	SI	SI	Parcial	Nacional	Sin límite
PLEXOS	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	10 años
PRIMES	-	-	-	-	SI	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
ProdRISK	-	-	SI	SI	-	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Múltiplos años
RAMSES	-	SI	SI	SI	-	-	Parcial	Internacional	30 años
RETScreen	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Max 50 años
SAM	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Sin límite
SAME	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional/estado/regional	50 años
SDDP	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	1 año <sup>a</sup>
SimREN	-	SI	-	SI	SI	-	-	Nacional/estado/regional	Sin límite
SIVAEL	SI	-	SI	-	-	SI	-	Nacional/estado/regional	1 año <sup>a</sup>
STREAM	-	-	SI	-	-	-	-	Nacional/estado/regional	1 año <sup>a</sup>
SUPER OLADE	SI	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	Sin límite
TRNSYS16	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Local/comunidad	Múltiplos años
UniSyD3.0	-	SI	-	-	SI	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
WASP	-	-	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin límite
WILMAR	-	-	SI	SI	-	-	Parcial	Internacional	1 año <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Modelos sólo pueden simular un (1) año a la vez, pero estos pueden ser combinados para crear un escenario de múltiples años.

<sup>b</sup>Subsectorial hace referencia a cada segmento del sector energía. Por ejemplo, petróleo, gas, electricidad, etc. son segmentos o subsectores.

<sup>c</sup>Modelos multisectoriales son aquellos que consideran a diversos sectores (Industria, Residencial, Público, Servicios, etc.). No existe pleno consenso para afirmar que todo modelo multisectorial es integrado. En un modelo integrado cualquier variación en uno de sus sectores debería afectar/incidir también sobre los otros sectores.

Fuente: Elaborado a partir de IIASA (2009); Connolly y et al. (2010); IAEA (2013)

**Tabla VI.3: Desarrolladores de los modelos y número de usuarios en términos de descargas / ventas (posición hasta 2010)**

Modelo	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas
<i>Muy elevado número de usuarios</i>			
RETSscreen	RETSscreen International ( <a href="http://www.retscreen.net/">http://www.retscreen.net/</a> )	Descarga gratuita	> 200,000
HOMER	National Renewable Energy Laboratory and HOMER Energy LLC ( <a href="http://www.homerenergy.com">www.homerenergy.com</a> )	Descarga gratuita	> 28,000
LEAP	Stockholm Environment Institute ( <a href="http://www.energycommunity.org/">http://www.energycommunity.org/</a> )	Comercial	> 5,000
BCHP	Oak Ridge National Laboratory ( <a href="http://www.ornl.gov/">http://www.ornl.gov/</a> )	Descarga gratuita	> 2,000
EnergyPRO	Energi-Ogmijødata (EMD) International A/S ( <a href="http://www.emd.dk/">http://www.emd.dk/</a> )	Comercial	> 1,000
<i>Elevado número de usuarios</i>			
EnergyPLAN	Aalborg University ( <a href="http://www.energyplan.eu/">http://www.energyplan.eu/</a> )	Descarga gratuita	100-1000
EPPA	Massachusetts Institute of Technology ( <a href="http://globalchange.mit.edu/research/IGSM/eppadl_form">http://globalchange.mit.edu/research/IGSM/eppadl_form</a> )	Gratis para fines educativos	100-1000
Invert	Energy Economics Group, Vienna University of Technology ( <a href="http://www.invert.at/">http://www.invert.at/</a> )	Descarga gratuita	100-1000
GCAM	Joint Global Change Research Institute ( <a href="http://www.globalchange.umd.edu/models/gcam/download/">http://www.globalchange.umd.edu/models/gcam/download/</a> )	Descarga gratuita	100-1000
MAED	International Atomic Energy Agency ( <a href="http://www-pub.iaea.org/">http://www-pub.iaea.org/</a> )	Descarga gratuita	100-1000
MARKAL	Energy Technology Systems Analysis Program, International Energy Agency ( <a href="http://www.etsap.org/">http://www.etsap.org/</a> )	Comercial	100-1000
MEDEE-2	International Atomic Energy Agency ( <a href="http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CMS-18_web.pdf">http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CMS-18_web.pdf</a> )	Descarga gratuita	100-1000
MESSAGE	International Institute for Applied Systems Analysis ( <a href="http://www.iiasa.ac.at/">http://www.iiasa.ac.at/</a> )	Libre / Simuladores debe adquirirse	100-1000
ORCED	Oak Ridge National Laboratory ( <a href="http://www.ornl.gov/">http://www.ornl.gov/</a> )	Descarga gratuita	100-1000
SAM	National Renewable Energy Laboratory ( <a href="https://sam.nrel.gov/content/downloads">https://sam.nrel.gov/content/downloads</a> )	Descarga gratuita	100-1000
TRNSYS16	The University of Wisconsin Madison ( <a href="http://sel.me.wisc.edu/trnsys/">http://sel.me.wisc.edu/trnsys/</a> )	Comercial	100-1000
WASP	International Atomic Energy Agency ( <a href="http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSEnergymodels.shtml">http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSEnergymodels.shtml</a> )	Comercial / Gratis para miembros IAEA	100-1000
<i>Número mediano de usuarios</i>			
EMCAS	Argonne National Laboratory ( <a href="http://www.dis.anl.gov/projects/emcas.html">http://www.dis.anl.gov/projects/emcas.html</a> )	Comercial	20-50
EMPS	Stiftelsen for Industriell og Teknisk Forskning (SINTEF) ( <a href="http://www.sintef.no/">http://www.sintef.no/</a> )	Comercial	20-50
ENPEP	Argonne National Laboratory ( <a href="http://www.dis.anl.gov/projects/Enpepwin.html">http://www.dis.anl.gov/projects/Enpepwin.html</a> )	Descarga gratuita	20-50
GTMmax	Argonne National Laboratory ( <a href="http://www.dis.anl.gov/projects/Gtmax.html">http://www.dis.anl.gov/projects/Gtmax.html</a> )	Comercial	20-50

Modelo	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas
IMACLIM	CIREC ( <a href="http://www.imaclim.centre-cired.fr/spip.php?article111&amp;lang=en">http://www.imaclim.centre-cired.fr/spip.php?article111&amp;lang=en</a> )	Comercial	20-50
MoMo	International Energy Agency ( <a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a> )	Comercial	20-50
NETPLAN	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com/psr/download/folders/netplanfolderpor.pdf">http://www.psr-inc.com/psr/download/folders/netplanfolderpor.pdf</a> )	Comercial	20-50
OPTGEN	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_plan/optgen/">http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_plan/optgen/</a> )	Comercial	20-50
SDDP	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/sddp/">http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/sddp/</a> )	Comercial	20-50
<i>Bajo número de usuarios</i>			
AEOLIUS	Institute for Industrial Production, Universität Karlsruhe ( <a href="http://www-iiip.wiwi.uni-karlsruhe.de/">http://www-iiip.wiwi.uni-karlsruhe.de/</a> )	Comercial	1-20
COMPOSE	Aalborg University ( <a href="http://www.socialtext.net/energyinteractivenet/index.cgi?compose">http://www.socialtext.net/energyinteractivenet/index.cgi?compose</a> )	Descarga gratuita	1-20
DECOMP	CEPEL ( <a href="http://www.cose.fee.unicamp.br/cose/it511/newwave-decomp-dessem/Newwave_comentado.pdf">http://www.cose.fee.unicamp.br/cose/it511/newwave-decomp-dessem/Newwave_comentado.pdf</a> )	Sólo para uso interno	1-20
ENVISAGE	World Bank ( <a href="http://siteresources.worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources">http://siteresources.worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources</a> )	Sólo para uso interno	1-20
FINPLAN	International Atomic Energy Agency ( <a href="http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSenergymodels.shtml">http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSenergymodels.shtml</a> )	Comercial/Gratis para miembros IAEA	1-20
IKARUS	Research Centre Jülich, Institute of Energy Research ( <a href="http://www.fz-juelich.de/ief/ief-ste">http://www.fz-juelich.de/ief/ief-ste</a> )	Comercial	1-20
INFORSE	The International Network for Sustainable Energy ( <a href="http://www.inforse.org/europe/Vision2050.htm">http://www.inforse.org/europe/Vision2050.htm</a> )	Gratis para organizaciones no gubernamentales	1-20
Mesap	Seven2one ( <a href="http://www.seven2one.de/de/technologie/mesap.html">http://www.seven2one.de/de/technologie/mesap.html</a> )	Comercial	1-20
MOPERD	SynexConsulting ( <a href="http://www.synex.cl/">http://www.synex.cl/</a> )	Comercial	1-20
NCP	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/ncp/">http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/ncp/</a> )	Comercial	1-20
NEMS	Office of Integrated Analysis and Forecasting, Energy Information Administration ( <a href="http://www.eia.doe.gov/">http://www.eia.doe.gov/</a> )	Libre / Simuladores deben adquirirse	1-20
NEWAVE	CEPEL ( <a href="http://www.cose.fee.unicamp.br/cose/it511/newwave-decomp-dessem/Newwave_comentado.pdf">http://www.cose.fee.unicamp.br/cose/it511/newwave-decomp-dessem/Newwave_comentado.pdf</a> )	Sólo para uso interno	1-20
NEREUS	FIPE-USP ( <a href="http://www.usp.br/nereus/">http://www.usp.br/nereus/</a> )	Sólo para uso interno	1-20
PERSEO	Institute for Industrial Production, Universität Karlsruhe ( <a href="http://www-iiip.wiwi.uni-karlsruhe.de/">http://www-iiip.wiwi.uni-karlsruhe.de/</a> )	Comercial	1-20
ProdRisk	Stiftelsen for IndustriellogTekniskForskning (SINTEF) ( <a href="http://www.sintef.no/Home/">http://www.sintef.no/Home/</a> )	Comercial	1-20
PLANEL	Empresa de Pesquisa Energética ( <a href="http://www.epe.gov.br">www.epe.gov.br</a> )	Sólo para uso interno	1-20
PLEXOS	Energy Exemplar ( <a href="http://energyexemplar.com/">http://energyexemplar.com/</a> )	Comercial	20-50
RAMSES	Danish Energy Agency ( <a href="http://www.ens.dk/">http://www.ens.dk/</a> )	Proyectos realizados por una cuota	1-20
SIVAEL	Energinet.dk ( <a href="http://www.energinet.dk/en/menu/Planning/Analysis+models/Sivael/SIVAEL.htm">http://www.energinet.dk/en/menu/Planning/Analysis+models/Sivael/SIVAEL.htm</a> )	Descarga gratuita	1-20
EMINENT	Instituto Superior Técnico, TechnicalUniversity of Lisbon ( <a href="http://carnot.ist.utl.pt/~eminent2/">http://carnot.ist.utl.pt/~eminent2/</a> )	Por determinar	1-20

Modelo	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas
PRIMES	National Technical University of Athens ( <a href="http://www.e3mlab.ntua.gr/">http://www.e3mlab.ntua.gr/</a> )	Proyectos realizados por una cuota	1-20
<i>Números de los usuarios no se especifica, ya que no se controla</i>			
BALMOREL	Project Driven with a user's network and forum around it ( <a href="http://www.balmorel.com/">http://www.balmorel.com/</a> )	Descarga gratuita	No se especifica
DigSilent	DIGSILENT ( <a href="http://www.digsilent.de/index.php/products-powerfactory-application_examples.html#bottom">http://www.digsilent.de/index.php/products-powerfactory-application_examples.html#bottom</a> )	Comercial	No se especifica
E4cast	Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics ( <a href="http://www.abare.gov.au/">http://www.abare.gov.au/</a> )	Comercial	No se especifica
EEPPS	Battelle Memorial Institute ( <a href="http://www.battelle.org/">http://www.battelle.org/</a> )	Descarga gratuita	No se especifica
GEMME	No se especifica	No se especifica	No se especifica
H2RES	Instituto Superior Técnico and the University of Zagreb ( <a href="http://powerlab.fsb.hr/h2res/">http://powerlab.fsb.hr/h2res/</a> )	Sólo para uso interno	No se especifica
HYDROGEMS	Institutt for energiteknikk ( <a href="http://www.hydrogems.no/">http://www.hydrogems.no/</a> )	Comercial/Libre para usuarios TRNSYS	No se especifica
M-REF	No se especifica	No se especifica	No se especifica
MiniCAM	Pacific Northwest National Laboratory ( <a href="http://www.globalchange.umd.edu/">http://www.globalchange.umd.edu/</a> )	Gratis para descargar una vez contactado	No se especifica
NEPLAN	BCP ( <a href="http://www.neplan.ch/html/e/e_archive_default.htm">http://www.neplan.ch/html/e/e_archive_default.htm</a> )	Comercial	No se especifica
SimREN	Institute of Sustainable Solutions and Innovations ( <a href="http://www.isusi.de/theerjreport.html">http://www.isusi.de/theerjreport.html</a> )	Proyectos realizados por una cuota	No se especifica
STREAM	Ea Energy Analyses ( <a href="http://www.ea-energianalyse.dk/">http://www.ea-energianalyse.dk/</a> )	Descarga gratuita	No se especifica
SUPER OLADE	Organización Latinoamericana de Energía ( <a href="http://www.olade.org/en/product/SUPER/more-information">http://www.olade.org/en/product/SUPER/more-information</a> )	Comercial Gratuito para entidades públicas de los Países Miembros de OLADE	No se especifica
SAME	Organización Latinoamericana de Energía ( <a href="http://www.olade.org/producto/same-2/descripcion-2/">http://www.olade.org/producto/same-2/descripcion-2/</a> )	Comercial Gratuito para entidades públicas de los Países Miembros de OLADE	No se especifica
UniSYD3.0	Unitec New Zealand ( <a href="http://www.unitec.ac.nz/">http://www.unitec.ac.nz/</a> )	Jonathan Leaver: <a href="mailto:jleaver@unitec.ac.nz">jleaver@unitec.ac.nz</a>	No se especifica
WILMAR	Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy ( <a href="http://www.wilmar.risoe.dk/">http://www.wilmar.risoe.dk/</a> )	Comercial	No se especifica

Fuente: Elaborado a partir de IIASA (2009); Connolly y *et al.* (2010); IAEA (2013).

### VI.3. Descripción del funcionamiento de modelos seleccionados de planificación energética

#### VI.3.1. RETScreen

El modelo RETScreen puede ser clasificado como un modelo de simulación con enfoque de equilibrio parcial (*bottom up*), cuyo propósito es analizar un determinado sector/tecnología, y que provee resultados de aplicación puntual (proyecto a proyecto).

El RETScreen es un programa computacional de uso libre que está disponible en 35 idiomas y fue desarrollado por el *CANMET Energy Technology Centre – Varennes*, en Canadá. Este modelo sirve para analizar proyectos de generación eléctrica, generación de calor, cogeneración y acciones de eficiencia energética. Además, permite administrar los costos de inversión y de O&M<sup>94</sup>, calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> del proyecto, hacer el análisis financiero y desarrollar análisis de sensibilidad y de riesgo. Estos análisis suministran argumentos útiles durante el proceso de toma de decisión.

En RETScreen pueden ser modelados proyectos con diversas tecnologías: eólicos, pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), solares fotovoltaicos, concentración solar (CSP), geotérmicos, energía a partir de las olas del mar, calentamiento con biomasa, calentamiento

94 Operación y mantenimiento.

solar para agua sanitaria, calentamiento de aire para calefacción, calentamiento solar pasivo para proyectos arquitectónicos, centrales termoeléctricas con diversos combustibles fósiles y biomasa, además de permitir simular acciones de eficiencia energética para el sector residencial, comercial, industrial y edificios públicos. Los análisis pueden ser hechos para generación distribuida o centralizada (con conexión al Sistema Nacional Interconectado-SNI).

RETScreen tiene acceso a una base de datos meteorológicos con información de la NASA para más de 6.500 lugares del mundo. El modelo dispone también de bases de datos para equipos como motores, turbinas, etc.

### Estructura y variables de entrada

El entorno del RETScreen presenta un código de colores que ayuda al usuario a identificar las datos de entrada a proveerse: los que intervienen en los cálculos (color amarillo), si son datos de entrada seleccionados de bases de datos (color azul), si son datos de entrada meramente referenciales (color plomo), y los resultados calculados por el modelo (color blanco).

El modelo, diseñado sobre la plataforma Excel, presenta un entorno de trabajo amigable e intuitivo. Es importante tener cuidado con la activación de sus macros para asegurar su adecuado funcionamiento. Según el tipo de análisis se activan diversas “pestañas” u hojas de cálculo que caracterizan la estructura del RETScreen. Las pestañas básicas son:

- **Iniciar:** Permite ingresar información general sobre el proyecto y de las condiciones climáticas del lugar de implementación. Aquí también se define las configuraciones generales sobre el sistema energético, tecnología, fuente energética y configuración del sistema de distribución/transmisión.
- **Carga y red:** Esta pestaña se activa únicamente cuando se ha seleccionado “red con carga interna” en la pestaña Iniciar. Esta opción es útil cuando además de evaluar la generación eléctrica de la planta/edificio se pretende analizar su consumo interno de energía y su variación mensual. La curva de carga contiene valores mensuales (kW med) de consumo eléctrico para todo el año. Se puede también identificar el consumo energético adicional del sistema en la punta de carga. Es necesario indicar la tarifa eléctrica de la Distribuidora (incluyendo impuestos y tasas) que permitirá al modelo calcular los ingresos advenidos por la venta del excedente eléctrico (se inyecta a la red de distribución la diferencia entre la producción bruta y el consumo interno).
- **Modelo energético:** Dependiendo de la tecnología escogida, se deberá suministrar datos sobre la potencia a instalar, consumo específico de combustible (para motores y turbinas), precio de la electricidad exportada al sistema de distribución, factor de uso de la planta y otros datos informativos sobre el equipo modelado.
- **Análisis de costos:** Es aquí donde se inserta la información de costos (de capital, O&M y otros costos/rentas periódicos). Para este fin están disponibles dos métodos, que permite cambiar la complejidad del modelo según la disponibilidad de información.
- **Análisis de emisiones:** Opcionalmente, contabilizar las emisiones de CO<sub>2</sub>e que serían evitadas debido a la implementación del proyecto sería importante para evaluar la contribución financiera si el proyecto califica como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
- **Análisis financiero:** En una primera etapa se debe indicar los parámetros financieros que el análisis considerará (reajuste del costo del combustible, inflación, tasa de descuento, vida útil del proyecto, mecanismo de financiamiento, fracción de la deuda, tasa de interés, duración de la deuda, etc. En un segundo momento, se indica detalles tributarios (impuestos, depreciación, exenciones fiscales). Finalmente, el modelo calcula el flujo de caja, el costo nivelado de la energía producida, la renta por la venta de electricidad, renta por venta de bonos de carbono, otras rentas y gastos. RETScreen presenta un cuadro de resumen con los principales indicadores financieros (TIR, VPN, tiempo de recuperación de capital, flujo de caja resumido).
- **Análisis de sensibilidad y de riesgo:** El análisis de sensibilidad nos muestra la variación porcentual de uno de los resultados cuando los datos de entrada varían dentro de un rango a definir por el usuario. El análisis de riesgo permite conocer el impacto (desvío padrón) sobre la TIR, VPN y retorno del capital propio debido a la variación de los costos iniciales, costo del combustible, precio de la electricidad exportada y periodo para pago de la deuda, sujeto a un nivel de riesgo aceptable.
- **Herramientas:** Otros componentes están disponibles para múltiples propósitos, entre ellos: herramienta para estimar la producción anual de biogás para un determinado conjunto de animales, herramienta para estimar la generación de biogás en un relleno sanitario, etc.

Mayores detalles pueden ser encontrados en el Manual del Usuario RETScreen, disponible en su página web, según la Tabla VI.3.

### Escenarios, simulación y resultados del modelo

Una vez que se han suministrado los valores para las variables de entrada, el modelo RETScreen calcula automáticamente el flujo de caja, los indicadores financieros, el total de energía anual generada y su costo nivelado, entre los resultados más importantes.

El modelo permite probar diferentes escenarios al variar los parámetros de entrada. Se puede experimentar escenarios alternativos de eficiencia energética, escenarios de incentivos financieros, escenarios con mercado de carbono, etc. Una buena forma de analizar las implicaciones de la variación de ciertos parámetros es usando el análisis de sensibilidad y de riesgo que el RETScreen ofrece.

Entre los resultados más importantes que se obtienen están el costo nivelado de la energía (LCOE), energía generada anual, indicadores de viabilidad financiera como la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN).

Los resultados obtenidos con el modelo RETScreen sirven generalmente como datos de entrada para modelos de planificación energética integrada más complejos. Usualmente, resultados como el costo nivelado de energía (LCOE) y factores de desempeño de la planta alimentan bases de datos de programas como MESSAGE o LEAP.

### Recomendaciones de uso de RETScreen en la Planificación Energética en ALC

El modelo RETScreen, al ser un modelo que se encuentra disponible gratuitamente en internet y que puede ser fácilmente operado bajo un entorno Excel, al mismo tiempo en que permite rápidamente evaluar técnica y financieramente un proyecto de energía, resulta ser una herramienta complementaria valiosa para la planificación energética, especialmente en las etapas iniciales de este proceso. Este modelo permite llevar a cabo evaluaciones preliminares de la viabilidad financiera y factibilidad técnica de un proyecto, programa o política. Estos resultados servirán de insumo para alimentar modelos más complejos y elaborados que sean más apropiados para la planificación energética de largo plazo.

En los países de ALC, en donde muchas veces no se cuenta con datos climatológicos específicos y en el formato apropiado, el nexo entre RETScreen y la base de datos meteorológicos de la NASA resulta de bastante ayuda para simular proyectos de energía solar y eólica fundamentalmente.

Las herramientas complementarias que el modelo presenta, disponibles en su última pestaña, también son valiosas para la planificación energética en los países de la región, aportando el análisis del componente ambiental. Este es el caso de la herramienta para cálculo de volumen de biogás a partir de un conjunto de residuos.

El RETScreen en ningún caso podrá ser usado de forma aislada para planificación de largo plazo, y siempre será útil en etapas iniciales del proceso de toma de decisión.

#### VI.3.2. SAM (System Advisor Model)

El modelo *SystemAdvisorModel* (SAM) puede ser clasificado como un modelo con enfoque de equilibrio parcial (*bottom up*), que desarrolla simulación y optimización, cuyo propósito es analizar un determinado sector/tecnología, y que provee resultados de aplicación puntual (proyecto a proyecto).

El SAM es un programa de uso libre, administrado por el *NationalRenewableEnergyLaboratory* (NREL). Inicialmente el SAM fue desarrollado para satisfacer las necesidades del proyecto *SystemDrivenApproach* (SDA) que hizo parte del Programa de Tecnologías de Energía Solar (SETP) del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE). Actualmente, varias instituciones de investigación alrededor del mundo usan este modelo debido a su versatilidad.

La versión 2013.1.15 permite simular proyectos con energía solar fotovoltaica (PV-c<sup>95</sup> y HCPV<sup>96</sup>), concentración solar (cilindro parabólico, torre solar, *Fresnel* y disco con motor *Stirling*), colector solar para calentamiento de agua sanitaria, eólica, termoeléctrica a biomasa, geotérmica y termoeléctricas convencionales.

Las funciones más importantes del SAM son: a) análisis de sensibilidad o impacto debido a la variación de los factores de desempeño de la planta; b) análisis financiero del proyecto; c) análisis paramétricos; y, d) análisis de optimización (Gilman *et al.*, 2008). En

<sup>95</sup> PV-c: Paneles fotovoltaicos con células de silicio cristalino.

<sup>96</sup> HCPV: High ConcentrationPhotovoltaic



particular, el componente de optimización es muy útil para determinar valores ideales para los parámetros claves del diseño, operación y financiamiento. Adicionalmente, el SAM permite acceder y usar una amplia base de datos climatológicos para sitios específicos a nivel mundial. Esto es particularmente útil para la simulación de la generación eléctrica hora a hora a lo largo de un año típico meteorológico de plantas con energías renovables intermitentes (sol, viento).

### Estructura y variables de entrada

El SAM presenta en su estructura las siguientes ventanas, que pueden variar ligeramente el nombre según la tecnología que está siendo analizada:

- Lugar y datos meteorológicos: El punto geográfico de análisis es aquí la principal variable de entrada. Existe una amplia base de datos meteorológicos, tomados de los principales aeropuertos y estaciones climatológicas alrededor del mundo. Al seleccionar una ciudad, automáticamente se dispone de información como irradiación directa normal y global, velocidad del viento, humedad y temperatura ambiental, etc.
- Tecnología: Para tecnología CSP, por ejemplo, en varias ventanas se debe indicar los valores de las variables de entrada relacionadas al campo solar, colectores, receptores, bloque de potencia y almacenamiento de calor. Para tecnología PV, las ventanas disponibles determinan información sobre el módulo, inversor, disposición de los paneles en el sistema y su orientación. En una planta eólica se deberá ingresar los datos claves sobre turbina y de disposición de las turbinas en el parque eólico. Esquemas más simplificados se disponen para plantas de biomasa y geotérmicas, en donde solo se debe especificar las características del ciclo de potencia y de la fuente de energía.
- Costos: Para las tecnologías solar y eólica apenas se debe indicar los costos relacionados a la infraestructura, a diferencia de las plantas de biomasa u otras termoeléctricas en donde se debe también especificar el costo del combustible. En el primer caso, la lógica de costos es simple, está organizada por costos de capital (inversión) directos e indirectos, costos de operación y mantenimiento.
- Formas de despacho: La tecnología de concentración solar con almacenamiento de calor permite simular el despacho de electricidad en diferentes configuraciones según la estación climática, día de la semana y horario pico según la curva de carga que se inserte. Se presentan ventanas con opciones similares para la tecnología geotérmica y para plantas termoeléctricas de biomasa y convencionales.
- Financiamiento: Se debe establecer las condiciones de financiamiento como tasa de interés, fracción de la deuda, periodo de pago, inflación e impuestos.
- Incentivos: Diversos incentivos pueden ser probados. Sin embargo, es recomendable analizar cuidadosamente la aplicabilidad de los mismos, pues ellos fueron diseñados para Estados Unidos. Para el caso de ALC, se deberá evaluar con atención su adaptación.
- Depreciación: Varias opciones de depreciación son presentadas.

Mayores detalles pueden ser encontrados en el Manual del Usuario SAM, disponible en su página web, según la Tabla VI.3.

### Escenarios, simulación y resultados del modelo

Es posible simular sistemas energéticos con un modelo empírico (basado en valores referenciales de plantas reales ubicadas fundamentalmente en Estados Unidos) y con un modelo físico (basado en ecuaciones y principios de termodinámica, transferencia de calor y mecánica de fluidos). Al ejecutar el modelo SAM varias series del programa “*TRaNsientSystemSimulationProgram – TRNSYS*”, compilado en Fortran, son rodadas para entregar inmediatamente resultados confiables.

Los análisis paramétricos y de sensibilidad permiten simular varios escenarios rápidamente. Estas opciones permiten ejecutar múltiples corridas del modelo para un intervalo de valores de los parámetros seleccionados.

Entre los principales resultados obtenidos están el costo nivelado de la electricidad (LCOE), el tiempo de retorno de la inversión, la generación eléctrica o térmica anual, los costos de capital y de O&M, el requerimiento por superficie de tierra, el consumo anual de agua, etc.

### Recomendaciones de uso de SAM en la Planificación Energética en ALC

El SAM, al ser un modelo que se encuentra disponible gratuitamente en internet y que puede ser fácilmente operado bajo un entorno amigable, al mismo tiempo en que permite evaluar técnica y financieramente un proyecto de energía, resulta ser una herramienta complementaria valiosa para la planificación energética, especialmente en las etapas iniciales de este proceso.

En los países de ALC, en donde muchas veces no se cuenta con bases de datos meteorológicos en formato adecuado para ser usado en simulaciones de proyectos de energía, el nexo del SAM que permite acceder a series temporales con información hora a hora para un año típico meteorológico (Componente D-VIEW) es de gran ayuda. Esta base de datos cuenta con información muy detallada de irradiación solar directa, difusa y global, velocidad del viento, humedad, entre otros datos, para diversas ciudades de ALC. Esta información permite simular con mayor detalle técnico la operación y despacho de una planta de generación eléctrica a lo largo del año.

Por otro lado, es importante anotar que el SAM, al ser un modelo desarrollado en Estados Unidos, cuenta con una información de costos de las tecnologías y base impositiva/tributaria que refleja su realidad. En este sentido, es útil advertir que estos costos deben ser actualizados para la realidad de cada país (costo de combustible, mano de obra, operación y mantenimiento, valor de la tierra, etc.), al igual que con los tipos de impuestos y exenciones tarifarias sugeridas. Este hecho de ninguna forma resta valor al modelo que es actualizado permanentemente, cuenta con foros de discusión *on-line* y ya dispone de una buena referencia de costos de capital para las tecnologías.

### VI.3.3. HOMER

El modelo HOMER puede ser clasificado como un modelo de equilibrio parcial, con enfoque *bottom up*, que desarrolla simulación y optimización, cuyo propósito es la planificación y diseño de proyectos de sistemas de energía híbridos que atiendan una demanda dada una cierta disponibilidad de recursos.

HOMER es un modelo de optimización de mínimo costo desarrollado por el *NationalRenewableEnergyLaboratory* (NREL) de los Estados Unidos. Estos sistemas pueden estar compuestos por generadores convencionales (motores recíprocos o micro turbinas), sistemas de cogeneración, turbinas eólicas, sistemas fotovoltaicos, baterías, células de combustible, centrales hidroeléctricas, biomasa y otros. A su vez, la operación de estos sistemas puede ser evaluada en dos configuraciones: conectados a la red o aislados.

#### Estructura y variables de entrada

Para el uso del modelo HOMER se deben proveer las siguientes variables de entrada al modelo:

- √ Construcción del diagrama esquemático: Se indica qué componentes generales incluirá el sistema evaluado (Ej: paneles fotovoltaicos, generadores, carga, baterías, etc.), y se especifica si el sistema será aislado o conectado a la red.
- √ Ingreso de datos de demanda: Se ingresan los datos de carga horaria (sea eléctrica, térmica, o para producción de hidrógeno) en términos de potencia. Esta información también puede ser importada para las 8.760 horas del año.
- √ Ingreso de costos y características de los componentes: Se indican los costos, eficiencias, tamaño del componente, número de componentes, tiempo de vida, etc. que serán utilizados en las simulaciones para cada parte del sistema. Información sobre tamaño y cantidad de componentes son variables de optimización. HOMER simulará todas las combinaciones posibles entre los tamaños y disponibilidad especificada de componentes
- √ Ingreso de datos de recursos: Los datos de recursos describen la disponibilidad de radiación solar, viento y agua en base mensual. Estos datos pueden ser también importados. Para el caso de combustible se ingresa su costo y su disponibilidad anual. Al ingresar las características de las máquinas térmicas se indica el tipo de combustible a utilizar, así como sus especificaciones (poder calorífico, densidad, contenido de carbono, contenido de azufre, etc.).
- √ Ingreso de parámetros para evaluación económica: A efectos de calcular el valor presente neto, se deberá especificar la tasa de descuento, el tiempo de vida del proyecto evaluado, los costos fijos de capital y de O&M (que son independientes de la configuración del sistema), y la penalidad por energía no suministrada o costo de déficit (US\$/kWh). También se puede penalizar sobre las emisiones (ej: US\$/tCO<sub>2</sub>).
- √ Otras restricciones: Permite definir la máxima capacidad no suministrada, la fracción mínima de renovables, el margen de reserva. También permite restricciones para limitar el máximo de emisiones.

Mayores detalles pueden ser encontrados en el Manual del Usuario HOMER, disponible en su página web, según la Tabla VI.3.

#### Escenarios, simulación y resultados del modelo

##### *Simulación y optimización*

HOMER simula la operación de las configuraciones del sistema para todas las combinaciones de componentes especificados para cada una de las 8.760 horas del año. El modelo descarta las configuraciones inviables del sistema, es decir, las que no atienden

adecuadamente la carga dada con los recursos disponibles, ni atienden las restricciones adicionales que se especificaron. En la sección de optimización, aparecen todos los sistemas viables ordenados por mínimo costo (actualizado a valor presente).

#### *Análisis de sensibilidad*

Esta función permite al planificador analizar los efectos sobre el valor presente y sobre la configuración óptima debido a la variación de los parámetros de entrada (costos, tasa de descuento, demanda, etc.). El principal objetivo de utilizar el análisis de sensibilidad en el HOMER es brindar una herramienta adicional al usuario cuando existe incertidumbre sobre cuál es el mejor valor para una determinada variable, o sobre el diseño del sistema energético ante cambios de factores externos. Este análisis permitirá observar su influencia sobre la operación y costos del sistema.

#### *Recomendaciones de uso de HOMER en la Planificación Energética en ALC*

Este modelo es altamente recomendable para el diseño económico de sistemas aislados, para evaluar la introducción de tecnologías renovables (solar, fotovoltaica, eólica y biomasa) en paralelo (sistemas híbridos) a la operación de sistemas convencionales de generación (motores reciprocantes, micro turbinas, etc.). Entre las ventajas del uso de este modelo, está la simulación en base horaria, considerando curvas de eficiencia de equipamientos en función de su carga, recursos y demanda. No se recomienda su uso para evaluar la operación y expansión de sistemas a grande escala, por la gran cantidad de datos de entrada que se requerirían para construir el caso base, el alto tiempo de simulación, y por no contar con una función que permita la expansión de la demanda futura.

### **VI.3.4. WASP (Wien Automatic System Planning)**

El modelo *Wien Automatic System Planning* (WASP) puede ser clasificado como un modelo con enfoque de equilibrio parcial, con enfoque *bottom-up*, que permite diseñar o proponer la política de expansión de un sistema de generación eléctrica, desde un análisis de optimización que busca determinar el óptimo económico sujeto a restricciones determinadas por el usuario.

Utiliza como métodos la estimación probabilística del sistema para los costos de producción, los costos de energía no servida, y el principio de confiabilidad, además de técnicas de programación lineal que permiten determinar la política de despacho óptima que satisfaga restricciones exógenas como emisiones, disponibilidad de combustible, generación de electricidad mínima, y restricciones en capacidad de inversión, que a su vez pueden ser entendidas como restricciones en la capacidad instalable máxima. Finalmente, usa también métodos de optimización dinámica para comparar costos de políticas alternativas de expansión.

#### *Estructura y variables de entrada:*

El WASP-IV está formado por un sistema de información general y ocho módulos, los cuales se operan de forma secuencial. Los módulos de entrada principales son los siguientes:

- Información General del Sistema: Se ingresa los años de inicio y fin del estudio, así como el número de periodos por año, datos hidrológicos y su probabilidad de ocurrencia.
- LOADSYS: En ese módulo se ingresan las demandas máximas y las curvas previstas de duración para cada uno de los periodos de los años de estudio.
- FIXSYS: Se ingresa la información que describe las centrales de generación existentes. Las centrales térmicas son representadas por: el número de unidades de generación, la mínima y máxima capacidad de operación por unidad, el tipo y costo de combustible, el *heatrate* mínimo y promedio, los costos fijos y variables, las emisiones, el porcentaje de salida forzada y días de mantenimiento previstos por año, etc. Las centrales hidroeléctricas y las bombas de almacenamiento son representadas por su potencia instalada, capacidad de almacenamiento, energía afluente, energía mínima de generación, y potencia máxima para cada hidrología, así como sus costos de operación y mantenimiento por capacidad.
- VARSYS: Se ingresan los diversos proyectos de plantas de generación que se simularán como candidatos para la expansión en la generación del sistema. Los parámetros por cada central en el VARSYS son similares a los ingresados en el FIXSYS.
- CONGEN: En este módulo se determinan el número de configuraciones que serán analizados por los programas de simulación y optimización para cada proyecto candidato por cada año del horizonte de estudio, así como el rango de margen de reserva para la expansión.

Mayores detalles pueden ser encontrados en el Manual del Usuario WASP, disponible en su página web, según la Tabla VI.3 y en IAEA (2001).

### Escenarios, simulación y resultados del modelo

Los siguientes módulos son los de simulación y resultados, aunque también incluyen en algunos casos la entrada de variables:

- MERSIM: Este módulo simula y determina los costos de operación, la confiabilidad y la energía no suministrada para cada configuración definida en el CONGEN.
- DYNPRO: En este módulo se ingresa la tasa de descuento para costos nacionales y externos, así como el número de años para la comparación económica de las alternativas. Adicionalmente, se ingresan los costos de capital y el tiempo de vida de cada central de generación especificada. Posteriormente, este módulo efectuará la evaluación económica de los planes alternativos de expansión considerando las simulaciones para las configuraciones del CONGEN y los costos de operación y mantenimiento de las simulaciones del MERSIM. Mediante programación dinámica el modelo determinará la secuencia de instalación que minimiza el costo actualizado de inversión y de operación del sistema.
- REMERSIM: Este módulo auxiliar simula, como el MERSIM, la expansión óptima, con el objetivo de guardar los datos de la simulación para una futura impresión.
- REPROBAT: Módulo auxiliar que permite imprimir el informe de resumen con toda la información de entrada del modelo y con la solución óptima, complementando con datos de generación de energía, factor de capacidad y los flujos de caja respectivos.

El modelo WASP permite ejecutar análisis de sensibilidad sobre los parámetros económicos contemplados en la solución óptima de referencia, basta correr nuevamente el módulo DYNPRO. Esto puede ser muy simple si el conjunto de nuevos valores de los parámetros no provocan soluciones óptimas fuera del anterior espacio de soluciones determinado en el módulo CONGEN. Si el nuevo espacio de soluciones se mantiene dentro de los anteriores límites establecidos en CONGEN, el tiempo de procesamiento (iteración módulos CONGEN-MERSIM-DYNPRO) será mínimo. Mayores detalles pueden ser encontrados en la Guía de Usuario del WASP en IAEA (2001).

No existen funciones específicas para realizar análisis de incertidumbre, por lo que el usuario tendrá que hacerlo exógenamente

#### Recomendaciones de uso del WASP-IV en la Planificación Energética en ALC

Este modelo es apropiado para la planificación económica de sistemas de generación eléctrica a nivel nacional, o para sistemas aislados mayores. Es altamente recomendable para sistemas de generación predominantemente térmicos, debido a que la caracterización y simulación de las centrales térmicas que este modelo presenta es bastante detallada (mínima y máxima capacidad de generación por unidad, salida forzada y planificada de los equipos, eficiencias a operación mínima y máxima, etc.). Por otro lado, las características para el modelaje de las centrales hidroeléctricas son reducidas. Las restricciones de capacidad de inversión pueden ser modeladas determinando restricciones para la capacidad máxima a instalarse por cada tecnología. Un tratamiento similar puede ser considerando para modelar las limitaciones de la cadena productiva nacional (políticas de contenido local).

#### VI.3.5. EEPPS (Economic and Environmental Power Planning Software)

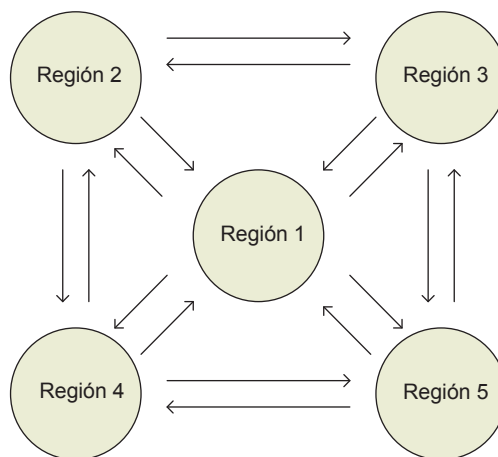
*Economic and Environmental Power Planning Software (EEPPS)* es un modelo de optimización de mínimo costo desarrollado por el *Battelle Memorial Institute (BMI)* (Schaeffer y Szklo, 2001). La función objetivo está definida como la minimización de costos del sistema, incluyendo costos de generación, de transporte y de transmisión de energía eléctrica, además de los costos de control de polución y de las externalidades derivadas de las emisiones causadas por la generación de electricidad. Es un modelo de optimización inter-temporal, de información perfecta, que determina la cantidad de energía eléctrica por tecnología necesaria para atender la demanda de electricidad, definida exógenamente, a mínimo costo a lo largo de todo el periodo de estudio definido por el usuario.

Este modelo fue desarrollado en hojas de cálculo de Excel de Microsoft. El software usa programación lineal para analizar la producción y el consumo de energía por sectores y regiones, siendo definidas por el usuario las tecnologías de generación de energía eléctrica<sup>97</sup> actuales y las propuestas (considerando restricciones en capacidad de inversión, que pueden ser modeladas como restricciones en la capacidad a instalar máxima), así como los combustibles usados y las restricciones ambientales. Es preciso tener en cuenta que el modelo considera cinco periodos, donde el primero hace referencia al año base, que es justamente el año de calibración del modelo. Los restantes cuatro periodos están espaciados cada cinco años en el modelo estándar; no obstante, es posible usar estos intervalos atribuyendo el tiempo que el analista considere necesario.

Como ya fue señalado, el modelo tiene la posibilidad de establecer diferentes regiones, tal como es presentado en la Figura VI., permitiéndose como máximo la incorporación de cinco regiones. Estas regiones deberían estar claramente diferenciadas por disponibilidad, calidad y costo de las tecnologías de oferta de energía. En ese sentido, el modelo es susceptible de ser usado en la planificación regional, nacional e multi-regional de sistemas de generación de energía eléctrica. El nivel de desagregación del modelo dependerá de la disponibilidad de información con que cuenta cada país y región. El planeador energético debe evaluar la disputa entre desagregación y grado de detalle versus simplicidad y versatilidad. El modelo debe atender criterios de razonabilidad y ser capaz de responder a las preguntas específicas planteadas.

<sup>97</sup> Se deben definir los costos fijos y variables de cada tecnología, eficiencias, factores de carga, la vida útil, entre otros.

Figura VI.2: Estructural regional del modelo

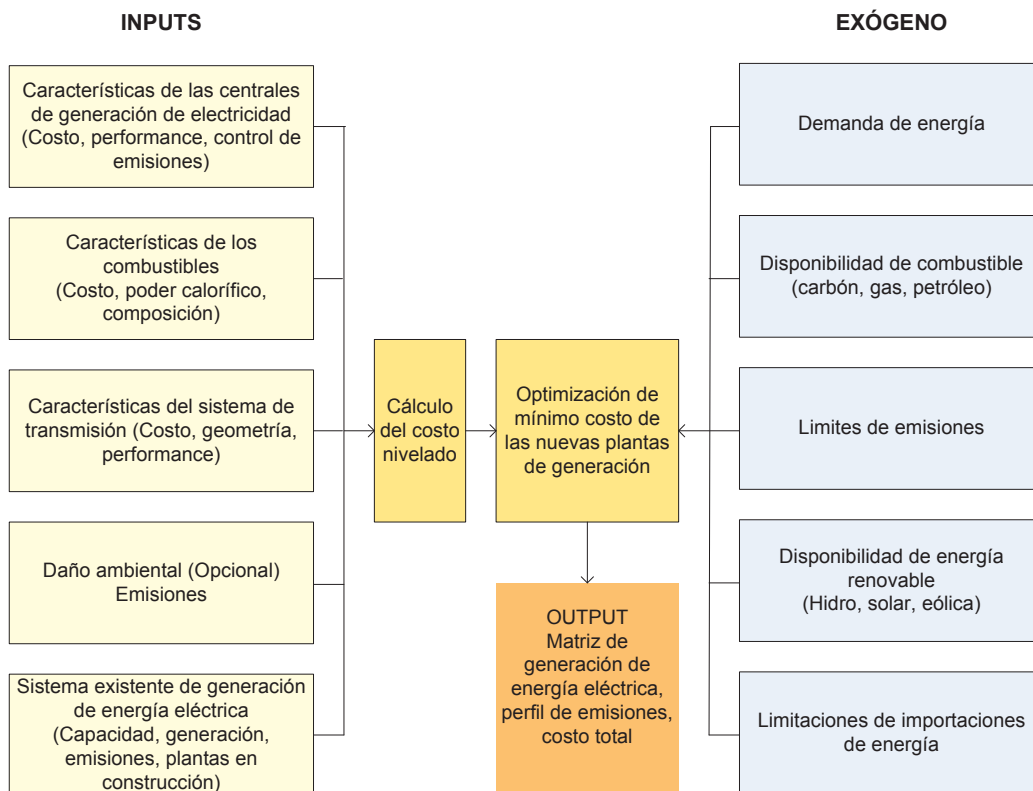


Fuente: Chandler, 1998.

### Estructura y variables de entrada

Antes de hacer esta descripción, vale la pena analizar la estructura del modelo de la Figura VI.3. De esta figura se observa claramente que existen datos que deben ser proporcionados como input al modelo y otros que son incorporados de manera exógena. Estas informaciones alimentan al modelo a fin de obtener el costo nivelado de energía (LCOE) y la optimización de mínimo costo de las nuevas plantas de generación. Los resultados obtenidos de la ejecución de este modelo serán la matriz de generación de energía eléctrica actual y futura, el perfil de las emisiones (resultado del uso de la matriz obtenida) y el costo total (resultado de la minimización del costo de expansión).

Figura VI.3: Estructura del modelo



Fuente: Schaeffer y Szklo, (2001) and their consequent environmental burdens, over the period to the year 2020. It does so in the framework of two policy scenarios to test economic and environmental policy measures against a business as usual projection, which assumes energy policies existing in Brazil today remain in place and that no new major policies are adopted to reduce energy-related GHG emissions. It provides results from an analysis using a linear programming model that simulated scenarios through changes in emissions fees and caps, costs for technologies (including clean energy supplies).

Tal como fue señalado el modelo fue desarrollado en un ambiente Excel. El usuario debe suministrar al modelo los datos necesarios para simular el sistema de generación de energía eléctrica. Dentro de los datos que se precisan para lograr esta representación se tiene la evolución de la demanda de energía eléctrica, el perfil de generación de energía eléctrica actual, las expansiones previstas, las reservas de combustibles y potenciales de expansión de la generación que son descritos en detalle a continuación.

- Año base: Es necesario determinar un año base con el objetivo de calibrar el modelo a partir de este. Debe ser usado el último año del que se tenga la mayor cantidad de información.
- Tasa de descuento: Se requiere definir la tasa de descuento a fin de calcular el costo nivelado de energía de cada una de las tecnologías.
- Características de los combustibles para la generación de energía eléctrica: Deben ser incluidas características de los combustibles usados actualmente para la generación de energía eléctrica, así como aquellos que serán incluidos de manera forzosa en la matriz futura. En ese sentido, se debe tener información relacionada con el costo, poderes caloríficos y el contenido de sulfuro (opcional) y de carbono a fin de obtener un balance final de emisiones.
- Capacidad existente y planeada: En esta hoja deben ser representadas las características de la oferta actual de energía del sector eléctrico, además de cualquier otra acción que puede ser implementada en el periodo de estudio. Es posible incluir información por regiones y para diferentes periodos. Se debe tener la potencia y el tiempo que opera cada una de las tecnologías tenidas en cuenta.
- Perfil tecnológico: Para cada una de las tecnologías actuales deben ser incorporados datos relacionados con costo de capital, periodo de construcción, costos O&M fijos y variables, factor de capacidad, eficiencia, tiempo de vida del equipo y emisiones (opcional). Con esta información es calculado el costo de capital total y el costo nivelado de cada tecnología.
- Externalidades ambientales: La incorporación de esta información es opcional. Se requiere insertar el valor de las externalidades ambientales por dióxido de azufre, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y material particulado. Además es posible incorporar el valor de las externalidades causadas por la instalación de una hidroeléctrica.
- Sistema de transmisión: Cuando el modelo es usado con datos regionales es necesario incluir valor de distancia entre regiones y pérdidas de la transmisión.
- Proyecciones de demanda usadas en el modelo: Estas proyecciones son incluidas en el modelo de forma exógena. Estas pueden ser tomadas de las entidades de Planificación de Energética de los países o pueden ser calculadas mediante el uso de herramientas econométricas. Los valores deben ser incorporados en TWh.
- Potencial de cada tecnología para la expansión de la oferta: Esta es una de las formas como el modelo, por ser de mínimo costo, restringe el potencial máximo de expansión para cada tecnología. En ese sentido, es necesario definir la cantidad de reserva y de producción de algunos combustibles no renovables tales como hidro, solar y eólica.

#### *Escenarios, simulación y resultados del modelo*

Una vez han sido ingresados los valores de entrada antes descritos, el modelo calcula automáticamente el costo nivelado de energía para cada tecnología, la matriz de oferta de energía futura que atiende al criterio de mínimo costo, el costo total de la expansión del sistema y si han sido suministrado valores de emisiones, el modelo calcula las emisiones totales de contaminantes globales y locales.

Para rodar diferentes escenarios, el modelo permite modificar los valores de entrada suministrados para probar, por ejemplo, cómo afectaría un cambio en los costos fijos o de operación y mantenimiento a la expansión de la oferta. También pueden modelados escenarios que establezcan un tope a las emisiones de CO<sub>2</sub> o algunos contaminantes locales.

Los resultados del modelo pueden ser comparados con las políticas energéticas a fin de verificar si ellas están atendiendo e incentivando criterios de mínimo costo o si por el contrario atienden a otro tipo de políticas de corte ambiental, por ejemplo.

La flexibilidad de este modelo, en plataforma Excel, permite ejecutar análisis de sensibilidad con facilidad, basta cambiar los valores en los parámetros deseados y correr nuevamente el modelo.

#### *Recomendaciones de uso de EEPPS en la Planificación Energética en ALC*

Este modelo es recomendable para probar hipótesis simples, por ejemplo, inserción obligatoria de una nueva fuente energética o el decreto de tope máximo de emisiones. Sin embargo, posee desventajas propias de la lógica de programación lineal a la cual atiende. Este modelo elegirá siempre la tecnología más barata disponible hasta que alguna de las restricciones lo limite, es decir, en ausencia de restricciones se agotará la fuente con menor costo nivelado y, en ese sentido, no propende por la diversificación de la matriz energética. También presenta deficiencias relacionadas con la imposibilidad de incluir la curva de carga. Otra limitación



está relacionada con los supuestos de competencia e información perfecta detrás de él que reflejan que no se tienen en cuenta las preferencias de determinados agentes tales como los inversionistas. Las restricciones de inversión pueden ser modeladas como restricciones en la capacidad máxima a instalar.

### VI.3.6. LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)

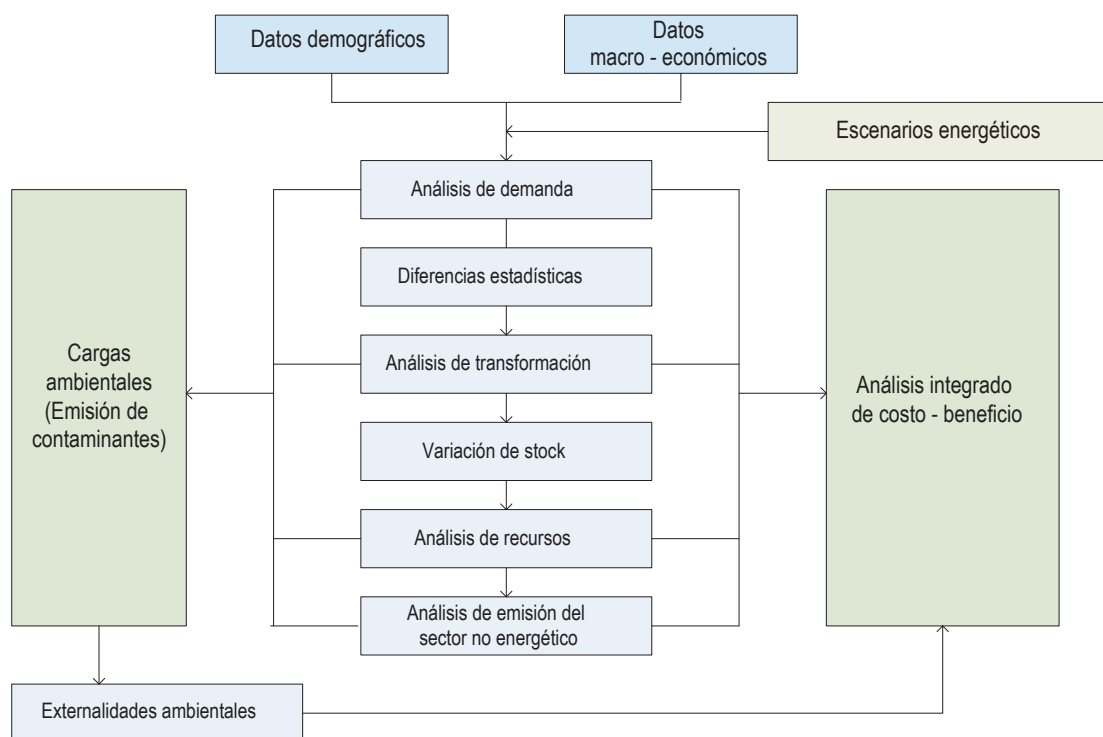
*Long Range Energy Alternatives Planning System* (LEAP) es un modelo diseñado por el *Stockholm Environment Institute* (SEI-Boston) cuyo objetivo es dar soporte integrado y confiable para el desarrollo de estudios de planificación energética, así como de mitigación de GEI. Este modelo puede ser clasificado dentro del tipo *bottom-up*, basándose en la caracterización de usuarios finales en lo referente al tipo de energía y las tecnologías usadas por estos, así como la caracterización de la oferta energética. Este es un modelo *demand-driven*, lo que significa que ante un escenario de demanda final de energía, el LEAP asigna los flujos energéticos entre las distintas tecnologías de oferta energética con las que cuenta cada país (Di Sbroiavacca, 2011).

La lógica general del modelo LEAP es clara debido a que no tiene incluido un proceso de retroalimentación entre los módulos de oferta y demanda, lo que hace que sea fácil de entender por su transparencia. En este sentido, el modelo es muy flexible y se orienta a la planificación energética a partir de la construcción de escenarios planteados usando la lógica *What if* (Que pasaría si).

#### Estructura y variables de entrada

La estructura general del modelo LEAP posee seis bloques: Análisis de la demanda energética; análisis del abastecimiento energético; análisis de las diferencias estadísticas; análisis de las variaciones de stock; análisis de los recursos y variables explicativas. El flujo de cálculos hecho por el modelo es representado en la Figura VI.4.

Figura VI.4: Flujo de cálculos



Fuente: Di Sbroiavacca, 2011.

En el bloque de análisis de la demanda se presenta un esquema de niveles jerárquicos lo suficientemente flexible para simular una amplia gama de sectores de consumo final de energía. El analista tiene la posibilidad de desagregarlo tanto como sea posible. Por ejemplo, para el caso del sector residencial, este podría ser desagregado por niveles de ingreso, regiones, por uso, fuente y tecnología. Para otros sectores tales como el industrial la desagregación primaria sería por el tipo de actividad económica.

Para el análisis del abastecimiento energético, el LEAP cuenta con módulos que le permiten al usuario definir distintos centros de transformación. Cabe destacar que dentro de ellos aquel que presenta la mayor desagregación es el de generación eléctrica. Este modelo también precisa de ser alimentado con los recursos energéticos con los que cuenta el país, así como la propuesta de un escenario en donde se prevea la evolución de estos y se contemple la posibilidad de ser importados.

En relación con el análisis medioambiental susceptible de ser hecho con el LEAP, se debe decir que el resultado que se obtendrá está relacionado con los impactos que generaría cada uno de los escenarios planteados en las emisiones de gases efecto invernadero (GEI). En ese sentido, el LEAP cuenta con una base de datos tecnológica y ambiental por defecto. No obstante, esta puede ser modificada por el analista de acuerdo a la información disponible para cada país.

La información requerida para alimentar el modelo puede ser dividida en dos, una de tipo histórica y otra de tipo prospectiva. Así, a *grandes rasgos*, la información histórica deseable a ser inserida en el modelo es:

- Balance energético del año base: en energía neta y/o útil.
- Parámetros tecnológicos: eficiencia, consumo específico de energía, heatrate.
- Intensidades energéticas para procesos de uso final y de transformación energética.
- Información sobre usos de biomasa.
- Costos por tecnología: esta información es opcional debido a que el modelo no se rige por un principio de minimización de costos. Es deseable tener esta información a fin de calcular el costo final del suministro de energía.
- Coeficientes ambientales nacionales: De ser posible el LEAP debería ser alimentado con los coeficientes ambientales para el país en particular. No obstante, de no tenerse esta información, el LEAP cuenta con una base de datos por defecto que puede ser usada para el cálculo de las emisiones.

De otro lado, la información de tipo prospectiva que sería deseable tener es la siguiente:

- Escenarios socio-económicos y energéticos.
- Información relacionada con cambios estructurales tales inserción de nuevas tecnologías y sustitución entre fuentes energéticas.

Mayores detalles pueden ser encontrados en el Manual del Usuario LEAP, disponible en su página web, según la *Tabla VI.3*.

#### *Escenarios, simulación y resultados del modelo*

El LEAP cuenta con un módulo de gestión de escenarios, que tiene como principal característica la posibilidad de identificar ventajas y desventajas de cada una de las distintas medidas de política propuestas. En ese sentido, este modelo permite evaluar el impacto de aplicación de políticas tales como la penetración de nuevas fuentes de energía, cambios estructurales en los diferentes sectores, aplicación de una nueva política de precios, introducción de nuevas fuentes de energía, por ejemplo renovables, entre otras. Además, se debe tener en cuenta que de acuerdo con los escenarios que se planteen es posible comprobar si los recursos son suficientes para suplir las necesidades del país.

Los principales resultados obtenidos con este modelo son: prospectiva de demanda energética, prospectiva de oferta energética, impacto sobre los recursos, impacto ambiental, proyección de balances energéticos y evaluación de medidas de mitigación de GEI en el sector energético.

El modelo LEAP permite ejecutar análisis de sensibilidad con relativa facilidad. La posibilidad de crear diversos escenarios, basados en la estructura de un escenario base, permite modificar los valores de los parámetros técnicos y/o económicos sobre los cuales se quiere entender las implicaciones de su variación. Los efectos pueden ser inclusive apreciados gráficamente.

#### *Recomendaciones de uso de LEAP en la Planificación Energética en ALC*

Este modelo es apropiado para la formulación y simulación de escenarios y la identificación del costo de cada uno de ellos. Una ventaja del uso de LEAP es que este es flexible y relativamente simple de usar, lo que permite la posibilidad de analizar diferentes políticas propuestas sin necesidad de complejizar el análisis. Además, este modelo presenta otra ventaja relacionada con la estimación de manera directa de las emisiones de GEI y las reducciones por cuenta de políticas de eficiencia energética planteadas.

El LEAP permite incorporar restricciones de capacidad de inversión o restricciones de la cadena industrial que proveerá determinado equipamiento al fijar restricciones a la capacidad a instalar máxima.

LEAP es un modelo que genera procesos de optimización para el sector eléctrico, apenas a partir de la última versión. Para el sector de transporte y refinación aún no cuenta con esta posibilidad. Además, se debe decir que este modelo es consistente físicamente, pero

no económicamente, razón por la cual no es posible evaluar impactos sobre variables económicas tales como el PIB o desempleo, entre otros.

### VI.3.7. MESSAGE

El “*Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact* (MESSAGE) fue desarrollado por el Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) en Austria desde 1980s (IIASA, 2009; Borbaet *al.*, 2012). Dependiendo del enfoque y tema de investigación, diferentes versiones del MESSAGE han sido creadas con cientos de usuarios. Este modelo es de acceso libre para propósitos académicos, y un acuerdo entre el IIASA y la IAEA (Agencia Internacional de Energía Atómica) permite su uso dentro de la IAEA y sus países miembros. Este acuerdo ha facilitado un número de cursos de entrenamiento para expertos en energía en los países miembros de la IAEA: usualmente tomando aproximadamente dos semanas de entrenamiento que permitan completar aplicaciones básicas.

MESSAGE es una herramienta de optimización de ingeniería utilizada para la planificación de medio y largo plazo de sistemas energéticos, análisis de políticas de cambio climático, y desarrollo de escenarios para regiones nacionales o globales. Esta herramienta usa pasos temporales de cinco o 10 años para simular un máximo de 120 años (Connolly *et al.*, 2010).

MESSAGE selecciona los medios de producción de energía para atender la demanda de energía útil (exógena a la metodología, calculada de modelos sectoriales) que minimicen los costos operativos y de mantenimiento de todo el sistema energético en el horizonte de tiempo estudiado (Messner y Strubergger, 1995; Rao y Riahi, 2010; Borbaet *al.*, 2012). Para hacer esto, el modelo analiza las posibilidades de sustitución entre las fuentes de energía en diferentes centros de transformación a través del nivel de consumo de energía final, bajo restricciones sobre potencial disponible (reservas y capacidad para generación y transmisión de electricidad) y niveles de impacto ambiental (límites de emisiones atmosféricas, por ejemplo). Restricciones de inversión pueden ser modeladas así como restricciones a la capacidad máxima a instalar por tecnología, como fruto de análisis complementarios a la cadena productiva nacional o acceso a fuentes de financiamiento.

Este horizonte temporal es dividido en sub-periodos de igual tamaño, y la optimización es hecha sobre estos sub-periodos, simultáneamente, correspondiente a las variables del modelo. El modelo considera un número de fuentes primarias (petróleo, carbón, gas natural, uranio, recursos hídricos, solar, geotérmica y otros) y diferentes fuentes para producir el servicio energético requerido (electricidad, combustibles líquidos y gaseosos y calor) (Borbaet *al.*, 2012).

La demanda de energía puede ser dividida regionalmente y, en el caso de electricidad, representarse en términos de una curva de perfil de carga. Cada fuente de energía primaria puede ser dividida en un número de clases opcionales, tomando en cuenta el precio de extracción, la calidad de la fuente de energía y la ubicación de los depósitos. Esta estratificación permite representar relaciones no lineales entre los costos de extracción y la cantidad de recursos disponibles. Posteriormente, estos recursos primarios son transformados, directa o indirectamente, en fuentes secundarias que satisfagan la demanda (Messner y Strubergger, 1995; Rao y Riahi, 2010; Borbaet *al.*, 2012).

#### *Estructura, variables de entrada y resultados del modelo*

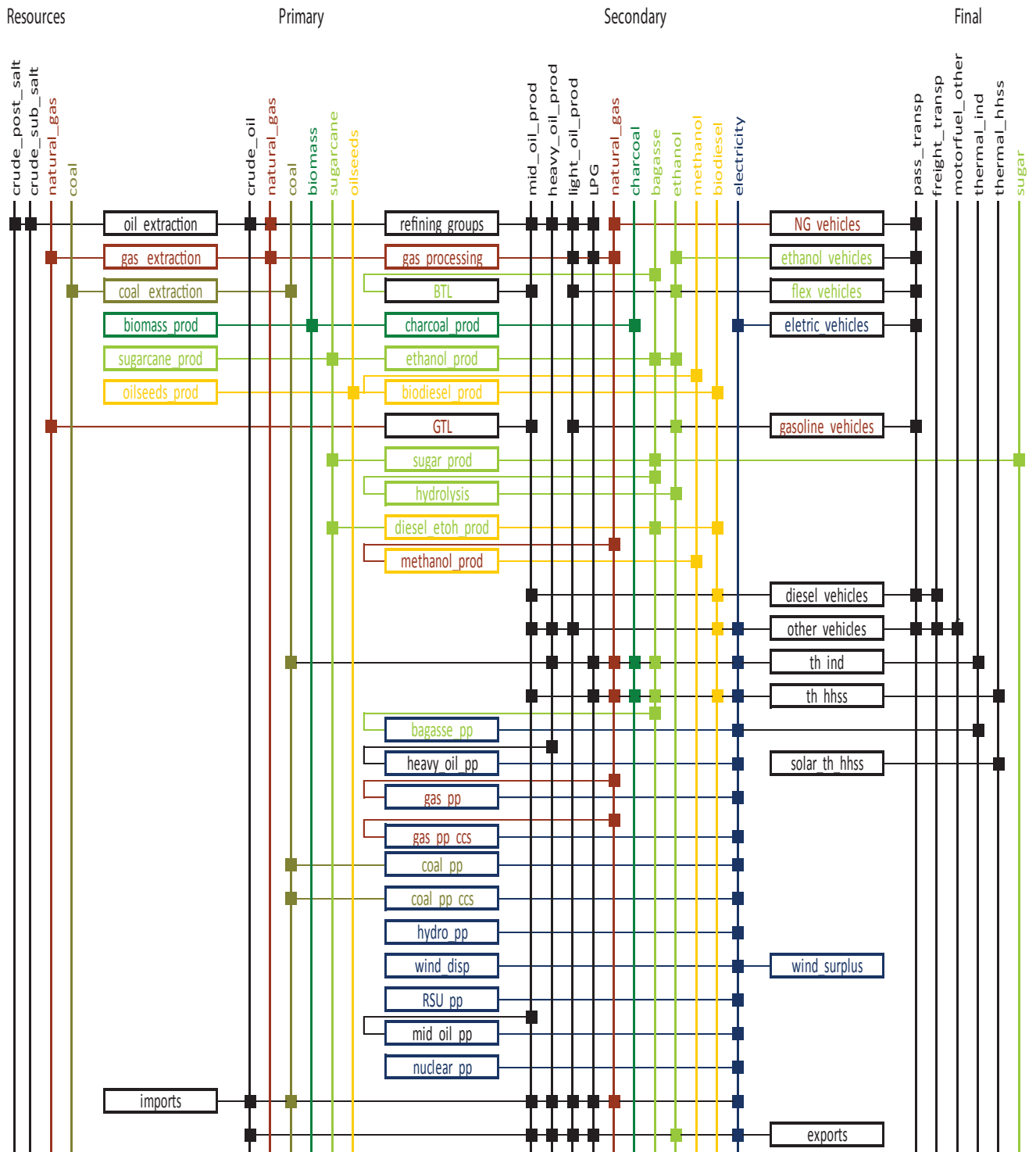
MESSAGE está diseñado para formular y evaluar estrategias de abastecimiento energético en concordancia con las restricciones definidas por el usuario para las nuevas inversiones, tasas de penetración en el mercado para nuevas tecnologías, disponibilidad de combustible y comercialización, y emisiones ambientales. El principio subyacente del modelo es la optimización de una función objetivo (ej: mínimo costo, mínimo impacto ambiental, máxima auto-suficiencia) bajo una serie de restricciones (por ejemplo, capacidad máxima a instalar por tecnología, en donde se puede considerar otras restricciones como la capacidad de financiamiento o el tamaño de la cadena productiva local) (Szklo, 2013).

La esencia del MESSAGE es la descripción técnico-económica del sistema energético modelado. Esto incluye la definición de las categorías de formas de energía considerados (ej: energía primaria, energía final, energía útil), los combustibles (*commodities*) y las tecnologías usadas (ej: electricidad, gasolina, etanol, carbón, calor calefacción urbana), así como los servicios energéticos (ej: calor útil provisto por tipo de energía/tecnología) (IAEA, 2013).

Las tecnologías son definidas por sus entradas y salidas (principal y co-productos), su eficiencia y su variabilidad. Las características económicas incluyen costos de inversión, costos fijos y variables de operación y de mantenimiento, costos de combustibles importados y domésticos y estimativa de costos nivelados y precios sombra.

Los combustibles y las tecnologías son combinados para construir cadenas energéticas, donde la energía fluye de oferta a demanda. El modelo tiene en cuenta instalaciones existentes, su antigüedad y su retiro al fin de su vida útil. En la Figura VI.5 puede observarse un ejemplo simplificado de las cadenas energéticas actualmente presente en la décima versión de MESSAGE Brasil (Schaeffer *et al.*, 2013).

Figura VI.5: Diagrama de flujo simplificado de las cadenas energéticas en el MESSAGE Brasil



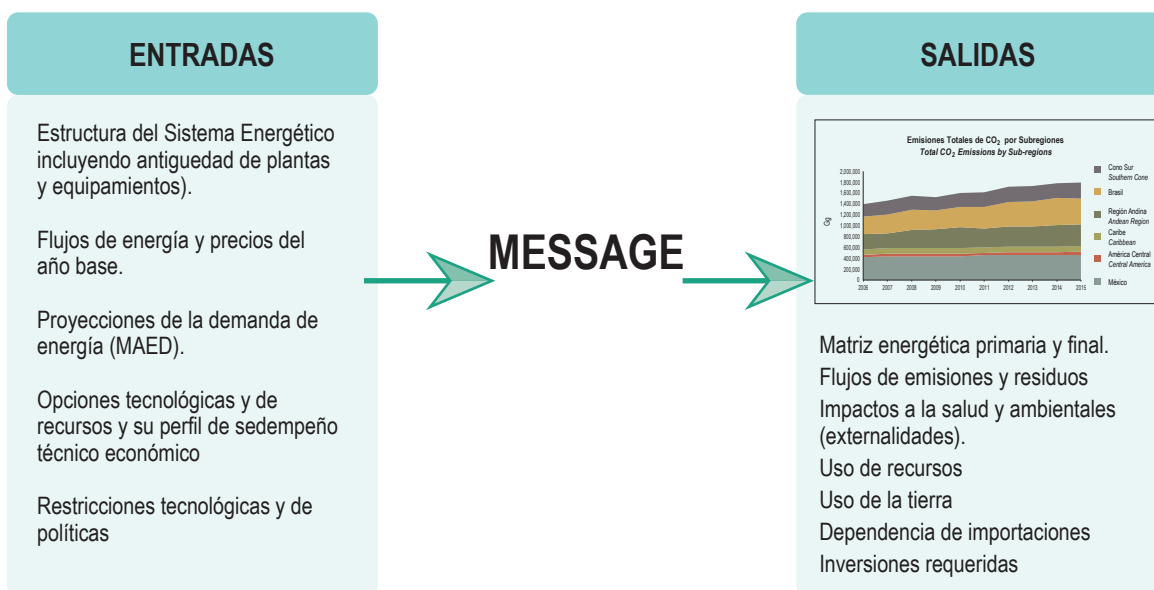
Notas: NG – Natural gas; Prod – Production; BTL – Biomass to Liquids; GTL – Gas to Liquids;  
 UTE – Thermoelectric power plant; UHE – Hydroelectric power plant; RSU – Urban solid waste; Derv – Derivados.

Fuente: Nogueira *et al.*, 2013.

Los requerimientos de inversión pueden ser distribuidos sobre el tiempo de construcción de una planta y pueden ser divididos en categorías diferentes para reflejar con mayor precisión los requerimientos de los sectores industriales y comerciales. Los requerimientos de materiales de base e insumos no-energéticos durante el tiempo de construcción y operación de una planta también pueden ser contabilizados rastreando sus flujos de las industrias originarias, ya sea en términos monetarios o en unidades físicas.

Para algunos combustibles, asegurar cierta disponibilidad en un tiempo determinado acarrea costos y esfuerzos de gestión considerables. La electricidad tiene que ser provista por la central en el tiempo exacto en que es demandada, este tipo de situaciones son simuladas por MESSAGE. En relación con los aspectos ambientales, este modelo permite además de hacerles seguimiento, limitar los contaminantes emitidos por las diversas tecnologías en cada parte de la cadena energética. Con esto se ayuda a evaluar el impacto de regulaciones ambientales sobre el desarrollo energético de los sistemas. Las entradas y salidas del MESSAGE están representadas en la Figura VI.6.

**Figura VI.6: Principales entradas y salidas de MESSAGE**



Fuente: Diseñado con base en IAEA (2013).

El MESSAGE usa las proyecciones de la demanda de energía útil o final de un modelo sectorial para generar la oferta energética del sistema. La característica más poderosa del MESSAGE es que provee la oportunidad de definir restricciones para todos los tipos de tecnología. El usuario puede, entre otras opciones, limitar una tecnología en relación a otras tecnologías (ej. un límite de participación de la energía eólica que puede ser gestionada en una red eléctrica), dar límites exógenos sobre las tecnologías (ej. un límite sobre las emisiones acumulada de  $\text{SO}_2$  o gases de efecto invernadero), o definir restricciones adicionales entre producción, capacidad de inversión y capacidad instalada (ej. asegurar cláusulas *take-or-pay* en contratos de gas internacionales, forzando a los consumidores a pagar por una participación mínima del nivel contratado durante los meses de verano). El modelo es extremadamente flexible y puede ser también utilizado para analizar los mercados de energía y electricidad, así como los asuntos relacionados con el cambio climático.

La herramienta MESSAGE permite ejecutar análisis de sensibilidad en diversas formas. La forma más habitual es modificar en el archivo del caso de referencia ".adb" los valores de los parámetros sobre los cuales se quiere hacer el análisis y crear una copia con un nombre diferente. Otra forma, es creando nuevos casos de estudio ".ldbs", también basados en el caso de referencia ".adb". Mayores detalles sobre estas operaciones se encuentran en la Guía de Usuario del MESSAGE en IAEA (2007).

#### *Recomendaciones de uso de MESSAGE en la Planificación Energética en ALC*

Siendo el MESSAGE un modelo que genera procesos de optimización y equilibrios de mercados, este modelo es recomendable para determinar bajo una óptica de mínimo costo, los caminos para el abastecimiento de la demanda de energía proyectada. Por tanto, el modelo MESSAGE puede ser utilizado en ALC para realizar análisis de integración energética más sofisticados e identificar oportunidades regionales de mitigación de GEI. Las restricciones en capacidad de inversión pueden ser modeladas usando también restricciones de capacidad máxima a instalar, que a su vez pueden reflejar límites en la cadena productiva o de importación de determinada tecnología (políticas de contenido local).

### VI.3.8. ENPEP (Energy and Power Evaluation Program)

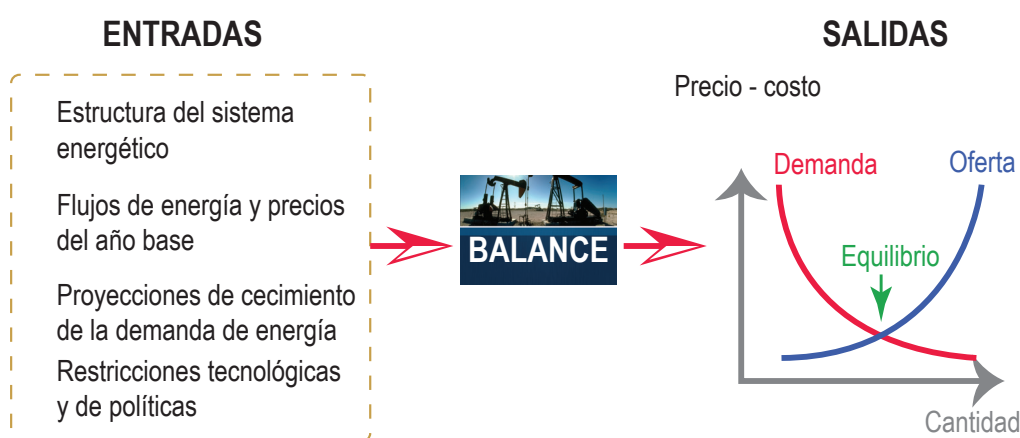
El *Energy and Power Evaluation Program* (ENPEP-BALANCE) puede ser clasificado como un modelo de simulación basado en el mercado con enfoque de equilibrio no lineal (*top down*), cuyo propósito es determinar la respuesta de varios segmentos del sistema energético a cambios en los precios de la energía y en los niveles de demanda. El modelo depende de un proceso de toma de decisión descentralizada en el sector energético y puede ser calibrado para diferentes preferencias de consumidores de energía y oferentes.

ENPEP-BALANCE fue desarrollado por CEEESA con el apoyo del Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE). ENPEP-BALANCE permite a los usuarios evaluar todo el sistema energético (oferta y demanda) y las implicaciones ambientales de diferentes estrategias energéticas.

*Estructura, variables de entrada y resultados del modelo*

Los parámetros básicos de entrada incluyen información de la estructura del sistema energético; estadísticas energéticas en el año base, por ejemplo de los niveles de consumo y producción, así como precios; crecimiento de demanda de energía; además de algunas restricciones técnicas y de política (Figura VI.).

Figura VI.7: Principales entradas y salidas de ENPEP-BALANCE



Fuente: Diseñado con base en ANL (2013).

En este proceso, una red de energía es diseñada para rastrear el flujo de energía desde las fuentes primarias hasta la demanda de energía útil. La red de ENPEP-BALANCE es construida usando diferentes nodos y enlaces, los cuales representan varios componentes del sistema energético. Los nodos en la red representan recursos renovables y agotables, varios procesos de conversión, refinerías, centrales térmicas y centrales hidroeléctricas, unidades de cogeneración, tasas y subsidios y demandas de energía. ENPEP-BALANCE es muy versátil dado que el analista empieza con un espacio de trabajo vacío y construye una configuración del sistema energético con nodos y enlaces.

La potente interfaz gráfica de ENPEP-BALANCE hace que sea fácil realizar acciones tales como “arrastrar y soltar” para construir redes regionales, nacionales o de alcance multinacional. También, existen menús desplegables para mostrar datos del modelo y los resultados directamente en la red de energía. Haciendo doble clic en los nodos es posible acceder a información de entrada y de salida más detallada.

El modelo emplea un algoritmo de *market share* para estimar la penetración de diferentes alternativas de oferta. Las restricciones son definidas por el usuario como límites de capacidad (en donde se pueden considerar criterios de capacidad de inversión máxima o de capacidad de la cadena industrial), políticas gubernamentales (tasas, subsidios, recursos prioritarios para productos nacionales con recursos importados, etc.), preferencias del consumidor, y la habilidad del mercado para responder a las señales de precio en el tiempo.

El uso de un algoritmo de *market share* distingue el enfoque de equilibrio de otras técnicas de modelaje.

El enfoque ENPEP-BALANCE simula con mayor precisión el comportamiento de mercados más complejos que involucran decisiones múltiples que técnicas de optimización no pueden capturar porque suponen la toma de decisiones. Cada sector (eléctrico, industrial, residencial, etc.) persigue objetivos diferentes y puede tener diferentes consideraciones de cuál es el óptimo. Las soluciones de equilibrio desarrollan una configuración del sistema energético que balancea los problemas de demanda, objetivos y fuerzas de mercado sin optimizar en todos los sectores de la economía.



ENPEP-BALANCE encuentra simultáneamente la intersección de las curvas de oferta y demanda de todas las formas de suministro de energía y de todos los usos de energía incluidos en la red de energía. El equilibrio es alcanzado cuando el modelo encuentra un conjunto de precios que equilibran el mercado y las cantidades que satisfacen todas las ecuaciones e inecuaciones planteadas. El modelo emplea la técnica de iterativa de Jacobi a fin de encontrar una solución que esté dentro de la tolerancia definida por el usuario.

Simultáneamente con los cálculos de energía, el modelo calcula los residuos ambientales asociados con la energía dada la configuración del sistema, además de los gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos convencionales tales como partículas,  $SO_x$ ,  $NO_x$ , CO,  $CO_2$ , metano, compuestos orgánicos volátiles, plomo, etc. Estos cálculos pueden ser extendidos para la generación de residuos, contaminación del agua y uso de la tierra. Las emisiones de gases de efecto invernadero pueden ser reportados en un formato que es compatible con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.

El Manual del Usuario ENPEP-BALANCES provee mayores detalles sobre lo anteriormente relatado, así como metodologías para realizar análisis de sensibilidad sobre los parámetros que caracterizan la demanda (IAEA, 1995).

#### *Recomendaciones de uso de ENPEP en la Planificación Energética en ALC*

ENPEP-BALANCE es recomendable en países de ALC para cubrir el espectro completo de asuntos encontrados en los complejos mercados energéticos actuales, tales como: a) análisis de política energética; b) proyecciones del mercado energético; c) previsiones de demanda eléctrica y de energía; d) análisis de opciones de desarrollo para el sector eléctrico; e) análisis de costos de producción, costos marginales, y precios de energía eléctrica en los mercados "spot"; g) análisis de mercados de gas natural; h) proyecciones de emisiones de carbono; i) estudios de mitigación de GEI, entre otros.

### **VI.3.9. SUPER-OLADE (Sistema Unificado de Planificación Eléctrica Regional)**

El Modelo Sistema Unificado de Planificación Eléctrica Regional (SUPER) es un producto desarrollado por OLADE con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo cuya primera versión fue concluida en 1993. Este modelo es utilizado para la evaluación de la expansión de la generación y transmisión eléctrica de un sistema interconectado a mediano y largo plazo, optimizando el costo económico y minimizando el riesgo energético (OLADE, 2013).

Una de las características de este modelo, es que incluye modelos estocásticos de caudales que son utilizados en el cálculo de la política operativa óptima por medio de la programación dinámica dual estocástica. Analiza también otras condiciones de incertidumbre como el crecimiento de la demanda, el costo de los combustibles y el plazo de construcción de los proyectos.

La metodología de solución se basa en la descomposición del problema en un sub-problema de inversión donde se definen los planes candidatos, y otro de operación, donde se evalúan los costos operativos asociados a estos planes candidatos.

La retroalimentación de los sub problemas operativos y de inversión se hace por medio de una restricción lineal, el corte de Benders. Los coeficientes de esta restricción son los *costos marginales* asociados a la tecnología de respaldo candidata.

Este modelo permite establecer y analizar diferentes opciones de expansión de la generación y transmisión del sistema eléctrico a mediano y largo plazo, calculando costos totales de inversión y operación, costos operativos de las plantas térmicas, costos marginales de operación, costos financieros de la disponibilidad de capital, balances de energía a nivel anual y mensual, beneficios marginales de la generación térmica, intercambio de energía entre sistemas interconectados entre otros. Adicionalmente, proporciona criterios para la toma de decisiones, tanto en el ámbito de desarrollo de proyectos como en la formulación de políticas referenciales y normativas (OLADE, 2013).

#### *Estructura, variables de entrada y resultados del modelo*

El SUPER-OLADE está compuesto por los siguientes módulos, cada uno de los cuales desempeña tareas específicas en el proceso de la obtención de la expansión:

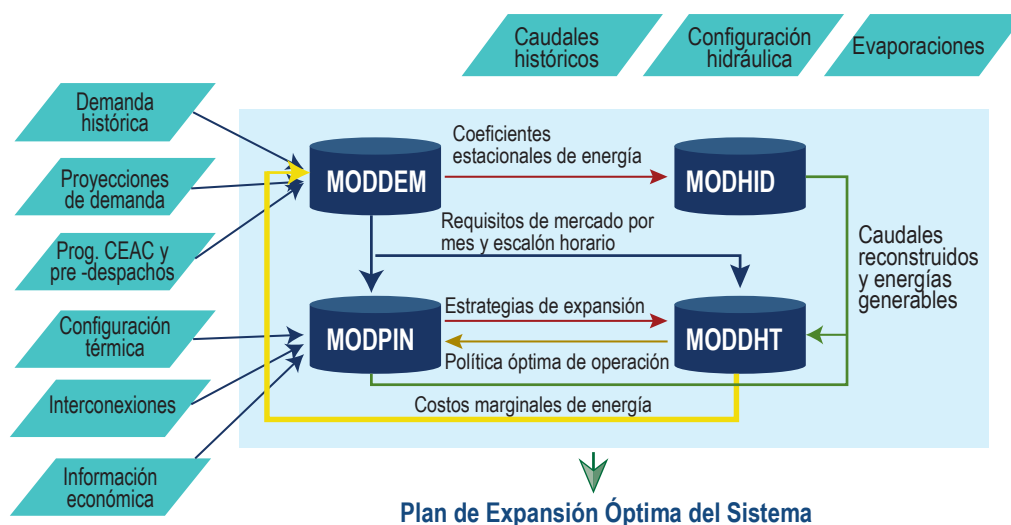
- Módulo de control: Clasifica la información de entrada y salida en estudios y casos, asegurando el almacenamiento ordenado de los datos y resultados en el disco duro de la computadora; además, permite el acceso a los demás módulos del modelo.
- Módulo de demanda (MODDEM): Con base en datos históricos de carga horaria y proyecciones anuales de potencia y energía, modela las curvas de demanda para el período de estudio, pre despacha los recursos no optimizables y simula el efecto de los programas de conservación de energía y administración de carga (CEAC); y realiza el análisis económico de dichos programas.

- Módulo hidrológico (MODHID): Determina con base en información histórica de caudales medios mensuales o parámetros de operación de los embalses, escenarios factibles de disponibilidad hidrológica para las diferentes cuencas donde ya existen o se proyectan aprovechamientos hidroeléctricos.
- Módulo de planificación bajo incertidumbre (MODPIN): Encuentra las estrategias de inversión de menor riesgo, bajo condiciones de incertidumbre en variables tales como la demanda, hidrología, costos de combustibles y períodos de construcción de los proyectos; tiene capacidad para analizar varios sistemas hidrotérmicos interconectados.
- Módulo hidrotérmico (MODDHT): Determina la operación óptima de sistemas hidrotérmicos interconectados; encuentra los costos marginales de generación, el volumen de combustibles utilizados, el flujo de energía en las interconexiones y construye balances anuales y mensuales de energía generada.

Adicionalmente, este modelo cuenta con el Módulo Financiero-MODFIN, para la gestión financiera de la empresa integrada con los planes de expansión, así como el Módulo Ambiental-MODAMB, para la evaluación de impactos ambientales y la minimización de los impactos en el medio biótico, físico, población, etc.

La Figura VI.8 ilustra la interacción entre los módulos para la elaboración de los planes de expansión.

**Figura VI.8: Flujo de Información en el SUPER-OLADE para elaborar un plan óptimo de expansión**



Fuente: OLADE (2014).

Además, el modelo SUPER OLADE permite realizar análisis de sensibilidad tomando en cuenta parámetros de incertidumbre como riesgos hidrológicos, crecimiento y características horarias de la demanda, costos de combustibles, tiempo de construcción de los proyectos, límite de abastecimiento de los combustibles, entre otros. Mayores detalles se encuentran en la Guía de Usuario de SUPER OLADE.

#### *Recomendaciones de uso del SUPER-OLADE en la Planificación Energética en ALC*

Este modelo es apropiado para la planificación de mínimo costo y evaluación de políticas energéticas para la expansión del sistema eléctrico nacional a nivel de generación y transmisión. Este modelo es altamente recomendable para sistemas hidrotérmicos con participación relevante de las centrales hidroeléctricas en la producción de energía, debido a sus módulos hidrológicos que permiten una simulación estocástica de las hidrologías. Adicionalmente, realiza el despacho de energía optimizado a nivel mensual, por lo que presenta una ventaja para la planificación a mediano plazo. También, el módulo ambiental permite realizar evaluaciones de impactos ambientales y sociales de los proyectos de generación, siendo esto relevante para los proyectos hidroeléctricos por los impactos ambientales locales y poblaciones desplazadas y para las centrales térmicas en términos de emisiones.

Las restricciones en la capacidad de inversión pueden ser consideradas en el modelo a través de restricciones de capacidad a instalar máxima. Un tratamiento similar puede ser pensado para modelar restricciones en la oferta tecnológica o cadena productiva de alguna tecnología.

### VI.3.10. SAME-OLADE(Simulación y Análisis de la Matriz Energética)

El SAME es un modelo de simulación *botton-up* de coeficientes técnicos que permite construir diferentes escenarios prospectivos de demanda y oferta de energía para un horizonte de estudio determinado.

Es muy versátil en el método de proyección pudiéndose generar de manera muy ágil escenarios tendenciales, evolutivos o de ruptura, permitiendo simular políticas de diversificación de la matriz de consumo final y de generación eléctrica, medidas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y programas de eficiencia energética.

Proporciona como parámetro de comparación entre los escenarios implementados, diversos indicadores energéticos, económicos y ambientales, como los siguientes:

- √ Índice de renovabilidad de la oferta de energía
- √ Índice de autarquía o suficiencia energética.
- √ Factor medio de emisiones de GEI
- √ Costo medio actualizado de la oferta de energía
- √ Estructura del consumo de energía
- √ Estructura de la oferta total de energía
- √ Estructura de la matriz de generación eléctrica
- √ Balances energéticos prospectivos
- √ Prospectiva de emisiones de GEI.
- √ Prospectiva de la capacidad instalada de generación eléctrica y otra infraestructura de oferta energética.
- √ Alcance de las reservas probadas de fuentes fósiles de energía
- √ Nivel de aprovechamiento de los potenciales de fuentes renovables de energía

#### *Estructura, variables de entrada y resultados del modelo*

El Modelo SAME está compuesto funcionalmente de seis módulos: Configuración, Datos, Proyección, Simulación, Reportes y Gráficos.

En el módulo Configuración se determina la estructura de la matriz energética tanto actual como proyectada, definiéndose las relaciones entre actividades, fuentes, tecnologías y usos de la energía que ya se den o puedan darse en el futuro proyectado. Permite definir también el año base del estudio, el horizonte de proyección y la estructura jerárquica entre los escenarios de prospectiva energética. En este módulo se establecen algunos atributos de los flujos energéticos como factores de emisiones de GEI y eficiencias relativas en el consumo final.

En el caso que las proyecciones de demanda de energía se las quiera realizar mediante métodos analíticos o econométricos, este módulo permite definir las variables exógenas involucradas y las expresiones matemáticas que las vinculan con los consumos energéticos.

En el módulo Datos se permite ingresar los datos del año base del estudio y visualizar o editar los datos proyectados una vez se realicen las proyecciones. La información que se requiere ingresar es la siguiente:

- √ Flujos del balance energético
- √ Capacidades instaladas de oferta de energía
- √ Costos unitarios de la oferta de energía (variables, fijos y de inversión)
- √ Reservas probadas de fuentes fósiles de energía
- √ Potenciales de fuentes renovables de energía
- √ Datos de las variables exógenas

El módulo Proyección proporciona diferentes alternativas de proyección de la demanda y la oferta de energía, de expansión de la infraestructura de oferta energética, de los costos unitarios de oferta de energía, de la demanda de potencia eléctrica y de las variables exógenas.

Para proyectar la demanda de energía se tienen las siguientes opciones:

- √ Tasas promedio de crecimiento anual
- √ Funciones de tiempo
- √ Correlación con variables exógenas
- √ Coeficientes de estructura de la energía útil

La oferta de energía se la proyecta en función de los coeficientes técnicos de estructura de la oferta extraídos del balance energético del año base o determinados directamente por el usuario.

Las capacidades instaladas de oferta de energía se las puede proyectar mediante dos métodos: a) automáticamente en función de la energía requerida (previamente proyectada), de los factores de planta de cada tecnología y de un margen de reserva definido por el usuario; y b) ingresando un cronograma de instalación /retiro de la infraestructura de oferta energética. Otras variables como costos unitarios, potencia eléctrica y variables exógenas, se las proyecta en base a tasas promedio de crecimiento anual.

Una vez realizadas las proyecciones, el módulo Simulación permite realizar cambios específicos en uno o varios años del horizonte de estudio que reflejen la entrada en vigencia de una determinada política de desarrollo energético como puede ser: sustitución de fuentes de energía en un uso final específico del consumo sectorial, innovación tecnológica que conlleve al incremento de la eficiencia energética en el consumo para un uso final determinado, ingreso de nuevas fuentes de energía al consumo sectorial, sustitución de tecnologías contenientes por tecnología limpias en la generación eléctrica, sustitución de importaciones por producción local, incremento de la producción local para fines de exportación de energía, etc.

Estos cambios se los puede realizar mediante un tablero de control virtual, que instantáneamente muestra las repercusiones de estas medidas en el equilibrio del balance energético y en algunos de los indicadores de la matriz energética total. Luego estas medidas pueden ser propagadas de manera automática en el horizonte futuro del respectivo escenario simulado.

El SAME permite generar reportes en formato Excel de los principales resultados de las proyecciones y simulaciones realizadas, tales como:

- √ Reporte de balance energético para cada año del período de estudio
- √ Reporte de emisiones de GEI para cada año del período de estudio
- √ Reporte de capacidades instaladas
- √ Reporte de costos de la oferta de energía

Permite además obtener reportes gráficos de los principales resultados de las proyecciones y simulaciones entre los que se pueden mencionar:

- √ Balance energético por año
- √ Series de tiempo de los flujos energéticos del balance
- √ Series de tiempo de emisiones de GEI
- √ Series de tiempo de costos del oferta de energía
- √ Estructura porcentual del consumo final
- √ Estructura porcentual de oferta total de energía
- √ Estructura porcentual de la generación eléctrica
- √ Alcance de las reservas de fuentes fósiles
- √ Nivel de aprovechamiento de los potenciales de fuentes renovables
- √ Capacidades instaladas vs. capacidades requeridas,
- √ Capacidad instalada de generación eléctrica vs. demanda de potencia eléctrica

### Ventajas de uso del Modelo SAME-OLADE en la Planificación Energética en ALC

- √ Ideal para diseñar y afinar políticas de desarrollo energético sostenible.
- √ Permite actualizar estudios de prospectiva energética ante el cambio de premisas o de coyuntura exógena y endógena.
- √ Construir escenarios exploratorios de futuros coherentes del sector energético
- √ Construir escenarios tipo hoja de ruta de anticipación.
- √ Elaborar planes nacionales de desarrollo energético, tanto integrales como sectoriales.

## VI.4. Ejemplos de aplicaciones de los modelos de planificación energética

### VI.4.1. RETScreen

El modelo RETScreen fue usado para analizar políticas de incentivo a biogás para generación eléctrica distribuida en Ecuador. Los autores usaron como insumo los datos del III Censo Nacional Agropecuario para caracterizar cinco tipos de unidades productivas agropecuarias (UPAs) según su tamaño (hectáreas). Para cada una se determinó el tipo y número de animales. El RETScreen fue usado, en primera instancia, para calcular el volumen de biogás generado por año para cada tipo de UPA. Luego, el modelo fue usado para calcular la cantidad de electricidad que se podría generar por año, el costo nivelado y los indicadores financieros del proyecto (TIR, VPN, tiempo de recuperación del capital). Estos resultados mostraron que para UPAs pequeñas el periodo de recuperación de capital es mayor a 10 años y sus indicadores económicos (TIR, VPN) presentan resultados poco atractivos. Por el contrario, cuando las UPAs son medianas y grandes, los indicadores mejoran y el tiempo de recuperación de capital oscila entre seis y siete años. Con base en este análisis, se propuso los lineamientos para una política nacional de biogás que incentive: a) en pequeñas UPAs, el autoconsumo de biogás para cocción y aplicaciones térmicas menores; b) en UPAs medianas, la operación de un biodigestor centralizado de grande porte, administrado en esquema de cooperativa, a la cual se aportarían los residuos orgánicos de las UPAs asociadas para la producción de biogás, que a su vez sería usado para generar electricidad para la venta al Sistema Nacional Interconectado (SNI); c) en UPAs de grandes proporciones, la operación a plena carga un biodigestor mediano, cuyo biogás sirva como combustible para una termoeléctrica que aporte electricidad al SNI.

### VI.4.2. SAM

El modelo *System Advisor Model* (SAM) fue usado para analizar políticas de incentivo a tecnologías de concentración solar en Brasil. Los autores simularon diversas configuraciones de plantas CSP y PV en varias regiones del país. Por ejemplo, Soria (2011) analizó la viabilidad de implementación de plantas de cilindro parabólico simples, con hibridación y con almacenamiento de calor de seis y 12 horas, localizadas en el Noreste Brasileiro. Se probaron dos escenarios: uno de línea base y otro alternativo, que consideraba incentivos financieros. Los resultados mostraron que en el corto plazo las tecnologías no son económicamente viables. La electricidad generada aún tiene un costo nivelado de energía (LCOE) superior a las tecnologías empleadas en la línea base (alta participación de grandes hidroeléctricas complementadas con termoeléctricas convencionales y nuclear). El escenario alternativo mostró que los incentivos financieros propuestos disminuirían el LCOE considerablemente; sin embargo, aún serían necesarias políticas más agresivas, como la implementación de subastas específicas dirigidas para PV/CSP y/o para una región específica, con el objetivo de fomentar su entrada al mercado con menor costo para la sociedad.

### VI.4.3. HOMER

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el potencial económico de generación fotovoltaica en la región amazónica de cuatro países: Brasil, Bolivia, Colombia y Perú. Los autores definieron este potencial económico como la configuración óptima del sistema que resultaría en menores costos a valor presente en comparación con los sistemas utilizados actualmente (motores recíprocos a diésel y óleo combustible). Para este fin, fue utilizado el modelo HOMER, donde se realizaron simulaciones de sistemas de generación convencional y sistemas híbridos térmicos-fotovoltaicos.

Inicialmente, se recopilaron las características de las unidades de generación de los sistemas aislados en la Amazonía por país, distribuidas por rango de capacidades, con el objetivo de clasificarlas por sistemas típicos, que representasen sus diferentes rangos de capacidad y las demandas que éstos atienden. Se utilizaron costos de inversión y operación recopilados por fabricantes y operadores, y con base en eficiencias de operación reales, se caracterizó cada sistema típico.

Los resultados de la simulación mostraron que en algunas configuraciones de sistemas típicos, específicamente en los que los generadores diesel eran de menor tamaño, los sistemas híbridos presentaban menores costos a valor presente.

No obstante, dada las pequeñas diferencias de costos, fue realizado un análisis de sensibilidad en el HOMER para evaluar los impactos de los precios de los combustibles sobre las configuraciones de los sistemas fotovoltaicos (aumentando o disminuyendo la capacidad de FV en algunos casos). Los resultados del análisis de sensibilidad mostraron que, en la mayoría de configuraciones, un pequeño incremento en los precios de combustible o una reducción de los costos de capital de FV resultaban en un incremento significativo en la capacidad óptima de los fotovoltaicos.

Finalmente, el potencial económico de FV en los sistemas aislados en la Amazonía resultó en 231 MW, y fue estimado como la suma de las configuraciones óptimas de FV para cada sistema típico de generación aislada. Esta suma se basó en la cantidad de unidades de generación por rangos de capacidad de las centrales térmicas de los sistemas aislados de la Amazonía.

#### VI.4.4. WASP-IV

En Jamaica, las inversiones para la expansión de la capacidad de generación en el sistema eléctrico deben ser realizadas por medio del desarrollo del “Plan de Expansión de Menor Costo para el año 2010” (LCEP-LowCostEnergy Plan) (OUR, 2010), el cual es de responsabilidad de la agencia reguladora OUR (Office of Utilities Regulation), y toma consideraciones de los objetivos estratégicos de la Política Nacional Energética 2009-2030.

Para el proceso de planificación de la oferta fue utilizado el modelo WASP. El horizonte de tiempo del plan fue de 20 años. El nivel de confiabilidad requerido, es de un LOLP (Loss of Load Probability) equivalente a dos días por año (0.55%). El costo de la energía no servida utilizado fue de US\$ 2,32/kWh, la tasa de descuento 11,95%. El objetivo de energía no servida esperada no debía exceder 1% en un año calendario, y fue establecido un margen de reserva mínimo de 25%. No se colocaron restricciones ambientales para la realización del LCEP.

Las características de las plantas para la entrada al modelo, fueron definidas con base en su desempeño histórico en 2009. El 2009 en Jamaica, aproximadamente 95% de la producción de energía eléctrica fue con base en centrales térmicas de derivados de petróleo, el resto son cubiertos por centrales hidroeléctricas de pequeña escala y centrales eólicas.

Se consideraron tres estrategias de expansión para el desarrollo del LCEP: Caso Gas Natural, Caso Gas Natural/Carbon, Caso *Business-as-usual*. La diferencia entre los tres casos dependía básicamente de la disponibilidad de GNL en el 2013, y de la disponibilidad de carbón al 2016. Se simularon las tres estrategias en el WASP, y el plan óptimo para cada estrategia resultó en costos de US\$ 5,77 Billones, US\$ 5,84 Billones, y US\$ 8,17 Billones para las estrategias de Gas Natural, Gas Natural/Carbón, y *Business-as-usual* respectivamente. Posteriormente se realizaron análisis de sensibilidad con base en demandas optimistas y pesimistas, y diferentes escenarios de precios.

El estudio concluye que, la adición de nueva capacidad que opere en base es requerida con urgencia, pero dadas las restricciones de tiempo de construcción, y disponibilidad de combustible es poco probable que tal capacidad pueda ser comisionada antes de 2014. La variable más crítica para la determinación del tipo de planta a ser instalada en el corto y medio plazo, involucra la disponibilidad de Gas Natural, en términos de precio, cantidad y tiempos. El costo asociado a no cambiar la estrategia del país, y continuar dependiendo de los combustible líquidos fósiles, podría ser aproximadamente 0.5 MMUS\$ por día.

#### VI.4.5. EEPPS

El modelo EEPPS fue desarrollado inicialmente para el sector eléctrico chino. En el 2000 fue adaptado a la realidad brasilera y argentina para analizar opciones de generación de energía eléctrica al mínimo costo. El estudio hecho para Brasil estableció tres escenarios. El primer escenario fue el “de referencia”, “que asumía que las políticas gubernamentales de Brasil relacionadas con la privatización continuarían en el sector de generación, lo que significaría que la expansión del sistema sería resultado del uso de plantas con bajo costo de capital. El segundo escenario, llamado “escenario ambiental”, suponía que restricciones ambientales determinarían las tecnologías empleadas en gran medida, así los costos ambientales de las fuentes de energía alternativa caerían con el transcurrir del tiempo como efecto del progreso tecnológico y los incentivos gubernamentales. Finalmente, el último escenario fue el llamado “escenario de tecnologías ambientalmente deseables”, que asumía que Brasil tan solo instalaría plantas de generación de energía eléctrica con tecnología que no tuviera emisiones de CO<sub>2</sub> netas.

Los autores del estudio identifican algunos hechos del ejercicio de simulación. Por ejemplo, las reformas institucionales que estaban en curso en aquella época en el sector eléctrico de Brasil muestran tener una fuerte influencia sobre cómo se satisfacía la demanda de electricidad y las emisiones resultantes de ella. Las emisiones más que se quintuplicaron en el escenario base. En este sentido, en ausencia de políticas alternativas, las opciones tecnológicas futuras de generación de energía eléctrica cambian rápidamente de hidroelectricidad a plantas de ciclo combinado de gas natural. En definitiva, el estudio concluye que para el caso brasilero, como mínimo, existirán algunos conflictos entre el problema de la polución atmosférica local y el cambio climático global si el país decidiera adoptar compromisos relacionados con las emisiones de gases efecto invernadero (GEI).



Para el caso argentino fueron establecidos cuatro escenarios, a saber: a) Escenario de referencia, que asumió una oferta y demanda de energía basada en las tendencias de la época y en la disponibilidad de combustibles; b) Escenario de mitigación de emisiones, que incentivó fuentes de energía no contaminantes como hídricas y viento; c) Escenario de escasez de gas natural, que supuso que el acceso a esta fuente de energía de bajo impacto ambiental era restringida; e d) Escenario de eficiencia energética, que probó el efecto de políticas de eficiencia energética por el lado de la demanda

#### **VI.4.6. LEAP**

Este modelo ha sido ampliamente usado en el mundo y en ALC. En este aparte será descrito de forma general una aplicación similar hecha para varios países de la región por la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). El objetivo principal de los estudios fue elaborar una prospectiva energética exploratoria para Honduras, Chile, Colombia, Paraguay y Bolivia a fin de analizar bajo hipótesis de un escenario económico y de dos escenarios energéticos, uno tendencial y otro alternativo, las consecuencias en términos de demanda y oferta de energía. Los estudios también incorporaron los impactos de dichos escenarios sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, así como los requerimientos de diferentes energéticos y en particular de los biocombustibles.

La estructura general de los estudios está constituida por la caracterización del sistema energético en el año base, la descripción de los escenarios energéticos y de las proyecciones de demanda y abastecimiento energético, finalmente se presenta la evolución de las emisiones de GEI. Los resultados de los estudios no buscaban presentar las consecuencias de un determinado plan energético, sino que atienden a una serie de hipótesis planteadas por los consultores. Así las conclusiones de los mismos están relacionadas con el consumo neto total de energía, elasticidades del consumo de energía respecto al PIB, crecimiento de las diferentes fuentes de energía, penetración planteada en el escenario de combustibles, gases de efecto invernadero, entre otros.

#### **VI.4.7. MESSAGE**

Varios estudios han utilizado las herramientas de optimización del MESSAGE, así como para realizar análisis de planificación energética de medio y largo plazo sobre determinadas políticas energéticas o para evaluar diferentes impactos sobre los sistemas energéticos. El MESSAGE ha sido intensamente utilizado en Brasil desde 2003 y adaptado en diversas ocasiones para representar mejor la realidad de Brasil. Entre otras aplicaciones se ha usado el MESSAGE para calcular las medidas de adaptación de mínimo costo bajo una serie de impactos posibles del cambio climático en el sector eléctrico brasilero. La metodología utilizada tiene la ventaja de encontrar soluciones óptimas que llevan en cuenta toda la cadena energética y las interacciones entre abastecimiento energético y la demanda. Los resultados apuntan en la dirección de incremento de capacidad instalada basada en su mayoría en gas natural, pero también en bagazo de caña de azúcar, energía eólica y centrales a carbón/nuclear, para compensar la baja confiabilidad de la producción hidroeléctrica, entre otros impactos. Se ha utilizado para analizar los impactos de promoción, a través de subastas, de la generación de energía solar centralizada (generación por concentración solar- CSP, y paneles fotovoltaicos-PV) en el sistema eléctrico brasilero.

Finalmente, en El Caribe, el MESSAGE ha sido utilizado previamente para el diseño del plan energético sostenible para Cuba con el desarrollo de dos escenarios para el periodo 2000-2025 que buscan responder las siguientes preguntas: a) ¿Qué es lo que todo esto significa para el futuro energético de Cuba? ¿Cuál de las diversas opciones podría ser realizada? ¿A qué costo?

#### **VI.4.8. ENPEP**

Varios países y estudios científicos han utilizado el modelo ENPEP-BALANCE para realizar análisis de planificación energética de medio y largo plazo o para evaluar diferentes impactos sobre los sistemas energéticos.

Se utilizó ENPEP-BALANCE en un estudio para la República Eslovaca para proyectos de créditos de carbono que el país podría potencialmente hacer disponible para la venta, para analizar un proyecto de implementación conjunta que incluyó la repotenciación de una planta de calor industrial con una nueva unidad de ciclo combinado de cogeneración a gas natural en Eslovaquia. Un equipo de expertos mejicanos aplicó el ENPEP-BALANCE para desarrollar varias proyecciones energéticas y evaluar diferentes opciones de mitigación de emisiones de carbono. La Compañía de Servicio Público de Jamaica (JPSCo) utilizó el ENPEP-WASP para desarrollar un plan de expansión de mínimo costo para su sistema. El Ministerio de Energía colombiano utilizó ENPEP-Balance para sus proyecciones de mercado anual de gas y electricidad (ANL, 2008).

#### **VI.4.9. SUPER-OLADE**

Este modelo es utilizado en diversos ministerios y agencias de regulación del sector energía en América Latina (OLADE, 2013). La Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala utilizó el SUPER-OLADE en su versión 5.1 para la elaboración del Plan de Expansión Indicativo del Sistema de Generación 2008-2022 (CNEE, 2009). Este plan tuvo como objetivo cumplir con los lineamientos, acciones estrategias establecidas en la Política Energética aprobada por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, priorizando la garantía del suministro de la energía eléctrica mediante la utilización óptima de los recursos renovables incluyendo consideraciones ambientales.

Este Plan estimó cual era la expansión óptima del sistema considerando restricciones o condiciones tales como costos de inversión, costos de operación, combustibles, entrada mínima y máxima en operación de las distintas centrales eléctricas. Los modelos utilizados para la realización del Plan fueron el modelo SUPER-OLADE para la Determinación del Plan óptimo de expansión de la generación, y el SDDP, para la simulación de la operación del despacho de largo plazo para las unidades y plantas generadores que resultaron del cronograma del ingreso que fue producto de la optimización con el modelo SUPER-OLADE.

Se realizó el levantamiento de la base de datos del modelo SUPER-OLADE, entre los cuales se encontraba: la demanda, los parámetros técnico-económicos, las proyecciones del precio de los combustibles, el historial hidrológico y los parámetros preliminares de diseño para los proyectos candidatos; incorporando también los criterios de evaluación de la política energética emitida por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala.

Considerando la incertidumbre que presentaban los tiempos de construcción y entrada en operación de los proyectos hidroeléctricos, se tomaron en cuenta en el modelo SUPER-OLADE una probabilidad de retraso en la entrada en operación.

Finalmente, se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producirían al implementarse el plan y se comparó con las emisiones de línea base, que representaba mantener la matriz energética actual.

Se concluye que con la implementación de este Plan de Expansión Indicativo se dejarían de importar aproximadamente 114 millones de barriles de combustible bunker, con lo que se reduciría sustancialmente los costos de producción de energía eléctrica en Guatemala (CNEE, 2009).

El Modelo SUPER-OLADE ha sido utilizado por el Consejo de Electrificación de América Central – CEAC para elaborar estudios de expansión del Sistema Eléctrico Centroamericano analizando los efectos de la interconexión SIEPAC.

Otras instituciones del sector energético de la región de América Latina y El Caribe han hecho uso del modelo para elaborar sus planes de expansión indicativos y normativos, como: el Ministerio de Energía y Minas de Perú, La Comisión Nacional de Energía de República Dominicana, el Consejo de Electricidad del Ecuador – CONELEC, entre otros.

#### VI.4.10. Resumen de las aplicaciones de los modelos en los diferentes países de LAC

La metodología para la elaboración de este Capítulo también considera la aplicación de encuestas a expertos en planificación energética pertenecientes a los diferentes países de ALC. Los resultados acerca de los modelos usados en los países de la muestra se exponen en la Tabla VI 4 . En algunos países los equipos de planificación energética afirman conocer una gran variedad de modelos, pero reconocen que pocos de ellos son realmente usados para la planificación energética oficial (por ejemplo, en Paraguay, República Dominicana y Nicaragua). Con base en la entrevista aplicada es difícil afirmar cual modelo es el más usado para la planificación energética, especialmente cuando componentes específicos de diversos modelos son usados simultáneamente para proveer datos de entrada a modelos más completos y complejos.

En los países entrevistados se constató que las capacidades para operar los modelos mencionados son fruto de “auto aprendizaje” (en todos los países), y también de proyectos de cooperación y contratos específicos para capacitación entre los países y OLADE, Comisión Económica para América Latina (CEPAL), Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), Universidades, empresas privadas (Fundación Bariloche, PSR, ENERINTER) y organismos nacionales (CEPEL en Brasil, Comisión Nacional de Energía Atómica en Argentina).

El modelo de mayor difusión en ALC es el LEAP, a pesar de que no hay información suficiente para concluir que también es el más usado por los organismos responsables de planificación energética a nivel nacional. En la región también existen varios países que usan formalmente los modelos de la empresa PSR (OPTGEN y SDDP) para la planificación de la expansión y despacho del sector eléctrico respectivamente (por ejemplo, Guatemala, Panamá, Ecuador, Perú y Colombia). El modelo MESSAGE también es conocido en la región y es uno de los modelos sectoriales y de optimización más usados en Brasil y Argentina. Asimismo, diversos países de la región han sido capacitados por el OLADE en el uso del SUPER-OLADE para la elaboración de los planes de expansión del sector eléctrico, y evaluar posibles interconexiones internacionales. Finalmente, es importante anotar Brasil ha hecho grandes esfuerzos por desarrollar sus propios modelos no comerciales (DECOMP, NEWAVE, PLANEL) para realizar las tareas de expansión de la generación, transmisión, y despacho en el segmento eléctrico, así como modelos para simular refinerías, plantas de gas natural y transporte de derivados en el segmento petrolero.

Los países de ALC presentan características muy diversas en relación con la planificación energética, de tal forma que no es posible generalizar una recomendación para el uso de un determinado modelo. Sin embargo, países que poseen equipos de trabajo especializados pequeños manifiestan interés en conocer y perfeccionar el uso del modelo LEAP (por ejemplo, Ecuador, Panamá y Perú). Por otro lado, países en donde la planificación energética está sólidamente institucionalizada manifiestan interés en incorporar modelos sectoriales para segmentos específicos (por ejemplo, Colombia se interesa por el modelo Modelo Sistema Unificado de Planificación Eléctrica Regional de transporte). En forma similar, Brasil busca desarrollar modelos que permitan analizar mejor la

penetración de tecnologías de generación distribuida en la matriz eléctrica y estrategias para integrar los resultados de los diversos modelos usados.

**Tabla VI.4: Modelos aplicados en los países de América Latina y El Caribe por los expertos en de planificación energética**

Modelos / Países	Modelos usados para la Planificación Energética en:													
	Guatemala	Panamá	Paraguay	Colombia	Rep. Dominicana	Nicaragua	Brasil	Ecuador	Perú	Argentina	México	Uruguay	Jamaica	Venezuela
OPTGEN	X	X		X		X	X	X						X
SDDP	X	X		X		X		X	X					X
LEAP			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MAED			X			X	X							
MESSAGE			X		X	X	X			X				
FINPLAN			X											
WASP			X						X	X			X	
ENPEP				X							X	X	X	
MOPERD (MOPCSV3)					X									
DigSilent					X									
SUPER OLADE	X	X		X	X	X		X	X					X
DECOMP							X							
NEWAVE							X							
PLANEL							X							
Simuladores para GN				X			X							
PERSEO									X					
NETPLAN	X			X	X		X	X						
NEPLAN				X										
GEMME							X							
M-REF							X							
NEREUS							X							
NCP							X	X						

Fuente: Elaboración propia, basado en encuestas aplicadas a expertos en planificación energética en algunos países miembros de la OLADE.

## VI.5. Selección de los modelos de planificación energética

Existe un amplio rango de diferentes herramientas energéticas disponibles, las cuales son diversas en términos de regiones que analizan, las tecnologías que consideran, y los objetivos que cumplen. Consecuentemente, sin entrar en detalle, un panorama general de las herramientas puede ser entendido a través de algunas aplicaciones.

Con base en los objetivos de la planificación energética la Figura VI. 9 y Figura VI.10 muestran el algoritmo o árbol de decisión para que los diferentes organismos de planificación energética en los países de ALC puedan escoger el modelo que más se adapta a sus capacidades y necesidades. Entre las capacidades se debe tomar en cuenta la disponibilidad y tipo de datos que alimentarán el modelo, así como las destrezas del equipo de planificación energética para trabajar con los mismos.

Entre las necesidades se debe evaluar los siguientes puntos:

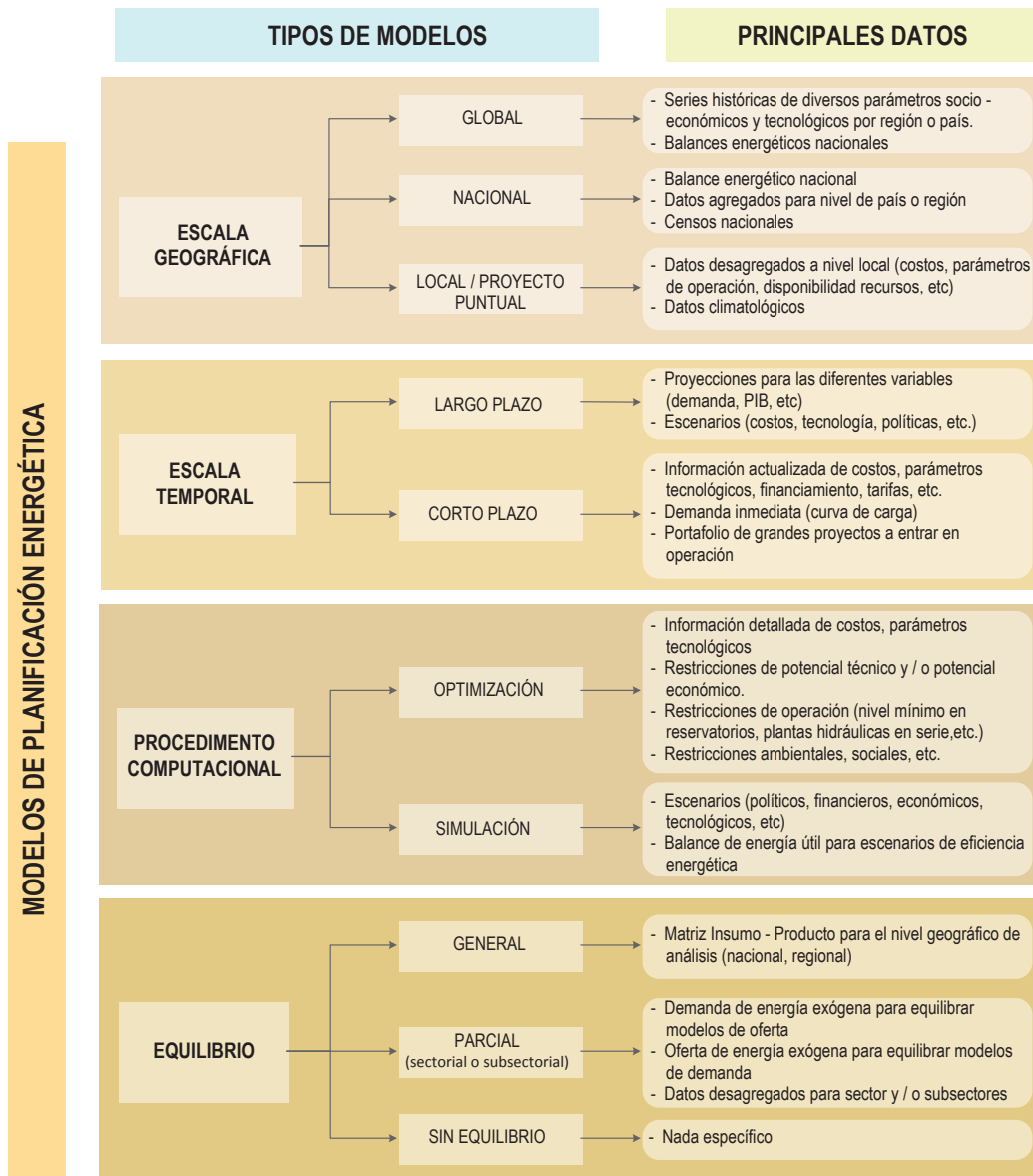
- ¿Cuál es la escala geográfica para la cual se quiere hacer la planificación energética? Las opciones pueden ser: nivel global, nivel nacional o en el nivel local/regional para un proyecto energético puntual.
- ¿Cuál es la escala temporal para la cual se quiere hacer la planificación energética? Esto puede ser articulado para el corto, medio o largo plazo. Como se explicó anteriormente, la microeconomía clásica señala que cambios estructurales

en los factores de producción son posibles en el largo plazo. En la práctica resulta difícil asociar un número de años a cada plazo. Sin embargo, en función del concepto explicado, el corto plazo se puede asociar al periodo en el cual la estructura del sector energético no cambia debido a la existencia de contratos firmados, subastas marcadas, obras en construcción, etc. Medidas de control, seguimiento, repotenciación y actualización son posibles en el medio plazo, con algo más de libertad. Se entiende que en una herramienta computacional que permite hacer análisis de largo plazo es posible ejecutar también los de medio plazo.

- ¿Cuál es el procedimiento computacional más adecuado para esta planificación energética? Básicamente estas herramientas pueden ser de optimización o de simulación. Un ejemplo de uso de modelos de optimización es para la planificación de la expansión de los sistemas de generación sujeto al mínimo costo total. Por otro lado, modelos de simulación son usados con bastante frecuencia junto a la técnica de escenarios para realizar prospectiva energética.
- ¿En función de qué tipo de equilibrio nos interesa hacer la planificación? Equilibrio se refiere a que toda la demanda de los diversos sectores consumidores debe ser satisfecha por la oferta, incluyendo en el análisis además de la oferta interna la posibilidad de importaciones y exportaciones. En función de este concepto, en planificación energética se hace referencia a modelos de equilibrio general, de equilibrio parcial (sectorial o subsectorial) o modelos “sin equilibrio”, que apenas simulan proyectos puntuales.

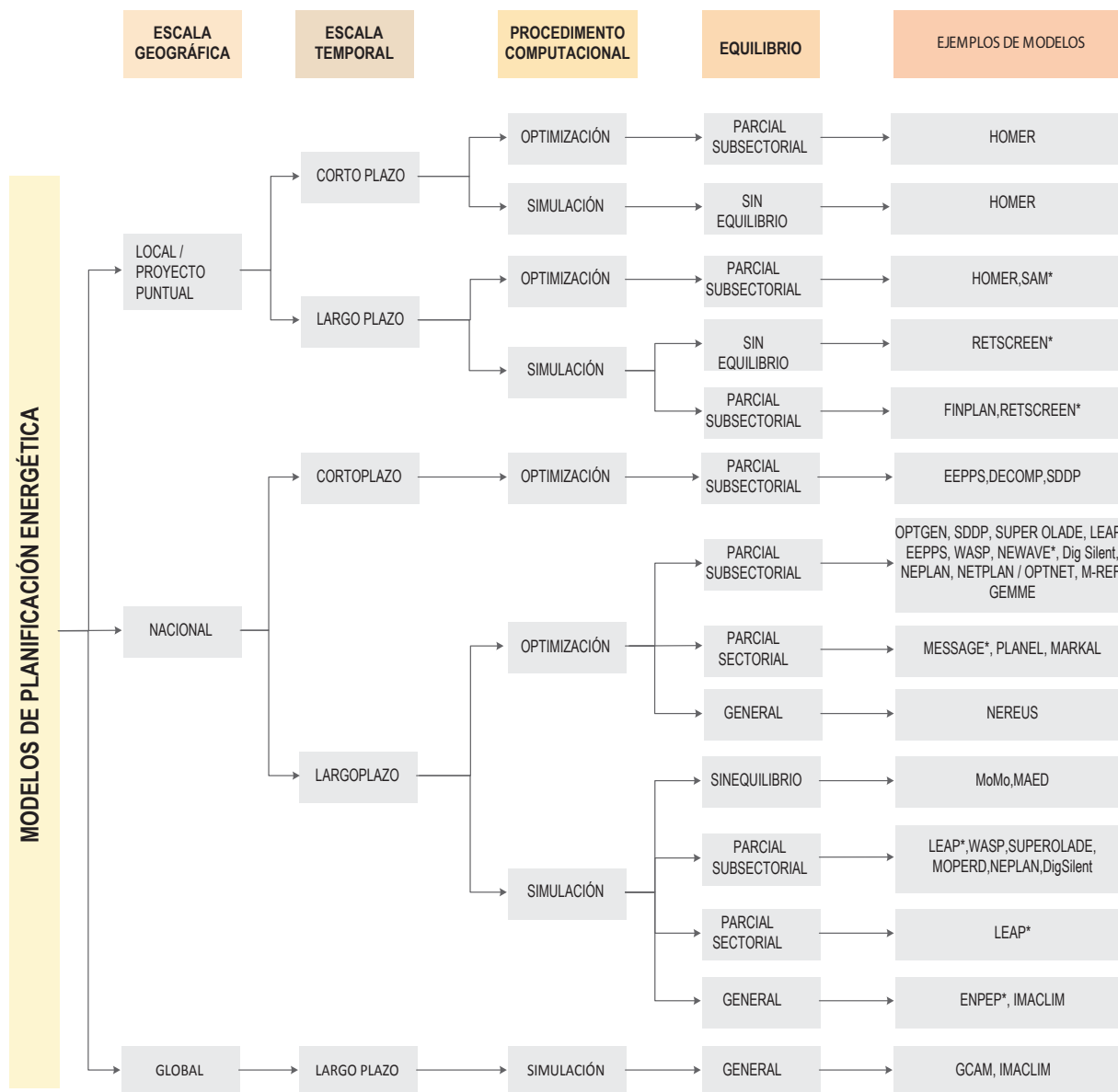
Dependiendo del tipo de modelo pre seleccionado según el árbol de decisión (Figura VI.10) será importante analizar si se cuenta con los datos mencionados en la Figura VI.9.

**Figura VI.9: Datos principales para los diversos tipos de modelos de planificación energética**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura VI.10: Árbol de decisión para posibles aplicaciones de los modelos de planificación energética en los países de ALC**



Nota:

\*: El camino seguido para llegar a la selección de estos modelos será detallado a continuación:

Fuente: Elaboración propia.

Según la lógica del árbol de decisión presentado en la Figura VI.9, la descripción de algunos modelos puede ser hecha de la siguiente forma:

El RETSCREEN fue clasificado como un modelo de evaluación de proyectos específicos en escala local, que permite simular plantas con diversas tecnologías y esquemas de operación de largo plazo (hasta 50 años). Cuando se simulan, por ejemplo, sistemas fotovoltaicos, con carga interna y conexión al Sistema Nacional Interconectado (SNI), el modelo permite considerar una curva de carga que al ser comparada con la producción interna (por ejemplo, del domicilio equipado con sistemas fotovoltaicos) permite identificar déficit o superávit de energía, lo que determinará si consume o no electricidad del SNI para satisfacer la demanda.

Por su parte, el SAM es un modelo usado para evaluar proyectos específicos en escala local, probando diversas tecnologías en un nivel ingenieril bastante detallado, que simula la operación de la planta a lo largo de su vida útil (largo plazo), y que también permite optimizar la operación y diseño de los componentes de la planta en función de alcanzar objetivos como mínimo costo nivelado de la electricidad producida, mínimo consumo de agua, máxima producción de electricidad, etc. En caso de sistemas fotovoltaicos en aplicaciones residenciales con medidores bidireccionales, es posible introducir una curva de carga, para analizar si la residencia debe importar o exportar del SNI.

El LEAP es un modelo que puede ser usado para la planificación energética de un país, pensada para el largo plazo, usando herramientas computacionales de optimización y equilibrio parcial, que por el momento apenas son aplicables para el subsector de energía eléctrica, con el objetivo de realizar la expansión de la generación eléctrica sujeto al mínimo costo total. Adicionalmente, el LEAP también puede ser usado para la planificación energética nacional de largo plazo, usando herramientas computacionales de simulación, que permiten evaluar escenarios en los diversos subsectores del sector energía.

El MESSAGE es un modelo usado para la planificación energética de un país o región (e incluso a nivel mundial), para el largo plazo, que usa herramientas computacionales de optimización, buscando el equilibrio parcial de la oferta en función de una demanda exógena. El modelo puede ser usado a nivel desagregado de subsectores e inclusive tecnologías de conversión según la profundidad del análisis, la disponibilidad de información, la capacitación del equipo de trabajo y tiempo.

El NEWAVE es un modelo diseñado en Brasil, usado oficialmente por el organismo encargado del despacho de la generación eléctrica (ONS), que analiza en el medio plazo (hasta 5 años, con un espaciado mensual) el despacho óptimo de energía en sistemas hidro-térmicos en función del mínimo costo inmediato (costo de operación de termoeléctricas e hidroeléctricas) y futuro (costo del déficit de energía, costo de operación de termoeléctricas debido a la disminución de generación hidroeléctrica).

Por último, ENPEP-BALANCE es un modelo de simulación adaptado para realizar análisis de medio y largo plazo de un país, con enfoque de equilibrio general, cuyo propósito es determinar la respuesta de varios segmentos del sistema energético a cambios en los precios de la energía y en los niveles de demanda.







# CAPÍTULO VII

---

Interdependencia  
entre Marco  
Regulatorio y  
Planificación  
Energética

## PALABRAS CLAVES

Marco Regulatorio – Interdependencia – Planificación – Integración Energética

### VII.1. Introducción

La planificación energética, en su condición de herramienta fundamental para la aplicación de la política sectorial, se instituye mediante la determinación de decisiones gubernamentales enfocadas a realizar acciones concretas dirigidas a materializar la aplicación de un modelo energético definido sobre la base de las necesidades, características, intereses, recursos y posibilidades de una nación en concordancia con su inserción en la esfera subregional, regional e internacional.

En tal contexto OLADE reconoce que los alcances y tipos de instrumentos de planificación energética, al constituir un ejercicio de soberanía plena, varían en relación al tipo de estado que los expide, por tanto están fuertemente influenciados por la valoración gubernamental, sobre la base de sus prioridades, principios y perspectivas. No obstante en la actualidad, la gran mayoría de los países miembros de OLADE, independientemente de su tipo de estado o sistema de gobierno, reconocen la necesidad de enfocar la planificación energética hacia la promoción del desarrollo energético sostenible.

En aras de garantizar la consistencia de acciones y objetivos según las posibilidades emanadas de la aplicación del marco regulatorio vigente para el sector energético, el presente capítulo del Manual de Planificación de OLADE, está dirigido a sustentar mediante parámetros doctrinales y analíticos la necesidad e importancia de la realización de un exhaustivo análisis del marco regulatorio vigente para el sector energético previa definición de instrumentos de planificación energética.

Valorando los aspectos señalados y haciendo expreso reconocimiento del grado de sensibilidad imperante en el análisis de una acción que constituye competencia exclusiva de las decisiones soberanas de los Países Miembros, los elementos que a continuación se examinan y describen constituyen únicamente pautas de aplicación preferente e instrumentos de consulta y buenas prácticas que se proponen coadyuvar a la labor que emprendan los Países Miembros de OLADE en materia de planificación energética, específicamente en lo que compete a este capítulo en la interrelación entre marco regulatorio y planificación.

Con pleno convencimiento del impacto transversal que ejerce la energía en todos los aspectos del desarrollo de un país, cabe dejar constancia de la inexistencia de soluciones lineales por lo que todo instrumento de planificación energética debe responder a la situación propia de cada país en cada uno de sus subsectores. En tal sentido este Manual de Planificación elaborado por OLADE y puesto a disposición de sus Países Miembros enfatiza en la necesidad de reflejar en la planificación energética, de manera exhaustiva, la situación específica del país y establecer sobre esa base horizontes a largo, mediano y corto plazo para el cumplimiento de actividades objetivas en relación a los requerimientos que se determinen para cada área.

A manera de conclusión se reafirma la importancia de, en la medida de las posibilidad y necesidad de cada país, dirigir los instrumentos de planificación energética hacia la cobertura de la demanda energética de la población a costos justos y competitivos para la oferta y precios asequibles para la demanda, en aras del desarrollo socioeconómico nacional, garantizando el desarrollo sostenible y sustentable mediante el fomento del uso de las fuentes renovables y la eficiencia energética procurando la protección ambiental y la reducción de emisiones.

Partiendo de la base de que el presente instrumento constituye un manual de procedimientos y buenas prácticas sugeridas en materia de planificación a efectos de facilitar la realización de esta actividad en los Países Miembros de OLADE, el presente capítulo se propone esbozar y describir los principales elementos que generan la fuerte relación de interdependencia existente entre el marco regulatorio del sector de la energía y la planificación energética.

### VII.2. Análisis Doctrinal de la Interdependencia entre Marco Regulatorio y Planificación

El Derecho como ciencia social se enmarca en paradigmas determinados por ciertos escenarios sociales, políticos, económicos e ideológicos, y está enfocado a establecer un orden normativo para el funcionamiento de la colectividad de acuerdo a principios y disposiciones contenidas en un marco regulatorio, establecido por el poder público político imperante.

Con tales antecedentes está demostrado el dinamismo que caracteriza a la ciencia jurídica y por ende a su expresión subjetiva, objetiva y formal. No obstante aun cuando el Derecho no sea un ente estático, su aplicación está dirigida a mantener cierta permanencia en el tiempo, a efectos de garantizar lo que se denomina en la doctrina “seguridad y estabilidad jurídica”.

Aludiendo únicamente a su manifestación formal, se podría definir al derecho como sistema legislativo, regulatorio y normativo que rige de manera imperativa sobre determinado estado o región, en aras de regular las relaciones entre las personas y entre estas y el Estado, sobre la base de principios y comportamientos entendidos como correctos, adecuados y pertinentes según el modelo imperante para el funcionamiento de la sociedad.

Con tales antecedentes cabe puntualizar que los alcances y prototipos de marcos regulatorios varían en relación a la forma, arquetipos, necesidades, características y condiciones económicas, políticas y sociales del tipo de estado que los dictamina, por ende se ven fuertemente influenciados tanto por la voluntad gubernamental como popular, sus intereses, posibilidades y perspectivas.

En tal sentido lo ideal sería que independientemente del tipo de estado o sistema de gobierno todo marco regulatorio establezca las condiciones formales necesarias para que la planificación energética se erija como un instrumento de la política energética enfocado a garantizar la implementación de acciones concretas dirigidas a promover en escenarios presentes y futuros el desarrollo socioeconómico de la nación mediante estrategias que permitan un óptimo aprovechamiento de la energía así como la universalización del acceso a los productos y servicios energéticos, estableciendo un eficaz balance entre oferta y demanda de energía y garantizando una evolución hacia el cabal cumplimiento de las premisas del desarrollo sostenible y sustentable a través del aprovechamiento de las fuentes renovables y la eficiencia energética procurando la protección ambiental y la reducción de emisiones.

No obstante no siempre el marco regulatorio vigente guarda total consonancia con las aspiraciones contenidas en las metas fijadas en los diferentes instrumentos de planificación tales como: planes estratégicos, planes de acción, planes de expansión de la generación, planes de infraestructura de transmisión, planes maestros de recursos renovables, planes nacionales de energía, planes de eficiencia energética, planes de desarrollo de hidrocarburos, entre otros.

Por tanto resulta trascendental, previo a la definición de instrumentos de planificación energética realizar un análisis exhaustivo del marco jurídico vigente para el sector de la energía incluyendo la realización de un estudio prospectivo de los posibles escenarios de evolución legislativa, regulatoria o normativa.

Existen casos concretos en la región latinoamericana y caribeña de la definición de instrumentos de política o planificación energética que se han visto afectados por la inaplicabilidad total o parcial de la implementación de sus acciones dada su falta de concordancia con la legislación vigente.

Sin lugar a dudas un íntegro y minucioso análisis del marco regulatorio imperante para el sector de la energía constituye un elemento clave para lograr una correspondencia armónica entre la expectativa y el alcance de los intereses nacionales a incluirse en los instrumentos de planificación energética.

**Figura VII.1: Interdependencia entre Marco Regulatorio y Planificación**



Fuente: Elaboración propia.

### VII.3. Seguridad y Estabilidad Jurídica

La seguridad jurídica como principio fundamental del Derecho, se basa en la premisa de la estabilidad en el tiempo de la vigencia normativa, a fines de que puedan analizarse y predecirse los efectos de la aplicación de determinado marco regulatorio, en un período prolongado de tiempo, antes de la toma de decisiones, en este caso, por parte de los actores involucrados en la cadena energética.

No obstante las ventajas de la estabilidad de un adecuado margo regulatorio, por muy avanzado que sea determinado ordenamiento jurídico, siempre existen grupos sociedad o Estado que no se sienten totalmente identificados o satisfechos con los efectos de la aplicación de las reglas vigentes, en tal sentido cada cierto período de tiempo surge la necesidad de cambios, fundamentalmente en aquellas ramas del Derecho caracterizadas por un gran dinamismo como es el caso del sector energético.

Lo ideal sería que estos cambios siempre apunten al avance de la equidad y justicia, pero generalmente cuando se benefician los intereses de algún grupo determinado disminuyen las prerrogativas de otros. Sin embargo generalmente prima la estabilidad jurídica tomando en cuenta que los grandes cambios estructurales en el ordenamiento jurídico, en caso de darse las condiciones para su materialización, acontecen en el mediano y largo plazo, lo que facilita la intangibilidad de los principios fundamentales de determinado marco normativo y por ende la predictibilidad del comportamiento regulatorio, de un Estado o un sector como en este caso la energía, en un período de tiempo prolongado.

A esta necesidad humana de mantener la estabilidad jurídica por considerarla un bien de la sociedad, se suma lo engorroso que resulta, en la mayoría de nuestras sociedades latinoamericanas y caribeñas emprender un proceso de reforma legislativa, con sus correspondientes demoras y vicisitudes.

Por tanto, partiendo del análisis precedente, queda claro que dadas las condiciones formales y materiales del Derecho, los planificadores deben tratar de adaptar sus planes energéticos a la legislación vigente y no viceversa.

Entre las características intrínsecas de las leyes a más de la generalidad, abstracción y obligatoriedad se destaca su permanencia en el tiempo, lo que implica cierta estabilidad por un período de tiempo prolongado durante el cual se aplicarán a una cantidad indefinida de hipótesis, manteniéndose así sus efectos hasta que, producto de cambios significativos en los escenarios que influyeron en su aprobación, se generen las condiciones para modificarlas, sustituirlas o derogarlas.

Cabe destacar que la seguridad jurídica representa un principio universal del Derecho, dirigido a garantizar la certeza de su difusión y su aplicación y por ende la convicción de lo determinado, permitido o prohibido por el poder público político. Significa por lo tanto que la solidez y permanencia del orden normativo, permite a los diferentes actores de la sociedad pronosticar los efectos de sus acciones impidiendo que el ejercicio de sus derechos y obligaciones se vea afectado de manera abrupta por cambios estructurales en el marco regulatorio. Precisamente para evitar este tipo de perjuicios se aplica el principio de la irretroactividad de las leyes, en el que se prevén excepciones, fundamentalmente para el ámbito penal.

La mayoría de los sistemas legislativos de América Latina y El Caribe se caracterizan por su complejidad y sofisticación, adicionalmente al ser el reflejo de prácticas, costumbres, valores, idiosincrasia e intereses de los grupos humanos que los generaron están además muy marcados por un alto grado de arraigo y sensibilidad; por ende los cambios transcendentales no son habituales y de darse representan el producto de un cambio de paradigma en la sociedad, una reestructuración del sistema de gobierno o cualquier otro acontecimiento que revolucione el statu quo.

Por tanto es importante asumir que la estabilidad del ordenamiento jurídico es lo habitual y los cambios significativos lo excepcional, esto no quiere decir en lo absoluto que el Derecho sea estático, por el contrario el derecho debe reflejar la evolución humana y es por tanto dinámico, pero ese dinamismo se refleja mediante cambios en la reglamentación menor más no en las leyes y mucho menos en las constituciones o principios fundamentales del Estados, estos últimos se suelen mantener incólumes por períodos prolongados de tiempo.

Al respecto de esta dicotomía se pronunció el ilustre jurista norteamericano Roscoe Pound *“El Derecho debe tener estabilidad y, sin embargo, no puede permanecer inalterable”*.<sup>98</sup>

Por su parte el jurista y renombrado catedrático cubano, Julio Fernández Bulté, afirmó en relación al planteamiento de Roscoe que esto implicaba que *“... en la base de las principales meditaciones sobre el Derecho haya estado siempre la necesidad contradictoria de estabilidad y transformación.”*<sup>99</sup>

Tomando como base las precedentes reflexiones cabe insistir en la necesidad de diseñar la planificación energética con sustento en las posibilidades que emanan del marco regulatorio vigente, lo que permitirá una cabal e inmediata implementación de las acciones previstas.

98 Pound Roscoe. Las grandes tendencias del pensamiento jurídico. Ediciones Ariel. Barcelona.1950 Pag.6

99 Fernández Bulté, Julio. Teoría del Estado y el Derecho, Tomo II. Editorial Félix Varela. La Habana.2005 Pág. 132

## VII.4. Relación entre Planificación Energética y Marco Regulatorio

La planificación en su calidad de acción enfocada a determinar elementos puntales que perfilen un escenario deseable para un país o un sector sobre cuya base se proyectan acciones concretas, se propone efectos medibles dirigidos a cumplir las metas planteadas.

A tales fines, previa realización de los respectivos análisis de prospectiva, se establecen mecanismos, se designan responsables y se asignan los recursos necesarios para su implementación.

En esta fase surge otra relación intrínseca entre la planificación y el marco regulatorio, dado que para oficializar y dar carácter imperativo tanto a la aprobación del documento que contenga determinado plan como para la designación de actores responsables de su implementación y aprobación de presupuesto, se requiere el cumplimiento de ciertas formalidades vía ley, decretos o resoluciones en dependencia del tipo de prácticas acostumbradas en los diferentes Estados.

En tal sentido es importante resaltar que un plan que carezca de fuerza legal resulta de difícil aplicación, de escaso o nulo carácter imperativo para su implementación, así como de fácil dilución con el transcurrir del tiempo y los cambios de gobierno.

Resumiendo hasta aquí lo planteado, es importante dejar constancia de que la relación de interdependencia entre planificación y marco regulatorio se verifica antes y durante la definición e implementación de los diferentes instrumentos de programación energética; pudiendo identificarse claramente dos momentos cruciales: uno previo que implica el análisis exhaustivo del marco regulatorio relacionado con la definición y futura implementación de acciones y otro posterior empleado para formalizar legalmente los diferentes instrumentos de planificación a efectos de que cuenten con fuerza legal y carácter imperativo para los actores involucrados en la cadena energética.

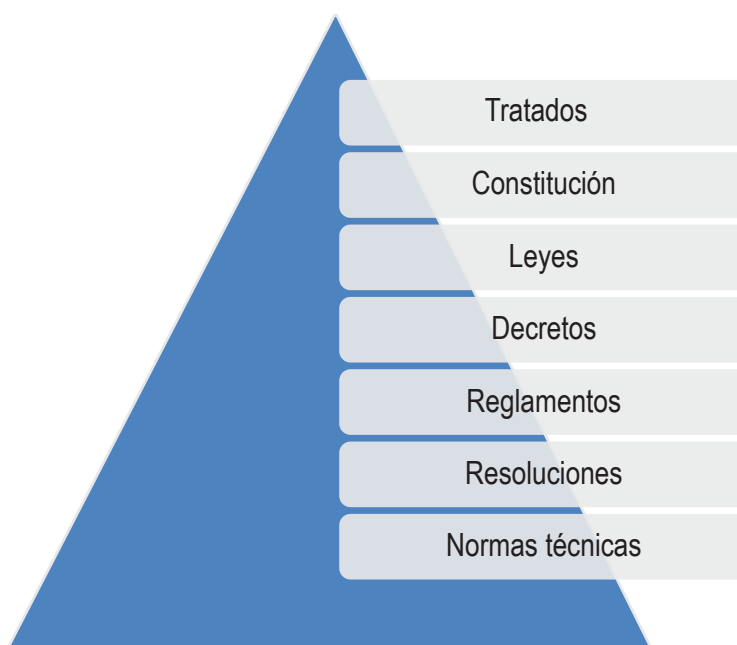
La planeación cuenta con cuatro etapas fundamentales claramente identificadas (análisis, programación, implementación, evaluación y control) y en cada una de estas se evidencia la fuerte interdependencia entre planificación y marco regulatorio.

## VII.5. Parámetros para Analizar Interdependencia entre Planificación y Marco Regulatorio por Tipo de Norma

### Análisis por tipo de norma

Para un adecuado y completo análisis del marco regulatorio vigente, previa definición de elementos integrantes de la planificación energética se recomienda utilizar la denominada pirámide de Kelsen a efectos de dotar de un orden lógico y jerárquico al proceso de revisión del orden normativo vigente a nivel nacional, incluyendo los compromisos internacionales adquiridos vía suscripción y ratificación de tratados.

Figura VII.2: Pirámide de Kelsen



Fuente: Elaboración propia tomando como referencia teorías de jurista Hans Kelsen.



Aun cuando existen diferencias estructurales entre los diferentes sistemas jurídicos, el orden jerárquico se presenta como un denominador común en los sistemas, romano-francés y anglosajón, que convergen en la región latinoamericana y caribeña. Asimismo, la supremacía constitucional por encima de los demás instrumentos jurídicos, regulatorios y normativos, constituye una tendencia habitual en los países miembros de OLADE, incluso en algunos de estos, influenciados por las corrientes del neoconstitucionalismo no se requiere la aprobación de leyes especiales para la puesta en práctica de los postulados constitucionales.

A efectos de ilustrar el análisis precedente a continuación se referencian los distintos componentes que integran el marco regulatorio típico de la gran mayoría de los Países Miembros de OLADE y su interdependencia con el proceso de planificación energética.

**VII.5.1. Tratados Internacionales:** El proceso de suscripción de Tratados Internacionales se caracteriza por una serie de formalidades que en la mayoría de los casos implica la aprobación o ratificación de los respectivos congresos o asambleas legislativas de los países involucrados.

Ese componente formal imperante en el Derecho Internacional Público representa grandes ventajas en cuanto a la legitimidad de los acuerdos, sin embargo implica una gran complejidad y demora al proceso a seguir para limitación o reformas en los compromisos asumidos y aún más a la vía para la desvinculación total del acuerdo firmado.

Prácticamente todos los procesos de integración existentes en América Latina y El Caribe cuentan con un componente de lineamientos, acuerdos y compromisos para la integración energética. Unos resultan totalmente vinculantes como por ejemplo las Decisiones de la Comunidad Andina de Naciones en materia de interconexiones eléctricas entre sus miembros, y otros se caracterizan por su mera formalidad. En todo caso al tratarse de compromisos asumidos por los Estados requieren de un minucioso análisis previa toma de decisiones en materia de planificación.

Resulta importante destacar que existen, en América Latina y El Caribe, algunos estados que otorgan a los Tratados Internacionales un carácter jerárquico superior incluso al de su Constitución Política.

A tales efectos se deja constancia de la necesidad de, previa definición de lineamientos de planificación energética, analizar los compromisos internacionales vigentes en materia de energía para determinado estado, a fines de establecer correspondencias y evitar contradicciones.

**VII.5.2. Constitución:** Tiene una función básicamente dogmática y orgánica. La supremacía jerárquica que la Constitución ostenta sobre todo el marco regulatorio debe garantizar que todas las leyes se elaboren en concordancia con sus lineamientos, razón por la cual debe contener todos los principios fundamentales que sustentan el ordenamiento jurídico.

Su condición de fuente formal y material del Derecho obliga al poder legislativo a desarrollar las normas que permitan la correcta aplicación de sus principios, sin que los contenidos de estas puedan contradecir o limitar sus postulados. Asimismo, determina los procedimientos para la elaboración y promulgación de normas.

La inclusión de la energía en las áreas estratégicas que los Estados plasman en su constitución es el punto de partida para la elaboración de leyes, planes, programas y proyectos del sector.

Con tales antecedentes resulta fundamental previo al inicio de un proceso de planificación energética realizar una consulta analítica de los postulados constitucionales que regulan el sector de la energía para determinado Estado, tomando en cuenta la necesidad de enfocar los lineamientos de la planificación con el régimen constitucional vigente para el referido sector energía. En caso de obviarse este análisis se correría el riesgo de planificar sobre la base de elementos inconstitucionales de imposible implementación. En tal sentido es importante destacar que la Constitución Política es el medio por el que algunos estados limitan la intervención de determinados sectores de la sociedad en lo que respecta a la energía, considerando su transcendencia e influencia en las esferas económica, social, política y ambiental.

Asimismo, es la Constitución Política el instrumento jurídico mediante el cual ciertos estados establecen lineamientos en materia de desarrollo energético sustentable, soberanía energética entre otras determinaciones que constituyen el punto de partida para la aprobación de políticas y planes vinculados al sector de la energía.

Adicionalmente vía constitución se establecen zonas protegidas en las que se prohíbe la actividad extractiva de recursos energéticos.

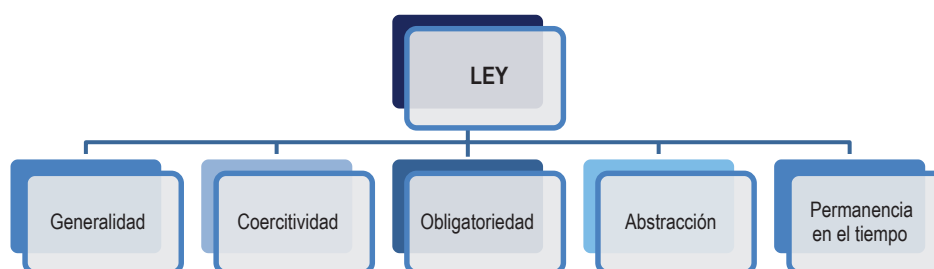
Sobre la base de lo expuesto se puede concluir que resultaría quimérico asumir que en caso de contradicciones entre el marco regulatorio y el instrumento de planificación, la constitución se adaptaría a la planificación y no viceversa, tomando en cuenta que la carta magna al recoger la voluntad popular para la determinación de los elementos doctrinarios y estructurales del Estado está diseñada para una larga permanencia en el tiempo, la que solo se interrumpe cuando se evidencian cambios profundos en las reglas que rigen la relación Estado-Sociedad, para lo que se establecen las correspondientes asambleas constituyentes.

**VII.5.3. Leyes:** Su función es dispositiva. Se dictan con carácter indefinido con alcance a una cantidad indeterminada de hipótesis, y solo dejan de tener vigencia cuando se abrogan, subrogan o derogan por las mismas vías formales que dieron origen a su aprobación. En su calidad de instrumentos regulatorios establecen las pautas para el funcionamiento del sector energético mediante disposiciones de tipo legislativo, aprobadas en los congresos o asambleas legislativas nacionales.

La ley se define por ciertas características básicas como son la obligatoriedad, generalidad, abstracción y permanencia en el tiempo (Figura VII.3). El tema de la permanencia en el tiempo consta analizado en detalle en el análisis doctrinal realizado a inicios del presente capítulo, en esta característica intrínseca de la ley se sustenta la seguridad jurídica, evitando que cambios bruscos en las condiciones establecidas por el marco regulatorio, en este caso del sector energético, afecten de manera abrupta derechos adquiridos o decisiones tomadas por las partes que intervienen en la cadena energética. Sobre la base de este análisis la premisa parte del respeto a las reglas del juego previamente definidas y establecidas vía legislación. Nuevamente cabe dejar constancia de que este principio del Derecho no implica la inamovilidad ni muchos menos la perpetuidad de las leyes.

Los marcos regulatorios en su condición de productos sociales se perfeccionan en la medida en que las sociedades cambian y evolucionan, reafirmando que la ley no es más que la expresión de la evolución social. No obstante esta evolución se caracteriza por ser lenta y compleja, por lo que se insiste una vez más en que los instrumentos de planificación deben basarse en la legislación vigente, ya que es poco factible que las leyes cambien por la necesidad de adaptarse a un documento de planificación que no guarda consistencia con lo establecido por el marco legal imperante. Más aun tomando en cuenta que el dinamismo que define al sector energético, se vería afectado por el largo proceso de cumplimiento de las formalidades establecidas en la mayoría de los países miembros de OLADE para emprender una reforma legislativa.

**Figura VII.3: Características de la Ley**



Fuente: Elaboración propia con sustento en la doctrina internacional sobre características de la ley

**VII.5.4. Decretos:** En una parte importante de los países miembros de OLADE la diferencia entre ley y decreto radica básicamente en el órgano competente para su aprobación, siendo para la ley el Congreso o Asamblea y para el Decreto el órgano ejecutivo. Entre los que provienen del órgano ejecutivo cabe destacar que los denominados decretos de urgencia que aunque pudieran pasar por el congreso, dependiendo de lo establecido en cada legislación nacional, por su carácter de urgentes cuentan con plazos reducidos y celeridad en el proceso. No obstante por ser, en la mayoría de los países, regulación de menor jerarquía, están subordinados a la constitución y a las leyes. Al ser un acto meramente administrativo, generalmente, posee un contenido normativo más bien reglamentario. Existen también los decretos legislativos y los supremos que en algunas países sus alcances son bastante similares a los de las leyes. En este sentido sobre el tema de la planificación y su interdependencia con el marco regulatorio, se podría aseverar que de requerirse cambios o nuevas disposiciones vía decreto para establecer correspondencias normativas con la implementación de un plan energético sería un proceso menos engorroso que el requerido en materia legislativa. Con los antecedentes expuestos y dada la obligatoriedad de cumplimiento de sus disposiciones, resulta fundamental revisar los decretos vigentes en relación al sector energético, antes de emprender la elaboración de planes y programas para el sector de la energía.

**VII.5.5. Reglamentos:** Su principal función es procedimental, facilitan la implementación de las leyes. Forman parte de la normativa menor o sublegal y están supeditados siempre a la existencia de una ley superior jerárquica. Están dirigidos a instrumentar la aplicación de la ley y por su grado de especificidad y tecnicismo su elaboración y aprobación generalmente están a cargo de ministerios, institutos y otras dependencias de la administración pública vinculadas a la ley objeto de reglamentación. Dado su carácter inferior jerárquico el proceso para su aprobación, modificación o derogación es mucho menos complejo y más expedito.

**VII.5.6. Resoluciones Administrativas:** Son normas de cumplimiento obligatorio y alcance limitado al contexto de cierto servicio o área. Constituyen prácticamente el último eslabón de la denominada pirámide de Kelsen. No obstante en el sector de la energía revisten gran importancia tomando en cuenta que el dinamismo propio del sector implica la necesidad de toma de decisiones

regulatorias inmediatas lo que se lleva a la práctica vía resolutive, teniendo, en la mayoría de los casos, los Ministerios de Energía las competencias requeridas para regular determinados aspectos técnicos, operativos y administrativos mediante la aprobación de resoluciones. En este caso, también, dado su carácter inferior jerárquico el proceso para su aprobación, modificación o derogación es mucho menos complejo y más expedito, por lo que representan instrumentos importantes a ser tomados en cuenta para la elaboración e implementación de planes y programas para el sector energético.

**VII.5.7. Normas Técnicas:** Se encuentran en la base de la pirámide de Kelsen y en su condición de normativa sub legal tienen la función principal de establecer pautas y procedimientos estándar en materia de calidad de productos y servicios, determinados a partir de resultados obtenidos mediante la implementación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Existen normas técnicas de cumplimiento obligatorio y otras de aplicación voluntaria. Son aprobadas por organismos técnicos de la administración pública a cargo de los procesos de normalización. Resulta importante analizar su alcance y efectos para el sector energético, sobre todo en el caso de aquellas de aplicación obligatoria, antes de determinar instrumentos de planificación energética.

## VII.6. Planificación Enfocada al Desarrollo Energético Sostenible

Valorando el rol fundamental que ostenta la energía en su calidad de instrumento de desarrollo económico y bienestar social, de una nación, resulta elemental garantizar a la población la disposición de la energía en condiciones seguras, confiables, accesibles y a precios razonables, sobre la base de la sustentabilidad ambiental, todo esto amparado en un marco regulatorio acorde a tales propósitos, respaldado por un marco institucional adecuado.

A efectos de lograr la cabal implementación de esta dinámica para el sector de la energía la política, como guía de principios y lineamientos estatales, y la planificación como instrumento de emprendimiento de acciones concretas para materializar lo previsto en la política, juegan un rol fundamental en lo que respecta a establecer una correspondencia armónica y coherente entre lo que se prevé alcanzar, lo que se puede lograr, según las condiciones del país y la forma de llevarlo a la práctica mediante acciones concretas y medibles.

Si se hace referencia a emplear a la energía como factor del desarrollo equilibrado y armónico de un país, en condiciones de equidad; garantizando la sustentabilidad del suministro de productos y servicios energéticos; entendiendo la necesidad de tomar medidas de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos adversos; valorando los beneficios de la diversificación de la matriz energética mediante la incorporación de fuentes renovables; potenciando la eficiencia energética y el uso racional de los recursos; evitando el despilfarro de los recursos energéticos; garantizando el acceso a un suministro energético continuo, seguro, confiable, amigable con el medio ambiente y propiciando el desarrollo socio económico y la competitividad industrial, se está entonces haciendo alusión al concepto integral del Desarrollo Energético Sostenible.

Para avanzar hacia modelos de desarrollo energético sostenible, es imprescindible contar con un instrumento de política y por ende herramientas de planificación energética enfocadas a tales propósitos y sustentadas en un marco regulatorio propicio para la implementación de las acciones concretas definidas para lograr el horizonte deseado.

OLADE en trabajo conjunto con el Parlamento Andino, estableció la siguiente definición de Desarrollo Sostenible:

**Desarrollo Sostenible:** *Criterio enfocado a lograr el progreso socioeconómico y calidad de vida de los ciudadanos mediante la cobertura de las necesidades presentes, evitando el agotamiento irracional de los recursos y procurando no mermar de manera inconsciente las oportunidades de las generaciones futuras. Implica la sustentabilidad de las actividades extractivas e industriales en armonía con el entorno natural y sus componentes.*<sup>100</sup>

Con tales antecedentes es importante señalar que, independientemente de las condiciones, características e intereses estatales, con total apego al respeto de los derechos soberanos de cada nación, una planificación integral del sector de la energía debería enfocarse en los principios fundamentales del Desarrollo Energético Sostenible que se referencian en los parámetros sugeridos a continuación:

1. Encauzar el uso de las energías renovables hacia la diversificación y correspondiente equilibrio de la matriz energética, valorando elementos de responsabilidad socio-ambiental y viabilidad técnico-económica.
2. Asegurar, de manera continua, la cobertura de las necesidades energéticas de la población, mediante el uso racional de los recursos, respetando los ciclos naturales de regeneración, con conciencia intergeneracional y compromiso socio-ambiental.
3. Empezar medidas de protección ambiental con la correspondiente mitigación y reducción de impactos adversos vinculados a la industria energética.
4. Contribuir a la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos mediante el emprendimiento de acciones y esfuerzos dirigidos a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

<sup>100</sup> Parlamento Andino, Marco Regulatorio de Desarrollo Energético Sostenible, Parlamento Andino. Bogotá. 2015. Artículo 5, literal b).

5. Fortalecer la seguridad energética enfocada a garantizar la cobertura de la demanda energética nacional, en la medida de las posibilidades con fuentes autóctonas, disminuyendo la dependencia de la importación y otras externalidades sin menoscabo de una adecuada política de integración energética.
6. Garantizar la universalización del acceso a productos y servicios energéticos con énfasis en la mitigación de la denominada pobreza energética, valorando el impacto de la energía en el índice de desarrollo humano.
7. Incentivar la eficiencia energética tanto desde el eje de la oferta como de la demanda, impulsando un cambio de paradigma que revierta los actuales patrones de consumo, fomentando el uso racional de la energía sin detrimento del confort y beneficios que se derivan del desarrollo tecnológico.
8. Fomentar el rol de la energía en la industrialización mediante el fortalecimiento de capacidades en lo que respecta al desarrollo y perfeccionamiento de la infraestructura involucrada en la producción de productos y la prestación de servicios energéticos.
9. Potenciar al marco institucional del sector energético como ente articulador y engranaje integral de la cabal implementación de políticas y planes energéticos dirigidos a la consolidación del desarrollo energético sostenible, promoviendo el bienestar social y el progreso económico.
10. Perfeccionar la gobernanza del sector de la energía, garantizando procesos de desarrollo de políticas y planes públicos incluyentes y participativos, potenciando el involucramiento a más del Estado, del sector privado, la academia y la sociedad civil.
11. Dotar al proceso de implementación de políticas y planes energéticos de los correspondientes mecanismos de transparencia y rendición de cuentas.
12. Promover el proceso de integración energética regional con el correspondiente respeto de los principios de soberanía y autodeterminación, potenciando el aprovechamiento de fortalezas y opciones de complementación, sobre la base de un adecuado manejo de asimetrías nacionales.

### **VII.7. Diagnóstico del Comportamiento del Marco Regulatorio en América Latina y El Caribe en los últimos 40 años.**

A efectos de mantener la vigencia del presente manual, en su calidad de documento guía no se recomienda incluir un diagnóstico detallado a nivel nacional del estado de los diferentes marcos normativos vigentes a la presente fecha ya que al momento de experimentarse cambios el documento se volvería obsoleto y requeriría una constante actualización.

En tal sentido se incluye a continuación un análisis general del comportamiento y evolución del marco regulatorio energético en la región latinoamericana y caribeña en los últimos 40 años, con el fin de poner en contexto la aplicación real de los principios doctrinales del Derecho explicados en los acápites anteriores.

En el referido análisis se evidencia claramente la confluencia entre estabilidad jurídica y evolución del Derecho expuesta en la parte doctrinal del presente documento.

### **VII.8. Análisis General sobre la Evolución del Marco Regulatorio Energético en los Países Miembros desde la Creación de OLADE**

En el transcurso de los últimos 40 años se ha evidenciado en el sector energético de la región latinoamericana y caribeña, la implementación de importantes transformaciones institucionales, técnicas y administrativas así como de los principios que rigen la actividad energética, siendo necesario llevar esas transformaciones de la situación de cada país al plano jurídico. Lo que explica que cada cierto período de tiempo se haya realizado reformas substanciales de la legislación vigente en una parte importante de los Países Miembros de OLADE, sin que esto haya afectado la estabilidad jurídica de la región. Se trata en todo caso de la puesta en práctica de un proceso de innovación legislativa que permite concatenar la situación energética de cada país con su regulación, otorgándole un carácter pragmático a la aplicación de las normas y eliminando obstáculos, repeticiones, contradicciones y derogaciones tácitas, adaptando así el ordenamiento jurídico a la realidad del sector y evitando la existencia de las denominadas leyes muertas.

### VII.8.1 Hidrocarburos

El marco legal, regulatorio y normativo del subsector hidrocarburos en lo que respecta a la administración de los recursos ha pasado por varias etapas a lo largo de estos 40 años, las que han implicado reformas significativas en la legislación vigente, según el caso.

A la fecha de creación de OLADE ya estaban constituidas relevantes empresas estatales en varios países, situación que se profundizó en la década de 1970, sobre la base de la historia de importantes aportes de estas empresas al desarrollo del sector energético y de la economía, en su conjunto, a nivel nacional.

Durante la década de 1990 e inicios de la década de los años 2000, como consecuencia de la aplicación de políticas neoliberales en la región, hubo una tendencia – en algunos países – hacia la participación del sector privado en la industria de hidrocarburos, lo cual en ciertos casos, generó contradicciones en lo referente al ejercicio pleno de la soberanía de los recursos y a su aprovechamiento para el desarrollo socioeconómico de países productores. Esta situación fue revertida, en algunos países, en el transcurso de los últimos diez años con la aplicación de políticas orientadas a proteger los recursos naturales propios (considerados estratégicos) para emplearlos en la promoción del desarrollo nacional, con lo cual, en ciertos casos, se han llevado a cabo procesos de nacionalización de los recursos y una fuerte presencia estatal en las actividades del subsector.

En materia de régimen de exploración y explotación la tendencia se ha dirigido a diversificar las modalidades y a mejorar los réditos estatales mediante la reestructuración del sistema contractual y de regalías promoviendo el desarrollo local mediante una adecuada distribución de las rentas petroleras.

A medida que la industria hidrocarburífera ha extendido su radio de acción hacia zonas habitadas por población autóctona se ha ido desarrollando la regulación de las denominadas consultas previas para el otorgamiento de concesiones de exploración y explotación hidrocarburífera. En la actualidad se manejan conceptos de responsabilidad empresarial en materia social y ambiental. Adicionalmente, se han expedido documentos jurídicos que establecen procedimientos para la participación ciudadana en la toma de decisiones en cuanto a proyectos, iniciativas y medidas susceptibles de afectar los intereses de la sociedad civil.

### VII.8.2 Electricidad

La evolución regulatoria evidenciada en la región latinoamericana y caribeña, en materia de electricidad, refleja de manera contundente la correspondencia directa entre el incremento de la demanda de electricidad y el desarrollo económico. El impacto positivo del acceso a los servicios básicos y sus implicaciones en el desarrollo social han demostrado que la electricidad juega un rol determinante en el índice de desarrollo humano. En este sentido se presenta la tendencia regional a incluir como principio constitucional el acceso al servicio de electricidad como un deber estatal y por ende un derecho de la población.

En gran parte de la región se aprecia una tendencia hacia la recuperación del rol protagónico y estratégico del estado en el desarrollo, planificación y ejecución de proyectos de desarrollo eléctrico lo que ha requerido la creación de instituciones y la reasignación de funciones para la implementación de planes de expansión eléctrica. No obstante, se debe mencionar que durante las décadas de 1980 y 1990 se implementaron políticas de apertura de mercado que, en algunos países, produjo crisis de abastecimiento de energía, por diversos motivos. Entre las medidas de solución se destacan las políticas para incrementar la presencia del Estado en el sector. Se evidencia en el marco regulatorio actual de los países de la región una tendencia a salvaguardar los intereses de los usuarios de los servicios de electricidad mediante el establecimiento de medidas enfocadas a garantizar la transparencia del mercado, el incremento de la calidad del servicio, el establecimiento de tarifas rentables y justas así como otras especiales para sectores sociales vulnerables, la creación de fondos de electrificación rural y la consolidación de una industria eléctrica con infraestructura que garantice la satisfacción de la demanda interna asegurando el acceso universal al servicio.

### VII.8.3 Eficiencia Energética

Con la reciente promulgación de leyes para el uso eficiente y racional de los recursos energéticos la región continúa avanzando en el desarrollo de una cultura que permita un uso sostenible de los recursos energéticos, incluyendo los combustibles fósiles tradicionales y sus derivados en armonía con el medio ambiente, así como minimizar los efectos del cambio climático y establecer estrategias encaminadas hacia el desarrollo sostenible, economizando recursos sin sacrificar la industrialización y el confort.

Estas normas se han enfocado en adaptar al mercado a la innovación de la eficiencia energética mediante la implementación en forma obligatoria, del etiquetado en artefactos consumidores de energía, el establecimiento de planes de uso racional de energía en las instituciones estatales, la aprobación de programas de concientización sobre eficiencia energética en todos los niveles educativos, el establecimiento de pautas eficientes en la construcción de inmuebles, los programas nacionales de sustitución de bombillas incandescentes y equipos electrodomésticos ineficientes, entre otras medidas.

Los Países Miembros de OLADE continúan avanzando en la implementación de medidas y reglamentación adicional enfocadas a lograr consensos entre el Estado, el sector empresarial y los consumidores para efectivizar los postulados del marco regulatorio de



eficiencia energética y uso racional de energía y aplicar medidas de control de cumplimiento a los planes y programas establecidos. Asimismo siguen esforzándose en la promoción de un cambio de paradigma en lo que respecta a modelos de consumo.

#### VII.8.4 Renovables

El marco regulatorio de las fuentes renovables de energía ha experimentado un auge considerable en los Países Miembros de OLADE, fundamentalmente a partir de los inicios de la década del 2000, dada la marcada intención de la región por impulsar políticas estatales que incentiven el uso de energías renovables, contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo un desarrollo limpio y sustentable a más de lograr equilibrios en la balanza comercial en los países importadores de hidrocarburos.

En tal sentido, algunos de los Países Miembros de OLADE han incluido en sus Constituciones, como principio y deber estatal, el fomento a la implementación de tecnologías ambientalmente limpias, de energías alternativas no contaminantes, así como de energías renovables, diversificadas y de bajo impacto, que no vulneren el equilibrio ecológico de los ecosistemas.

Aun cuando ya existían desde la década de los 90, en algunos países de la región, regulaciones sobre el uso de las fuentes renovables estas se encontraban dispersas y en muchas ocasiones fuertemente sesgadas a la generación de electricidad, en la actualidad se aprecia la codificación de estas normas en leyes especiales y con un enfoque transversal a todo el sector energético.

Las disposiciones establecidas en las leyes que fomentan el uso de fuentes de energía renovable están enfocadas a establecer incentivos y beneficios que atraigan su aprovechamiento, tales como la exención de impuestos a la renta para las ventas de energía, la exoneración del impuesto al valor agregado en la adquisición de bienes involucrados en esta actividad, la dispensa arancelaria para la importación de equipos y piezas destinadas a proyectos de energía renovable, entre otras medidas que promuevan la inversión en este tipo de iniciativas. Asimismo se incluyen disposiciones que facilitan los trámites para el otorgamiento de concesiones y permisos para la ejecución de proyectos basados en fuentes de energía renovable.

Cabe destacar que la gran mayoría los Países Miembros de OLADE han establecido y se encuentran implementando políticas, programas y planes nacionales que contienen estrategias y definen lineamientos dirigidos a promocionar a mediano y largo plazo el uso y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, considerando aspectos técnicos, sociales, económicos e institucionales; todos enfocados a objetivos comunes: la protección del medio ambiente, el equilibrio de la balanza comercial, la disminución de la dependencia de hidrocarburos, entre otros que garantizan un desarrollo limpio y sostenible.

Aun cuando a la presente fecha, no todos los Países Miembros de OLADE cuentan con Leyes especiales de Fuentes Renovables, en todos existen alusiones o disposiciones relacionadas con su aprovechamiento en otros instrumentos normativos. En algunos casos lo concerniente a este subsector se encuentra establecido en la ley de electricidad o en las leyes de creación de ministerios, comisiones u otras instituciones del sector energético. También existe la tendencia a promulgar regulaciones específicas atendiendo a sus fuentes como es el caso de los países que cuentan con leyes que establecen el régimen nacional de la energía eólica, solar o geotérmica.

#### VII.8.5 Energía y Ambiente

El marco regulatorio vigente en los Países Miembros de OLADE en lo que respecta al tema Energía y Ambiente, refleja la preocupación por impulsar políticas estatales que a través de la exigencia de licencias ambientales, controles y auditorías, regulación de procesos judiciales para reparación de daño ambiental entre otras medidas normativas para proyectos y actividades de la cadena energética, contribuyen a la protección de los ecosistemas y a garantizar la calidad de los componentes ambientales necesarios para el desarrollo de la vida, mediante el control de la contaminación y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo así un desarrollo limpio y sustentable.

Merece especial atención el caso de los países que han incluido en sus Constituciones, como principio, deber estatal, el fomento a la implementación de tecnologías ambientalmente limpias, de energías alternativas no contaminantes, así como de energías renovables, diversificadas y de bajo impacto, que no vulneren el equilibrio ecológico de los ecosistemas. Asimismo se han evidenciado en la región avances en el reconocimiento de la naturaleza como titular de derechos.

La Región de América Latina y El Caribe ha tenido una fuerte presencia en la suscripción de tratados que establecen principios, mecanismos e incentivos para evitar y remediar el daño ambiental, dándole carácter compromisorio mediante su inclusión en leyes internas. Cabe destacar que a inicios de la década de los 90, la cantidad de instrumentos jurídicos relacionados con el medio ambiente superaba la cifra de 900, la mayor parte de estos son de suscripción posterior a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo 1972).

Los Países Miembros de OLADE continúan perfeccionando la adecuada implementación de los instrumentos normativos creados al efecto, a fines de disminuir la incidencia negativa del aprovechamiento energético en el ambiente, para lo que avanzan en la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y la diversificación de la matriz energética.



En este aspecto cabe destacar el impacto que tendrá en materia de emisiones la aplicación de los compromisos asumidos con la entrada en vigor, el 4 de noviembre de 2016, del Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas, adoptado en diciembre de 2015 entre las Partes, con el objeto de reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

Es importante destacar que el referido Acuerdo se propone mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que estas medidas permitirán reducir considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático; aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos; elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

El Acuerdo, aunque legalmente vinculante, presenta ciertas limitaciones de coerción en lo que respecta a definición y control de objetivos nacionales de reducción de emisiones. En este aspecto reviste gran importancia el mecanismo de revisión periódica de compromisos, el que resulta jurídicamente vinculante mediante la obligación de rendición de cuentas.

Aun cuando el Acuerdo se aplicará de manera tal que refleje la equidad y el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales, es fundamental tomar en cuenta estos compromisos antes de aprobar planes o programas de planificación energética a nivel nacional.

Son varios los países miembros de OLADE que ya han depositado los respectivos instrumentos de ratificación, reafirmando así su compromiso con la reducción de emisiones para hacer frente a los efectos del calentamiento global.

#### **VII.8.6 Nuclear**

La energía nuclear constituye una fuente limitada en la región latinoamericana y caribeña, no obstante en los países que la han considerado en su matriz energética se ha desarrollado el correspondiente marco regulatorio dirigido fundamentalmente a establecer medidas de seguridad y el estricto cumplimiento de los tratados suscritos para garantizar su uso pacífico.

### **VII.9 Relación entre Integración y Planificación**

A continuación se enfatiza en la importancia de concatenar necesidades, objetivos y metas del sector energético nacional previstas en la planificación estatal con la implementación de acciones inmersas o responsabilidades derivadas de la posición que determinado país ocupe en el marco de la integración energética.

A tales fines resulta fundamental la inclusión y valoración, en los instrumentos nacionales de planificación, de todos los compromisos, efectos y demás elementos referentes, relacionados y derivados de la posición del país frente a las iniciativas y procesos de integración energética vigentes a nivel bilateral, subregional, regional o internacional, para lograr una correspondencia armónica entre la expectativa y el alcance de los intereses nacionales en lo que respecta a integración energética.

En lo que respecta al rol de OLADE en el proceso de integración energética regional, cabe resaltar que, en su calidad de organismo de cooperación, coordinación y asesoría con personería jurídica propia tiene como propósito fundamental la integración, protección, conservación, racional aprovechamiento, comercialización y defensa de los recursos energéticos de la región.

Adicionalmente es importante precisar que según lo establecido en el artículo 3 del Convenio de Lima, tratado constitutivo de OLADE, entre los objetivos y funciones fundamentales de la Organización, se incluyen entre otras las de:

- Unir esfuerzos para propiciar un desarrollo independiente de los recursos y capacidades energéticas de los Estados Miembros;
- Promover una política efectiva y racional para la explotación, transformación y comercialización de los recursos energéticos de los Estados Miembros;
- Promover y coordinar la realización de negociaciones directas entre los Estados Miembros, tendientes a asegurar el suministro estable y suficiente de la energía necesaria para el desarrollo integral de los mismos;
- Propugnar la industrialización de los recursos energéticos y la expansión de las industrias que hagan posible la producción de la energía;
- Estimular entre los Miembros la ejecución de proyectos energéticos de interés común;
- Contribuir, a petición de todas las partes directamente involucradas, al entendimiento y la cooperación entre los ESTADOS

Miembros para facilitar un adecuado aprovechamiento de sus recursos naturales energéticos compartidos y evitar perjuicios sensibles;

- Promover la creación de un mercado latinoamericano de energía, iniciando este esfuerzo con el fomento de una política de precios que contribuya a asegurar una justa participación de los Países Miembros en las ventajas que se deriven del desarrollo del sector energético;
- Propiciar la formación y el desarrollo de políticas energéticas comunes como factor de integración regional.
- Fomentar entre los Estados Miembros la cooperación técnica, el intercambio y divulgación de la información científica, legal y contractual y propiciar el desarrollo y difusión de tecnologías en las actividades relacionadas con la energía.
- Promover entre los Estados Miembros la adopción de medidas eficaces con el fin de impedir la contaminación ambiental con ocasión de la explotación, transporte, almacenamiento y utilización de los recursos energéticos dentro de la Región, y recomendar las medidas que se consideren necesarias para evitar la contaminación ambiental causada por la explotación, transporte, almacenamiento y utilización de recursos energéticos dentro de la Región, en áreas no dependientes de los Estados Miembros.

Sobre la base de sus objetivos y propósitos OLADE define a la integración energética como todo proceso o proyecto que involucra una instalación, una interconexión o una transacción de largo plazo, sea binacional o multinacional, respaldado por políticas nacionales coordinadas, sobre la base de un marco regulatorio común, enfocado a un aprovechamiento más eficiente de los recursos energéticos o de la infraestructura y dirigido a satisfacer requerimientos de energía independientemente de la ubicación geográfica de los diferentes centros de oferta y demanda.

Con tales antecedentes, para OLADE el fortalecimiento de capacidades en materia de planificación energética cumple una función fundamental en el perfeccionamiento del proceso de integración energética en América Latina y El Caribe, dada su incidencia directa en el desarrollo de infraestructura a ser empleada en interconexiones así como en la disposición de recursos energéticos entre otros elementos claves a ser tomados en cuenta para el emprendimiento de proyectos bilaterales o multilaterales de complementación energética.

En línea con lo expuesto se considera que los planes energéticos nacionales deben valorar a la integración como una opción para garantizar la cobertura de la demanda nacional de productos y servicios energéticos así como para destinar los excedentes de energía hacia la exportación a países vecinos.

Como colofón de lo expuesto, se destaca que, para avanzar hacia niveles superiores de complementariedad energética en la región latinoamericana y caribeña es necesario elaborar políticas energéticas que incluyan una planificación nacional del sector proyectada hacia la integración de mercados.

Por su parte los procesos e iniciativas de integración energética vigentes en América Latina y El Caribe deben contemplar la definición y establecimiento de lineamientos de política y planificación energética regionales enfocados a avanzar en materia de:

- 1) Seguridad del suministro energético
- 2) Integración de mercados energéticos
- 3) Infraestructura para interconexiones
- 4) Desarrollo sustentable de la energía
- 5) Protección ambiental
- 6) Investigación y desarrollo tecnológico

## VII.10 Consideraciones Finales

A manera de cierre, en lo que respecta al presente capítulo, es importante insistir en que un adecuado análisis del ordenamiento jurídico vigente previa definición de acciones concretas de planificación energética, constituye un elemento clave para lograr una correspondencia armónica entre la expectativa y el alcance de los intereses nacionales en lo que respecta a planificación energética.

Asimismo resulta crucial, para alcanzar las metas definidas en materia de planificación, contar con un instrumento de política energética con un horizonte de largo plazo, cuya legitimidad técnica, social, regulatoria y política se sustente en el apoyo de los más amplios y diversos sectores de la sociedad.

A la referida política energética le corresponderá el rol de constituirse como una guía ineludible para la planificación sectorial, poniendo especial énfasis en las características, necesidades, y perspectivas reales de los diferentes componentes de la cadena energética

y sus interacciones en la esfera de la producción, los centros de transformación y los sectores de consumo, valorando como un elemento transversal a todos los subsectores de la energía, la sustentabilidad: económica, social, política y ambiental.

Asimismo, para lograr un efectivo procedimiento de elaboración e implementación de planes nacionales es recomendable la existencia de una institución, de alto nivel en el sector de la energía, que tenga asignadas competencias en materia de planificación energética y que mantenga canales permanentes de coordinación con los organismos de integración y demás iniciativas internacionales del sector de la energía, de los que el país forme parte.

Una parte importante de los países miembros de OLADE cuenta con un marco Institucional específicamente encargado de la elaboración y aplicación de instrumentos de planificación energética, integrado según el caso por ministerios, instituciones de planificación sectorial, empresas públicas subsectoriales, etc.

En lo que respecta al encauzamiento de la integración energética, vía planificación, estas entidades incluyen entre sus responsabilidades y competencias las de asesorar y coordinar la integración energética con otros países de la región, evaluar la relación costo-beneficio entre otros compromisos y responsabilidades resultantes de la participación en procesos e iniciativas de integración energética. Adicionalmente, tienen a su cargo la inclusión de las opciones de integración, en los documentos que contienen los planes de expansión eléctrica.

En materia de integración es importante enfatizar en la necesidad de establecer sinergias entre las metas nacionales y las potencialidades de complementación y cooperación a nivel bilateral, subregional, regional o internacional.

En relación al marco regulatorio, es primordial analizar y conocer el abanico de posibilidades permitidas o prohibidas al tenor del acatamiento del ordenamiento jurídico a nivel nacional, subregional, regional e internacional, tomando en cuenta los compromisos asumidos vía tratado internacional.

Asimismo resulta transcendental conocer los mecanismos idóneos desde el punto de vista legal para perfeccionar la normativa energética vigente a tono con las características del sector energético a nivel nacional y su proyección subregional o regional.

Para finalizar cabe destacar los invaluable beneficios que aportan a la integración energética regional, la reducción de asimetrías en materia legal y la correspondiente armonización regulatoria como base para la aplicación de marcos de alcance supranacional, para lo cual resulta fundamental el constante intercambio y difusión de información legal y buenas prácticas en materia de normativa energética.



# CAPÍTULO VIII

---

Institucionalización  
de los Recursos  
Humanos

## PALABRAS CLAVES

Recursos Humanos, Capacitación, Desarrollo de Capacidades, Planificación, Política Energética.

*“Notwithstanding the reassessment of the role of governments in the economy and society that took place during the 1980s, there is now a broad consensus among development thinkers and practitioners that a “capable government”, able to perform key functions effectively, is a precondition for development. Thus, most capacity development analysis and strategies, and much donor support for capacity development, remain focused on the public sector” (UNDP, 1999).*

### VIII.1. Introducción

Como se menciona en el capítulo I (Sección I.2), el desarrollo de capacidades debe considerarse como una componente del proceso de planificación para la obtención de los resultados esperados de la política energética. Como tal requiere, a su vez, de una política y estrategias que permitan la formación de recursos a nivel individual, institucional y sistémico. Las necesidades de creación y fortalecimiento de capacidades, y el largo plazo que requiere tal proceso, deben ser parte de los objetivos de la política energética y estar vinculada con la planificación energética de manera explícita..

En tal sentido la planificación energética, generalmente, obtiene mejores resultados cuando se lleva a cabo con la intervención en el proceso de expertos nacionales que sean representativos de los agentes del sector energético y precautelen los intereses nacionales. Esto debido a que la comprensión y conocimientos profundos de los sistemas energéticos nacionales son necesarios para el correcto diagnóstico del sector energético y la conducente elaboración de propuestas que resuelvan las problemáticas detectadas, así como, evaluar la validez de los resultados y construir consensos que permitan gestionar a los grupos de interés del sector. En última instancia, son esos grupos de expertos los que ejecutarán las estrategias diseñadas, a partir de metodologías, estudios prospectivos y modelos, a la adopción de decisiones y políticas energéticas de la vida real. También son ellos quienes están en mejores condiciones para desarrollar los diagnósticos que identifiquen las situaciones problemas del sistema energético y ayuden a priorizar los objetivos<sup>101</sup>.

Es decir, el contar con expertos y capacidades institucionales endógenas en el área de planificación energética o en otras instituciones nacionales, públicas o privadas, es una condición necesaria en el adecuado diseño e implementación de políticas y estrategias. Sin embargo, el eje recursos humanos es muchas veces no considerado cuando se consideran las políticas públicas para afrontar los problemas del desarrollo en general y del desarrollo energético en particular.

La importancia de la atención sobre el desarrollo de capacidades, especialmente para el diseño y la implementación de políticas públicas energéticas, se hace evidente cuando se observa que no se ha conseguido alcanzar las metas propuestas o que los problemas del sistema persisten. Análisis *ex-post* revelan, en muchas oportunidades, que la falta de resultados adecuados se debió a las fallas en la ejecución de las acciones de política (Ortegón Quiñones, 2008; Cadenas, 2007), la ausencia de diagnósticos adecuados o dificultades para identificar la agenda pública, las situaciones - problema o los mecanismos más adecuados de intervención.

En dicho contexto, los recursos humanos constituyen un factor crítico tanto a nivel de la planificación de los programas y acciones como en la conducción y la realización concreta. En consecuencia, las políticas energéticas y los asociados procesos de planificación deben considerar en forma explícita y detallada el desarrollo de recursos humanos necesarios para llevar adelante un determinado plan o programa energético que responda a los objetivos planteados. Para ello es necesario partir de la identificación de los recursos humanos necesarios para enfrentar la planificación del sistema energético y desarrollar un diagnóstico de los recursos disponibles.

La determinación de la brecha de recursos y la implementación de programas para “cerrarla” es particularmente importante porque los recursos humanos no pueden generarse en un corto plazo, aun con muchos esfuerzos orientados a ese fin, requieren años de maduración.

Por otra parte, es necesario contar con recursos humanos que sean no solo técnicamente capaces para afrontar tareas específicas, sino que es necesario que los mismos tengan una motivación adecuada a los objetivos generales del proceso de la política energética al cual se hallan articulados, lo cual implica una mezcla adecuada de especialistas y de generalistas.

<sup>101</sup> Es importante también que estos expertos nacionales provengan, no solo de las universidades de la región. sino también de las empresas, preferentemente estatales, y organismos públicos de la región para aunar lo “teórico” con los “práctico”.



## VIII.2. Consideraciones preliminares sobre desarrollo de capacidades

En un sentido amplio, “capacidad” se refiere a la habilidad de los individuos y las instituciones para desarrollar propuestas, tomar decisiones y ejecutar acciones de una forma efectiva, eficiente y sustentable. El párrafo conjuga tres aspectos importantes: indica que la capacidad no es un estado pasivo sino parte de un proceso continuo; destaca que los recursos humanos y la forma en que son articulados están en el centro de desarrollo de capacidades y; finalmente, requiere que el contexto general, las instituciones y organización de las mismas sean centrales en el diseño de las estrategias para el desarrollo de capacidades.

En este marco el desarrollo de capacidades puede entenderse como el proceso de *creación, movilización, mejora y conversión de habilidades basados en la experiencia, instituciones y contextos* para la implementación de adecuados procesos de planificación. Tal desarrollo reconoce los niveles individuales, institucionales y sistémicos u organizacionales (Bouille y McDade, 2002).

La respuesta a necesidades de *creación* de capacidades son programas de entrenamiento formales o informales. La *movilización* se refiere a la utilización plena del potencial existente. La *mejora* se vincula, esencialmente, a los procesos de actualización de conocimientos mediante cursos cortos, talleres, seminarios y otros servicios de entrenamiento. La *conversión* se refiere al ajuste estructural de capacidades existentes para el tratamiento de nuevos problemas<sup>102</sup>.

A nivel individual se trata de cambiar actitudes y comportamientos, a través de desarrollo de conocimientos y habilidades, a la vez que se maximizan los beneficios de compartir e intercambiar conocimientos. A nivel institucional se focalizan en la performance de la organización así como su capacidad para adaptarse a los cambios. Se considera que la institución es un sistema que debe articular individuos, grupos, departamentos o áreas y al organismo en sí mismo para el cumplimiento de su función. Finalmente, la intervención a nivel sistémico no solo incluye el “fortalecimiento de las instituciones” sino la interacción entre ellas y el marco políticos global<sup>103</sup>. En este marco, los aspectos institucionales tienen una especial importancia, en cuanto a su organización, los diferentes actores y la racionalidad de funcionamiento del sector, la estructura y niveles de integración, la injerencia y jurisdicciones y, finalmente, los papeles y funciones.

Estos tres niveles cortan transversalmente la dimensión temporal: las capacidades son relevantes en el corto (capacidad para enfrentar un problema inminente), en el mediano y largo plazo (la habilidad para crea un ambiente donde uno o más cambios específicos deben producirse.<sup>104</sup> Así, el fortalecimiento de capacidades en cada uno de estos niveles son elementos discretos de un proceso continuo de desarrollo de capacidades.

El objetivo del desarrollo de capacidades y los tópicos prioritarios a ser abordados en las actividades de capacitación depende del papel o función en el sistema energético y las inter-relaciones entre ellas.

En el caso de energía, las áreas públicas más críticas en el desarrollo de capacidades son los macro-planificadores, desarrolladores de políticas. Los procesos de reforma energética, la dinámica global y la percepción de enfrentar un proceso de transición energética<sup>105</sup>, justifican la necesidad de desarrollar capacidades en las áreas de políticas públicas y regulación energética para alcanzar los objetivos esperados de los sistemas energéticos.

## VIII.3. Desafíos

El primer desafío al abordar una propuesta para el desarrollo de capacidades pasa por reconocer la heterogeneidad de los países de la región, en cuanto a nivel de desarrollo, objetivos de su política de desarrollo, así como los de la política energética, fuentes energéticas, capacidades existentes, aspectos de integración regional, condiciones sociales y ambientales, el funcionamiento de los mercados energéticos, entre otros aspectos.

102 En este marco resulta esencial la vinculación entre la “teoría” y la “realidad” implica no quedarse en lo académico sino interactuar con los actores organismos que llevan a cabo las políticas energéticas y la Planificación y los sectores de consumo.

103 Por ejemplo, la eficiencia energética admite como unidad rectora a la autoridad energética, más la implementación de acciones de eficiencia energética debe reconocer la transversalidad del tema y la necesidad de la concurrencia de las áreas de industria, transporte, vivienda, educación, etc., sin cuya concurrencia y articulación coordinada pocos resultados pueden esperarse.

104 Si bien en el marco de la planificación las capacidades se orientan al largo plazo, las decisiones de coyuntura pueden condicionar el futuro y obstaculizar los objetivos de largo plazo. La coherencia entre acciones de coyuntura y estructurales es, en consecuencia, vital y debe garantizarse en el accionar coordinado de los responsables de una y otras acciones.

105 Se entiende por transición energética el cambio de estado de un sistema energético a un estado diferente, en términos de cantidad, estructura de servicios energéticos y fuentes y calidad, considerando diferencias en espacio (donde) y tiempo (cuando). (Grubler, 2006).



Por otra parte, los desafíos se asocian a las múltiples dimensiones de la actividad energética que no se limitan a los tres ejes básicos de la sustentabilidad (económico, social y ambiental) si no que admiten, además, los aspectos cconstitucionales y legales, culturales y sociales, estratégicos, espaciales y territoriales, institucionales, salud, tecnológicos y temporales, sin olvidar la geopolítica de los recursos naturales de creciente importancia<sup>106</sup>.

En consecuencia, las propuestas sobre Recursos Humanos deben interpretarse como lineamientos que deben adaptarse y especificarse, de acuerdo a las circunstancias nacionales y los objetivos de las políticas energéticas en el corto, mediano y largo plazo.

El papel de docentes experimentados y que conozcan no sólo los aspectos teóricos sino las realidades vivenciadas de los sistemas energéticos es condición necesaria para un proceso de desarrollo de Recursos Humanos en energía. Una adecuada y fluida relación y comunicación entre capacitador y capacitados, que dadas las características de los cursos, especialmente de pos grado, a veces genera la inversión de roles, es otra condición necesaria.

#### VIII.4. Competencias transversales y habilidades de los recursos humanos en un equipo de planificación<sup>107</sup>

Las condiciones y capacidades de equipos humanos (Capacidad Personal o Individual) constituyen aptitudes genéricas que deben contribuir al cumplimiento de los objetivos y resultados que la institución, o área a la que se articulan, persigue.

Tales aptitudes o condiciones admiten asociarlas a competencias que se encuadran bajo diferentes dimensiones, entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

1. *Capacidades instrumentales*, como aquellas que tienen un carácter de *herramienta* con una finalidad de procedimientos adecuados y conducentes, reconociendo:
  - √ Capacidad de análisis y síntesis: Capacidad de comprender un fenómeno a partir de diferencias y desagregar sistemáticamente sus partes, estableciendo su jerarquía, relaciones entre las partes y sus secuencias. El pensamiento analítico es el pensamiento del detalle, de la precisión, de la enumeración y de la diferencia. La síntesis es la capacidad inversa. Consiste en ser capaz de unir elementos distintos en un todo significativo. Implica la virtud de distinguir lo esencial de lo accesorio o superficial. Diferenciar los diversos elementos y sus interrelaciones de dependencia. Capacidad de planificación y organización: Es la capacidad de determinar eficazmente los objetivos, metas, y prioridades de la tarea a desempeñar organizando las actividades, los plazos y los recursos necesarios y controlando los procesos establecidos. Requiere trabajar de forma sistemática y ordenada; prever tiempos de cada cosa; establecer plazos factibles y señalar indicadores de monitoreo.
  - √ Capacidad de comunicación: Es la capacidad de expresarse y comprender ideas, conceptos y sentimientos oralmente y por escrito. Requiere expresar conceptos e ideas tanto de forma oral como escrita, de forma clara y comprensible, expresar la propia comprensión sobre un tema, desarrollar habilidades de comunicación y presentación de ideas. Es inevitable que, en el actual contexto, se requiera habilidades similares de comunicación en una lengua extranjera. Especialmente importante en la búsqueda de un desarrollo energético integrado sustentable y el creciente proceso de globalización que exige el dialogo, la negociación y la incorporación de la comprensión y articulación a desafíos y objetivos que trascienden las fronteras nacionales y aun las regionales. Especialmente el conocimiento del vocabulario técnico/científico propio de la materia y con las múltiples dimensiones que la energía tiene.
  - √ Capacidad de gestión de la información: Es la capacidad para buscar, seleccionar, ordenar, relacionar, evaluar/valorar información proveniente de distintas fuentes. Se trata de la capacidad para distinguir entre fuentes valiosas y con valor agregado de las secundarias y de toma de conciencia del distinto valor que tienen distintos tipos de información. Incluye la utilización de los medios informáticos (TICs) como una herramienta para la comprensión, expresión y la comunicación, para el acceso a fuentes de información, como medio de archivo de datos y documentos, para tareas de presentación, para el aprendizaje, la investigación y el trabajo cooperativo
  - √ Resolución de problemas y toma de decisiones: Es la capacidad de identificar, analizar y definir los elementos significativos que constituyen un problema para resolverlo con criterio y de forma efectiva. Implica la capacidad para definir con precisión el problema. Analizarlo desde diferentes puntos de vista. Identificar los principales cuestionamientos, así como buscar la información que se necesitan para su mejor comprensión.
2. *Capacidades del equipo de trabajo*, aquellas que tienden a facilitar y favorecer los procesos de *interacción* y *cooperación*. Se refieren a las capacidades personales y las destrezas sociales relacionadas con las habilidades interpersonales, tales como:

<sup>106</sup> Sobre la importancia de las múltiples dimensiones de lo energético en cuanto a la formación de recursos humanos se volverá más adelante.

<sup>107</sup> De acuerdo a las propuestas de diferentes autores en CINDA (2000).

- √ Capacidad crítica y autocrítica: Es la capacidad de examinar y enjuiciar algo con criterios internos o externos. La autocrítica es la capacidad de analizar la propia actuación utilizando los mismos criterios. Reconoce objetividad, uso de criterios, capacidad de análisis y autoanálisis.
  - √ Capacidad para integrarse y comunicarse con expertos de otras áreas y en distintos contextos. Capacidad de integración en un grupo o equipo, colaborando y cooperando con otros. Capacidad para trabajar con expertos y profesionales de otras disciplinas y áreas. Supone aceptar ideas provenientes de otras áreas. Se sintetiza en la apertura a la interdisciplinariedad.
  - √ Reconocimiento y respeto a la diversidad, es la capacidad de comprender y aceptar la diversidad social y cultural como un componente enriquecedor personal y colectivo en la convivencia. Supone admitir y comprender la información sobre las condiciones del contexto social, económico y político, capacidad que permita ver las diferentes opiniones como una oportunidad de enriquecimiento de las propuestas individuales.
  - √ Habilidades en las relaciones interpersonales: Es la capacidad de relacionarse positivamente con otras personas a través de una escucha empática y de la expresión clara de lo que se piensa y/o siente, por medios verbales y no-verbales.
  - √ Compromiso ético: Comportamiento consecuente con los valores personales y el código deontológico. Integridad y rectitud ante cualquier situación, incluso en situaciones que desfavorecen sus propios intereses. Honestidad tanto en actividades académicas y de profesión como en otros aspectos de la vida. Respetuosos con las normas mediante una auto-regulación.
3. Las *capacidades holísticas*, conciernen a los sistemas como totalidades. Requieren, además de las competencias instrumentales e interpersonales, de capacidades que permiten al individuo tener la visión de un todo, anticiparse al futuro, comprender la complejidad de un fenómeno o realidad.
- √ Capacidad de autonomía, que permita identificar los conocimientos y aprendizajes que alimentan su función positiva como componente de un equipo orientado al cumplimiento de objetivos y resultados del área. Supone iniciativa, así como desarrollo de su capacidad de autonomía personal, académica y profesional, capacidad de gestionar su tiempo, seleccionar sus prioridades, cumplir los plazos establecidos, responsabilidad ante lo acordado.
  - √ Capacidad de adaptación a situaciones cambiantes, modificando la conducta para integrarse, con versatilidad y flexibilidad. Requiere capacidad para advertir los cambios, capacidad para adaptarse a un entorno no siempre favorable, adaptarse a la metodología de trabajo independiente y autónomo, capacidad para trabajar distintas áreas de manera simultánea, adaptarse a diferentes audiencias.
  - √ Capacidad de creatividad, ofreciendo soluciones nuevas y diferentes ante problemas y situaciones convencionales. Posibilidad de generar propuestas originales, capacidad para identificar problemas. Pensamiento divergente es un proceso por el que se desarrolla un escenario expansivo, generativo, explorador, descubridor de opciones, que busca comprender el problema en su totalidad y no de forma superficial.
  - √ Liderazgo para influir sobre los individuos y/o grupos anticipándose al futuro. Implica la guía hacia metas comunes y el seguimiento del proceso. Compromiso con el desarrollo personal y grupal de los integrantes de su equipo, brindando soporte y apoyo ante instancias superiores e instituciones. Generar en el equipo un estado de confianza, superación y logro de metas, detectando puntos fuertes y débiles de los colaboradores para conseguir un óptimo rendimiento. Capacidad de delegar y favorecer el desarrollo de las cualidades de liderazgo de otros miembros del equipo.
  - √ Iniciativa y espíritu emprendedor: predisposición a actuar de forma proactiva, poniendo en acción las ideas en forma de actividades y proyectos con el fin de explotar las oportunidades al máximo. Búsqueda de nuevas oportunidades, y de información proveniente de distintas fuentes.
  - √ Apertura hacia el aprendizaje y nuevos conocimientos a lo largo de toda la vida con el fin de favorecer su desarrollo personal y profesional, modificando de forma flexible y continua los esquemas mentales propios para comprender y transformar la realidad. Implica actualización de conocimientos y valora toda actividad que le ayude a desarrollarse personal y profesionalmente, actitud de aprendizaje y mejora continua.
  - √ Compromiso con la identidad, desarrollo y ética profesional: capacidad para reconocerse y valorarse como profesional que ejerce un servicio al Estado y se preocupa por su actualización permanente respetando y apoyándose en los valores éticos y profesionales.
  - √ Orientación a la calidad, realizando y manteniendo un trabajo de calidad de acuerdo a las normas y utilizando indicadores de calidad para su mejora continua. Implica planificar y realizar las actividades correctamente. Buscar la mejora de forma permanente en todo lo que se realiza. Participar en los procesos de autoevaluación asumiendo responsabilidades como evaluador o como evaluado. Entiende la calidad como un proceso de mejora continua y no como un requisito burocrático.

## VIII.5. Estructura institucional para el desarrollo de la planificación energética

Conforme se ha descrito en el Capítulo VII, los sistemas energéticos de LAC sufrieron reformas que afectaron su estructura institucional y dieron origen a nuevas organizaciones del sistema y, en particular, de la industria del sector y los mecanismos regulatorios.

En este componente, en especial, interesa los referidos a:

- a) los que afectan a la naturaleza jurídica de las empresas y/o a los derechos de propiedad;
- b) la organización productiva del sector o de algunas de sus cadenas energéticas.

En el primer caso, se puede distinguir entre las siguientes situaciones:

- √ Modifican la naturaleza jurídica de las empresas y/o los derechos y las obligaciones de las mismas, sin cambiar la propiedad de los activos. La modificación en la naturaleza jurídica ha implicado generalmente una mayor autonomía de las empresas respecto del aparato administrativo del Estado. El cambio en los derechos y obligaciones se ha referido a las relaciones:
  - o entre el Estado y las empresas públicas;
  - o dentro de las propias empresas estatales;
  - o entre empresas públicas y terceros (manteniendo la empresa estatal integrada como actor central).
- √ Cambio en el régimen de propiedad (privatización) que puede haber tenido un carácter parcial o total. Tales cambios tienen repercusiones significativas en la economía y la sociedad de un país. En particular implica cambios profundos en el control de las decisiones de asignación de los recursos y en la racionalidad misma de tales decisiones. En consecuencia obliga a mecanismos indirectos de intervención e instrumentos de planificación de otro carácter.

En segundo término, se encuentran aquellas referidas a la organización productiva del subsector energético (la organización estructural de la industria energética).

Una de las situaciones es la de un monopolio integrado (muy frecuente en las industrias energéticas), pero una figura alternativa es la disociación de la empresa, aun en manos del Estado. Lo cual implicaría:

- √ Separación virtual de unidades de negocios y/o efectiva de actividades marginales.
- √ Segmentación vertical contable según eslabones de la cadena energética.
- √ Separación vertical empresarial.
- √ Segmentación horizontal de actividades de diferente naturaleza en un mismo eslabón de una cadena productiva (por ejemplo, de los procesos de distribución y comercialización en las industrias de red).
- √ Cambios en el grado de concentración de la oferta dentro de un mismo eslabón (multiplicación de oferentes en los diferentes eslabones de las cadenas energéticas).
- √ División regional (por áreas dentro de un país).

Otra alternativa de estructura sería la presencia de otras empresas (actores):

- √ Como terceros para el abastecimiento de ciertos servicios y productos (apertura parcial) a un comprador único, sobre la base de contratos (estableciendo o no mecanismos tendientes a introducir algún grado de competencia por y/o en el mercado).
- √ Como iguales en un esquema de competencia por la eliminación de barreras a la entrada.

Cada una de estas situaciones presenta desafíos diferentes e implica una estructura institucional de la planificación que debe dar respuesta a las diversas situaciones vinculadas a cada uno de estos casos posibles. Ya se ha evidenciado a lo largo del manual que el Estado debe ejercer un rol directriz sobre todos los actores del sistema energético. En particular, el órgano del Poder Ejecutivo responsable de la política energética de acuerdo a la estructura institucional y la Ley de Ministerios de cada país, debe conducir tal política y ejercer la articulación con los actores de la Industria Energética, los otros organismos del Estado, participantes necesarios de una actividad de alta transversalidad y aun los actores de la sociedad civil y productiva como recipientes y generadores de las necesidades a las que la política energética debe dar respuesta y recipientes de las consecuencias de las estrategias y medidas que se implementen.

Esta estructura institucional debe estar adecuadamente provista, no solo de las atribuciones, sino también de los recursos físicos, técnicos y humanos, además de los presupuestarios, que le permita desarrollar adecuadamente su rol. El fortalecimiento en todos sus aspectos del ente planificador de un país es esencial para desarrollar e implementar acciones de largo plazo, coherentes y sustentables.

En tal sentido, las estructuras institucionales existentes en la región responden a un conjunto de factores que condicionan o determinan las mismas, así como el papel que deben cumplir en el proceso de desarrollo e implementación de políticas, estrategias y planificación energética.

Entre dichos factores que, a su vez, se condicionan mutuamente, merecen destacarse los siguientes:

- √ Los recursos energéticos disponibles.
- √ El marco legal, normativo y regulatorio fijado para las diferentes cadenas productivas energéticas.
- √ La estructura y organización institucional de la industria de la energía.
- √ Los ejes y principios básicos que gobiernan la política energética y fijan la visión y misión del sistema energético en el contexto del sistema socio-económico.
- √ El carácter asignado a la planificación energética y el “modelo” de planificación definido para el país (indicativa, normativa).

#### Recursos Energéticos disponibles y su vinculación con la sustentabilidad energética

Si bien en ALC existe amplia diversidad de situaciones respecto de la disponibilidad de recursos de los países, esquemáticamente se reconocen las siguientes:

- √ **Países excedentarios**, para quienes sus objetivos prioritarios se orientan a cubrir con recursos propios la demanda energética interna y, eventualmente, maximizar los réditos del excedente energético exportable.
- √ **Países deficitarios**, para los que sus objetivos prioritarios se centran en desarrollar lo máximo posible la explotación de los recursos energéticos que tuvieran disponibles y asegurarse fuentes confiables de suministro externo al menor costo posible.
- √ **Países equilibrados**, para los cuales sus objetivos energéticos tienden a combinar el asegurar su abastecimiento interno prioritario, fortaleciendo la explotación de los recursos disponibles y al mismo tiempo consolidando sus relaciones externas de suministro.

Por otra parte existen factores socioeconómicos como niveles de ingreso, desigualdad social, grado de integración productiva, papel de la industria energética en el sector externo que permitiría identificar situaciones muy diversas que, naturalmente influyen sobre los objetivos de la política energética y la planificación.

Los desafíos que plantea la sustentabilidad que admite algunos indicadores como, autarquía energética, robustez frente a cambios externos, productividad energética, cobertura energética, uso de renovables, definirían los objetivos de política y, nuevamente, el carácter de la intervención y la planificación.

#### El marco legal, normativo y regulatorio fijado para las diferentes cadenas productivas energéticas.

Cómo se desarrolla en el capítulo VII de este Manual los Marcos Regulatorios responden a diferentes condiciones de partida y objetivos diversos de la política energética. Sin embargo, como destaca tal capítulo: “El marco institucional energético en América Latina se caracteriza principalmente por contar con un ente ya sea ministerial, secretaria o dirección encargado de la formulación de las políticas energéticas y definición de los roles y responsabilidades de los actores del sector en cada una de las cadenas energéticas. Complementando las funciones de políticas, existen agencias encargadas de la regulación y fiscalización de los diferentes energéticos, los entes de coordinación de los mercados y los prestadores de la industria públicos, privados o mixtos encargadas de gestionar y administrar cada uno de los eslabones a lo largo la cadena productiva de acuerdo a las políticas y regulaciones existentes.”

En tales circunstancias, la responsabilidad de planificación, como herramienta de la política energética, descansa en los Ministerios o Secretarías del Poder Ejecutivo que no han delegado tales funciones en ningún otro organismo del Estado.

#### Los ejes y principios básicos que gobiernan la política energética y fijan la visión y misión del sistema energético en el contexto del sistema socio-económico.

Más allá de esta caracterización sectorial, los países pueden definir y tener objetivos estratégicos nacionales generales que involucran aspectos sociales, económicos, geo-políticos u otros. Estos pueden ser tales como: el desarrollo de ciertos espacios territoriales o núcleos poblacionales, la promoción de determinadas actividades productivas, la protección ambiental territorial o de determinados recursos, la integración con otros países de la región y otros.

Estos objetivos nacionales de índole estructural y por definición estratégica, constituyen un dato primordial como insumo de la planificación energética. Incidirán sustantivamente en los resultados de la planificación, en las estrategias y en la agenda energética consecuente y en su ulterior aplicación.

En algunos casos, tales objetivos se reflejan en una **visión** como marco referencial para la política y planificación energética que condiciona o aun determina la estructura institucional<sup>108</sup>.

#### El carácter asignado a la planificación energética y el “modelo” de planificación definido para el país

La adopción de una u otra modalidad de planificación influye y condiciona la institucionalidad así como la calificación de los recursos humanos y los medios materiales para poner en marcha la función que debe desempeñar la entidad estatal de planificación.

Ya se ha hecho referencia en el capítulo II a los diferentes modelos de planificación, reconociendo la:

**Planificación normativa:** enfoque de planificación donde se privilegian los aspectos económicos, siguiendo criterios tecnocráticos y que no presta atención a las cuestiones de viabilidad.

**Planificación Indicativa:** se trata de la formulación de un plan que representa tanto a nivel sectorial global como en el plano sub-sectorial, en sus aspectos físicos y económicos (producción, inversiones) la evolución deseada del sistema energético desde la perspectiva de la entidad encargada de la planificación. Se trata de una *planificación orientativa*, para los actores descentralizados.

**Planificación estratégica:** A diferencia de las modalidades anteriores de planificación, este enfoque incluye mecanismos para ir construyendo la viabilidad política del plan siendo sus *estrategias y acciones de carácter vinculante* en el sentido de su implementación y ejecución se verifique de modo efectivo.

## VIII.6. Situación de las capacidades de recursos humanos en los sistemas energéticos en la región

La evolución producida por acciones políticas globales generando transiciones energéticas ha marcado la evolución de los requerimientos de conocimiento, metodologías y modelos, capaces de afrontar a los desafíos que imponían la realidad y la aparición de nuevas situaciones-problemas y de contexto.

En dicho sentido, el desarrollo de recursos humanos ha estado vinculado a las estrategias de política energética, en cuanto a la estructura de la matriz energética, los objetivos de independencia y autoabastecimiento, los eventuales nichos tecnológicos identificados y, por supuesto, el diferente grado de desarrollo socio-económico, por citar los elementos más importantes.

Si bien, la situación es muy distinta en cada uno de los países, en cuanto a las cadenas productivas de abastecimiento, es posible afirmar que la disponibilidad de recursos humanos en el sub-sector eléctrico es, en la mayoría de los casos, superior a la existente en el sub-sector de hidrocarburos. No obstante, algunos países, han desarrollado excelentes capacidades en el área de hidrocarburos y están en la frontera del estado del arte en tecnologías asociadas a tal industria. Otros, asimismo, de acuerdo a su dotación de recursos, han incorporado conocimientos y manejo de yacimientos y tecnologías asociadas al carbón mineral.

El caso de la energía nuclear es muy especial, ya que la complejidad de la tecnología y la necesidad de una prolongada maduración en el tema para alcanzar la fase de instalación comercial de usinas nucleares implican que pocos países hayan alcanzado elevados niveles de suficiencia en recursos humanos en el tema. Sin embargo, en algunos casos, las políticas erráticas sobre el papel de esta tecnología han provocado retrocesos en cuanto a las capacidades individuales e institucionales disponibles y/o necesidad de reemplazo generacional de recursos humanos.

En cuanto a las fuentes no comerciales de energía, especialmente biomasa, a pesar de la importancia de esta fuente en la matriz energética de la región, los recursos humanos disponibles son aún menos abundantes que en caso de las fuentes convencionales no renovables. Con excepción, de aquellos países que han desarrollado programas de aprovechamiento comercial de la bioenergía (especialmente, orientado al transporte), la mayoría de los países muestran aun capacidades de recursos humanos incipientes en el conjunto de combustibles vegetales y sus derivados.

108 Un ejemplo de visión del papel del sistema energético podría ser: *“El sistema energético propenderá a asegurar el abastecimiento interno mediante la mejor utilización de los recursos disponibles local y regionalmente, contribuyendo al desarrollo sustentable del país (económico, social, ambiental y político), bajo el rol directriz del Estado. En función de ello se prestará especial atención a la eficiencia energética y a la búsqueda de una mayor diversificación de la matriz energética, incorporando recursos autóctonos, de carácter renovable, con un mayor empleo de mano de obra, un mayor impacto en la actividad productiva, atendiendo a la preservación del ambiente y dinamizando la integración regional. Al mismo tiempo se adecuarán los instrumentos legales e institucionales para el desarrollo del sistema energético, atendiendo a las características nacionales específicas”.*



En lo referente a las nuevas fuentes renovables de energía su importancia ha sido creciente. Sin embargo, si se desea que las energías renovables alcancen su verdadero potencial e impacto en la matriz energética, en la región se necesita realizar y/o profundizar programas de investigación y desarrollo y de estimulación del mercado y, sobre todo definir una “agenda propia” en cuanto al papel que las nuevas renovables en la matriz energética. Es decir, inducir el mercado, y por otro lado, formar y capacitar recursos humanos para el desarrollo de investigaciones y el manejo de nuevas tecnologías en el área. La importación de tecnologías en energía renovable hace dependiente al país que las importa, y la forma de tener el control sobre el manejo de las mismas, es determinar con claridad su nicho y propender a la mayor integración local de sus componentes.

Si bien en la región, existen programas de capacitación en energías renovables son múltiples las cuestiones que deben atenderse para que los cursos sean útiles para las estrategias regionales de promoción de dichas energías. En consecuencia merecerían un tratamiento especial y prioritario en cuanto al fortalecimiento y/o desarrollo de capacidades.

Por otra parte, las actividades de análisis y planeamiento de cada una de las fuentes de energía y sectores de oferta, transformación y consumo del sistema energético en su conjunto requieren una creciente necesidad de fortalecimiento. Por ello, es necesario contar, en cantidad y calidad, con los recursos humanos necesarios para diagnosticarla estructura y funcionamiento del sistema energético, en el contexto global y regional, a los efectos de implementar los procesos de planeamiento energéticos integrales. La complejidad multidisciplinaria del campo energético, obliga a que en los conocimientos y contenidos de los planes y programas de capacitación incluyan todas las temáticas y dimensiones identificadas.

Si bien existen situaciones positivas en cuanto a la oferta de capacitación en las formaciones en ciencias duras, es necesario que las ciencias sociales, legales y ambientales jueguen un papel cada vez más importante en la planificación energética (economistas, abogados, sociólogos, antropólogos, biólogos y otras disciplinas sociales y ambientales).

Por otra parte, considerando el origen diverso de aquellos que enfrentan formaciones integrales en planificación energética debe garantizarse una nivelación entre los provenientes de las distintas disciplinas. Para ello los programas de formación, especialmente en el caso de maestrías o cursos integrales de energía, deben incluir los tópicos en los aspectos básicos de cada disciplina para los estudiantes provenientes de otras áreas del conocimiento.

Documentos recientes orientados a la definición de una agenda energética para la región (CAF, 2013) identifican desafíos del espacio socio-económico a los que los sistemas energéticos deben dar respuesta. Entre ellos se puede citar, la articulación de América Latina y Caribe al mercado global con crecientes exportaciones, el surgimiento de nuevos paradigmas de desarrollo económico y tecnológico, denominado Economía Verde. Además, en una región donde el 80% de la población habita en ciudades, las “ciudades sostenibles”, la necesidad de reconversión industrial y tecnológica y un creciente papel de las Renovables y de ordenamiento territorial juegan un rol preponderante. Asimismo, la eficiencia energética como opción inmediata y más costo-efectiva en el corto plazo (CAF, 2013) es un tema prioritario a ser atendido. Finalmente, estos factores representan algunos de los desafíos que requieren capacidades y conocimientos para identificar respuestas viables, factibles y, sobre todo, sustentables.

En cuanto a los sistemas energéticos de la región, se identifica como necesario recursos humanos que gestionen el desarrollo de infraestructura frente a una demanda creciente —especialmente en electricidad— profundizando las oportunidades y el potencial de la integración en base al papel que jugarían las fuentes no convencionales (CAF, 2013).

Los desafíos son una clara muestra de la necesidad de una visión integral y no segmentada de los sistemas energéticos, tanto desde el análisis de los servicios energéticos a satisfacer como de las posibilidades de abastecimiento. La energía es una sola, su manifestación en diferentes formas y su contenido en diferentes fuentes, no implica análisis aislados que dejen de considerar la integralidad, las múltiples interacciones, y los condicionantes mutuos.

En este sentido, para que América Latina alcance un papel más relevante en la economía global y logre mejorar sustancialmente la calidad de vida de sus habitantes, se requiere un desarrollo integral. La infraestructura energética debe formar parte de tal enfoque. Entre los múltiples ejes necesarios se identifica el fortalecimiento de las instituciones en sus diversas dimensiones y la necesidad de una visión comprensiva de los sectores, ambos identificados como carencias en la región.

Puede concluirse que la posibilidad de diseñar e implementar políticas públicas efectivas y viables que descansen en procesos de planificación energética requieren, inicialmente, de una visión sistémica y, luego, capacidades en múltiples disciplinas que permitan superar o evitar los potenciales desequilibrios existentes en aquellos componentes que conforman una agenda energética (consumo y abastecimiento; institucionalidad del sistema; las diferentes cadenas productivas de la industria; la eficiencia energética; aspectos sociales; innovación y desarrollo tecnológico y la integración regional).

Aun cuando ha habido muchos avances, existen aún asignaturas pendientes (CAF, 2013) relacionadas principalmente a los procesos de definición de las políticas y elaboración de planes energéticos. En mayor o menor medida en los diferentes países, el abordaje a todos estos desafíos presenta limitaciones y demuestra la necesidad de mayor desarrollo de capacidades individuales, institucionales y sistémicas para hacer frente a dichos desafíos.



## VIII.7. Desarrollo de capacidades y el potencial de la región

Los desafíos que enfrenta la región permiten identificar los principales factores que será necesario resolver o mejorar, en cuanto a capacidades para cumplir con las condiciones de la expansión y mejora de la infraestructura y sus servicios.

El desarrollo de capacidades debería dar una adecuada respuesta en lo atinente a: las mejoras en las políticas e instituciones que reglamentan los sectores de infraestructura, en temas tales como la planificación o la coordinación interinstitucional y la consideración adecuada de los aspectos medioambientales y sociales en la planificación y ejecución de los proyectos de infraestructura, así como la atención a los mecanismos de participación ciudadana (Ideal, 2011).

En tal sentido, la capacitación de recursos humanos para el sistema energético se espera que se oriente, en primer lugar, a consolidar los sistemas educativos formales e informales de los países de la región. Adicionalmente, debería haber un aprovechamiento máximo de las capacidades existentes en la región, haciendo uso de los grados de desarrollo existentes en diversos países y de la oferta generada por organismos regionales, como es el caso de OLADE.

La formación y desarrollo de capacidades fuera de la región es una instancia que debe ser considerada, con una adecuada selección de los destinos e instituciones donde tomar tales capacitaciones. Un período previo de contacto y desarrollo de actividades que signifique la inmersión en la realidad de los problemas energéticos del país albergue y una cierta orientación concreta hacia algunos problemas específicos relacionados al país de origen, podría ayudar a la selección del destino y las respuestas que pretenden encontrarse. Estos lineamientos en capacitación son importantes, como es el caso de energía, en aquellas disciplinas o actividades en donde la interacción con las condiciones socio-culturales y ambientales del sistema al cual serán aplicadas son más acentuadas y relevantes.

Es claro que si lo que se requiere es formar especialistas en una técnica específica, altamente desarrollada, para su aplicación en un campo concreto (exploración avanzada de petróleo, diseño de reactores para la industria nuclear, etc.), puede ser conveniente y necesario recurrir a los centros más desarrollados globalmente, independientemente de su localización.

Si lo necesario es el desarrollo de expertos en el abordaje y tratamiento de las necesidades energéticas de la región, de las condiciones socio-culturales que influyen o condicional el consumo de energía o la penetración de una nueva tecnología, las posibilidades de desarrollar un nuevo nicho tecnológico o implementar reformas estructurales condicionadas por el tamaño del mercado, quizás la experiencia existente en otro país de la región pueda proveer la formación necesaria para afrontar el desafío y encontrar la respuesta. Esto no implica un abordaje aislacionista o autosuficiente, sino que enfatiza una situación y realidad que permitiría hacer un uso más eficaz y efectivo de las diferentes oportunidades de capacitación que existen en la región y fuera de ella.

La oferta de capacitación en ALC ha crecido significativamente en las últimas dos décadas y junto a instituciones pioneras, se han sumado múltiples instituciones públicas y privadas que ofrecen formación de grado y posgrado con excelentes niveles. Esto incluye en los programas de capacitación temáticas actuales vinculadas a temas ambientales concernientes al cambio climático, así como, aspectos que relacionan la dimensión social de la energía en la región. Por otra parte, el impulso global a las fuentes renovables, sumado a la dotación diversa de recursos de la región, revela una creciente oferta de capacitaciones en esta área<sup>109</sup>.

Tanto en educación formal, como no formal, la oferta de cursos, especializaciones, maestrías y posibilidades de desarrollo de tesis doctorales, es posible identificar en los diversos países de la región oportunidades para acceder a capacitación en cualquiera de las múltiples dimensiones de la temática energética, cubriendo un porcentaje muy elevado de las necesidades de conocimiento. En este marco múltiples instituciones de la región desarrollaron e incorporaron currículos de investigación, docencia y entrenamiento abarcando las diferentes dimensiones de lo energético así como su estrecha vinculación con otras disciplinas o áreas del conocimiento.

Es posible afirmar que, en lo referente a las habilidades y conocimientos necesarios para la planificación energética ALC puede considerarse autosuficiente, en cuanto a la disponibilidad de dichas capacidades en las instituciones públicas y privadas de formación. Es necesario sí, que dichos conocimientos se impartan y transfieran a los actores e instituciones responsables del diseño y la implementación de políticas públicas. La posibilidad de acciones de cooperación y acciones conjuntas entre instituciones de la región y extra-regionales es otra instancia que se ha ido consolidando pero que aún ofrece variadas y diversificadas oportunidades.

La afirmación anterior no implica ignorar que, tratándose de un proceso continuo, se requiere una permanente actualización de los capacitadores y docentes (*objeto* del desarrollo de capacidades), es decir una estrategia de formación de formadores de acuerdo a la evolución de los conocimientos más los desafíos y nuevos problemas que podría enfrentar la región.

La localización de la experiencia y las capacidades en instituciones permanentes, como Universidades y otras instituciones autárquicas del Estado, así como del sector privado, constituye una garantía de mantenimiento y sostenibilidad de dichos recursos, así como de su disponibilidad no solo en la implementación de actividades de capacitación, sino como entes de asistencia técnica y asesoramiento a las agencias gubernamentales.

<sup>109</sup> Estos aspectos son tratados nuevamente más adelante.

De acuerdo a las necesidades, oportunidades, posibilidades y destinatarios existen diferentes opciones que deben considerarse. Las ofertas disponibles admiten una primera clasificación en formales o informales.

La educación formal, también conocida como formación reglada, es el proceso de educación integral correlacionado que abarca desde la educación primaria hasta la educación secundaria y la educación superior, y que conlleva una intención deliberada y sistemática que se concretiza en un currículo oficial, aplicado con definidos calendario y horario.

Los cursos de especialización abundan y, en general, se orientan a conocimientos vinculados a algunas de las componentes asociadas a los sistemas energéticos, por ejemplo diferentes segmentos de la cadena productiva, economía de la regulación o desarrollo e escenarios y modelos de prospectiva.

En el caso de las Maestrías, especialmente, se trata de grados formales que tienen diferentes orientaciones de acuerdo a los objetivos o necesidades perseguidos por los potenciales estudiantes de maestrías. Las hay orientadas a la formación general en política y planificación energética o gestión de la energía, así como las orientadas a cadenas productivas específicas. La región tiene una oferta abundante y variada<sup>110</sup>, concentrada, especialmente, por los países de mayor tamaño y desarrollo relativo. La gran mayoría se localiza en Universidades Públicas o Privadas e incluyen una malla curricular variada que refleja la orientación de las mismas y los objetivos de formación perseguidos por las instituciones oferentes. Las mismas se desarrollan en alguna de las tres modalidades más frecuentes: presenciales, semi-presenciales y a distancia.

En el caso de educación no formal -conjunto de aprendizajes que se da con ayuda de procesos, medios e instituciones específica y diferenciadamente diseñados en función de objetivos explícitos de formación o de instrucción, que no están directamente dirigidos a la obtención de los grados propios del sistema educativo institucionalizado-, la oferta es abundante.

### VIII.8. Modalidades de capacitación

Existe una variada oferta de tipos de capacitación: intensiva; extensiva; presenciales; semi-presenciales; a distancia. Los hay por países; regionales; abocados a temas específicos; cursos cortos; seminarios y Talleres

Las maestrías, en general, se inscriben en la categoría de capacitaciones extensivas, donde el número de horas cátedra y la necesidad del desarrollo de una tesis implican dedicaciones durante cuatro a seis semestres. La formación orientada a la política y planificación energética generalmente responde al formato de maestrías de carácter extensivo. Las mismas pueden ser presenciales, semi-presenciales o a distancia. Como se mencionara en el ítem anterior, varias Universidades de la región ofrecen este formato orientadas a políticas y planificación o a las diferentes cadenas productivas energéticas.

Las capacitaciones intensivas se orientan a cursos de especialización en determinados tópicos o a cursos introductorios en temáticas de mayor envergadura –por ejemplo Economía de la Energía o la vinculación entre Energía y Ambiente. En general se trata de cursos cortos de una o dos semanas de duración y suelen abundar los presenciales, si bien se admite las categorías de semi-presenciales o a distancia.

Los cursos de corta duración, se inscriben en alguna de las tres modalidades frecuentes, donde la capacitación a distancia ha ido ganando terreno, especialmente en cuanto a cursos. De hecho todas las alternativas de capacitación admiten, y así se ha producido, las modalidades presenciales o a distancia.

El crecimiento de la capacitación a distancia (e-learning) brinda oportunidades aún mayores para el acceso a conocimientos, especialmente vinculados a ciertas componentes de los sistemas energéticos. Los cursos a distancia y aprovechan las ventajas de las herramientas proporcionadas por la web y permiten ampliar el acceso, reducir costos, mantener una presencia permanente, ampliar los vínculos entre referentes de diferentes países e instituciones y acceder a capacitadores de toda la región, entre otras ventajas

Es necesario resaltar; sin embargo, que existe un debate permanente sobre la conveniencia de recurrir a modelos no presenciales de educación. Lejos de querer resolver este debate, un cuadro comparativo puede plantear algunos de los elementos que nos permitan adoptar una postura y, en su caso, tomar una decisión. Cabe señalar desde el principio que, en la postura de más flexible, no se trata de reemplazar a las instituciones tradicionales y modificar radicalmente el paradigma de enseñanza, sino se pretende incorporar nuevas alternativas para complementar la educación, cuando los modelos hasta hace poco conocidos resultan insuficientes La tabla siguiente intenta destacar ventajas y desventajas de cada modalidad<sup>111</sup>.

110 En Anexo I se listan algunas de ellas solo a título de ejemplo para mostrar la abundante oferta de la región.

111 Son muy abundantes los análisis, discusiones y controversias sobre la educación a distancia y existen múltiples documentos sobre este tema. En consecuencia los conceptos incorporados en la tabla deben considerarse algunos entre muchos. Sin embargo, se considera que remiten a los elementos más importantes.

Tabla VIII.1: Ventajas y desventajas de diferentes modalidades de capacitación

Modalidad Presencial	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de formas y modelos educativos ampliamente conocidos y probados.</li> <li>• Permite la interacción con diversos miembros del grupo.</li> <li>• Se puede recibir retroalimentación directa del profesor (en tiempo real).</li> <li>• Estimula y desarrolla destrezas y habilidades para el trabajo en grupo, así como reglas de convivencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cantidad de información se limita a los recursos disponibles en el centro educativo y puede resultar insuficiente.</li> <li>• Aunque la relación con el profesor es directa, no siempre es individualizada.</li> <li>• Implica la presencia y desplazamiento del estudiante.</li> <li>• No se dispone de fuentes a la mano para poder aclarar una duda o concepto erróneo surgido en el momento.</li> </ul>
Modalidad a distancia	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supera los límites del aula.</li> <li>• Estimula el uso de formas nuevas y distintas de aprender/ construir.</li> <li>• Cuenta con buenas herramientas de apoyo al trabajo colaborativo, diseño, desarrollo y evaluación de proyectos, investigación, experimentación y trabajo interdisciplinario.</li> <li>• Estimula el desarrollo y uso de destrezas de colaboración, comunicación e interacción.</li> <li>• Se tiene a disposición una cantidad extraordinaria de información de las fuentes más variadas.</li> <li>• Promueve el auto-aprendizaje y la autogestión, basándose en modelos colaborativos. Se puede adaptar el estudio a sus horarios personal.</li> <li>• Todos los alumnos tienen acceso a la enseñanza, no viéndose perjudicados aquellos que no pueden acudir periódicamente a clases por motivos de trabajo, la distancia.</li> <li>• Optimización del aprendizaje significativo: al mismo tiempo asimila otro tipo de aprendizajes.</li> <li>• Ahorro de tiempo y dinero. El educando no tiene que desplazarse a la institución educativa.</li> <li>• El estudiante podría recibir una instrucción más personalizada.</li> <li>• Ampliación de cobertura, la cual mejora el acceso a la educación, eliminando las barreras de lugar y tiempo, características de la educación tradicional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La interacción sólo por la vía virtual reduce la banda de comunicación a un solo canal, lo que resulta en relaciones interpersonales menos profundas y completas.</li> <li>• Puede ser lenta y, por lo tanto, desmotivadora.</li> <li>• La cantidad y calidad de la información circulante puede resultar excesiva.</li> <li>• El tiempo que el profesor y alumno requiere para navegar incrementa la exigencia.</li> <li>• La estabilidad de las conexiones a internet no siempre se logra.</li> <li>• Las metodologías de trabajo son aún inmaduras.</li> <li>• La carencia de evaluación de experiencias educativas con el uso de internet como medio.</li> <li>• La carencia de mapas visibles que permitan al usuario orientarse dentro de la información y evitar la saturación por información diversamente representada, llamada fatiga cognitiva.</li> <li>• Para mucha gente acostumbrada a la enseñanza presencial es difícil acostumbrarse al manejo virtual de información.</li> <li>• Si no se tiene experiencia en el manejo de equipo de cómputo puede resultar frustrante para el aprendiz.</li> <li>• Se recurre a fuentes dentro de internet que en algún momento pueden ayudar a resolver una duda pero también muchas de esas fuentes no son confiables o son hechas públicas por personas que tienen errores en algunos conceptos por lo que se desvirtúa la calidad del aprendizaje.</li> <li>• A veces los sistemas no son tan confiables como para soportar la cantidad de información que es enviada en forma de video o a través de un servidor de computo lo que provoca que se presenten pérdidas de señal o caídas de sistema, lo que provoca atraso por ejemplo en el caso de una videoconferencia o pérdida de datos en el caso de un examen de los llamados "on-line".</li> <li>• Asimismo aun cuando la educación virtual permite el acceso a muchas más personas como es el caso de una videoconferencia o una página web, también es cierto que es mucho más difícil para el maestro o facilitador atender a todos los aprendices en el momento en que surge una duda o discusión.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Es claro que ambos sistemas tienen puntos positivos y negativos, también es cierto que la aplicabilidad de cada modalidad depende de las disciplinas, de los destinatarios, de los conocimientos a impartir, de los aspectos controversiales vinculados a las políticas públicas, de las necesidades propias del entorno y de orientarse a lograr profesionales mejor preparados, con espíritu crítico y responsables.

Por su parte, la modalidad semi-presencial, como punto intermedio, ha sido adoptada por muchas instituciones, tanto en educación formal como no formal, con el objetivo de ampliar su alcance y facilitar el acceso a la oferta educativa.

Un tópico no menor lo constituye el material didáctico necesario. Existe, a nivel global, abundante bibliografía que abarca todas las dimensiones de lo energético. Esa abundante literatura abarca un amplio espectro de temas: los aspectos técnico-económico y sociales relativos al proceso de producción-distribución de las diferentes fuentes; conservación de la energía; economía de los recursos naturales energéticos; la forma de concebir el proceso de planificación energética; la gestión de las empresas públicas del sector; las políticas de inversiones, de precios y tarifas y de financiamiento; las relaciones entre la energía y el desarrollo económico; las cuestiones más instrumentales, que van desde los modelos contables de sistematización de la información hasta los modelos más sofisticados para la previsión de la demanda y la planificación de la oferta.

Sin embargo, no resulta fácil encontrar dentro de esa extensa de literatura, trabajos que se planteen la reflexión acerca de la naturaleza de lo que se ha dado en llamar “Economía de la Energía”. Tampoco es tarea simple deducir cuál ha de ser el objeto propio de esa disciplina científica y cuáles deben ser los principios teóricos y metodológicos que han de guiar su estudio. Así por ejemplo, la economía de los recursos naturales abarca una problemática mucho más amplia que la referida a los recursos naturales que pueden ser aprovechables para producir energía. En consecuencia, ese tipo de problemas no forma parte del objeto específico de la Economía de la Energía la que debe recurrir a los teoremas y principios desarrollados de manera general dentro del marco de la Economía Política.

Adicionalmente, existe aún menos material didáctico desarrollado en y para la región, es decir orientado, específicamente, a las características socio-económicas, ambientales, políticas, institucionales y estructurales, entre otros aspectos, de la región.

En consecuencia, la formación de recursos humanos debería incluir el desarrollo del material didáctico para cada uno de los temas que, tomando el “estado del arte” y de conocimientos a nivel global evalúe su aplicabilidad, las necesidades de adaptación y el desarrollo de documentos nuevos. El tema del idioma no debe olvidarse ya que se ha convertido en una demanda creciente en todas las áreas del conocimiento. Las desventajas asociadas al uso de materiales en una lengua diferente a la materna o recibir entrenamiento en otro idioma son notorias y generan una situación que puede considerarse discriminatoria.

Finalmente, debe recordarse que el proceso de capacitación no se da solo a través de cursos (formales o no formales) o maestrías. La existencia de redes<sup>112</sup>, observatorios, talleres, seminarios, visitas, y actividades similares ofrecen la posibilidad de acceder a información o nuevos conocimientos siguiendo un mecanismo menos formal. En consecuencia, las oportunidades que se identifiquen bajo estos formatos deben ser consideradas en la cartera de potenciales programas de capacitación.

Merece especial atención la oferta de e-learning de OLADE, que a través de sus programas de cursos cubre un amplio espectro de las necesidades de desarrollo de capacidades de la Región.

Los cursos CAPEV se dictan en forma coordinada tomando en cuenta las diferentes subregiones, idiomas y horarios de los Países Miembros y están dirigidos principalmente al personal de los Ministerios y Secretarías de Energía de cada uno de los 27 Estados de la Organización. Sin embargo, también se proporcionan cursos de capacitación virtual a personal de empresas, universidades, gremios y otros agentes privados involucrados en el sector energético

### VIII.9. Destinatarios de la capacitación

Los procesos de reforma del sector energético implementados en muchos países tuvieron dos efectos clave en la estructura del Estado. En primer término, crearon la necesidad de nuevos conocimientos y habilidades en relación con el nuevo marco económico, nuevas funciones, nuevo alcance del proceso de decisión y nuevos problemas. En segundo lugar, el propio proceso frecuentemente disminuyó la capacidad del Gobierno, especialmente en recursos humanos, por contracción de la infraestructura gubernamental y precipitando la transferencia de los perfiles más calificados al sector privado (Bouille y McDade, 2002).

En energía, como en otros sectores, las agencias gubernamentales deben garantizar la efectiva administración de políticas. Cómo ya se afirmara, la implementación de políticas energéticas requiere capacidades individuales, institucionales y sistémicas orientadas a:

<sup>112</sup> Las redes impulsadas por OLADE en uso eficiente y acceso a la energía son dos ejemplos de estos medios como fuente de conocimientos y capacitación en forma horizontal y en base a mecanismos de cooperación y compartiendo información.

la evaluación (diagnóstico), identificación de problemas, definición y priorización de objetivos, identificación de metas, desarrollo de estrategias en un marco de poder compartido, proponer instrumentos, implementación de acciones y medios y gestión de herramientas para desarrollar y efectivizar los análisis. Especialmente en los países en desarrollo, es posible que se requiera re-evaluar la asistencia al desarrollo y orientarla hacia el desarrollo de capacidades para el diseño, implementación y monitoreo de políticas públicas.

Sabemos que el proceso de planificación, como instrumento de las políticas públicas, es un área de incumbencia natural del sector público, cuatro grandes actores son los potenciales destinatarios de los esfuerzos en el desarrollo de capacidades, de acuerdo a las funciones que cumplen.

#### Planificadores macroeconómicos y del desarrollo.

Las aspiraciones de desarrollo sustentable de los países deberían reflejarse en sus estrategias de desarrollo y sus marcos macroeconómicos. Diferentes políticas interrelacionadas deberían promover el desarrollo económico y el cumplimiento de los diferentes objetivos de las políticas agregadas (empleo, estabilidad, industrialización, etc.) que armonice los objetivos contrapuestos de los agentes económicos privilegiando el bien común. La necesidad de un crecimiento sustentable y el papel del ambiente y los recursos naturales, tanto como insumos o por los impactos que reciben de tal crecimiento esperado, también son objeto de armonización. La energía atraviesa todos estos aspectos y las alternativas energéticas –especialmente los relacionados con las fuentes, senderos tecnológicos y sistemas de prestación de los servicios energéticos-, deberían ser considerados por los planificadores a nivel macro por diferentes razones. Las mismas incluyen el impacto crítico de la energía en la performance del sistema socio-económico, la interrelación entre energía y recursos naturales, así como los efectos ambientales locales, nacionales, regionales y globales de la energía. La energía es esencial para satisfacer las necesidades de los consumos finales y las actividades productivas y puede ser un factor crítico en la planificación agregada. Considerar la energía meramente como un insumo a las funciones de producción y utilidad es un enfoque estrecho que debería sofisticarse en el contexto macroeconómico global en rápido crecimiento.

#### Ministerios o Secretarías de Energía

Se trata del área responsable de la definición de políticas. La incorporación de los aspectos económicos, sociales y ambientales en tales políticas – superando el mero objetivo de abastecimiento energético- es un desafío clave. Los múltiples vínculos entre energía y sustentabilidad debe ser un objetivo primario de conocimiento a nivel individual e institucional de las agencias responsables. La transferencia de cadenas productivas de la industria energética al sector privado, no exime a los ministerios de generar las garantías y condiciones para que los segmentos de las cadenas productivas cumplan eficazmente sus funciones en cuanto a los objetivos planteados para la política. Es un factor crítico la consideración de diferentes fuentes energéticas y tecnologías asociadas para satisfacer los servicios energéticos.

No solo el área ejecutiva central, si bien agente primario responsable y crítico, es el único actor objetivo. Muchas políticas requieren acciones a otros niveles (Provincias, Estados y aun Municipios) que, generalmente, se encuentran en una asimetría y desequilibrio frente al poder central. No tienen las mismas funciones, capacidades o responsabilidades en energía. La importancia de cada agencia y sus necesidades de fortalecimiento de capacidades dependerá de los sistemas legales específicos de cada país. En muchos casos las agencias locales (provinciales, por ejemplo) la habilidad de tales agencias como soporte de las políticas nacionales dependerá de la asignación de recursos centrales hacia los niveles locales, incluyendo capacitación. Las autoridades locales pueden ser especialmente importante en la implementación de ciertas estrategias para cumplir determinados objetivos, -electrificación rural, por ejemplo-. Las metas a nivel nacional y los planes para conseguirlas podrían fracasar si no hay una adecuada capacidad e nivel local donde deberían implementarse los programas.

#### Entes reguladores

Las funciones de los entes reguladores se vinculan al monitoreo del cumplimiento de las normas regulatorias. El marco regulatorio debe definir las características institucionales y los papeles de las diferentes instituciones energéticas. La resolución de conflictos entre diferentes actores, interpretación de las normas, la organización de audiencias públicas para resolver conflictos o socializar cambios regulatorios o ajustes tarifarios son partes de las funciones de estos entes. Estas funciones dependen de los marcos legales y las jurisdicciones establecidas en sistemas federales, que gobiernan el sistema energético. Los marcos regulatorios son un instrumento o herramienta de la política energética, en consecuencia deben converger y ser coherentes con los objetivos de ella. El hecho de tratarse de funciones relativamente nuevas y en un marco dinámico y cambiante, los sitúa como actores prioritarios en la focalización del desarrollo de capacidades.

#### Agencias de coordinación del mercado

Especialmente en el sector eléctrico (y eventualmente gas natural) las agencias administradores del mercado –en general mayorista- han asumido nuevos roles, responsabilidades y mandatos. La gestión del mercado eléctrico mayorista –una función que no solo afecta al sector eléctrico, sino que tiene impactos directos sobre otras cadenas energéticas y el eficaz funcionamiento de los sectores productivos de consumo, asegurando la estabilidad y predictibilidad de un insumo básico en la producción de bienes y servicios. Estas



funciones deben estar claramente especificadas en las normas regulatorias correspondientes que han sido determinadas por otros actores.

El cumplimiento de objetivos de sustentabilidad requiere nuevas capacidades tanto en el sector público como en el privado. Es decir, el desarrollo de estas nuevas capacidades no es solo responsabilidad del sector público. Serán necesarias asociaciones público-privadas en el desarrollo de recursos humanos, especialmente en la introducción de tecnologías nuevas, limpias y eficientes, tanto en abastecimiento como en consumo de energía.

### Empresas Públicas Energéticas

Las empresas públicas deben considerarse un medio e instrumento de ejecución de las políticas sectoriales. Una porción, quizás significativa, de las políticas que se definan podrían ser instrumentadas a través de las empresas públicas del sector. En consecuencia las capacidades mismas son importante no solo en los conocimientos vinculados a su área específica de acción, sino que deben interpretar y hacer viables las estrategias y acciones que se definan en el área correspondiente pero que se implementen a través de las empresas.

La adecuada sintonía y coordinación forma parte de la denominada capacidad sistémica u organizacional y si las empresas constituyen un brazo de las políticas públicas, son ellas las que deberían tamizar y hacer viables las propuestas que las sindiquen como actores principales.

En consecuencia, la capacitación de sus planteles en economía y política energética, facilitarían el dialogo con las autoridades responsables del diseño y la implementación de políticas, permitiendo un lenguaje común y la interpretación necesaria para cooperar en la implementación de las medidas.

## **VIII.10. Habilidades y conocimientos exigidos para afrontar los desafíos de la planificación energética: Una currícula tentativa**

La estructura por capítulos de este Manual podría ser tomada como una orientación de los conocimientos y la currícula pertinente para abordar los desafíos que presenta el diseño y la implementación de un proceso de planificación energética.

En efecto, tales capítulos pueden considerarse, al menos parcialmente, el listado de temas y tópicos necesarios para cumplir las diferentes etapas de la planificación. En tal sentido, esta sección incluirá lo que, podrían considerarse la formación esencial.

Además de la formación orientada hacia la política y planificación energética específica, es necesario recordar que existen conocimientos básicos en temas más generales o conexos que actúan como elementos habilitantes necesarios para incorporar las herramientas y saberes estrictamente vinculados con la energía.

En este sentido, deberían considerarse contenidos tales como:

- √ Elementos de tecnología asociados a las diferentes fuentes para aquellos que provienen de formaciones no técnicas
- √ Elementos de Economía
- √ Evaluación de Proyectos
- √ Estadística y Econometría
- √ Economía del Medio Ambiente

La lista anterior no pretende ser taxativa, solo tiene por objeto destacar que la complejidad diversidad de los sistemas energéticos requiere una etapa de nivelación introductoria y búsqueda de un lenguaje común cuando se trata de abordar los temas de planificación.

En cuanto a una currícula orientada, a continuación se describen los temas y las componentes más importantes que deben considerarse como capacidades necesarias para dar una respuesta adecuada a las exigencias de la planificación energética.

### **Economía de la Energía**

La multidisciplinaria denominada Economía de la Energía constituye un marco de referencia conceptual necesario para comprender el funcionamiento de los sistemas energéticos. Puede constituir, además, una introducción necesaria a conocimientos más amplios o específicos, que incorpora la estructura inicial a la cual se articulan tales conocimientos vinculados a las diferentes dimensiones de



la temática energética. La formación en Economía de la Energía implicaría una currícula de títulos básicos que incluirían: el sistema energético y su vinculación con el sistema socio-económico y ambiental; contabilidad energética; los requerimientos, el consumo y la demanda de energía; el estudio del abastecimiento energético; la formación de precios y renta de los Recursos Naturales; desarrollo sustentable y energía.

### **Sistemas de información energético-ambiental**

La base y posibilidades de acción en sobre un sistema energético descansa en un sistema de información y base de datos confiable, actualizado, completo. La disponibilidad y gestión de un sistema de información implica los conocimientos necesarios, especialmente para su gestión y obtención de la información. Orientado a mantener un diálogo fluido con los expertos en Sistemas de Información, los actores responsables de la planificación deberían manejar un conjunto de conocimientos, entre las cuales, podrían señalarse: tipos de sistemas de información energética; conversión de la energía y unidades; conceptos y definiciones sobre balances energéticos; diferentes tipos de Balances Energéticos; la vinculación entre el balance y la prospectiva energética; la contabilidad de efectos ambientales y sobre cambio climático.

### **Economías de las Fuentes de Energía**

Las estrategias, intervenciones y acciones de planificación tienen como un destinatario y objeto importante las cadenas productivas de cada una de las fuentes. Es necesario, entonces, conocer sus principales características tanto técnicas, como económicas y ambientales.

Economía del Petróleo: Los títulos más elementales de esta materia reconocen: la Geografía Económica del Petróleo; la Cadena Petrolera: segmentos y eslabones; el Mercado del petróleo y su evolución; los costos del petróleo crudo y la renta; mecanismos institucionales para la exploración y desarrollo de yacimientos; Economía de la Exploración y Desarrollo; el transporte de crudo y el mercado de derivados; la destilación y el transporte de derivados; el valor económico del petróleo crudo; el financiamiento de la industria petrolera; el impacto ambiental del sector hidrocarburos.

Economía del Gas Natural: Al igual que en el caso del Petróleo, existen ciertos conocimientos básicos que deberían incorporarse, tales como: la industria del gas natural y gas licuado de petróleo en el mundo; los requerimientos de Gas Natural; el abastecimiento de gas natural; reservas, producción y abastecimiento; la cadena del gas seco; distribución; programación del equipamiento de un sistema de gas; determinación de los costos incrementales; la renta gasífera; las tarifas.

Economía de la Electricidad: La electricidad es la fuente secundaria más dinámica, en consecuencia su gestión y garantía de abastecimiento es un tema de alta sensibilidad que requiere conocer los desafíos asociados a los diferentes segmentos de su cadena productiva, así como las dimensiones asociadas a los mismos. Un programa introductorio a la Economía de la Electricidad podría incorporar: la Energía Eléctrica en el Mundo y en América Latina; características del Subsector Eléctrico; demanda de la Energía Eléctrica; el Equipamiento de Producción; transmisión y distribución de Energía Eléctrica; la regulación del sistema.

Economía de las Fuentes Renovables: El espectro de fuentes y tecnologías asociadas a las nuevas fuentes renovables es muy amplio. Sin pretender que los planificadores energéticos tengan un conocimiento profundo de cada una de ellas, es necesario que adquieran los conocimientos que le permitan un diálogo fluido con los expertos del área.

Energía de la biomasa: El abordaje de la Biomasa requiere un tratamiento que incluya temas tales como: la competencia por el recurso suelo, aspectos sociales, ambientales, económicos y regulatorios; la cadena forestal; los cultivos energéticos; Biocombustibles sólidos; Biogás y residuos sólidos urbanos; Gasificación de biomasa; Bioetanol; Biodiesel.

Energía solar y eólica: Junto a la Biomasa se están presentando como fuentes cada vez más importantes en la región, a la vez que las de mayor crecimiento a nivel global, en consecuencia constituyen una componente y opción inevitable en procesos de planificación que apunten a identificar opciones de matrices energéticas diversificadas. Los conocimientos mínimos se asocian, para cada una de ellas a: conceptos y principios básicos, identificación, descripción, cuantificación de recursos; estado de desarrollo y perspectivas; comparación con recursos no renovables; formas de aprovechamiento; potencial; actores; tecnologías; investigación y desarrollo, impacto socio-económico, impacto ambiental, fortalezas y debilidades; integración; costos y financiamiento; estimación del recurso solar, tecnologías, instalaciones fotovoltaicas; aplicaciones aisladas y conectadas a la red. Costos. Estado actual y perspectivas. Impacto ambiental. Barreras. Del mismo modo, en eólica: el viento como recurso; aerogeneradores; instalaciones aisladas y conectadas a la red; energía del viento y cálculo de generación; bombeo de agua y otras aplicaciones; costos: estado actual y perspectivas. Impacto ambiental. Barreras.

Energía Hidráulica: La energía hidráulica es uno de los recursos energéticos más abundantes de la región con niveles de explotación aun limitados (menos del 30% del potencial está aprovechado). En los aprovechamientos de gran escala ha adquirido una dimensión relevante la viabilidad socio-ambiental de tales emprendimientos, así como su vulnerabilidad al cambio climático, considerando que los mayores impactos de este fenómeno en ALC se darán en los recursos hídricos. En cuanto a los aprovechamientos de baja escala,

se requerirían conocimiento sobre las generalidades de las pequeñas fuentes de generación hidráulica y sus usos; la evaluación del recurso; las generalidades y funcionamiento de una turbo máquina; evaluación económica y los aspectos ambientales.

### **Escenarios Socio-económicos y energéticos, Prospectiva y modelos energéticos**

Escenarios: El tópico correspondiente abunda en la importancia del desarrollo de escenarios y la relevancia que ha adquirido como método para los análisis energéticos. Es, por lo tanto un conocimiento que debe incorporarse en los equipos de planificación y cuya currícula de contenidos mínimos incluiría: procedimientos para la construcción de escenarios; Tipos de escenarios y sus aplicaciones; los elementos de un escenario y sus variables motrices y dependientes; las técnicas y herramientas para la construcción de escenarios; las metodologías para la construcción de escenarios regionales y los aspectos económicos globales y sectoriales en la construcción de escenarios energéticos.

Prospectiva y modelos: El desarrollo de escenarios, los métodos de prospectiva y los modelos asociados constituyen herramientas orientadas a reducir la inevitable incertidumbre asociada al futuro e identificar opciones robustas en los procesos de planificación. Una introducción a la Prospectiva como herramienta de Política Energética, así como la información requerida para la elaboración de tal prospectiva y el conocimiento de los modelos disponibles, son elementos que componen esta temática.

### **Política Energética**

Quienes sean responsables de los equipos de planificación energética y, en consecuencia, actores centrales en el diseño y la implementación de políticas públicas, requerirían incorporar conocimientos sobre: la naturaleza de la Política Energética y su vinculación con el desarrollo sustentable, los principios y criterios para la formulación de la Política Energética; sus objetivos, Instrumentos y herramientas; el proceso de formulación de la Política Energética y los principales problemas que enfrenta actualmente la política energética. Empresa Pública y Empresa Privada. Un material que complementa el presente Manual es la Guía Práctica de Elaboración de Políticas Energéticas, el cuál podría ser considerado como material orientativo para el contenido de la capacitación en este tópico.

### **La dimensión regulatoria**

La regulación y los precios y tarifas constituyen dos instrumentos centrales en las políticas energéticas. Se tratan de temas sensibles que requieren un adecuado manejo por parte de los planificadores.

En tal sentido, se requieren conocimientos asociados a: aspectos económicos de la regulación; fallas del mercado (barreras a la entrada, externalidades y bienes públicos); costos económicos de las industrias energéticas; costos de uso de los recursos no renovables; teoría de los mercados disputables; marcos teóricos en los que se basan los principios regulatorios aplicables a las industrias del sector energético. Asimismo es importante tener presentes conceptos vinculados a: la naturaleza de las funciones de costos propias de las actividades productivas energéticas y de los factores que inciden sobre la eficiencia estructural de las cadenas productivas del sector; uso de los principios regulatorios aplicables a los diferentes mercados componentes de las cadenas productivas energéticas, así como; criterios y métodos utilizados para la determinación de las tarifas y los costos propios en los eslabones de Transporte y Distribución de electricidad y gas natural; análisis de experiencia internacionales y problemas críticos de la desregulación de mercados, entre otros.

### **Derecho y componentes legales**

Si bien los aspectos legales tienen una especificidad mayúscula y estrictamente vinculados a la experiencia de los profesionales, existen elementos que deberían ser de conocimiento transversal, siempre con el ánimo de facilitar el diálogo frente a la multi-dimensionalidad de la energía. Una introducción a los aspectos legales y del derecho de la energía; los principios constitucionales; la energía y los derechos sociales; el rol del Estado; la doctrina del servicio público; el régimen jurídico de las diferentes cadenas productivas. Especificidades y aspectos jurídicos de los segmentos y eslabones y los aspectos específicos de las Bioenergía, constituirían conocimientos necesarios.

### **Regulación ambiental**

La dimensión ambiental se ha conformado como una variable gravitante en el proceso de toma de decisión de políticas y estrategias energéticas. No es posible pensar en un equipo de planificación que no incorpore el tema ambiental entre sus profesionales. Una recorrida por la vinculación entre energía y ambiente requiere el abordaje de temas tales como: conceptos y alcance del ambiente como sistema; la función económica del ambiente y su vinculación con los marcos legales; los principios constitucionales; los temas ambientales locales, nacionales, regionales y globales; marcos legales. La situación en Estados Federales o Unitarios. Leyes de presupuestos mínimos. Política y gestión ambiental. Leyes ambientales sectoriales y aplicación. Gestión integral de los residuos. Normativas. Gestión Residuos Radiactivos. Pasivos Ambientales y acciones de remediación. Derecho internacional ambiental. De Estocolmo a Johannesburgo. La problemática de cambio climático y su dimensión ética: justicia y derecho.

### ***Política de precios y el financiamiento***

Siendo la energía una industria de base, sus precios afectan la totalidad del sistema socio-económico así como la viabilidad y sostenibilidad de la propia industria energética, en consecuencia, la política de precios es una materia de significativa importancia e imprescindible abordaje. Algunos de los elementos a tratar en esta materia son: análisis de las políticas de precios de la energía; elementos de un diagnóstico de las políticas de precios; objetivos de tal política y los criterios de fijación de los precios; la aplicación del principio del costo marginal a la tarificación eléctrica y su significado e hipótesis; aspectos vinculados al financiamiento y análisis de los efectos de las diferentes fuentes de financiamiento, así como el origen y magnitud del fondo de inversión, el papel de la banca de fomento y los fondos especiales de inversión; el financiamiento externo y el financiamiento de la inversión pública y sus efectos macroeconómicos, entre otros.

### ***Eficiencia energética***

Es considerada la fuente oculta, el potencial que ofrece es muy importante y está aprovechado en una porción menor. La consideración de la eficiencia en un sentido amplio. Las oportunidades ofrecidas en cada sector. Las barreras y su identificación por categorías. La eficiencia autónoma y la inducida. Los instrumentos y modalidades institucionales.

### ***Energía y pobreza: Acceso a los servicios energéticos***

La inclusión social es un tema de creciente importancia. El papel de la energía en el alivio a la pobreza es un tema con abundante bibliografía pero con resultados no acordes con el nivel de estudio del mismo. Es evidente que se requieren propuestas que consideren la magnitud transversal del tema y acepten que la contribución de la energía es positiva siempre y cuando se den otras condiciones y otras acciones y programas sociales que incorporen la dimensión del ingreso pero no olviden la necesidad de acceso a activos (vivienda, educación, infraestructura, salud, etc.) lo cual requiere un complejo diseño de políticas para los cuales hay que capacitarse.

### ***Energía, ambiente y cambio climático***

El enfoque sistémico del ambiente y su vinculación con la energía. Las múltiples interacciones. Cambio climático y energía. Responsabilidad, emisiones y fuentes principales. Mitigación: significado y posibilidades. Las oportunidades para América Latina y El Caribe. Vulnerabilidad de los sistemas energéticos y adaptación. Los instrumentos de política energética orientados al ambiente y al cambio climático. Las convenciones globales y los sistemas energéticos.

## **VIII.11. Un potencial perfil de un equipo de planificación energética**

El desarrollo del capítulo pone en evidencia la necesidad de perfiles multi disciplinarios para afrontar la complejidad de la planificación energética.

En efecto, la transversalidad del tema, las múltiples dimensiones asociadas a lo energético, la necesidad de incorporar los conceptos de sustentabilidad, la importancia de planificar en situaciones de un clima cambiante, la mayor incertidumbre en un contexto global de mayor dinamismo, rupturas estructurales y de paradigmas, la impresión de hallarnos en un proceso de transición energética obliga a incorporar temas, habilidades y conocimientos varios a un equipo que dé una respuesta adecuada para la planificación de un sistema energético.

Este apartado debe considerarse, en el marco de sus limitaciones, como una referencia preliminar y hasta teórica, de los perfiles requeridos.

A efectos de facilitar la presentación, una matriz esquemática sintetiza la experiencia necesaria para afrontar las etapas de un proceso de planificación y generar los resultados esperados.

Tabla VIII.2: Matriz de perfiles, experiencia y responsabilidades

Tarea	Sub-tarea	Perfil	Experiencia	Responsabilidad
Diseño e implementación de Políticas Públicas		Economista Energético / Experto en Energía / Experto en Desarrollo	Visión, misión y objetivos de la política energética, proceso y etapas. Sustentabilidad y condiciones de borde	Clarificar el contexto de políticas que sirven de marco al proceso de Planificación
Sistemas de Información		Experto en Sistemas de Información	Experiencia en diseño, implementación y gestión de sistemas de información energéticos	Desarrollo, mantenimiento y actualización de los sistemas de información energéticos. Coordinación del Comité de Información Energética (Ver Capítulo III, Sección III.8)
Escenarios socio-económicos globales y regionales		Macroeconomista con experiencia en el diseño de escenarios	Tendencias socioeconómicas globales, geopolítica, papel de economías desarrolladas y emergentes. <i>Downscaling</i> de escenarios globales. Efectos regionales y Nacionales	Definir las hipótesis globales de crecimiento y desarrollo y las grandes tendencias socio-espaciales
Escenarios Energéticos Globales y Regionales		Experto en Energía	Tendencias energéticas globales, geopolítica de la energía, evolución de recursos y reservas, precios, desarrollo tecnológico esperado, estructura del consumo por fuente primaria de energía. Cadenas Productivas Energéticas y su control. Potenciales procesos de Integración.	Definir las hipótesis globales de evolución de los sistemas energéticos de acuerdo a diferentes escenarios.
Escenarios socio-económicos nacionales		Macroeconomista	Desarrollo Económico y Desarrollo Regional	Definir las hipótesis y pautas de crecimiento del sistema socio-económico nacional en el contexto regional y global
Escenarios Energéticos Nacionales		Experto en energía / Economista Energético	Matriz energética. Recursos, reservas y tecnologías energéticas. Estructura de las Cadenas Productivas energéticas y sus tendencias esperadas. Estado del Arte	Proponer opciones de diversificación de la matriz energética. Hipótesis de escenarios de consumo por sector.
Diseño de Estudios de campo y Encuestas		Estadístico/Econometrista	Diseño muestral, criterios y test estadísticos.	Asistencia para el desarrollo de encuesta a los sectores de consumo y abastecimiento
Análisis de los Consumos Energéticos	Sector Residencial	Experto en el sector	Experto en servicios energéticos para el sector y equipamientos utilizados.	Desarrollo de estudios y encuestas para determinar los consumos por fuentes y servicios en energía útil y neta.
	Sector Industria	Experto en el sector	Experto en servicios energéticos para el sector y equipamientos utilizados.	Desarrollo de estudios y encuestas para determinar los consumos por fuentes y servicios en energía útil y neta.
	Sector Transporte	Experto en el sector	Experto en servicios energéticos para el sector y equipamientos utilizados.	Desarrollo de estudios y encuestas para determinar los consumos por fuentes y servicios en energía útil y neta.
	Sector Productivo Rural	Experto en el sector	Experto en servicios energéticos para el sector y equipamientos utilizados.	Desarrollo de estudios y encuestas para determinar los consumos por fuentes y servicios en energía útil y neta.
	Sector Comercial y Servicios	Experto en el sector	Experto en servicios energéticos para el sector y equipamientos utilizados.	Desarrollo de estudios y encuestas para determinar los consumos por fuentes y servicios en energía útil y neta.

Tarea	Sub-tarea	Perfil	Experiencia	Responsabilidad
Prospectiva Energética		Experto en Prospectiva	Métodos y metodologías de prospectiva energética	Propuesta de prospectiva de acuerdo a diferentes escenarios e hipótesis. Identificación y definición de las variables explicativas
Modelos Energéticos		Experto o Expertos en Modelos	Modelos de simulación, coeficientes técnicos u optimización. Modelos integrales, sectoriales o sub-sectoriales.	Definir los modelos a utilizar de acuerdo a los objetivos de la prospectiva y los resultados esperados.
Economía de las Fuentes	Economía de la Electricidad	Experto Sectorial	Experto en las diferentes componentes de la cadena productiva sectorial, sus particularidades, tecnologías y opciones por fuentes.	Análisis de las componentes, técnicas, económicas, financieras, legales, institucionales de los diferentes segmentos de la cadena y su vinculación con el consumo de energía
	Economía del Petróleo	Experto Sectorial	Experto en las diferentes componentes de la cadena productiva sectorial, sus particularidades, tecnologías y opciones por fuentes.	Análisis de las componentes, técnicas, económicas, financieras, legales, institucionales de los diferentes segmentos de la cadena y su vinculación con el consumo de energía
	Economía del Gas	Experto Sectorial	Experto en las diferentes componentes de la cadena productiva sectorial, sus particularidades, tecnologías y opciones por fuentes.	Análisis de las componentes, técnicas, económicas, financieras, legales, institucionales de los diferentes segmentos de la cadena y su vinculación con el consumo de energía
	Economía del Carbón	Experto sectorial	Experto en las diferentes componentes de la cadena productiva sectorial, sus particularidades, tecnologías y opciones por fuentes.	Análisis de las componentes, técnicas, económicas, financieras, legales, institucionales de los diferentes segmentos de la cadena y su vinculación con el consumo de energía
	Economía Nuclear	Experto Sectorial	Experto en las diferentes componentes de la cadena productiva sectorial, sus particularidades, tecnologías y opciones por fuentes.	Análisis de las componentes, técnicas, económicas, financieras, legales, institucionales de los diferentes segmentos de la cadena y su vinculación con el consumo de energía
	Economía de las Nuevas Fuentes	Experto Sectorial	Experto en las diferentes componentes de la cadena productiva sectorial, sus particularidades, tecnologías y opciones por fuentes.	Análisis de las componentes, técnicas, económicas, financieras, legales, institucionales de los diferentes segmentos de la cadena y su vinculación con el consumo de energía
Eficiencia Energética: Tecnologías	Sectores de Consumo	Ingeniero	Experto en las diferentes tecnologías, usos y costumbres viables para mejorar el uso eficiente de la energía.	Identificar oportunidades y opciones tecnológicas y de procesos que permitan mejorar la eficiencia productiva y asignativa.
	Sectores de Abastecimiento	Ingeniero	Experto en las diferentes tecnologías, usos y costumbres viables para mejorar el uso eficiente de la energía.	Identificar oportunidades y opciones tecnológicas y de procesos que permitan mejorar la eficiencia productiva y asignativa.
Eficiencia Energética: barreras e instrumentos	Sectores de Consumo	Ingeniero o Economista Energético	Experto en Políticas Públicas de Intervención sobre mercados.	Estudio e identificación de barreras y desarrollo de estrategias, programas y medidas para superarlas.
	Sectores de Abastecimiento	Ingeniero o Economista Energético	Experto en Políticas Públicas de Intervención sobre las cadenas productivas energéticas.	Estudio e identificación de barreras y desarrollo de estrategias, programas y medidas para superarlas.



Tarea	Sub-tarea	Perfil	Experiencia	Responsabilidad
Efectos sobre Ambiente Natural		Experto Ambiental	Conocimiento de los efectos de las actividades de abastecimiento y consumo de energía sobre el ambiente natural y humano (externalidades ambientales negativas).	Identificación de los efectos ambientales de diferentes opciones y estrategias de planificación y propuestas para morigerar o evitar tales efectos no deseados.
Aspectos Sociales		Economista Energético	Experto en la vinculación entre pobreza y energía.	Incorporación de la dimensión social en los planes energéticos y propuestas de estrategias para facilitar el acceso.
Energía y Cambio Climático		Experto en Cambio Climático	Conocimiento de la responsabilidad y vulnerabilidad de los sistemas energéticos frente al cambio climático.	Incorporación de los impactos sobre el sistema energético del cambio climático esperado a los efectos de reducir la vulnerabilidad (adaptación) e identificar opciones de mitigación.
Aspectos legales y regulatorios		Abogado	Conocimiento de los marcos legales y regulatorios de incidencia en todas las actividades del sistema energético.	Adecuación al marco legal de los planes energéticos o propuestas de cambios legales o regulatorios que respondan a la propuesta de cambios estructurales en el sistema.

Fuente: Elaboración propia

Es evidente que la propuesta precedente solo debe interpretarse como indicativa ya que una estructura y perfiles de un área de planificación energética deben estar adaptados y articulados a las características de los sistemas energéticos del país y los objetivos de las políticas sectoriales y de desarrollo del mismo.

## VIII.12. Aspectos institucionales e implementación

Al igual que otros temas de políticas públicas, el desarrollo de capacidades para actuar sobre los sistemas energéticos requiere de planificación, lo cual implica intervención.

Los procesos de capacitación implican actuar sobre los equipos de políticas, introduciendo nuevos abordajes y métodos, exigiéndoles investigación e innovación y cambios de percepciones y cultura para mejorar la toma de decisiones y abordar los desafíos. Todo intento de aplicar nuevos conceptos y metodologías, para atacar los problemas de desarrollo, en grupos que tienen visiones propias, experiencia e intereses va a encontrar una natural resistencia. En consecuencia el desarrollo de capacidades es parte de un proceso de largo plazo y que requiere el compromiso del sector público a lo largo del tiempo. Las actividades de capacitación de corto plazo permitirían ciertos cambios en la definición de políticas o el desarrollo de análisis pero solo una atención permanente y de largo plazo provocará los cambios necesarios en los sistemas energéticos.

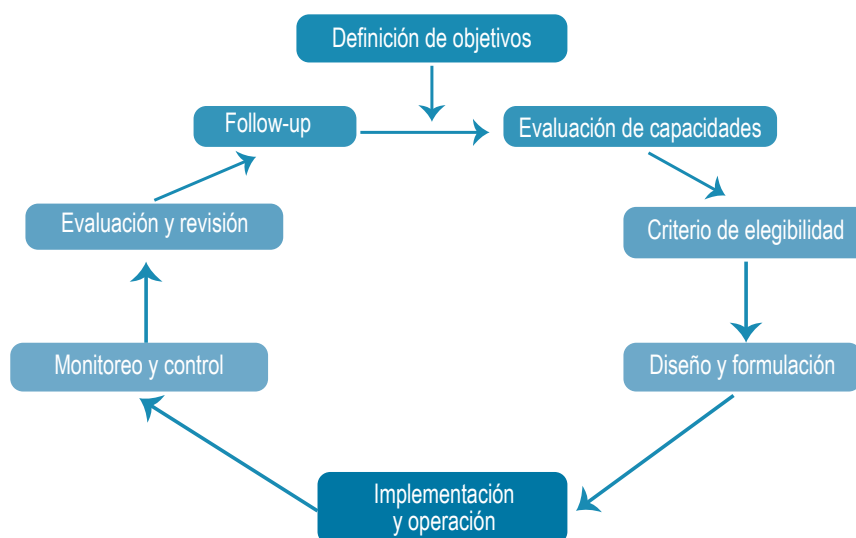
Un programa de desarrollo de capacidades debe verse como un proceso continuo que, obviamente, debe considerar el contexto y ambiente en el que se deben producir cambios. Debe, en consecuencia, identificar las barreras y restricciones a tales cambios.

Tales programas son complejos desde el punto de vista técnico y administrativo y requieren un marco de manejo integral. Pueden involucrar múltiples instituciones (de Gobierno, agencias donantes, académicas, ONG's) que deberían diseñar e implementar acciones como parte de un plan de capacitación integrado. Tal integración implica coordinación, articulación, continuidad, reconocimiento de que se trata de un proceso dinámico y dialéctico, así como flexibilidad para introducir los cambios necesarios y el desarrollo de esfuerzos como parte de un proceso cíclico. La figura VIII.3 ilustra el proceso iterativo que tiene tanto una dimensión de corto y largo plazo<sup>113</sup>.

**Figura VIII.1: Ciclo de implementación de capacidades**

113 La explicación de cada una de las componentes ha sido tomada, parcialmente, del capítulo de referencia.





Fuente: Elaboración propia en base a Bouille y McDade, 2002.

El punto de partida es la *definición de objetivos* que cuanto más claros y específicos sean, más concretos y positivos serán los resultados. Aunque pueda aparecer como simple, este es el aspecto más desafiante del proceso. Si los resultados esperados son claros, más sencillo será identificar los actores sujetos y objetos de la capacitación, así como la institución que podrá proveer la formación<sup>114</sup>. Si se comienza por el resultado esperado, en vez de la institución a ser fortalecida o el grupo objetivo a ser entrenado, el proceso de diseño podría identificar que se requerirá un programa de capacitación que incluya múltiples actores y, aun, múltiples instituciones. Es evidente que la definición de objetivos claros requiere un diagnóstico que identifique la situación actual del área o tópico. Por ejemplo, si se falla o desconocen los patrones de consumo (servicios energéticos) de las residencias rurales, podría definirse un programa de capacitación que se oriente a electrificación rural, ignorando o mal interpretando la importancia de los servicios térmicos –cocción y/o calefacción– y las necesidades de los procesos agrícolas. El programa se orientaría, en consecuencia, hacia acciones que no serían las más prioritarias para la población objetivo.

La *evaluación de capacidades* es el próximo paso del ciclo, a efectos de determinar que capacidades existen en los actores identificados. El país puede contar con capacidades en diferentes instituciones (academia, instituciones de investigación, consultoras). La evaluación podría, también, identificar las brechas a nivel individual e institucional y la necesidad de creación, movilización, mejora y conversión de habilidades y/o experiencia, ya mencionadas. Una falla en esta etapa podría equivocar las acciones y; por ejemplo, orientarse solamente a la creación de capacidades cuando hay campo para la movilización y/o la reconversión de habilidades existentes. Esta etapa tiene un doble resultado, identificar los *sujetos* de la capacitación, es decir los destinatarios, pero también las capacidades de los que serán *objeto*, es decir, medios de transmisión de los conocimientos.

La etapa de *elegibilidad* se refiere a establecer criterios para acotar el rango de participantes en el programa de modo de alcanzar el mayor impacto del esfuerzo. Los criterios de elegibilidad dependerán de los resultados esperados (Objetivos) y de las capacidades previas mínimas exigidas para los *sujetos* de la capacitación. Una capacitación orientada hacia sujetos pobremente formados podría no generar los resultados esperados. Los criterios también podrían generar el co-beneficio de acrecentar las capacidades por propio esfuerzo y, aun, aumentar el compromiso institucional. Por otra parte, podrían servir como elementos de verificación y evaluación de los programas de capacitación.

El *diseño y la formulación* requieren el concurso de especialistas en entrenamiento, desarrollo de recursos humanos y gestión institucional. Las componentes más relevantes de esta etapa se refieren a la selección de la institución que impartirá el entrenamiento, el presupuesto y su cobertura, un calendario adecuado. De igual modo que en la etapa de definición de objetivos, el diseño y la formulación será más sencilla cuando los resultados esperados sean más claros y concretos.

La *implementación y operación* puede requerir diferentes grados de experiencia. En esta etapa el papel de las instituciones y expertos locales, así como la experiencia regional es crucial. La implementación parte del supuesto que hay un muy buen conocimiento de la oferta de capacidad existente a nivel nacional, regional y global, así como de alternativas de financiamiento. Un desconocimiento de las capacidades existentes a nivel nacional o regional puede implicar una sub-utilización de las capacidades existentes y la pérdida de oportunidad de acrecentar y profundizar la cooperación sur-sur. Se asume que las demandas de capacitación surgen de las necesidades identificadas en los países (*demand-driven*) a las que las capacidades existentes para formación (objetos) le dan

<sup>114</sup> Los potenciales productos o resultados podrían ser: introducción a instrumentos que mejoren la calidad, accesibilidad y cobertura de los servicios energéticos, establecer un nuevo marco regulatorio, mecanismos para expandir la electrificación rural o para introducir nuevas tecnologías limpias, etc.

respuesta.

El *monitoreo y control* es esencial para evaluar si se está en el camino correcto y se producen los efectos esperados o si es necesario realizar ajustes y/o cambios de rumbo. Es posible que las circunstancias que dieron origen a la demanda por capacitación se hayan modificado y, aún muy buenos programas deban cambiarse. Es posible que instrumentos puestos en práctica para alcanzar objetivos de política y que dieron origen a la capacitación, hayan fracasado en el cumplimiento de sus resultados esperados y que deban movilizarse o modificarse drásticamente. Esta etapa debería vincularse a la gestión de presupuestos y recursos para el entrenamiento a efectos de efectuar correcciones de medio término si cambia la política o las condiciones de contorno.

La *evaluación* debería involucrar a instituciones ajenas al proceso o programa y que no son responsables primarios directos del programa. Esto no significa que la evaluación debe ser totalmente independiente pero implica que las dificultades o falta de éxito puede ser mejor analizada por partes sin intereses específicos en el programa. La evaluación debería analizar, especialmente, la etapa de diseño e implementación y cuáles fueron los resultados o cambios producidos. La evaluación se orienta a cambios inmediatos o de corto plazo, mas también al rediseño de largo plazo del programa. Está de más decir que debe tener en cuenta los procesos de maduración y los plazos necesarios para que los resultados de la capacitación se materialicen en cambios de políticas.

Para el diseño y la implementación de buenos programas de capacitación, es útil examinar el tipo de problemas que, con frecuencia, enfrentan tales programas.

#### **Potenciales dificultades que enfrentan los programas de capacitación**

- √ Inadecuada identificación de las necesidades y prioridades (ausencia de una agenda propia de necesidades de capacitación).
- √ Aceptación de “paquetes” de capacitación, en muchos casos ofrecidos gratuitamente, que no tienen relación directa con los cambios críticos necesarios en el país o las prioridades que deben tratarse.
- √ Ausencia de prioridad y en consecuencia de presupuesto para mantener las acciones de capacitación en forma continua, dando lugar a acciones esporádicas, aisladas o con comportamientos de “*stop-and-go*”.
- √ Dada la transversalidad de muchos de los desafíos que enfrentan los sistemas energéticos, las respuestas deben ser coordinadas entre varias instituciones. La ausencia de coordinación de las políticas redundaría en una ausencia de coordinación en el desarrollo de capacidades.
- √ Ausencia de fijación de áreas de incumbencia específica para las instituciones gubernamentales, o definición de una entidad responsable o coordinadora. En consecuencia se generan gestiones, políticas y acciones en paralelo y sin coordinación, implicando un derroche de capacidades, sub-utilización de las mismas e indefinición o mal definición de las necesidades de capacitación.
- √ En la búsqueda de fondos externos para financiamiento de capacidades, ausencia de colaboración entre diferentes instituciones gubernamentales generando competencias por tales fondos externos y, en muchos casos, inhabilitando el acceso a los mismos.
- √ Inadecuada asignación de recursos por falta de identificación de las capacidades existentes a nivel nacional o regional, orientando la búsqueda hacia instituciones extra-regionales e “importando” conocimientos, métodos o instrumentos diseñados para realidades ajenas.
- √ Inadecuada gestión de fondos de financiamiento o no reembolsables, muchas veces vinculado a que son percibidos como bienes libres y no se realiza una buena asignación de los mismos.
- √ Falta de evaluaciones costo-efectividad en la selección de los *sujetos* y los *objetos* de la capacitación.
- √ Acceso a ofertas de capacitación que, bajo concepciones de mercado, pretenden alcanzar la mayor cantidad de sujetos, brindando abordajes amplios que, en muchos casos, solo marginalmente brindan los contenidos que actores específicos requieren, de acuerdo a los problemas que deben enfrentar.

Puede concluirse que los programas de desarrollo de capacidades deben orientarse a reforzar el rol del Estado en la gestión del desarrollo sustentable, considerando el relevante papel de la energía en tal sustentabilidad. En este sentido, un rol clave se asocia a los aspectos institucionales. El desarrollo de capacidades es particularmente importante en el diseño y mantenimiento de apropiados marcos institucionales, compatibles con las estructuras existentes y las prácticas en el proceso de decisión de políticas. Más también debe prepararse en la capacitación para nuevas instituciones que exigen la dinámica del sistema energético y su vinculación con el desarrollo sustentable.

La articulación institucional se mantiene como uno de los factores críticos en la implementación de políticas efectivas de desarrollo sustentable. En reiteradas oportunidades e informes se cita al marco institucional como una de las barreras más relevantes para alcanzar objetivos de diferentes categorías (penetración de renovables, acceso a la energía, sustitución de fuentes, incorporación de tecnologías limpias, etc.). Aun la existencia de instituciones, con marcos regulatorios y roles definidos, se observa una notable brecha entre la infraestructura y su funcionamiento en la realidad. El efectivo funcionamiento de la coordinación inter-institucional<sup>115</sup> y la gobernabilidad del sistema es una condición para asegurar coherencia en los esfuerzos y los resultados esperados.

Un aspecto de especial significado para que los resultados de un proceso de desarrollo de capacidades sea exitoso, es garantizar mandatos claros y esferas de autoridad dentro de la estructura gubernamental para asegurar que los “staff” relevantes son competentes con los perfiles y los conocimientos necesarios para desarrollar programas energéticos sustentables y adecuados senderos de desarrollo. Un equipo competente es el resultado de un proceso que incluye conocimientos y experiencia para garantizar resultados y gobernabilidad del sistema.

### VIII.13. Sustentabilidad, monitoreo y evaluación periódica

Como proceso dinámico y continuo, la sustentabilidad del desarrollo de capacidades debe garantizarse con recursos financieros acordes y un adecuado marco institucional que garantice la permanencia de las instituciones donde se “instala” y la permanencia de sus recursos humanos capacitados. El seguimiento y evaluación de los procesos de capacitación es una tarea compleja ya que es influida por muchos factores que escapan del control gubernamental y que no pueden ser previstos al momento del inicio de los programas.<sup>116</sup> La retención de los sujetos o la instalación de las capacidades en instituciones que garanticen permanencia de largo plazo es uno de los mayores desafíos.

El monitoreo es complejo porque se trata de una evaluación *ex-post* que debe incluir elementos cualitativos más que cuantitativos. Por ejemplo, la calidad de las políticas, incluye la calidad del proceso a través del cual se hacen, el grado de obtención de consenso y la consecuente aceptación de la política. Si la evaluación solo se queda en el número de funcionarios entrenados contribuirá muy poco a conocer si los resultados del entrenamiento se concretaron en propuestas de políticas y si tales políticas tuvieron los resultados esperados.

Indicadores o hitos deben diseñarse sin olvidar que el propio diseño del programa y los resultados esperados condicionará la posibilidad de que pueden definirse indicadores que midan la efectividad de las acciones. Un programa lo suficientemente amplio y sin objetivos concretos y claros será muy difícil que acepte indicadores y que los mismos puedan “aislar” los efectos del proyecto de otras circunstancias favorables o desfavorables para la concreción de los objetivos. La posibilidad de evaluar la aparición de sucesos no previstos originalmente, daría una oportunidad para re-orientar la intervención de acuerdo a tales cambios de contexto no previstos originalmente.

*“En el desarrollo de programas nacionales, se debe poner mucho énfasis en la necesidad de una fase de evaluación y en el análisis de por qué han surgido problemas. Es, también, esencial que se preste mucha atención a la utilización del personal capacitado, el marco de incentivos y la capacidad de gestión necesaria para la efectiva articulación, motivación y retención de las personas capacitadas”* (UNDP, 1999).

### VIII.14. Consideraciones finales

El desarrollo de capacidades es un proceso iterativo que requiere un compromiso de largo plazo implementado mediante muchas acciones de corto plazo, incluyendo la dedicación de recursos y personal del sector público. Para ser efectivos, los esfuerzos en el desarrollo de capacidades deben considerar, desde el inicio, resultados, objetivos y metas muy bien definidos.

Las estrategias para el desarrollo de capacidades requieren horizontes de tiempo realistas considerando que se trata de un proceso de largo plazo. El proceso implica reconocer que existen múltiples niveles que afectan las acciones de política, incluyendo actores no solo fuera del sector público sino, además, ajenos al sistema energético, de modo tener en cuenta los factores que afectan las restricciones de capacidad y problemas que afectan los resultados energéticos.

El ambiente de políticas habilitantes para apoyar el efectivo funcionamiento de la industria energética, la innovación tecnológica y el establecimiento de marcos para alcanzar objetivos sociales, ambientales y de seguridad de abastecimiento, no pueden crearse y mantenerse a menos que se dedique especial atención, fondos y políticas públicas para establecer tal marco institucional adecuado

115 En oportunidades, el rango asignado a la autoridad de definición de políticas choca con la barrera de diálogo y coordinación inter-institucional, si los actores que deben interactuar tienen diferente jerarquía en la estructura ministerial. Es, probablemente, difícil que un Ministro acepte recibir indicaciones o solicitudes de un Vice-Ministro o Secretario de otro sector gubernamental, considerando que el diálogo debe ser entre pares. Esta situación es un obstáculo para la implementación de acciones que requieren el concurso de más de un sector.

116 Costosos proyectos de desarrollo institucional y de capacidades se han visto frustrados cuando, a posteriori y por diversas razones, los recursos humanos (sujetos) abandonaron las instituciones que los cobijaban y dejaron huérfana de contenidos instituciones creadas para la implementación de determinadas políticas públicas.

y formar los recursos humanos necesarios para tales condiciones habilitantes. Las necesidades de creación y fortalecimiento de capacidades, y el largo plazo que requiere tal proceso, debe ser una parte explícita de cualquier estrategia exitosa orientada a que la energía sea un instrumento para el desarrollo sustentable.

El sector público, a nivel nacional y local, es el *sujeto* objetivo y recipiente del desarrollo de capacidades a efectos de planificación energética. La necesidad de un Estado Capaz con suficiencia de capacidades es no solo central en cuanto a sustentabilidad y gobernabilidad, sino que debe ser un objetivo central en el sistema energético.

No debe olvidarse que el cumplimiento de objetivos de desarrollo sustentable no se resuelve solo con mejorar las capacidades del sector público, sino que además, el sector privado también debe introducir cambios sustantivos. El sector privado debe considerarse con un enfoque amplio, no solo la industria energética sino, también, otros actores, especialmente el sector financiero y los proveedores de equipamiento. El desarrollo de capacidades en el sector privado no es una responsabilidad plena del sector público pero debe ser necesario el desarrollo de acciones público-privadas para lograr convergencia en la viabilidad y factibilidad de acciones.

La definición de áreas prioritarias en el proceso de planificación debe encontrar su complemento en las prioridades de capacitación. Por ejemplo, el acceso a los servicios energéticos en las áreas rurales, mediante fuentes modernas de energía, constituye un tema pendiente en muchos países de la región. Si tal fuera un objetivo prioritario, la necesidad de crear o fortalecer las capacidades técnicas, institucionales y aun empresarias, para apoyar las acciones, debería implementarse. Podría ser necesario el desarrollo de programas alternativos u orientados específicamente a tales objetivos de desarrollo que podrían requerir habilidades y conocimientos especiales y aun el concurso de otras disciplinas del conocimiento, no usuales en áreas urbanas o para sectores productivos. El tema de género, de relevancia creciente, podría ser otro de los elementos que hiciera necesarias capacidades muy específicas, de acuerdo a condiciones socio-culturales y otros aspectos.

Los enfoques tradicionales de desarrollo de capacidades en la comunidad científica y de investigación focalizados, en general, en educación y entrenamiento, definidos estrechamente, podrían ser inadecuados para generar los perfiles necesarios para, por ejemplo, innovar, adaptar y aplicar nuevas tecnologías orientadas a impulsar el desarrollo y crecimiento.

Las actuales urgencias planteadas a nivel global para desarrollar, adaptar e incorporar tecnologías para mitigar las emisiones de GEI y para adaptar los sistemas a las nuevas condiciones resultantes del cambio climático, están encontrando en las capacidades para el diseño de las políticas públicas adecuadas una barrera de notable magnitud. Esta situación revela que los saberes que sustentan las propuestas para salvar las barreras, quizás no sean los necesarios. Un mejor conocimiento y aplicación de nuevas herramientas, métodos y metodologías podría contribuir a un mejor abordaje de propuestas y políticas.

Se reitera que la capacitación es un proceso continuo, donde acciones discretas de corto plazo alimentan ese proceso sostenido en el tiempo. La agenda debe ser propia, domésticamente definida y, si es posible, financiada por recursos propios. El seguimiento y los indicadores de verificación de cumplimiento de objetivos debería formar parte del diseño del programa de capacitación de modo tal de garantizar que es posible evaluar la contribución del programa a la sustentabilidad.

Los diferentes actores involucrados en el proceso, dentro del sistema energético pero no solo en el mismo si se considera necesario, deberían estar identificados y establecido su papel como *sujetos* (fines) de la capacitación, así como *objetos* (medios) de la misma. En tal identificación, si se cuenta con recursos limitados, es importante definir prioridades y dirigir la capacitación hacia aquellos agentes que se considera que pueden brindar un mayor aporte al cumplimiento de los objetivos de largo plazo definidos.

Un marco favorable y un positivo aporte al desarrollo de capacidades pueden encontrarse en las redes existentes en la región o en la generación de nuevas redes institucionales. Los ejemplos de las redes existentes, motorizadas por OLADE, en eficiencia, renovables o acceso a la energía han demostrado ser un medio muy eficaz para compartir información, dilemas, problemas y propuesta de soluciones, en un mecanismo de cooperación horizontal que debería recibir un mayor soporte y aporte de la cooperación internacional.

Justamente, en relación a los fondos internacionales, el aporte de los entes de desarrollo regional debería focalizarse en instituciones y actores capaces de incorporar los cambios necesarios en los sistemas energéticos, superando los aportes y contribuciones focalizados en proyectos. El apoyo a instituciones permanentes y su fortalecimiento, especialmente –pero no solamente– a las que son objeto (medios) de capacitación, sería una contribución sólida al desarrollo y mantenimiento de capacidades en la región. En muchas oportunidades, los aportes asociados a proyectos enfatizan los aspectos de selección de tecnologías y, si contienen componentes de capacitación, están muy direccionados hacia las tecnologías objeto del proyecto. Las agencias multilaterales de asistencia al desarrollo, especialmente, deberían ampliar más el alcance de sus acciones, apoyando el desarrollo de capacidades para el diseño de políticas viables y factibles que contribuyan al desarrollo sustentable. Aspectos tales como la vinculación entre energía y pobreza, aspectos ambientales, no solo globales, sino también locales, la identificación de nichos tecnológicos que amplíen los efectos del desarrollo de la industria energética, el desarrollo de infraestructura u otros aspectos identificados como prioritarios por los países.

Finalmente, como principio rector, la identificación de necesidades de los países debería surgir de los propios países.

**Accesibilidad energética:** Capacidad del sistema energético para que el usuario final tenga acceso material a la energía.





# GLOSARIO

---



**Actores Intervinientes en el proceso de planificación:** Actores sociales que participan en las diferentes etapas del proceso, destacándose las entidades de carácter público en las etapas de formulación, control y revisión; y actores públicos o privados en la etapa de implementación.

**Ambiente:** Entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones. Conjunto, en un momento dado, de todas las condiciones e influencias a las cuales está sometido un sujeto u objeto.

**Análisis de sensibilidad:** Consiste en evaluar el impacto de la variación de un parámetro (dato de entrada) sobre los resultados. Por ejemplo, se puede evaluar el impacto de la variación en los precios de los combustibles sobre el costo nivelado de electricidad, en el caso de evaluar una termoeléctrica.

**Análisis energético global:** Elemento esencial del diagnóstico para la planificación energética, que supone una visión sistémica del sector energético, identificando los elementos cruciales para el proceso de planificación.

**Análisis prospectivo:** Constituye una herramienta tanto para la política como para el proceso de planificación energética. Se trata de un ejercicio de exploración de futuras trayectorias posibles del sistema energético analizado y sus condiciones de contorno.

**Análisis subsectorial de la planificación energética:** Al igual que el análisis global conforma un elemento esencial del diagnóstico para la Planificación y se trata de la caracterización detallada de cada una de las cadenas productivas que integran el sector energético, destacando las interacciones entre sus eslabones y las relaciones con otras cadenas productivas, así como los aspectos económico, sociales y ambientales.

**Asequibilidad energética:** Significa que la energía ofertada puede ser pagada por el usuario final.

**Balance eléctrico:** Resumen de los principales flujos del sector eléctrico en un período determinado como: demanda, intercambios, pérdidas, generación y consumo de combustibles.

**Balance energético:** Contabilización de los flujos energéticos de un país o región, incluye todas las fuentes energéticas y todos los procesos a que es sometida la energía.

**Biomasa:** Masa de materia orgánica no fósil de origen biológico que puede ser aprovechada con fines energéticos o de generación eléctrica. Aunque las distintas formas de energía de la biomasa se consideran siempre como renovables, debe señalarse que su índice de renovación es variable, ya que está condicionado por los ciclos estacionales y diarios de flujo solar, los azares climáticos y el ciclo de crecimiento de las plantas.

**Bloqueo tecnológico:** Expresión usada para calificar a las políticas, inversiones u otras acciones que impidan el desarrollo de tecnologías alternativas. La construcción de infraestructura convencional de alto costo de inversión y largo tiempo de vida útil, impide que tecnologías alternativas penetren en la matriz energética, inclusive cuando éstas ya sean viables económicamente, debido a que aún no se ha recuperado la inversión hecha sobre la infraestructura convencional.

**Bottom-up:** Análisis prospectivo energético, abordado con modelos para los cuales se debe disponer de información sobre los consumos de energía, desagregada a nivel de grupo homogéneo de consumidores, es decir: servicios energéticos, tecnología y fuente energética utilizada.

**Calidad de servicio:** En general se la define como la condición de tensión, frecuencia y forma de onda del servicio de energía eléctrica, suministrada a los usuarios de acuerdo con las normas y reglamentos aplicables.

**Capacidad de gestión:** Se refiere a la habilidad de los individuos y las instituciones para desarrollar e implementar decisiones y acciones de una forma efectiva, eficiente y sustentable y saber transmitir las, así como despertar el espíritu crítico constructivo frente a las propuestas que recibe.

**Capacidades del equipo de trabajo:** Aquellas que tienden a facilitar y favorecer los procesos de interacción y cooperación.

**Capacidades holísticas:** Observar los sistemas como totalidades. Requieren las competencias instrumentales e interpersonales, se precisan de capacidades que permiten al individuo tener la visión de un todo.

**Capacidades instrumentales:** Aquellas que tienen un carácter de herramienta con una finalidad de procedimientos adecuados

y conducentes.

**Carga en el pico, o punta:** Potencia demandada en las horas de máxima demanda.

**Cargas:** Demandas de potencia.

**Censo:** Contabilización de individuos que conforman una población estadística, definida como un conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones.

**Cogeneración:** Producción simultánea de energía eléctrica y térmica, utilizando un único combustible. Este tipo de producción combinada de electricidad y calor consigue una eficiencia energética muy superior a los sistemas tradicionales.

**Combustible fósil:** Los diversos carbones (autóctonos o importados), derivados del petróleo (gasóleo, fuelóleo, coque de petróleo,...) y el gas natural.

**Comercialización:** Actividad ligada a la compra de electricidad o combustibles al por mayor (por ejemplo, a una empresa generadora o en el mercado mayorista) y la vende al por menor (por ejemplo, a un consumidor cualificado). Es una actividad generalmente abierta a la competencia (precio de suministro libre + tarifa de acceso a la red).

**Comercialización de emisiones:** Método para controlar los gases de efecto invernadero de origen antrópico. Como consecuencia del Protocolo de Kioto, surgió un mercado de emisiones que permite a las empresas comprar y vender créditos de emisiones entre sí; quienes cubran su cuota obligatoria podrán vender su parte excedentaria y aquellos que la sobrepasen, comprarla.

**Comercializador:** Persona jurídica que tiene como función la venta de energía eléctrica a los consumidores que tengan la condición de cualificados o elegibles o a otros sujetos del sistema. Durante un periodo transitorio, la comercialización a tarifas integrales (consumidores NO cualificados) es realizada por los distribuidores de forma regulada.

**Construcción de viabilidad:** Se trata del proceso del análisis de la viabilidad del proceso de planificación y/o de la política energética, examinando la posible reacción de los principales actores sociales pertinentes.

**Consumo de energía:** Cantidad de energía que se utiliza en un sistema socio-económico.

**Contaminación:** Introducción directa o indirecta, mediante la actividad humana, de sustancias, vibraciones, calor o ruido en la atmósfera, el agua o el suelo, que puedan tener efectos perjudiciales para la salud humana o la calidad del medio ambiente, o que puedan causar daños a los bienes materiales o deteriorar o perjudicar el disfrute u otras utilidades legítimas del medio ambiente.

**Contaminante del aire:** Cualquier sustancia introducida directa o indirectamente por el hombre en el aire ambiente, que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana o el medio ambiente en su conjunto.

**Contextos políticos-institucionales:** Se trata de la caracterización de los periodos socio-históricos donde las políticas energéticas y la planificación respondieron a concepciones y/o modalidades marcadamente diferentes.

**Control y revisión del proceso de planificación:** Análisis de los posibles apartamientos de las acciones concretas de los actores que tiene a su cargo las acciones planificadas y las potenciales reformulaciones necesarias respecto de estrategias, instrumentos y metas.

**Corto plazo.** Tiempo menor al largo plazo, vinculado a la maduración parcial de la planificación y a la medición de resultados en el desarrollo de un plan, programa o proyecto específico. Entre 2 – 3 años. También vinculado a la “programación operativa” (un año). Periodo temporal en el cual los factores de producción no se alteran.

**Costo nivelado de electricidad:** Es el costo de la energía generada (USD/kWh) si se consideran todos los costos a lo largo del tiempo de vida útil de la planta de generación eléctrica. Se calcula conociendo la energía total y costos totales a lo largo de la vida útil de la planta, usando técnicas financieras para anualizar los costos.

**Costo plus:** Costo más un margen, utiliza una fórmula general que agrega un margen (Mark up) al costo base, como punto de partida de la decisión de fijación de precios.

**Curva de carga:** Representación gráfica de la evolución de la demanda de potencia en función del tiempo.

**Curva monótona u ordenada de carga:** Representación de la evolución de la potencia de un período ordenada de mayor a menor sin importar su momento de ocurrencia dentro del mismo.

**Datos exógenos:** Corresponde a las variables que son independientes en un modelo. Por ejemplo, en modelos de optimización para la expansión del parque generador de energía eléctrica, como el SUPER-OLADE o el MESSAGE, la demanda entra al modelo como dato, una vez que fue generada externamente.

**Daño ecológico:** Cualquier degradación física, química o biológica importante del Medio Ambiente.

**Decisiones robustas:** En caso de que se elijan dos escenarios bien contrastados y se encontrara que los conjuntos de decisiones de abastecimiento respectivamente resultantes tienen elementos comunes, las decisiones de inversión que forman parte de ambos conjuntos se denominan “decisiones robustas”.

**Demanda eléctrica:** Requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en Megawatts (MW) o kilowatts (kW). Cuando se generaliza el concepto demanda eléctrica a la cantidad de energía de un determinado período (GWh), se pierde la información temporal de la demanda instantánea.

**Desarrollo de capacidades:** Proceso de creación, movilización, mejora y conversión de habilidades y experiencia, instituciones y contextos para alcanzar los objetivos específicos, en este caso la implementación de adecuados procesos de planificación.

**Desarrollo sostenible (o sustentable):** Concepto que procura la reconciliación entre el crecimiento económico, los recursos naturales y la sociedad, para que en el largo plazo no se comprometa ni se degrade sustantivamente ni la vida en el planeta, ni la calidad de vida de la especie humana. Un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin menoscabar la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades (CMMAD, 1987).

**Despacho de carga:** Diagramación de la operación de las distintas unidades de generación de modo de satisfacer los requerimientos eléctricos proyectados, maximizando el objetivo planteado (generalmente el mínimo costo operativo total) y sujeto a las restricciones operativas del sistema y la disponibilidad de los recursos.

**Dimensión energética:** Ámbito o alcance dentro del cual una variable o grupos de variables caracterizan el estado energético de un país o región.

**Dimensiones de la sustentabilidad energética:** Ambiental; Constitucional/Legal; Cultural/Ambiental; Económica; Estratégica; Espacial/Territorial; Institucional; Material; Salud Humana y Animal; Seguridad; Social; Tecnológica; Temporal, sin que la lista pretenda ser exhaustiva.

**Disponibilidad:** Certeza de producir potencia a su plena capacidad en el momento preciso en que el despacho de carga se lo demande.

**Distribución:** Actividad dedicada a la distribución de energía eléctrica o combustibles, así como a la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones de distribución.

**Distribuidor:** Sociedad mercantil que tiene la función de distribuir energía eléctrica o combustibles, así como construir, operar y mantener las instalaciones de distribución destinadas a situar la electricidad o el combustible en los puntos de consumo y proceder a su venta a aquellos consumidores finales que adquieran la energía a tarifa o a otros distribuidores. Cada distribuidor tiene asignada una zona geográfica franquiciada en condiciones de monopolio (fuertemente regulada por el Estado). Las empresas distribuidoras están obligadas a brindar libre acceso a sus redes a cambio de unas tarifas de acceso reguladas por el Estado. Esto es de especial relevancia para un consumidor cualificado que sale de tarifa y prefiere contratar su suministro con una comercializadora diferente, con un generador o acceder libremente al mercado.

**Ecología:** En sentido muy amplio, es la ciencia que estudia las relaciones mutuas de los organismos con el medio ambiente, e investiga tanto la interrelación del organismo con el ámbito físico como con el biológico.

**Ecosistema:** Área o conjunto natural determinado. No es, en sus condiciones naturales, una entidad autónoma, estática y en equilibrio, aun en el caso de que sobre el mismo no incidan factores humanos. Su equilibrio es de tipo dinámico, existiendo un constante intercambio material y energético entre los materiales y las comunidades vivientes.

**Ecotasa:** Tasa establecida con fines específicos, como instrumento que permite materializar el principio de “quien contamina, paga”, internalizando los costos, es decir, incluyendo los que se originan por las medidas de protección del medio ambiente en el

coste total del proceso productivo de determinado bien o servicio.

**Efecto ambiental a corto, medio y largo plazo:** Aquel cuya incidencia puede manifestarse, respectivamente, dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años, o en período superior.

**Eficiencia energética:** Relación cuantitativa entre un desempeño productivo (bienes, servicios, energía) y las entradas de energía.

**Embalses hidroeléctricos:** obras de infraestructura construidas con el fin de almacenar agua para generación de energía eléctrica.

**Emisión:** Expulsión a la atmósfera, al agua o al suelo de sustancias, vibraciones, calor o ruido procedentes, de forma directa o indirecta, de fuentes puntuales o difusas de la instalación.

**Encuesta:** Es un estudio observacional en el que el investigador busca recopilar datos por medio de un cuestionario previamente diseñado, sin modificar el entorno ni controlar el proceso que está en observación.

**Energía:** La energía puede definirse como la capacidad de un sistema de producir una actividad externa o de realizar trabajo, usualmente se utiliza esta palabra para definir los portadores energéticos como electricidad, combustibles, vapor, aire comprimido y otros similares.

**Energía Bruta:** Es la Energía total consumida por un sistema energético. Es decir incluye todas las pérdidas de transformación, transporte, transmisión y distribución.

**Energía final:** Cantidad de energía que ingresa a la unidad de consumo (hogar, establecimiento, vehículo, etc.). Es decir la que satisface las necesidades de los sectores de consumo. Se trata de la Energía Neta menos el Consumo del propio Sector Energético.

**Energía Neta:** Es la Energía Bruta a la que se le han deducido todas las pérdidas de transformación, transporte, transmisión y distribución.

**Energía renovable:** Corresponde a la energía procedente de fuentes de energía renovable, tales como la solar, la hidroeléctrica, la eólica y la biomasa, que constituyen un flujo. En su uso, la emisión de CO<sub>2</sub> es nula, o en el caso de la biomasa, neutra.

**Energía útil:** Se obtiene restando al consumo de energía final o neta las pérdidas en los artefactos y equipos de utilización de los consumidores finales.

**Enfoques del proceso de planificación:** Atendiendo a las etapas socio-históricas tuvieron vigencia diferentes concepciones de la intervención política y/o de planificación, pasando del enfoque normativo, al indicativo, la negación total de dicha intervención y la necesidad de una planificación estratégica.

**Equipo de formulación de política:** Se trata de los encargados de la formulación de la propuesta inicial de la política energética.

**Equipo de proyecto:** Grupo de especialistas dedicado plenamente a la tarea de construcción de escenarios. Uno de ellos tiene que estar investido como "líder del proyecto".

**Escenario de planificación:** Construcción imaginativa del contexto estructural relevante que enmarcará la realidad energética bajo estudio, en un determinado horizonte futuro. Es una construcción hipotética, basada en hipótesis de comportamientos estructurales racionalmente posibles. Expresión resumida y simple, pero de elaboración compleja, que define posibilidades y no probabilidades de ocurrencia. Permite reducir la incertidumbre en la toma de decisiones.

**Escenario de ruptura:** Es el que asume una discontinuidad en una o más de las variables significativas. No es necesariamente un concepto negativo.

**Escenarios de continuidad:** Son los que se pueden construir mediante una proyección razonable de las tendencias del presente. En ellos pueden existir ciertas discontinuidades que no llegan a conmovir variables significativas.

**Escenarios evolutivos:** Incluyen algunas perspectivas sustentadas sobre desempeños históricamente atípicos, **sin** llegar a considerarse como "de ruptura".

**Espacio de soluciones:** Es el conjunto de soluciones posibles resultante de la proyección de las variables relevantes que

conformarán los escenarios.

**Estrategia:** Indica el cómo se pretende transitar desde la situación de partida hacia el correspondiente objetivo que define la situación deseada.

**Evaluación ambiental estratégica:** Es un instrumento de apoyo para la incorporación de la dimensión ambiental a la toma de decisiones estratégicas, las que usualmente se identifican con políticas, estrategias, planes o programas, y como tal es un procedimiento de mejora de estos instrumentos de planificación.

**Evaluación de impacto ambiental:** Es el proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de realizarse, con el fin de establecer su aceptación, modificación o rechazo.

**Expansión:** Indica una previsión de la composición de la matriz energética futura, se relaciona directamente con la evolución de la infraestructura energética (capacidad a instalarse) y el flujo de inversiones. Usualmente la expansión atiende a criterios tales como mínimo costo, diversificación de la matriz energética, aprovechamiento racional y eficiente de los recursos, seguridad energética, etc.

**Factor de carga:** Cociente entre consumo de un período y el máximo consumo que hubiera sido posible considerando que la carga máxima del pedido transcurriera durante todo el mismo.

**Factor de planta (o de utilización):** Cociente entre la energía producida y la máxima que hubiera sido posible operando a plena potencia durante un período, generalmente un año.

**Frecuencia de formulación de la planificación:** Así como las características de las entidades de las oficinas encargadas de la planificación, la frecuencia de su formulación es diferente en los distintos países. Sin embargo lo más usual es una frecuencia quinquenal.

**Fuente de emisión:** Fábrica, hogar, instalación, planta de combustión, vehículo, etc. que emite contaminantes al aire con frecuencia, sin descartar posibles contaminaciones de las aguas y de los suelos.

**Gas natural:** Mezcla de hidrocarburos gaseosos (principalmente metano) que provienen de yacimientos subterráneos y cuya producción puede estar asociada con la del petróleo.

**Gases de Efecto Invernadero:** Son gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria. Esos gases contribuyen de forma neta al incremento del efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y de forma sustancial, por la cantidad de moléculas del gas presentes en la atmósfera. Los GEI son: Vapor de agua (H<sub>2</sub>O), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>), Clorofluorocarbonos. Numerosos científicos han advertido que el calentamiento del planeta viene provocado por estos gases que se producen principalmente por la quema de combustibles fósiles, como petróleo, gas natural y carbón, para la producción de energía eléctrica o el consumo final de energía.

**Gestión de la demanda:** Acciones o medidas tendientes a reducir la concentración de demandas en una franja horaria determinada de modo de aumentar el factor de carga del sistema.

**Grandes instalaciones de combustión:** Denominación muy general que comprende desde plantas de incineración hasta centrales termoeléctricas.

**Hidroelectricidad:** Es la que aprovecha las corrientes de agua y desniveles (caídas de agua) para transformarla en energía hidráulica; con ésta se genera energía mecánica (turbinas), la que sirve para producir energía eléctrica.

**Horizonte:** Corresponde al límite temporal para el cual son construidas las proyecciones y/o escenarios, indica el fin del período de estudio.

**Imagen objetivo:** Caracteriza a la situación deseada por el hacedor de la política energética y que supone la definición de los objetivos que se pretende alcanzar con la intervención política.

**Impacto ambiental:** Cualquier cambio en el ambiente natural o humano, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos o servicios de una organización.

**Implementación del proceso de planificación:** Se trata de examinar cuáles son los actores encargados de ejecutar las acciones específicas del proceso y su racionalidad, confrontada con los objetivos estratégicos que se propone el proceso de planificación.

**Incertidumbre:** Es el grado de desconocimiento o falta de información, porque existen desacuerdos sobre lo que se sabe o podría saberse. Es la falta de conocimiento exacto sobre el valor futuro o el comportamiento de una determinada variable.

**Indicadores:** Se trata de la cuantificación de grado de cumplimiento de las metas definidas con relación a cierto objetivo específico establecido para la política energética y/o para el proceso de planificación o de una información cualitativa vinculada a los aspectos institucionales de este último proceso.

**Inmisión:** Concentración de contaminantes en la atmósfera a nivel del suelo (ambiente), tanto de ruido, vibraciones, luz, calor y radiaciones como de otros factores del medio ambiente a los cuales están expuestos los seres humanos, los animales, las plantas y los materiales.

**Instrumento:** Elemento que proporciona operatividad a una línea estratégica relacionada con un determinado objetivo específico e indica el “por medio de qué” se realiza el tránsito desde el problema actual hacia el mencionado objetivo.

**Integración de planes:** Es la tarea que consiste en analizar los planes y proyectos económicos, sociales y ambientales y enmarcar en ellos las hipótesis sobre las variables a considerar para la construcción de escenarios destinados a la Planificación Energética.

**Intensidades energéticas o consumos específicos:** Consumo de energía final por unidad de variable explicativa.

**Interconexión:** Conexión eléctrica entre dos áreas de control, donde generalmente puede cuantificarse el flujo. Término comúnmente utilizado para los vínculos internacionales de intercambio eléctrico.

**Largo plazo.** Comprende los tiempos de maduración de los proyectos de inversión típicos para la expansión de la capacidad de los sistemas energéticos que se planifican. Periodo temporal en el cual todos los factores de producción pueden variar.

**Ley:** La norma aprobada por las Cortes, sometida a sanción por el Presidente del Gobierno y sancionada, promulgada y ordenada su publicación para ser publicada por el Boletín Oficial del Estado.

**Matriz de reacción:** Es una matriz que traduce de modo cualitativo la reacción de los actores sociales ante la propuesta de política y/o las acciones previstas en el proceso de planificación.

**Mediano plazo.** Intermedio entre el largo y corto plazo.

**Mediciones fijas:** Las mediciones de contaminantes realizadas en lugares fijos, ya sea de forma continua o mediante un muestreo aleatorio, siendo el número de mediciones suficiente para determinar los niveles observados.

**Mejores técnicas disponibles:** La fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea posible, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente y de la salud de las personas.

**Mercado mayorista de electricidad:** Es un mercado organizado y libre. El primero funciona en base a ofertas de compra-venta de energía que realizan los agentes del mercado (generadores, distribuidores, comercializadores, agentes externos y consumidores cualificados). El segundo, mediante contratos bilaterales físicos entre productores o agentes externos y consumidores cualificados o también agentes externos.

**Mercado spot de electricidad o mercado de contado:** Mercado en el que la entrega física de electricidad negociada se realiza de inmediato o en los dos próximos días de la contratación y simultáneamente al pago en efectivo. Mercado al contado de materia primas.

**Meta:** Define de manera cuantitativa los logros parciales relativos a un objetivo específico.

**Método analítico:** Se caracteriza precisamente por fundarse en un enfoque estructural, esto es que se trata de diferenciar los conjuntos de los consumidores en función de un conjunto de factores espacio-ambientales, socio-espaciales, condiciones de abastecimiento energético y condiciones sociales.

**Método Delphi:** Es una técnica para la selección de escenarios que consiste en la evaluación ex-ante de un conjunto de condiciones asignando franjas de verosimilitud a distintos parámetros para inferir la posibilidad de ocurrencia de determinados



eventos. Trata de expresar en un orden cuantitativo las apreciaciones y preferencias de un grupo de personas sobre el conjunto de escenarios previamente construidos.

**Modalidades o tipos de capacitación:** Diferentes formas en las que pueden implementarse acciones de capacitación. Intensiva; extensiva; presenciales; semi-presenciales; a distancia; por países; regionales; abocados a temas específicos; cursos cortos; seminarios y talleres.

**Modelo integrado:** Es un modelo multisectorial en donde cualquier variación en uno de sus sectores afecta/incide también sobre los otros sectores modelados. Se modela varios sectores (por ejemplo, energía, uso del suelo, etc.) y subsectores (por ejemplo, subsectores energéticos como electricidad, petróleo y gas, refino, biocombustibles, transporte, etc.). Generalmente se modela toda la cadena energética de cada energético. De esta forma es posible, por ejemplo, seleccionar la combinación óptima de las fuentes energéticas para la atención de la demanda por energía útil. Los resultados de los modelos subsectoriales sirven como datos de entrada para modelos integrados.

**Modelo sectorial/subsectorial:** Un modelo sectorial es la representación de un sector de la economía, por ejemplo, el sector de energía. Se habla de modelos subsectoriales cuando se hace referencia a segmentos del sector energía, por ejemplo, electricidad, petróleo y gas, refinería, biocombustibles, etc.

**Modelo de equilibrio general:** Son modelos que garantizan que toda la demanda de los sectores consumidores es satisfecha por la oferta, durante el horizonte, incluyendo en el análisis además de la oferta interna la posibilidad de importaciones y exportaciones. En estos modelos la oferta y demanda son endógenas, y una variación en la configuración de la oferta puede significar también un cambio en los valores de demanda. Generalmente se trata de modelos del tipo matriz insumo – producto, y garantizan la consistencia intersectorial.

**Modelo de equilibrio parcial:** Dada una demanda exógena, este tipo de modelo busca el equilibrio apenas por el lado de la oferta, lo cual da lugar al nombre de “equilibrio parcial”. Estos modelos no garantizan consistencia intersectorial, pues alteraciones en la configuración de la oferta no repercutirán sobre los valores de la demanda. Permiten evaluar la evolución de la oferta de energía (expansión de la matriz energética) dada la evolución en la demanda por energía (en el medio y largo plazo) en un escenario que describe la evolución hipotética de diversos factores económicos, sociales y tecnológicos.

**Modelos de planificación energética:** Son instrumentos o herramientas que permiten modelar sistemas energéticos, ya sea apenas una tecnología o toda la cadena de transformación de energía, desde la extracción de las fuentes energéticas hasta su uso final, a lo largo de la producción, transformación, transporte, distribución y almacenamiento. Los resultados generados sirven como insumo para la toma de decisiones durante el proceso de planificación energética propiamente dicho.

**Modelo econométrico:** Son modelos que usan herramientas estadísticas para explicar una variable dependiente o endógena, por ejemplo demanda de energía, en función de otras variables llamadas independientes o exógenas, por ejemplo PIB, población, etc.

**Modelo paramétrico:** Se llama modelo paramétrico a aquellos que analizan una tecnología o sistema de energía con elevado grado de detalle, llegando a analizar cada parámetro técnico, económico y ambiental de forma particular. Modelos paramétricos simulan en detalle los componentes de una planta o infraestructura energética, por ejemplo, el modelo de un sistema fotovoltaico considerará la inclinación del panel, la orientación, la eficiencia del panel, el tipo de célula fotovoltaica, etc.

**Modificadores:** Son aquellos factores que podrían alterar cuantitativa y cualitativamente los escenarios que sirven de base para la adopción de soluciones prospectivas en el ámbito energético.

**Módulos homogéneos:** Grupos más o menos amplios de conjuntos de consumidores que presentan la característica razonable de semejanza por lo que se refiere a sus requerimientos tanto por lo que respecta a sus condiciones presentes como en el comportamiento dinámico hacia el futuro.

**Nivel de emisión:** Cantidad de contaminante emitido a la atmósfera por un foco fijo o móvil, medido en una unidad de tiempo.

**Nivel de inmisión:** Cantidad de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos, medidos por unidad de volumen de la capa de aire hasta una altura de dos metros desde el suelo.

**Normas de calidad ambiental:** Conjunto de requisitos establecidos por la normativa aplicable que deben cumplirse en un momento dado en un entorno determinado o en una parte determinada de éste.

**Objetivo:** Situación que se pretende alcanzar con la intervención política. Constituye uno de los elementos de la imagen objetivo.

**Opciones reducidas y abarcadoras:** Son los escenarios –no más de dos o tres- que el equipo de proyecto selecciona para exponer las visiones futuras sobre las que se recomienda desarrollar la estrategia. Los escenarios obtenidos permiten elaborar planes y sus alternativas. La selección no necesariamente conlleva una jerarquización; en algunos casos se opta por seleccionar dos, un escenario básico, tendencial, y una alternativa superadora. En todo caso, los escenarios seleccionados deben ser contrastables.

**Operación:** El término operación es usado para describir el funcionamiento del actual sistema energético en el corto plazo. En el caso de sistemas eléctricos, se relaciona a la planificación diaria para el despacho de las plantas generadoras de electricidad.

**Optimización:** Consiste en maximizar o minimizar una función objetivo sujeto a algunas restricciones. En el caso particular de un sistema energético, esta técnica es usada para optimizar la expansión, operación y/o inversión. La optimización guía a una combinación de tecnologías “preferidas” (o a la asignación de los factores de producción) en relación a las metas de optimización escogidas (por ejemplo, menor costo o máximo consumo privado) sujeto a ciertas restricciones (por ejemplo, capacidad de inversión máxima que se puede modelar como una restricción de capacidad a instalar máxima, niveles impositivos, etc.). Las herramientas matemáticas de optimización comúnmente usadas son programación lineal (PL) y programación dinámica dual (PDD).

**Parámetro:** Es el dato que se considera imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.

**Parte interesada:** Individuo o grupo relacionado o afectado por las actuaciones ambientales de una organización.

**Pérdidas en la red:** Son las mermas de energía eléctrica que se producen por su transporte y distribución principalmente debido al efecto Joule de disipación en los conductores en forma de calor.

**Perfect foresight:** Expresión usada para indicar la evolución óptima de un sistema energético hasta el final del horizonte a través de un único camino óptimo. Este camino óptimo variará en función del horizonte de análisis.

**Petróleo:** Mezcla de hidrocarburos y de otros componentes de carbono e hidrógeno y, en menor cantidad, de azufre, de nitrógeno, de oxígeno y con la presencia de otros elementos (Ni, V, etc.). Se encuentra en depósitos subterráneos en estado líquido, impregnando rocas permeables y porosas, generalmente sometido a fuertes presiones.

**Planificación energética:** Proceso de especificación y concreción operativa de la política energética de la que constituye una herramienta fundamental para el logro de los objetivos plantados.

**Planificación estratégica:** Se trata de un enfoque que tiene un carácter vinculante en el sentido de definir un conjunto de acciones que deben ser realizadas, ya sea por los actores operantes del sistema y/o por la acción subsidiaria del Estado directamente y/o por medio de sus empresas públicas.

**Planificación Integrada de los Recursos (PIR):** La PIR es una forma amplia de la planificación que involucra el análisis de oferta de mínimo costo y opciones de gestión de la demanda. Este abordaje considera los costos directos e indirectos, usa análisis multi criterio, examina los beneficios o impactos socioeconómicos y ambientales de la gestión y estudia la expansión de la oferta por medio de escenarios alternativos. Adicionalmente, para el PIR la participación comunitaria durante la planificación, toma de decisiones y proceso de aplicación es un componente importante.

**Potencia:** Cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un instante de tiempo determinado.

**Predicción (estadística):** Se refiere a la estimación de series temporales o datos instantáneos (más general que pronóstico).

**Prospectiva:** Herramienta que permite reducir el grado de incertidumbre en los procesos de decisión.

**Prospectiva energética:** Es la exploración de posibilidades futuras de satisfacer las necesidades energéticas de un país o región basándose en indicios presentes.

**Proyecto:** Todo documento técnico que define o condiciona de modo necesario, particularmente en lo que se refiere a la localización, la realización de construcciones y de otras instalaciones y obras, así como otras intervenciones en el medio natural o en el paisaje, incluidas las destinadas a la explotación de los recursos renovables o no renovables.

**Renovables:** Se refiere de modo abreviado a las fuentes de energías de carácter renovable.

**Reserva de potencia:** Potencia excedente por sobre la demanda máxima de un determinado período considerando sólo las

unidades disponibles en servicio (sin las indisponibilidades programadas o forzadas). Generalmente expresado en términos porcentuales respecto a la demanda máxima.

**Resiliencia energética:** Capacidad de un sistema energético para absorber impactos/contingencias, y de dar respuesta rápida a interrupciones en la provisión de los servicios energéticos. Cuando se refiere a sistemas eléctricos, se trata de la capacidad para recuperarse rápidamente de fallas o eventualidades en la operación.

**Servicios energéticos:** Actividades y sus resultados que se relacionan con el uso de energía para satisfacer las necesidades finales o productivas.

**Simulación:** Es una técnica usada cuando el objetivo es realizar evaluaciones paramétricas, e inclusive econométricas, de escenarios energéticos y/o tecnológicos, sin el objetivo explícito de asignación óptima de los recursos.

**Situación de partida de la política energética:** Constituye una caracterización de los principales problemas que debe enfrentar la política energética.

**Situaciones problema:** Se trata de los elementos que conforman el Diagnóstico para Política y que definen la situación de partida de la formulación de la política energética. La política pretende intervenir sobre ellas intentando superarlas.

**Tensión:** Es la magnitud que determina el potencial de circulación de corriente entre dos puntos, cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt; (V) la tensión residencial puede ser de 110 V o 220 V.

**“Top-Down”:** Análisis basados en modelos de equilibrio general y son, en teoría, siempre consistentes, sin embargo, no permiten per se análisis detallados al nivel de cada tecnología de una cadena energética. Trata el progreso técnico de forma agregada. Las ganancias potenciales de eficiencia energética tienden a ser subestimadas.

**Usos de la energía:** Son las necesidades que viene a satisfacer el consumo de energía (iluminación, calor, fuerza motriz, frío, etc.), también se los llama servicios energéticos o usos finales.

**Valor límite:** Nivel que no debe superarse, fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente en su conjunto.

**Valores límite de emisión:** La masa o la concentración máxima de una emisión, cuyo valor no debe superarse dentro de uno o varios periodos determinados.

**Variables exógenas:** Son previsiones externas al sector, aunque también pueden formar parte de los escenarios, conformando grupo de parámetros exógenos. Pueden ser cuantitativas, como población, PIB, precios; o cualitativas, como tecnología, penetración de nuevas fuentes, uso racional, etc.

**Variables significativas:** Son las variables exógenas que tienen mayor incidencia y por lo tanto permiten reflejar más adecuadamente los fenómenos que se quieren representar.

**What if:** Es un ejercicio narrativo de la construcción de futuros posibles o escenarios, en donde se prueba qué pasaría si ...?



# BIBLIOGRAFÍA

---

- Acquatella, Jean. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina, CEPAL, GTZ. (2008). *Energía y cambio climático: oportunidades para una política energética integrada en América Latina y El Caribe*. Documento de Proyecto.
- Alfonso Muñoz, D. Yecid. (2012). *Optimización de recursos energéticos en zonas aisladas mediante estrategias de suministro y consumo*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Alter, S. L. (1980). *Decision support systems: current practice and continuing challenges*. Reading, Mass, Addison-Wesley Pub.
- Alvarado, F. (2008). *Planificación energética en Costa Rica*. OLADE: Proyecto energético de América Latina y El Caribe. Escenarios al 2032. Costa Rica.
- Álvarez G. (2012). *Los CKD'S un mecanismo para el financiamiento de proyectos de infraestructura en México*. Pp. 70-74. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ander Egg, E (1995). *Introducción a la planificación*. Editorial Lumen, Buenos Aires.
- Ander-Egg, E. (1995). *Técnicas de investigación social* (Vol. 24). Editorial Lumen, Buenos Aires.
- Antezana, Pablo. (2012). *Diseños para el fortalecimiento de la democracia y la gobernabilidad democrática en AL. El análisis político y la construcción de escenarios prospectivos*. Escuela Virtual PNUD.
- Aramayo, O, (2005). *El Deseo*. Universidad de Chile. Santiago.
- Aramayo, O. y Candia, R. *Manual de planificación estratégica*. Diplomado “Comunicaciones, Políticas Públicas y Estrategias de Desarrollo”. Universidad de Chile, Instituto de la Comunicación e Imagen.
- ARECA. (2012). *Análisis comparativo del marco regulatorio, incentivos y sistema tarifario de precios existentes, para la compra/generación de electricidad de plantas de energía renovable en Centroamérica y Panamá*. [www.proyectoareca.org](http://www.proyectoareca.org)
- Argonne National Laboratory – ANL. (2007). *Analyzing the potential for natural gas imports to Uruguay*. Energy, Environmental & Economic Analysis.
- Argonne National Laboratory – ANL. (2008). *Energy and power evaluation program (ENPEP). Brief model overview*.
- Argonne National Laboratory – ANL. (2013). *Energy and power evaluation program (ENPEP-BALANCE). Decision and information sciences*.
- Armijo M. (2009). *Manual de planificación estratégica e indicadores de desempeño en el sector público*. ILPES/CEPAL. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública.
- Arriagada G. Inter-American Dialogue of Interamerican Development Bank, IADB. (2010). *Energy policy in Latin America: the critical issues and choices*. Working paper. [www.thedialogue.org](http://www.thedialogue.org)
- Asociación de Generadores de Energía Eléctrica de Argentina, AGEERA. *Proyecto escenarios energéticos Argentina 2030. (Propuesta Junio 2012)*.
- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, ANFAVEA. (2011). *Anuario da industria automobilística brasileira 2011*.
- Bajay, S. V. y Leite, A.A.F. (2004). *Planejamento integrado de recursos no âmbito de bacias hidrográficas no Brasil*. Anais X Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro.
- Bajay, S. V. y Leite, A.A.F. (2004). *Planejamento integrado de recursos no âmbito de bacias hidrográficas no Brasil*. Anais X Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro.
- Bakovic, T., Tenenbaum, B. W., & Woolf, F. (2003). *Regulation by contract: A new way to privatize electricity distribution?* (Nº 7). World Bank Publications.



Balajka, J. (2001). *Kyoto flexible mechanism in EEC – Case Slovakia*. Presented at the Workshop on Joint Implementation in CEE at the Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC), Szentendre, Hungary, Profing s.r.o., April 18-19, 2001.

Bambirra Vania. (1973). *Capitalismo dependiente Latinoamericano*. Cuadernos CESO, Santiago de Chile.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Centro Interamericano de Administraciones Tributarias (CIAT). Washington, D.C. (2012). *Carga fiscal en América Latina y El Caribe, Base de datos 1990–2010*. Base de datos N° IDBDB-101: BID. [www.iadb.org/en/research-and-data/publication-details.3169.html?pub\\_id=IDB-DB-101](http://www.iadb.org/en/research-and-data/publication-details.3169.html?pub_id=IDB-DB-101) .

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2000). *Estrategia para el sector de energía*. <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1441500>

Banco Interamericano de Desarrollo, BID. (2009). *Acceso al servicio de la electricidad y la pobreza en AL&C*. Presentación al Centro Global para el Desarrollo y la Democracia - São Paulo.

Banco Interamericano de Desarrollo, BID. (2013). *Recaudar no basta. Los impuestos como instrumento de desarrollo*. [www.fondodeculturaeconomica.com](http://www.fondodeculturaeconomica.com).

Banco Mundial. (2011). *Latin America and the Caribbean's long-term growth. Made in China?*.

Batista J. (2009). *El condicionamiento al capital externo como instrumento para la implementación de reformas neoliberales en América Latina: la aplicación del Consenso de Washington en Argentina*. Pp. 4-16. Bogotá D.C.: Facultad de Relaciones Internacionales.

Batista J. (2009). *El condicionamiento al capital externo como instrumento para la implementación de reformas neoliberales en América Latina*. Facultad de Relaciones Internacionales. Colombia.

Battle, C. y Barroso, L.A. Center for Energy and Environmental Policy Research (2011). *Review of support schemes for renewable energy sources in South America*.

Bendlin C. (2000). *Curso de Planificación Estratégica*, tomado de Aramayo y Candia.

Bendlin C. (2000). *Curso de Planificación Estratégica*; tomado de Aramayo (Univ. Chile).

Berglund, C. y Söderholm P. (2006). *Modeling technical change in energy system analysis: analyzing the introduction of learning-by-doing in bottom-up energy models*. Energy Policy, V 34, 12, 1344-1356.

Berglund, C. y Söderholm P. (2006). *Modeling technical change in energy system analysis: analyzing the introduction of learning-by-doing in bottom-up energy models*. Energy Policy, v 34, 12, pp. 1344-1356.

Betancourt F. (2010). *Plan energético nacional*. Pp. 4-5. República Dominicana.

Bhattacharyya Subhes C. (2011). *Energy economics. Concepts, issues, markets and governance*. Springer – Verlag, London.

Billinton, R. & Allan, R. (1996). *Reliability evaluation of power systems*. Plenum Press, ISBN: 0-306-45259-6, 2<sup>nd</sup> Edition, USA.

Bohringer, C. (1998). *The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling*. Energy Economics 20, 233-248.

Bohringer, C. (1998). *The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling*. Energy Economics 20, pp. 233-248.

Borba, B. S. M. C. y et al. (2012). *Plug-in hybrid electric vehicles as a way to maximize the integration of variable renewable energy in power systems: The case of wind generation in northeastern Brazil*. Energy 37, pp. 469-481.

Bouille, D. Fundación Bariloche. (2004). *Economía de la Energía*.

Bouille, D. y et al. Fundación Bariloche. (2000). *Electric power options in Argentina*. Disponible en: [http://www.c2es.org/docUploads/pol\\_argentina.pdf](http://www.c2es.org/docUploads/pol_argentina.pdf).



Bouille, Daniel H. Fundación Bariloche, FB. (2007). *Proceso de consulta y evaluación de capacidades nacionales y prioridades institucionales. Versión final*. Elaborado para el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN de El Salvador para el proyecto: Elaboración del inventario de capacidades nacionales y de lecciones aprendidas en el marco de la Comunicación Nacional Inicial, y desarrollo de la propuesta de proyecto para la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático en El Salvador.

Bouille, Daniel H. Fundación Bariloche, FB. (2008). *Economía de la energía*.

Bouille, Daniel y McDade Susan (2002). *Capacity development en energy for sustainable development: A policy agenda*.

Bresser L. (1991). *La crisis de América Latina: ¿Consenso de Washington o crisis fiscal?*.

British Petroleum. (2013). *BP's energy outlook 2030*.

Cadena, Ángela Inés. Universidad de los Andes. (2007). *La política energética colombiana y los retos de coordinación*. En: Revista de Ingeniería N° 25, Mayo de 2007, pp. 104-113.

Campódonico H. (1999). *La industria del gas natural y su regulación en América Latina*. Revista de la CEPAL 68, pp. 135-152.

Cardoso H. y Faletto Enzo. (1969). *Dependencia y desarrollo en América Latina*, Siglo XXI, México.

Casilda R. (2004). *América Latina y el Consenso de Washington*. Boletín Económico de ICE N° 2803. Pp. 19-38.

Castaño Duque, Germán Albeiro. Dirección Nacional de Innovación Académica. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. *Seminario de teoría administrativa*.

Cenergía y Fundación Bariloche. (2009). *Estrategia para el desarrollo del sector energético del Perú*. Pp. 67 –250.

Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, CEPLAN. Perú. (2012). *Planeamiento estratégico en el Perú al 2021*.

Chandler, W. y et al. (1998). *China's Electric Power Options: An Analysis of Economic and Environmental Costs*.

Chavez Rodriguez, M.F. y et al. (2013). *Potencial de aproveitamento de painéis fotovoltaicos nos sistemas isolados da Amazônia: Brasil, Bolívia, Colômbia e Peru*. XV Congresso Brasileiro de Energia – CBE.

Cinda- Ministerio de Educación Chile (2000). *Las nuevas demandas del desempeño profesional y sus implicancias para la docencia universitaria*.

CMUR, University of Warwick. (2005). *Regulation and sustainable energy: Introductory course*. REEEP.

Codoni, R., Park, H. C., & Ramani, K. V. (1985). *Integrated energy planning—A Manual-Volume I, II, & III*. APDC, Kuala Lumpur, Malaysia.

Comisión de Economía, Ambiente y Desarrollo Sustentable, CEADS, del Foro Bariloche para la Educación Superior, las Ciencias, las Tecnologías y las Culturas. (2011). *Elementos para el diseño de la política energética de la Provincia de Río Negro*. (La Comisión está integrada por Fundación Bariloche, CONICET, Centro Atómico Bariloche, y el Instituto de Formación Docente Continua Bariloche).

Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). (2013). *Integración eléctrica en América Latina: antecedentes, realidades y caminos por recorrer*. Documento de Proyecto. [http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/6/49296/P49296.xml&xsl=/publicaciones/ficha.xsl&base=/publicaciones/top\\_publicaciones.xsl](http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/6/49296/P49296.xml&xsl=/publicaciones/ficha.xsl&base=/publicaciones/top_publicaciones.xsl)

Comisión Económica para América Latina, CEPAL y Secretaría General del Sistema de Integración Centroamericano, SIC, (2007). *Estrategia energética sustentable Centroamericana 2020*. Distrib. Limitada.

Comisión Económica para América Latina, CEPAL, Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, y GTZ. (2003). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y El Caribe. Guía para la formulación de políticas energéticas*. Santiago de Chile.

- Comisión Económica para América Latina, CEPAL. (1990). *Transformación productiva con equidad*. Santiago de Chile.
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL. (2004). *Fuentes renovables de energía en América Latina y El Caribe: Situación y propuestas de políticas*.
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL. (2007). *Estrategia energética sustentable centroamericana 2020*.
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL. (2009). *Guía para la evaluación ambiental estratégica*. Documento de Proyecto.
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL. (2012). *El financiamiento de la infraestructura. Propuesta para el desarrollo sostenible de una política sectorial*. Rozas Balbotín et al.
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL. *Desarrollo productivo en economías abiertas. Capítulo 6: Políticas para promover la innovación y el desarrollo tecnológico*. Pp. 211-236.
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL. México. (2010) *Gráficos vitales del cambio climático para América Latina y El Caribe. Edición especial para la CP16/CP-RP 6*. (En base a Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0", Washington, D.C. Disponible online: [http://www.grida.no/files/publications/LAC\\_Web\\_esp\\_2011-01-04.pdf](http://www.grida.no/files/publications/LAC_Web_esp_2011-01-04.pdf))
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNE. Chile. (2012). *Perspectiva de los planes de expansión*. 2da. Edición.
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE. (2009). *Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2008-2022*.
- Comisión Nacional de Energía, CNE y Universidad de Chile (2008). *Proyección de demanda energética global nacional de largo plazo*.
- Comisión para la Cooperación Ambiental, CCA. (2010). *Recursos de capacitación en energía renovable: estudio y evaluación*.
- Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC. (2007). *Plan maestro de electrificación del Ecuador 2007-2016*.
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., & Leahy, M. (2010). *A review of computer tools for analyzing the integration of renewable energy into various energy systems*. Applied Energy, 87 (4), pp. 1059-1082.
- Consejo Asesor de Estrategia Energética. 2008. *La política energética argentina; elementos para el planeamiento energético. Argentina*.
- Consejo de Electrificación de América Central, CEAC. (2014). *Estudio de costos estándares de la industria eléctrica*. <http://www.ceaconline.org/>.
- Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC. Ecuador. *Plan maestro de electrificación del Ecuador 2007 – 2016*.
- Convención Marco sobre Cambio Climático Naciones Unidas, sitio web, ultimo acceso 20/10/2013. [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/la\\_convencion/items/6196.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php).
- Corporación Andina de Fomento, CAF. (2011). *La infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. Diagnóstico estratégico y propuestas para una agenda prioritaria*.
- Corporación Andina de Fomento, CAF. (2013). *Energía. Una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y El Caribe*. Documentos de trabajo. Borradores para discusión y análisis, 7 tomos, en [http://www.caf.com/custom\\_static/agenda\\_energia/index.html](http://www.caf.com/custom_static/agenda_energia/index.html).
- Corporación Andina de Fomento, CAF. (2013). *Energía: una visión sobre las oportunidades y los retos para América Latina: marco institucional y análisis de la regulación*. Documento de Trabajo.
- Costa, C. F. (2009). *Fontes renováveis de energia para a Estação Antártica Comandante Ferraz da Marinha do Brasil*. Tesis de maestría. Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ.

- Costa, R. C. D. (2001). *Do model structures affect findings? Two energy consumption and CO<sub>2</sub> emission scenarios for Brazil in 2010*. Energy policy, 29 (10), pp. 777-785.
- Crousillat, E., Merrill, H. Washington, D.C. 1992. *The trade-off/risk method: A strategic approach to power planning. Industry and energy Department Working Paper*. Energy Series Paper No. 54.
- D'Sa, A. (2005). *Integrated resource planning (IRP) and power sector reform in developing countries*. Energy Policy 33, pp. 1271-1285.
- Daniel P. Keen M. y McPherson C. Nueva York: Routledge. (2010). *The taxation of petroleum and minerals: Principles, problems and practice*.
- De Dicco R. (2013). *Avances del plan energético nacional 2004-2019*. Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentina.
- Denes, M. Buenos Aires. (2001). *El desafío del Siglo XXI. Estudio sobre las tendencias, políticas y posibilidades del próximo siglo*. Primera edición.
- Department of Energy (DOE). Estados Unidos. (2000). *Interlaboratory working group on energy-efficient and clean energy technologies*.
- Di Sbroiavacca, N. Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2011). *Metodología y prospectiva a partir de escenarios energéticos (2008-2030) realizados con el modelo LEAP: El caso de PARAGUAY*. CEPAL.
- Di Sbroiavacca, N. (2011a). *El Modelo LEAP, principales características y especificación para la prospectiva energética*. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/52769253/El-Modelo-LEAP-Presentacion-Colombia-2011>.
- Di Sbroiavacca, N. (2011b). *Metodología y prospectiva a partir de escenarios energéticos (2008-2030) realizados con el modelo LEAP: El caso de Colombia*. CEPAL.
- Di Sbroiavacca, N. Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2011c). *Metodología y prospectiva a partir de escenarios energéticos (2009-2030) realizados con el modelo LEAP: El caso de Bolivia*. CEPAL.
- Di Sbroiavacca, N. Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2011d). *Metodología y prospectiva a partir de escenarios energéticos (2008-2030) realizados con el modelo LEAP: El caso de Paraguay*. CEPAL.
- Di Sbroiavacca, N. Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2001). Documento de trabajo, no publicado. En base a *Los gases de efecto invernadero y los cambios climáticos globales. Los riesgos de la toma de decisiones en un contexto de incertidumbre*. Osvaldo Girardin (1996).
- Di Sbroiavacca, N. y Dubrovsky, H., Fundación Bariloche, FB. (2010). *Metodología y prospectiva a partir de escenarios energéticos (2008-2030) realizados con el modelo LEAP: El caso de Chile*. CEPAL.
- Di Sbroiavacca, Nicolás. Fundación Bariloche, FB. (2004). *Human resources development for sound energy policies*. En: reCommend N° 1. Pp. 4-5.
- Díaz L. (2005). *¿Por qué fallaron las políticas del consenso de Washington?*. Centro para la Empresa Privada Internacional (CIPE). Estados Unidos de América.
- Dubrovsky, Hilda S., Nadal, Gustavo. Fundación Bariloche, FB. (2009). *Energías renovables en Argentina. Diagnóstico, barreras y propuestas*. En: Bioenergy International Español N° 7, 2do. Trim. de 2010, pp. 36-37. [www.bioenergyinternational.es](http://www.bioenergyinternational.es).
- Dyer, H.; Trombetta, M. J. (2013). *Developing world: national energy strategies. International handbook of energy security*. Edward Elgar Publishing Limited, 433 p.
- Economic Commission for Europe, ECE, (1988). *International coal classification of the Economic Commission for Europe*. Naciones Unidas, Geneve, Suiza.
- Empresa de Investigación Energética (2005). *Aspectos fundamentales de la planificación energética*. Pp. 1-14. Brasil.

- Empresa de Pesquisa Energética, EPE, Ministério de Minas e Energia. (2005). *Aspectos fundamentais do planejamento energético*. 32p.
- Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Brasil. (2006). *Plano nacional de energia*. Conjunto de documentos publicados por la EPE 2006 a 2008. De ellos, es de particular interés "Plano Nacional de Energía 2030. Escenarios macroeconómicos".
- Energy Information Administration, EIA. Estados Unidos. (2013). *World shale gas and shale oil resources assessment*.
- Energy Modeling Forum (1980). *Aggregate elasticity of energy demand*.
- European Commission, EC. (2013). *Energy and environment*. [www.ec.europa.eu/environment/integration/energy/index\\_en.htm](http://www.ec.europa.eu/environment/integration/energy/index_en.htm)
- European Wind Energy Association. EWEA. (2009). *Pure power – Wind energy targets for 2020 and 2030*.
- Exxon Mobil. (2013). *Tackling on the world toughest energy challenges. The outlook for energy: A view to 2040*.
- Fajnzylber, F. (1983). *La industrialización trunca de América Latina*. Editorial Nueva Imagen, Centro de Economía Transnacional, México, D.F.
- Fajnzylber, F. (1988). *Competitividad internacional: evolución y lecciones*. Revista de la CEPAL, N° 36, Santiago de Chile.
- Fajnzylber, F. (1990). *Industrialización en América Latina: de la 'caja negra' al 'casillero vacío'*. Cuadernos de la CEPAL, N° 60.
- Fernández, R. (2010). *Energías renovables feed-in tariff*.
- Flores W. (2009). *El sector energético de Honduras: Diagnóstico y política energética*.
- Fondo Monetario Internacional, FMI. Washington, D.C. (2012). *World economic outlook database*. FMI. [www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/02/weodata/index.aspx](http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/02/weodata/index.aspx)
- Franklin, David. (2004). *The basics of scenario-based forecasting and planning*.
- Frei C. y et al. (2003). *Dynamic formulation of a top-down and bottom-up merging energy policy model*. Energy Policy 31, pp. 1017-1031.
- Frei, C. W., Haldi, P. A., & Sarlos, G. (2003). *Dynamic formulation of a top-down and bottom-up merging*.
- Fundación Bariloche, FB. San Carlos de Bariloche. (2005). *RETs I. Argentina. Final Report*.
- Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2012). *Actividades de abastecimiento. Material desarrollado para la Maestría en Economía y Política Energética y Ambiental (MEPEA)* de la Fundación Bariloche y la Universidad Nacional del Comahue. San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2012). *Síntesis Ejecutiva. Estudio del marco institucional y análisis de la regulación*.
- Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2013a). *La construcción de los escenarios socioeconómicos para la prospectiva energética*. San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2013b). *Balances energéticos*. Preparado para el 12° Seminario-Taller sobre Política Energética para el Desarrollo Sustentable y el uso del Modelo LEAP, San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2013c). *La construcción de escenarios energéticos*. Preparado para el 12° Seminario-Taller sobre Política Energética para el Desarrollo Sustentable y el uso del Modelo LEAP, San Carlos de Bariloche, Argentina.

Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche. (2013d). *El proceso de sustitución energética en el sector residencial*. Preparado para el 12º Seminario-Taller sobre Política Energética para el Desarrollo Sustentable y el uso del Modelo LEAP, San Carlos de Bariloche, Argentina.

García, Fabio. Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2007). *Presentación: Sistema unificado de planificación eléctrica regional*. <http://www.olade.org/sites/default/files/old/documentos/OLADE%20-%20Sistema%20Unificado%20de%20Planificaci%C3%B3n%20El%C3%A9ctrica%20Regional%20%28SUPER%29.pdf>

Garrón M. (2007). *Energy policies in Latin America and the Caribbean and the evolution of sustainability*. International Journal of Energy Sector Management 2, pp. 8-35.

Gobierno de Chile. Departamento de Políticas y Descentralización, División de Políticas y Estudios, Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo-GTZ. (2008). *Guía metodológica para la formulación de políticas públicas regionales*.

Gobierno Federal. Secretaría de Energía. México. (2009). *Prospectiva del mercado de gas natural*.

Gobierno Federal. Secretaría de Energía. México. (2009). *Prospectiva del mercado de electricidad*.

Godet, Michel y Phillipe, Durance. (2009). *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios* Cuaderno del LIPSOR – Serie de Investigación N° 10.

Goldsmith, K. (1993). Noruega. *Economic and financial analysis of hydropower projects*. Hydropower Development Series, ISBN 82-7598-020-8.

Gomelsky, R. (2003). *Energía y desarrollo sostenible: posibilidades de financiamiento de las tecnologías limpias y eficiencia energética en el Mercosur*. CEPAL.

Gonçalves A., Braga A, Silva M, Moniz de Aragão R & Gorini R. (2009). *A eficiência como recurso de planejamento energético no Brasil*. Revista Brasileira de Energia, 15(1), pp. 119-130.

Gritsevskiy, A. y Nakicenovi, N. (2000). *Modeling uncertainty of induced technological change*. Energy Policy 28, pp. 907-921.

Grupo de Trabajo de Planificación Regional y Consejo de Electrificación de América Central, GTPIR-CEAC. (2012). *Plan indicativo regional de expansión de la generación. Periodo 2012 – 2017*.

GTPIR-CEAC (2012). *Plan indicativo regional de expansión de la generación 2012 – 2027*.

Guarnizo T, Pérez D., Missaglia M. *Sostenibilidad social de la deuda externa en América Latina*.

Gunder Frank, A. (1976). *América Latina: subdesarrollo o revolución*. Era, México DF.

Guzmán J. (2010). *El estado de la planificación energética en Bolivia*. Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario.

Hainoun, A. y et al. (2010). *Formulating an optimal long-term energy supply strategy for Syria using MESSAGE model*. Energy Policy 38, pp. 1701-1714.

Hanssen, Jean Pierre y Percebois, Jacques. (2010). *Energía, economía y políticas*. Borrador de la traducción, por publicarse, original en francés: Energie, Economie et politiques, Ed. De Boeck, Paris.

Harvard Business Review. (1985). *Scenarios: Shooting the rapids*. Harvard Business Review. Nov-Dec.

Harvard Business Review. (1985). *Scenarios: Uncharted waters ahead*. Sep-Oct.

Hax, A. M., & Majluf, S. N. (1996). *Gestión de empresa con una visión estratégica*. Santiago. Colección Economía y Gestión. Ediciones Dolmen.

Helland, E. H., Holtedahl, T. & Lye, K. A. (2005). *Environmental effects*. Hydropower development Series.

Herrera, R. y Mandriñan, M. (2009). *Guía de evaluación ambiental estratégica*. Documentos de Trabajo CEPAL.



- Hill, Ch. y Jones, G. (1996). *Administración Estratégica. Un enfoque integrado*. Ed. McGraw-Hill, Colombia.
- Hollauer H., Ministerio de Minas y Energía. (2012). *La planificación energética brasileña*. Brasil.
- Horta Nogueira, L.A. – UNIFEI-CEPAL. (2011). *Elementos-clave de una política eficaz en eficiencia energética*. II Diálogo Político sobre Eficiencia Energética – Santo Domingo.
- Hourcade, J. C. y et al. (2006). *Hybrid modeling: new answers to old challenges introduction to the special issue of the energy journal*. The Energy Journal. (Special issue #2).
- Hourcade, J. C., Jaccard, M., Bataille, C., & Ghersi, F. (2006). *Hybrid modeling: New answers to old challenges*. The Energy Journal, 2 (Special issue), pp. 1-12. [http://www.chris-kimble.com/Courses/World\\_Med\\_MBA/Types-of-Information-System.html](http://www.chris-kimble.com/Courses/World_Med_MBA/Types-of-Information-System.html). <http://www.olade.org/>
- Huertas, B. F. (2006). *Entrevista a Carlos Matus*. Universidad Nacional de La Matanza, San Justo.
- IAEA TRS 241. Viena. (1984). *Expansion planning for electrical generation systems*, p. 234.
- IEA (2011)c. *Technology roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles (EV/PHEV)*.
- Ingeniería, Estudios y Proyectos, Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social. (2004). *Plan Estratégico del Sector Energético (PESE) de la República del Paraguay 2004-2013*. Paraguay.
- Institute for Policy Studies International Forum on Globalization (IPSIFG), Programa Cono Sur Sustentable (PCSS). (2008). *Política energética en América Latina: presente y futuro. Críticas y propuestas de los pueblos*.
- Instituto Costarricense de Electricidad, ICE. (2012). *Plan de expansión de la generación eléctrica 2012-2024*. San José.
- Instituto de Economía Energética asociado a Fundación Bariloche, IDEE/FB y Stockholm Environment Institut, SEI. (2009). *La construcción de los escenarios socioeconómicos para la perspectiva energética*.
- Instituto de Economía Energética, IDEE. (1991). *Curso-Taller: Introducción a la problemática energética. Parte Práctica. Capítulo I: Información energética para la planificación*.
- Instituto de Economía Energética, IDEE. (1991). *Curso-Taller: Introducción a la problemática energética. Documento Metodológico, Capítulo II: Características de la energía*.
- Instituto de Economía Energética, IDEE. (1991). *Curso-Taller: Introducción a la problemática energética. Documento Metodológico, Capítulo III: La demanda y los requerimientos de energía*.
- Instituto de Economía Energética, IDEE. (1991). *Curso-Taller: Introducción a la problemática energética. Parte Práctica. Capítulo III: La demanda y los requerimientos de energía*.
- Instituto de Economía Energética, IDEE. (1991). *Curso-Taller: Introducción a la problemática energética. Parte Práctica. Capítulo IV: La planificación y las políticas energéticas*.
- Instituto de Economía Energética, IDEE. (1991). *Curso-Taller: Introducción a la problemática energética. Documento Metodológico, Capítulo V: Las políticas de precios y de financiamiento*.
- Instituto de Economía Energética, IDEE. (1991). *Curso-Taller: Introducción a la problemática energética. Parte Práctica. Capítulo V: Los precios y el financiamiento de las inversiones*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Working Group III – Mitigation of climate change, (2011). *Summary for policy makers - Special report on renewable energy sources and climate change mitigation*.
- Intergovernmental Panel on climate change, Working Group III – Mitigation of climate change. IPCC. (2011). *Special report on renewable energy sources and climate change mitigation: Direct solar energy*.
- International Atomic Energy Agency, IAEA. Viena. (1995). *Energy and nuclear power planning using the IAEA's ENPEP computer package*. Warsaw, Poland: Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_963\\_pn.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_963_pn.pdf).



International Atomic Energy Agency, IAEA. Viena. (2001). *Wien Automatic System Planning (WASP) Package - A computer code for power generating system expansion planning - Version WASP-IV - User's manual*. Vienna: Disponible en: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CMS-16.pdf>. Acceso en: 22 abr. 2014.

International Atomic Energy Agency, IAEA. Viena. (2006). *A country profile on sustainable energy development*. <http://www-pub.iaea.org>. Mal link

International Atomic Energy Agency, IAEA. Viena. (2007). *MESSAGE - Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts - User Manual*.

International Atomic Energy Agency, IAEA. Viena. (2013). *Tools and methodologies for energy planning system and nuclear energy*.

International Atomic Energy Agency, IAEA. Viena. Jalal, I. (2008). *Scenarios: country profile on sustainable energy development*. [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1328\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1328_web.pdf).

International Energy Agency (IEAb). (2010). *Policies and Measures Databases, IEA/OECD, Paris*. [www.iea.org/textbase/pm/index.html](http://www.iea.org/textbase/pm/index.html)

International Energy Agency, IAEA, (2013). [www.iea.org/statistics/](http://www.iea.org/statistics/)

International Energy Agency, IAEA. (2008). *Energy efficiency indicators for public electricity production from fossil fuels*.

International Energy Agency, IAEA. (2011)a. *Technology roadmap: smart grids*.

International Energy Agency, IAEA. (2011)b. *Technology roadmap: biofuels for transport*.

International Energy Agency, IAEA. (2013)a. *Tracking clean energy progress*.

International Energy Agency, IAEA. (2013)b. *Technology roadmap: carbon capture and storage*.

International Energy Agency, IAEA. Austria. United Nations, IEA, EUROSTAT, European Environment Agency. (2005). *Energy indicators for sustainable development: Guidelines and methodologies*.

International Energy Agency, IEA. (2010). *Energy efficiency governance. Handbook*. [www.iea.org/efficiency](http://www.iea.org/efficiency).

International Energy Agency. IEA. Paris. (2011). *IEA Statistics.2011. Coal information. Definitions*.

International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA. (2009). *Energy modeling framework: model for energy supply strategy alternatives and their general environmental impact (MESSAGE)*. <http://www.iiasa.ac.at/Research/ENE/model/message.html>.

International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA. (2012). *Policies for the energy Technology Innovation System (ETIS), Capítulo 24 del Global Energy Assessment - Toward a sustainable future*. Cambridge University Press.

International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA. Messner, S. y Strubegger, M. (1995). *User's Guide for MESSAGE III*. <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/WP-95-069.pdf>.

Jacobsen, H. (1998). *Integrating the bottom-up and top-down approach to energy-economy modelling: the case of Denmark*. *Energy Economics* 20, pp. 443-461

Jebaraj, S. y Iniyar, S. (2006). *A review of energy models. Renewable and sustainable*. *Energy Reviews* 10, pp. 281-311.

Jiménez, Sergio. Fundación OPTI, Club Innovación y Futuro. *Visión de futuro para el sector de la energía 2025*.

Keppo, I. y Strubegger, M. (2010). *Short term decisions for long term problems - The effect of foresight on model based energy systems analysis*. *Energy* 35, pp. 2033-2042.

Keynes J. M. (1965). *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. Fondo de Cultura Económica, México, Cap.12.

- Klaassen, G. y Riahi, K. (2007). *Internalizing externalities of electricity generation: An analysis with MESSAGE-MACRO*. Energy Policy 35, pp. 815-827.
- Klaassen, G., & Riahi, K. (2007). *Internalizing externalities of electricity generation: An analysis with MESSAGE-MACRO*. Energy Policy, 35 (2), pp. 815-827.
- Klinge Jacobsen, H. (1998). Integrating the bottom-up and top-down approach to energy–economy modelling: the case of Denmark. Energy Economics, 20 (4), pp. 443-461.
- Koopmans C. y Velde, D. (2001). *Bridging the energy efficiency gap: using bottom-up information in a top-down energy demand model*. Energy Economics 23, pp. 57-75.
- Koopmans, C. C., & te Velde, D. W. (2001). *Bridging the energy efficiency gap: using bottom-up information in a top-down energy demand model*. Energy Economics, 23 (1), pp. 57-75.
- Kozulj, R. (2010). *Hidroenergía y la nucleo-electricidad en América Latina: análisis de casos en función de las barreras ambientales, en America Latina e Caraibi: La sfida dell' energia*. Bajo la coordinación del Embajador Raffaele Campanella y con la colaboración de BCIE, BID, CEPAL y ENEL, Collana Di Studi Latinoamericani, Economia e Società, Roma.
- Kozulj, Roberto. Fundación Bariloche, FB. Documento de Proyecto. *La participación de las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica: inversiones y estrategias empresariales en América Latina y El Caribe*.
- KPMG. (2012). *Taxes and incentives for renewable energy*. KPMG's Head of Global Energy and Natural Resources Tax Practice. [www.kpmg.com](http://www.kpmg.com)
- Lapeña, Jorge. (2011). *La formación de recursos humanos en el sector energético argentino*. En: Prensa Energética, Año 8, N° 1, Mar-Abr. 2011, pp. 28-29. [http://issuu.com/gsalip/docs/prensa\\_25\\_final](http://issuu.com/gsalip/docs/prensa_25_final).
- Laudon, K.C. and Laudon, J.P. Management Information Systems, (2nd edition), Macmillan, 1988.
- Lavoie, Marc. England. (1992). *Foundations of post-keynesian economic analysis*. Edward Elgar.
- Lesourd, J. B., Percebois, J., & Valette, F. (Eds.). (1996). *Models for energy policy* (Vol. 1). Psychology Press.
- Leyton Pérez, Sebastián. (2010). *Feed-in tariff*. <http://chile-renovables.blogspot.mx/2010/07/energias-renovables-feed-in-tariff.html>
- Licha, Isabel. Banco Inteamericano de Desarrollo, BID. Instituto Interamericano para el Desarrollo, INDES. (2002). *La construcción de escenarios: herramienta de la gerencia social*.
- Liu, Q. y et al. (2009). *New power generation technology options under the greenhouse gases mitigation scenario in China*. Energy Policy 37, pp. 2440-2449.
- Lodi, C. (2011). *Perspectivas para a geração de energia elétrica no Brasil utilizando a tecnologia solar térmica concentrada*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Lucas R. E. and Sargent T. J. (1981). *Rational expectation of econometric practice*. University of Minnesota Press.
- Lutz W. Santiago de Chile. (2001). *Reformas del sector energético, desafíos regulatorios y desarrollo sustentable en Europa y América Latina*. CEPAL. Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 26 (LC/L.1563-P).
- Malagueta, D. y et al. (2013). *Assessing incentive policies for integrating centralized solar power generation in the Brazilian electric power system*. Energy Policy 59, pp. 198-212.
- Maldonado P. y Palma R. Santiago de Chile. (2004). *Seguridad y calidad del abastecimiento eléctrico a más de 10 años de la reforma de la industria eléctrica en los países del Sur*. CEPAL. Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 72 (LC/L.2158-P).
- Margulis D, Rajzman N., Tavosnanska A. (2011). *El regreso del Estado a la planificación energética, desafíos para la nueva década*. Fundación Friedrich Ebert. Argentina.

- Marini, R.M. (1977). *Dialéctica de la dependencia*. Era, México DF.
- Matus Carlos. (1972). *Estrategia y plan*. Siglo XXI Editores.
- Matus Carlos. (1980). *Planificación de situaciones*. FCE.
- Matus, C. (1984), citado en Aramayo y Candia.
- Matus, C. (2007). *Teoría del juego social*. Ed. de la Univ. Nacional de Lanús, UNLa.
- McFarland, J. y et al. (2004). *Representing energy technologies in top-down economic models using bottom-up information*. Energy Economics 26, pp. 685-707.
- Messner, S. y Schrattenholzer, L. (2000). *MESSAGE-MACRO: linking an energy supply model with a macroeconomic model and solving it interactively*. Energy 25, pp. 267-282.
- Ministerio de Energía y Minas, Oficina de Planeación Energética y Desarrollo & Empresa de Investigación Energética. (2007). *Plan Energético Nacional 2030*. Brasil.
- Ministerio de Energía y Minas. (2012). *Diagnóstico de las estadísticas y planificación energética*. Guatemala.
- Ministerio de Hidrocarburos y Energía. (2009). *Plan de desarrollo energético, análisis de escenarios: 2008-2027*. Bolivia.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. Uruguay (2008). *Política Energética 2005 – 2030. Lineamientos estratégicos de política energética, aprobados en agosto 2008 por el Poder Ejecutivo*.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio – Secretaría General de Energía – Subdirección General de Planificación Energética. España. (2008). *Planificación de los sectores de electricidad y gas 2008 – 2016. Desarrollo de las redes de transporte*.
- Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energéticas. Rio de Janeiro. (2012a). *Anuário estatístico de energia elétrica 2012*.
- Ministerio de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. EPE. Brasil (2012). *Plano decenal de expansão de energia 2021*.
- Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Brasil. *Plano decenal de expansão de energia 2021*.
- Ministerio de Minas y Energía Colombia. (2004). *Guía ambiental transporte de carbón*. ISBN: 958-97098-6-9.
- Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética. (2007). *Plan Energético Nacional 2006-2025. Contexto y Estrategias*. Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeamiento Minero Energética, UPME. Colombia. (2006). *Plan de expansión de referencia. Generación. Transmisión. 2006 – 2020*.
- Ministerio del Medio Ambiente y Energía, Secretaría Técnica, Dirección Sectorial de Energía. (2008). *Plan Nacional de Energía 2008-2021*. Costa Rica.
- Mohapatra, D. K. y Mohanakrishnan, P. (2010). *A methodology for the assessment of nuclear power development scenario*. Energy Policy 38, pp. 4330-4338
- Monaldi F. (2010). *La economía política del petróleo y el gas en América Latina. Plataforma democrática*. Working Paper 9.
- Mrtner R. y Máttar J. (compiladores). 2012. *Los fundamentos de la planificación del desarrollo en América Latina y El Caribe. Textos seleccionados del ILPES (1962-1972)*. CEPAL, Santiago de Chile. Pag. 8-9.
- Muñoz Díaz, Julio. Universidad de Talca (Chile). (2010). *Taller Políticas Públicas*. 14 y 15 de mayo de 2010.

- Naciones Unidas. (1983). *Conceptos y métodos en materia de estadísticas de la energía, con especial referencia a las Cuentas y Balances Energéticos*. Nueva York.
- Naciones Unidas. (1992). *Estadísticas de energía: Manual para países en desarrollo*. Nueva York.
- National Grid Company. Londres. (2011). *The UK future energy scenarios document*.
- National Grid Company. Reino Unido. (2011). *Scenarios for a clean energy future. UK future energy scenarios. UK gas & electricity transmission*.
- National Renewable Energy Laboratory, NREL. (2013). *Research cells efficiency records*. Disponible en <http://www.nrel.gov/ncpv/>.
- National Renewable Energy Laboratory, NREL. Gilman, P. y et al. (2008). *Solar advisor model user guide for Version 2.0*.
- NDAYE B. (2009). *Planificación Energética en los Países en Vías de Desarrollo*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Newbery, D. (2000). *Privatization, restructuring, and regulation of network utilities*. The MIT Press, London.
- Nienborg, Björn, Nadal, Gustavo. Instituto de Economía Energética – Fundación Bariloche (IDEE-FB). (2010). *Caracterización del mercado argentino para calentadores solares de agua mediante una encuesta entre empresas*. En: ASADES Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14. Pp. 1-8.
- Nogueira, L.P.P. y et al. (2013). *Will thermal power plants with CCS play a role in Brazil's future electric power generation after the depletion of its hydropower potential?*. Submetido a International Journal Greenhouse Gas Control.
- O'Brien, J.A. (2003). *Introduction to information systems: essentials for the e-business enterprise*. McGraw-Hill, Boston, MA
- Ocampo J. (2005). *Más allá del Consenso de Washington: una agenda de desarrollo para América Latina*. Sede subregional de la CEPAL. México.
- OECD, International Energy Agency, IAEA, EUROSTAT. (2007). *Manual de estadísticas energéticas*. Francia.
- OECD, International Energy Agency, IAEA, NEA. (2010). *Projected costs of generating electricity*. Francia.
- OECD, International Energy Agency, IAEA. (2011). *Case studies in sustainable development in the coal industry*.
- OECD, International Energy Agency, IAEA. (2011). *Medium-term coal market report*.
- OECD, International Energy Agency, IAEA. (2012). *Medium-term renewable energy market report*.
- Organismo Internacional de Energía Atómica (IEA). *Planificación integrada de la energía para el desarrollo sostenible*.
- Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA. (2012). *Diseño de proyectos de cooperación técnica del OIEA con el enfoque del marco lógico*, pp. 7-16. Austria.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN. Perú. (2008). *Apuntes para el plan energético nacional electricidad e hidrocarburos*.
- Organización Latinoamericana de Energía, & Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. (2003). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y El Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas*, (Vol. 89). United Nations Publications.
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador (2004). *Metodología para la elaboración de los balances de energía*. Pp. 4-5.
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador (2011). *Sendero Energético en América Latina y El Caribe*.

- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE y CADÍ (2009). *Proyecto de planificación energética. Informe final. Estudio de caso – Chile.*
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (1990). *Manual Latinoamericano y del Caribe para el control de Pérdidas Eléctricas.* Bogotá, Colombia.
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (1996). *Energía y desarrollo sostenible en ALC: Una propuesta conceptual para América Latina y El Caribe.*
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2001). *Results of modernization processes and energy integration perspectives in LAC.*
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2003). Comisión Económica para América Latina y El Caribe, CEPAL, Cooperación Técnica Alemana (GTZ). *Energía y desarrollo sostenible en ALC. Guía para la formulación de políticas energéticas. Primera edición.*
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2005). *Energy review of Latin America and the Caribbean 2004 and 2005.*
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2009). *La electrificación rural en América Latina y El Caribe.* Taller de Electrificación Rural – Ecuador.
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2011). *Manual de estadísticas energéticas.*
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2011). *Visión general al sector petrolero en América Latina y El Caribe.* [www.biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjnbr/v32\\_2/old0201.pdf](http://www.biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjnbr/v32_2/old0201.pdf)
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. Quito, Ecuador. (2013). *Potencial de recursos energéticos y minerales en América del Sur: Coincidencias jurídicas hacia una estrategia regional.*
- Organización Latinoamericana de Energía, OLADE. (2013). *Sistema Unificado de Planificación Eléctrica Regional.* <http://www.olade.org/producto/SUPER>.
- Organization for Security and Co-operation in Europe, OSCE. (2009). *The importance of the legal and regulatory framework for the development of renewable energy.* Paper accompanying a keynote presentation held at the 10th Baku International Congress.
- Osinermin. Perú. (2008). *Apuntes para el plan energético nacional. Electricidad e hidrocarburos.*
- Ossowski R. y Gonzáles A. Banco Interamericano de Desarrollo, BID. Washington. (2012). *Manna from Heaven: The Impact of Nonrenewable Resource Revenues on Other Revenues of Resource Exporters in Latin America and the Caribbean.* Documento de trabajo N° 337.
- Pacific Northwest National Laboratory, PNNL. Pasierb, S. y et al. (2001). *An economic analysis of Poland's opportunities to mitigate climate change: The role of flexibility mechanisms.* Richland, WA, <http://www.pnl.gov/aisu/pubs/PolishET.pdf>.
- Palomar, R. (2006). *Manual de formulación de proyectos de cooperación internacional.* 1ra. Edición, pp. 7. Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional, Colombia.
- PANER (2011). *Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España 2011 – 2020.*
- Percebois J., Hansen J. P. (2013). *Energía: economía y políticas.* Universidad Di Tella, Argentina.
- Perrotti D. Sánchez R. (2011). *La brecha de infraestructura en América Latina y El Caribe.* CEPAL División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Piedrahita C. (2010). *Eficiencia energética y energías renovables para el desarrollo industrial. Situación energética en América Latina y El Caribe.*



- Pindyck, R., Rubinfeld, D. (2006). *Microeconomía*. Prentice Hall – Br, sexta edición, ISBN 85-7605-018-8.
- Pinto A. (1965). *Concentración del progreso técnico y de sus frutos en el desarrollo latinoamericano*. El Trimestre Económico N° 125, enero-marzo.
- Pinto A. (1970). *Naturaleza e implicaciones de la 'heterogeneidad estructural' en la América Latina*. El Trimestre Económico N° 145, enero-marzo.
- Pistonesi H. Instituto de Economía Energética asociada a Fundación Bariloche. (2012). *Elementos de teoría económica de la regulación. Aplicación a las industrias energéticas*.
- Pistonesi, H. Fundación Bariloche. (2013). *Elementos de teoría económica de la regulación. Aplicación a la industria energética*. Apunte desarrollado en el marco del Curso Internacional sobre Regulación y Tarifas aplicado a las Industrias Energéticas, Argentina.
- Pistonesi, Héctor; Nadal, Gustavo, Bouille, Daniel H., Bravo, Víctor. Fundación Bariloche (FB). Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina (CEPAL), GTZ. (2008). *Aportes de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y El Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas*. Documento de Proyecto.
- Prebisch R. (1970). *Transformación y desarrollo la gran tarea de América Latina*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA. (2001). *Informe sobre el desarrollo del derecho ambiental latinoamericano. Su aplicación después de diez años de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*.
- Puga, N. (1994). *Introducción a la administración de la demanda. Planificación integral de recursos y administración de la carga*. Taller Ejecutivo. Buenos Aires, Argentina.
- RACI, Red Argentina para la Cooperación Internacional. (2012). *Manual de cooperación internacional – Una herramienta de fortalecimiento para las organizaciones de la sociedad civil*. Disponible en <http://www.raci.org.ar/recursos-para-ong/manual-de-cooperacion-internacional/manual-de-cooperacion-internacional-una-herramienta-de-fortalecimiento-para-las-organizaciones-de-la-sociedad-civil-osc/>
- Rao, S. y et al. (2006). *The role of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases in climate change mitigation: long-term scenarios for the 21st century*. Energy 27, pp. 177–200.
- Rathmann, R. COPPE/UFRJ. (2012). *Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre a competitividade de setores industriais energointensivos do Brasil*. Tese de Doutorado.
- Razavi, H. (2007). *Financing energy projects in developing countries*. ISBN: 1593701241, PennWell Corp., 2nd Ed.
- Renewable Energy & Energy Efficient Partnership (REEEP), Secretaría de Energía (SE), Fundación Bariloche (FB). (2009). *Energías renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas*.
- Robles F. (2012). *Diagnóstico de las estadísticas y planificación energética que desarrolla la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas*. Pp. 13-19. Guatemala.
- Rockström, J. et.al. (2009) *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. the resilience alliance*. Ecology and Society 14(2): 32. Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.
- Rodríguez, O. (1981). *La teoría del subdesarrollo de la CEPAL*, Siglo XXI, México, D.F.
- Rubiano L. (2008). *Modelo de orientación estratégica para la gestión de la deuda externa*. Pp.23-25. Departamento Nacional de Planeación, Colombia.
- Rudnick, H., Barroso, L. A., Skerk, C., & Blanco, A. (2005). *South American reform lessons-twenty years of restructuring and reform in Argentina, Brazil, and Chile*. Power and Energy Magazine, IEEE, 3(4), 49-59.
- Sánchez F. (2007). *Public/Private partnership in the gas industry in LAC*. Gas Summit 2007, Sao Paulo May 21-23.



- Sánchez F. y Altomonte H. (1995). *Energy development in LAC*. CEPAL.
- Saradhi, I. V. (2009). *Energy supply, demand, environmental analysis - a case study of Indian energy scenario*. International Journal of Environmental Science and Engineering 3, pp. 115–120.
- Sawaragi Y., Nakayama H. y Tanino T. (1985). *Theory of multiobjective optimization*. Academia Press Inc. Orlando.
- Schaeffer, R. COPPE/UFRJ e UNIFEI. (2007). *Matriz energética do Estado de Minas Gerais 2030. Relatório técnico – Programa de Planejamento Energético*.
- Schaeffer, R. y et al. (2013). *Latin American Modelling Program. MESSAGE Brazil, version 14.0*.
- Schaeffer, R. y et al. Embaixada do Reino Unido. (2011). *Potencial de mitigação da energia eólica no Brasil*.
- Schaeffer, R. y et al. Governo do Reino Unido. (2012). *Incentivo ao uso da energia solar no sistema interligado nacional*.
- Schaeffer, R., y Szklo, A. (2001). *Future electric power technology choices of Brazil: a possible conflict between local pollution and global climate change*. Energy Policy 29, pp. 355–369.
- Schuch K. 2010. *Planificación energética en Brasil: La incorporación de una lógica sostenible*. Brasil.
- Secretaría de Energía, SENER. México. (2009). *Prospectiva del mercado de gas natural 2009-2024*.
- Secretaría de Energía, SENER. México. (2013). *Estrategia nacional de energía, 2013 – 2027*.
- Secretaría de Energía, SENER. México. (2008). *Proceso de planeación del sector energético mexicano*. México.
- Secretaría de Energía, SENER. México. (2012). *Estrategia nacional de energía 2012-2026*. México.
- Secretaría de Energía, SENER. México. (2009). *Prospectiva del mercado de gas LP*.
- Secretaría de Energía. Grupo de Planeamiento Energético (2008), Argentina. *Elementos para el diagnóstico y desarrollo de la planificación energética nacional. Informe de avance. IV versión*.
- Secretaría de Energía. Grupo de Planeamiento Estratégico. Argentina. (2008). *Elementos para el diagnóstico y desarrollo de la planificación energética nacional 2008-2025*.
- Secretaría de Recursos y Medio Ambiente. (2005). *Plan de acción para la implementación de una política energética nacional sostenible*. Honduras.
- Secretaría Nacional de Energía. (2009). *Plan nacional de energía 2009-2023*. Panamá.
- Senge, Peter (2005). *La quinta disciplina*. Ediciones Granica.
- Shell International BV. (2008). *Escenarios energéticos Shell en 2050*.
- Shell International BV. (2008). *Exploring the future. Scenarios: an explorer's guide*.
- Shell. *People and connections: Global scenarios to 2020*. [www.shell/scenarios](http://www.shell/scenarios).
- SIEN, Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, Comisión Europea. (2004). *Guía SIEN M-1 Metodología para la elaboración de balances de energía*.
- Sinnott E. Nash J. y de la Torre A. Banco Mundial. (2010). *Natural resources in Latin America: Beyond booms and busts?* Washington D.C.
- Smil, V. (2010). *Energy myths and realities: bringing science to the energy policy debate*. Government Institutes.
- Sohn, I. (2007). *Long-term energy projections: What lessons have we learned?*. Energy Policy, 35(9), pp. 4574-4584.T.

- Soria, R. Universidade Federal do Rio de Janeiro. (2011). *Cenários de geração de eletricidade a partir de geradores heliotérmicos no Brasil: a influência do armazenamento de calor e da hibridização*.
- Soria, R., y Carvajal, P. (2013). *Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador* Revista Técnica Energía, 9, pp. 232.
- SORS. (2003). *Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Adaptación del sector energético al cambio Climático*. Buenos Aires, Argentina.
- Suárez, Carlos E. Fundación Bariloche (FB). San Carlos de Bariloche. (1980). *Recursos humanos y capacitación*. Presentación realizada en el Seminario organizado por OLADE-FLACSO-ILDIS.
- Suárez, Carlos E. Fundación Bariloche (FB). San Carlos de Bariloche. (1983). *Metodologías de planificación energética y requerimientos de personal*.
- Sunkel O. y Paz P. (1970). *El subdesarrollo latinoamericano y la teoría de desarrollo*. Siglo XXI, México D.F.
- Szklo, A. (2013). *Modelagem integrada de cadeias energéticas: detalhamento da produção de combustíveis líquidos*. Projeto de pesquisa submetido ao CNPq.
- Szklo, A. y et al. (2004). *Avaliação de cenário de matriz energética nacional no plano de longo prazo do Ministério de Minas e Energia: Impactos na indústria de óleo e gás*. Anais da Rio Oil & Gas Expo and Conference 2004. Anais..., Rio Oil and Gas 2004.
- Tafur V. (2006). *Sustainable energy law in Latin America*. Pace University School of Law. <http://ssrn.com/abstract=1559442>
- Taleb Nassim, Nicholas. (2009). *El cisne negro. El impacto de lo altamente improbable*. Editorial Paidós, Buenos Aires.
- Teotonio Dos Santos. (1970). *Dependencia y cambio social*. Cuadernos de Estudios Socio Económicos, Universidad De Chile,
- The World Bank. Washington, DC. (2001). *Bulgaria: energy-environment review*. A World Bank Country Study.
- Tissot R. (2011). *Challenges of designing an optimal petroleum fiscal model in Latin America*. Hemisphere 20, pp. 26-28.
- Tokman, R. Marcelo. Gobierno de Chile. Comisión Nacional de Energía. (2008). *Política energética, nuevos lineamientos. Transformando la crisis energética en una oportunidad*.
- UNISDR. Ginebra, Suiza. (2012). *Cómo desarrollar ciudades más resilientes - Un manual para líderes de los gobiernos locales*. Desarrollando ciudades resilientes - Mi ciudad se está preparando!
- Universidad Nacional/Fundación Bariloche (2009). "Análisis y Revisión de los Objetivos de Política Energética Colombiana de Largo Plazo y Actualización de sus Estrategias de Desarrollo". UPME, Plan Energético Nacional 2010-2030, Informe Final. Unión Temporal Universidad Nacional y Fundación Bariloche.
- U.S. Department of Energy. DOE. (2008). *Technology readiness assessment (TRA) / Technology Maturation Plan (TMP) Process Guide*.
- U.S. Department of Energy. DOE. (2012a). *Technology readiness assessment*.
- U.S. Department of Energy. DOE. (2012b). *SunShot vision study*.
- U.S. EIA/DOE (2013). *Annual energy outlook 2013, with projections to 2040*.
- U.S. Energy Information Administration, EIA, (2013). *International energy outlook*.
- U.S. Energy Information Administration, EIA. (2014). *U.S. energy information administration*. <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=367&t=6>

- U.S. Energy Information Administration, EIA. *EIA annual energy outlook 2013*.
- U.S. Energy Information Administration. EIA. (2012). *Annual energy review 2011*.
- Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, (2012). *Guía para realizar balances energéticos estatales para la estimación de inventarios de gases de efecto invernadero*.
- Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. Colombia. *Plan de expansión de referencia generación y transmisión. 2006 – 2020*.
- UNIDO. (2008). *Introduction to energy regulation*. [www.unido.org/fileadmin/media/documents/pdf/EEU.../Module3.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/media/documents/pdf/EEU.../Module3.pdf)
- United Nations Development Program, UNDP. (1999). *Capacity building for environmental management. A best practice guide*. New York.
- United Nations Environment Programme, UNEP. (2013). *Global trends in renewable energy investment 2013*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC. (2013). [www.cancun.unfccc.int/](http://www.cancun.unfccc.int/)
- United Nations Statistical Commission and Economic Commission for Europe. (2000). Geneva. *Glossary of terms on statistical data editing*.
- United Nations Statistics Division. Department of Economic and Social Affairs. (2009). New York. *International Recommendations for Industrial Statistics*.
- United Nations Statistics Division. New York. (2011). *International recommendations for energy statistics (Draft version)*.
- Universidad de Colima. PORTES. *Revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico*. Tercera Época / Volumen 2, N° 3. Enero-Junio 2008.
- Urban, F. y et al. (2007). *Modelling energy systems for developing countries*. Energy Policy 35, pp. 3473-3482.
- USGS. (2000). *Model for undiscovered for conventional oil, gas and NGL resources*. United States Geological Survey. Estados Unidos.
- Valenzuela R. (1983). *El derecho ambiental ante la enseñanza y la investigación*. Revista de Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Jurídicas, Económicas y Sociales de la Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 23, pp. 179-200.
- Van Beeck, N. (1999). *Classification of energy models*. Tilburg University, Faculty of Economics and Business Administration.
- van Vuuren, D. P., Hoogwijk, M., Barker, T., Riahi, K., Boeters, S., Chateau, J., & Kram, T. (2009). *Comparison of top-down and bottom-up estimates of sectoral and regional greenhouse gas emission reduction potentials*. Energy Policy, 37(12), pp. 5125-5139.
- Venegas, J. (1994). *Metodologías para evaluar el costo de falla en sistemas eléctricos*. Tesis de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vogt-Schilb, A.; Hallegatte, S.; Gouvello, C. The World Bank. (2014). *Long - term mitigation strategies and marginal abatement cost curves - A case study on Brazil*.
- Walter Short, National Renewable Energy Laboratory (NREL) and Marilyn A. Brown, Oak Ridge National Laboratory (ORNL); "Scenarios for a Clean Energy Future".
- Wills, W. Rio de Janeiro. (2013). *Modelagem dos efeitos de longo prazo de políticas de mitigação de emissão de gases de efeito estufa na economia do Brasil 2013*. Tese de doutorado COPPE/UFRJ.
- Wim, Thomas (2013). *New lens scenarios. A shift in perspective for a world in transition*. Royal Dutch Shell.
- Winzer, C. (2012). *Conceptualizing energy security*. Energy Policy, v. 46, pp. 36–48.

World Bank, Environment Department, Climate Change Team, Washington, DC. (1998). *Study on Slovak strategy for GHG reduction*. [www.admin.ch/swissaij/pdf/cb\\_nss\\_skreport.pdf](http://www.admin.ch/swissaij/pdf/cb_nss_skreport.pdf).

Worrell, E. y et al. (2004). *Advances in energy forecasting models based on engineering economics*. Annual Review of Environment and Resources 29, pp. 345–381.

Yadolah D. (2006). *The Oxford dictionary of statistical terms*. Edition N° 6. Oxford University Press. ISBN 0199206139, 9780199206131.

Zanoni, J. R. (2006). ¿Qué pueden hacer las políticas energéticas por la integración?. Nueva sociedad (204), pp. 176-185.

Pound Roscoe. *Las grandes tendencias del pensamiento jurídico*. Ediciones Ariel. Barcelona.1950

Fernández Bulté, Julio. *Teoría del Estado y el Derecho*. Tomo II. Editorial Félix Varela. La Habana.2005

OLADE. *Situación de la Normativa Energética Nacional en América Latina y El Caribe*. Quito.2011

OLADE. *Política Energética Guía Práctica*. Quito. 2016

Parlamento Andino. *Marco Regulatorio de Desarrollo Energético Sostenible*. Parlamento Andino. Bogotá. 2015

OLADE. *Convenio de Lima*. 1973.





# ANEXOS

---



## ANEXO III-A: BALANCES DE ENERGÍA

### 1. Balances energéticos

#### 1.1. Concepto de Balance Energético

El balance energético es una estructura contable en la que se muestra el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos físicos por los cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma, se consume, etc.; todo esto calculado en una unidad común, dentro de un país dado y para un período determinado (generalmente un año). El balance energético debe expresar y contener todas las fuentes de energía en un marco contable común y mostrar la relación entre las entradas y las salidas de energía a partir del proceso de transformación. Este balance debe estar basado en la primera ley de la termodinámica, que dice que la cantidad de energía dentro de un sistema cerrado es fija y no puede ser aumentada o disminuida, al menos que cierta cantidad de energía sea introducida al sistema o enviada fuera del mismo.

Los balances de energía también pueden ser realizados para cualquier producto energético en particular, siguiendo la misma estructura que el balance energético global.

El balance de energía es una herramienta que facilita la planificación global energética, siempre considerándolo junto con variables económicas, ambientales, y sociales. Es decir, tomado aisladamente el balance proporciona solamente una imagen de las relaciones físicas del sistema energético en un determinado período histórico.

#### 1.2. Objetivos del Balance Energético

El balance energético es una herramienta multipropósito que sirve para:

- a) Aumentar la relevancia de las estadísticas energéticas suministrando datos e información estadística de forma integral y congruente sobre la situación energética nacional de un determinado país.
- b) Suministrar información relevante sobre la oferta y demanda energética del territorio nacional, con el fin de entender la situación de seguridad energética, el funcionamiento de los mercados de energía, para formular políticas y planes energéticos, y cumplir también objetivos de relevancia pública.
- c) Servir como una herramienta de calidad para asegurar consistencia, integridad de información estadística energética.
- d) Permitir la comparación de la situación energética entre diferentes periodos de referencia de un mismo país, y la comparación entre países.
- e) Suministrar datos e información para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> en un determinado país.
- f) Suministrar datos e información para el cálculo de indicadores energéticos.
- g) Calcular la eficiencia de los procesos de transformación de energía que acontecen en el país (ejemplo: refinería, producción de electricidad usando combustibles fósiles, etc.).
- h) Calcular las cuotas relativas de varios productos en lo referente a oferta y demanda total de cada país (incluyendo energía renovable y no renovable).
- i) Suministrar datos de entrada para tareas de modelamiento y prospectiva.

#### 1.3. Alcance y principios generales de un balance energético

El alcance del balance energético está determinado, de forma combinada, por los límites del territorio, del producto, y del flujo energético:

- a) Límites del territorio: definido por los límites del territorio nacional del país o región sobre la cual se realiza el balance energético.
- b) Límites del producto: definidos por el alcance de todos los productos energéticos.
- c) Límites del flujo energético: definidos por el alcance del flujo energético.

Los límites del producto y del flujo energético son fijos en el corto plazo. No obstante, mientras avanza la tecnología, pueden estar disponibles nuevas fuentes de energía y éstas deberían estar reflejadas en el balance, si es que fueran usadas.

El alcance del balance energético no incluye:

- a) La energía de carácter pasivo tal como la ganancia de calor en los edificios y la energía solar que se irriga sobre el suelo para cultivos, etc.
- b) Extracción de cualquier material no considerado en la producción de energía primaria.
- c) Desperdicios y biomasa usados para propósitos diferentes a los energéticos.

Cuando se compila un balance energético, se debe tener en cuenta algunos principios generales que rigen sobre el alcance y la estructura del balance. Estas consideraciones son:

- a) El balance energético se compila con respecto a un periodo de tiempo de referencia claramente definido. De esta forma, se recomienda que los países, como mínimo, compilen y difundan sus balances energéticos, usando periodos de tiempo anuales.
- b) El balance energético es una matriz representada por filas y columnas.
- c) Las columnas representan las fuentes energéticas que están disponibles para su uso en territorio nacional.
- d) La columna "Total" contiene celdas las cuales son el resultante de la sumas de los datos de entrada de la correspondiente fila; sin embargo, el significado de cada una de las celdas en la columna "Total" no es el mismo para todas las filas del balance, como se indica en el literal siguiente.
- e) Las filas representan los distintos conceptos de los flujos energéticos.
- f) Se reserva una fila separada para calcular las diferencias estadísticas como el total de la oferta de un combustible, electricidad o calor, y el uso o demanda total de este.
- g) Filas y columnas deben contener información homogénea (relacionada a los mismos productos y flujos como se indica en sus encabezados).
- h) El balance detallado de energía debería contener el suficiente número de filas y columnas para mostrar claramente la relación que existe entre entradas y salidas a partir del proceso de transformación (producción de energía secundaria).
- i) Todos los datos de entrada deberían estar expresados en una unidad de energía (siguiendo el Sistema Internacional de Unidades debiera usarse el "Joule", aunque algunos países podrían usar otras unidades de energía como las toneladas equivalentes de petróleo, o toneladas equivalentes de carbón). La conversión entre unidades de energía debería aplicar los apropiados factores de conversión y estos deberían ser reportados junto con el balance energético para hacer transparente y comparable cualquier conversión de unidades físicas a "Joules" u otras unidades de energía que sean más comunes en el país.
- j) Los valores calóricos netos, o poder calorífico inferior, deberían ser usados para medir el contenido energético de productos de energía. Si en algún país, por alguna razón se usan los valores calóricos brutos, se deben dejar claramente establecidos los factores de conversión y métodos usados para su cálculo.
- k) Para establecer el equivalente a energía primaria de la electricidad producida de fuentes de energía no combustibles, se debe usar el método de contenido físico de energía. Información sobre las particularidades de este y otros métodos se puede consultar en la referencia (Bouille D., 2004).
- l) Se deben establecer clara y separadamente la producción de energía primaria y secundaria, así como también las importaciones y exportaciones de energía, cambios en los inventarios, el consumo final de energía, con el fin de evitar un conteo doble de aquello.

#### *1.4 Estructura de información del balance energético*

A continuación se presenta la estructura lógica del balance energético de energía final mediante la metodología de OLADE.

Los balances energéticos en términos de energía final (BEEF), tienen la limitación de no hacer una evaluación de las reservas energéticas y no llegar a la etapa de la energía útil (BEEU). Esfuerzos tendientes a llevar la contabilidad energética desde la fase de reservas hasta la de energía útil facilitarán el análisis y la formulación de políticas, especialmente en el campo de la sustitución de energía.

Si bien es cierto que un balance energético integral contiene los elementos de balance de reservas y potenciales; consumo de energía neta por sectores y usos; y consumo de energía útil por sectores, fuentes y usos; estos tres elementos no se incluyen en vista de considerar como guía la estructura de BEEF con la metodología de OLADE.

La estructura lógica del balance energético está compuesta por tres bloques: a) Oferta, b) Sector de Transformación, y c) Consumo Final. Esta secuencia lógica es conocida como balance energético descendente. Por otro lado, es conveniente a veces comenzar proyectando el consumo relacionándolo de alguna manera con la cifra del PIB, su estructura y distribución, con la cantidad total de equipos consumidores y con la probable evolución tecnológica en la utilización de energía calculando la oferta a partir del consumo proyectado. Esta estructura lógica lleva a lo que se denomina balance energético ascendente con la siguiente forma general: a) Consumo Final, b) Sector de Transformación, y c) Oferta.

El balance energético en términos de energía final de acuerdo a la metodología de OLADE se presenta en forma matricial, y está conformado por las columnas, que representan las fuentes energéticas (primarias y secundarias), y por las filas que representan las actividades, es decir los orígenes y los destinos o consumos de la energía.

Los componentes básicos del balance en términos de datos son: a) Fuentes Energéticas Primarias y Secundarias, b) Oferta Total, c) Centros de Transformación, y d) Consumo Final.

Se recomienda que en la elaboración del marco de información del balance energético se sigan metodologías comunes con el fin de asegurar consistencia y comparabilidad, tal como se describe a continuación.

Las celdas de una columna muestran la contribución de un determinado producto energético al flujo energético específico.

El número de columnas depende, entre otras cosas, de si el balance está dirigido para difundirlo como fuente informativa donde existen limitaciones de espacio, o para ser usado como una fuente de información más detallada. En el último caso, el balance energético puede contener tantas columnas como sea necesario mientras que en el primer caso la estructura es más compacta y contiene columnas las cuales resaltan los productos energéticos especialmente importantes para el país, así como también las columnas necesarias para realizar el reporte y comparaciones internacionales.

En cuanto al agrupamiento de las columnas, algunas columnas diferentes (excepto la columna "Total") representan varios productos energéticos, estas pueden estar agrupadas y secuenciadas de tal forma que agreguen valor analítico al balance, por esto se recomienda lo siguiente:

- a) Los grupos de productos energéticos son mutuamente exclusivos.
- b) La columna "Total" es la columna siguiente a la de los productos energéticos (o grupos de productos energéticos).
- c) A continuación de la columna "Total", deberían estar localizadas columnas suplementarias conteniendo subtotales adicionales tales como "No renovables", y/o "Renovables". La definición y explicación de estos subtotales puede ser realizada en notas adicionales.

El número de filas y su secuencia debe ser realizado de forma tal de clarificar y facilitar el entendimiento de las relaciones entre productos energéticos primarios, su transformación y el consumo final; especialmente si el balance se presenta en su forma consolidada.

Se recomienda que las filas del balance sean agrupadas en tres bloques, así:

- a) Bloque superior: Representa los flujos de energía entrante en el territorio nacional por primera vez, la energía saliente, y los cambios en las existencias energéticas. Los flujos entrantes de energía consisten de producción de productos de energía primaria y la importación de productos de energía primaria y secundaria. Los flujos salientes de energía son exportaciones de productos de energía primaria y secundaria, y búnkeres internacionales.

El ítem que resulta de este balance y de los cambios en las existencias energéticas representa la cantidad de energía que está disponible en el territorio nacional durante el periodo de referencia. Este valor consolidado representa la oferta total de energía:

Oferta total de energía = Producción de energía primaria + Importaciones de energía primaria y secundaria – Exportaciones de energía primaria y secundaria – Búnkeres Internacionales +/- Cambios en las existencias de energía.

La energía primaria corresponde a las distintas fuentes de energía tal como se obtienen en la naturaleza, ya sea: en forma directa como en el caso de la energía hidráulica o solar, la leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, geotermia, etc.

Se consideran fuentes primarias no renovables de energía, a aquellos recursos fósiles agotables en el tiempo, y que tienen un período de formación de muy largo plazo. Se consideran las siguientes: Petróleo Crudo, Gas Natural, Carbón Mineral, y Combustibles Fisionables o Energía Nuclear.

Las energías renovables se consideran a aquellos recursos no fósiles, de bajo contenido de carbono y de períodos de formación relativamente cortos. En esta categoría se encuentran la Hidroenergía, Geotermia, Energía Eólica, Leña, Productos de Caña, y otras fuentes como Residuos de Biomasa (residuos vegetales, residuos animales, residuos industriales o recuperados, etc.).

Se denomina energía secundaria a los diferentes productos energéticos que provienen de los distintos centros de transformación y cuyo destino son los diversos sectores del consumo y/u otros centros de transformación. En este rubro se encuentran once formas de energía secundaria: Electricidad, Gas Licuado de Petróleo o GLP, Gasolinas/Alcohol, Kerosene y Turbo Combustible, Diesel y Gas Oil, Fuel Oil o Combustibles Pesados, Coques, Carbón Vegetal, Gases, y otros energéticos secundarios que no se encuentran dentro de los tipos anteriores.

- b) Bloque intermedio: representa la manera en que la energía es transformada, transferida y usada por las industrias para su uso propio. En las recomendaciones dadas en la referencia (Bouille D., 2004), se incluyen en este bloque, el consumo propio de las industrias, y las pérdidas en los segmentos de distribución y transmisión.

Las transformaciones de energía describen el proceso por el cual un producto energético se transforma en otro, el cual, en general, es más adecuado para su utilización en los artefactos y equipos de los consumidores finales. El proceso de transformación de energía es normalmente realizado por empresas energéticas. Sin embargo, muchas unidades económicas que no son parte de empresas energéticas (por ejemplo industrias de manufactura) producen electricidad y calor para satisfacer sus propias necesidades y/o vender energía a terceras partes (autoprodutores). Cuando la autoproducción involucra la transformación de productos energéticos primarios, es registrada en una fila del bloque intermedio del balance.

- c) Bloque inferior: refleja el consumo final de energía, y también el uso de productos energéticos con fines diferentes a los del sector de la energía. En las guías metodológicas de SIEN (SIEN, OLADE, Comisión Europea, 2004), las pérdidas en los segmentos de distribución y transmisión, y el consumo propio se incluyen en este grupo.

El registro de consumo propio energético en el sector de industrias energéticas se define como el consumo de combustibles, electricidad y calor para el soporte directo de la producción, y preparación para el uso de combustibles y energía. Ejemplos típicos de esto son el consumo de electricidad en plantas de generación eléctrica para iluminación y servicios auxiliares, o los combustibles usados en el proceso de refinación.

Las pérdidas, son aquellas que ocurren en el proceso de transmisión, distribución y transporte de combustibles, electricidad y calor. Las pérdidas también incluyen desfogue y quema de gases manufacturados, pérdidas de calor geotérmico luego de la producción, y la energía no facturada.

Se debe reservar una fila separada con fines de calcular el ajuste estadístico. Esta fila sirve, principalmente, indicar las diferencias que surgen de la recopilación y procesamiento estadístico; y en otros para igualmente reponer diferencias que son imperceptibles y muy difíciles de ser encontradas. En todo caso, el ajuste no debería ser mayor del 5% del total ofertado y se recomienda que dicho ajuste estadístico quede explicitado en el balance ya que indica la calidad de la información presentada.

Los balances energéticos pueden ser presentados de forma agregada, o de forma detallada. El grado de detalle va a depender del objetivo del balance, y de la disponibilidad de los datos y recursos. El balance energético en su forma agregada se realiza usualmente para su diseminación en formato impreso donde el nivel de agregación, esto es el número de filas y columnas, está restringido debido a consideraciones prácticas (espacio). Sin embargo, se recomienda que los países recolecten y compilen los datos llegando a un nivel detallado. Cuando tal nivel de detalle no está disponible o no es práctico de realizar, se recomienda al menos seguir el formato de balance agregado. Este trabajo si bien no se profundiza en la metodología de los balances energéticos, presenta la estructura del balance desde el punto de vista informativo.

*Para obtener un estudio más detallado de los balances energéticos agregados y detallados se recomienda consultar en el Centro de Documentación de OLADE la Metodología de Balances Energéticos y el Manual de Estadísticas Energéticas.*

## ANEXO III-B: INDICADORES

### 1. Dimensiones de desarrollo sustentable (OLADE, CEPAL, GTZ 1997; IAEA 2005).

El desarrollo sustentable implica un mejoramiento de la calidad de vida de una forma, económica, social y ambientalmente, sostenida a lo largo del tiempo y apoyada por la estructura institucional de un país. Por esta razón, el desarrollo sustentable está dirigido en cuatro diferentes dimensiones: económica, social, ambiental y político-institucional. Los indicadores se encuentran categorizados al momento en solamente tres dimensiones: económica, social y ambiental; al momento los indicadores dentro de la dimensión político-institucional se encuentran en fase de desarrollo y pueden ser incorporados a este conjunto de indicadores en una fase posterior.

*Dimensión Económica:* las economías modernas dependen de un adecuado y confiable suministro de energía, y los países en vías de desarrollo necesitan asegurar esta situación como un prerequisite para su industrialización. Todos los sectores de la economía – residencial, industria, comercial, transporte, servicios, y agricultura - demandan servicios de energía modernos.

Estos servicios a su vez fomentan desarrollo económico y social a nivel local incrementando la productividad y permitiendo la generación de ingresos locales. El suministro de energía afecta al trabajo, la productividad y el desarrollo. La electricidad es la forma dominante de energía para comunicaciones, tecnologías de la información, manufactura, y servicios.

Los indicadores económicos tienen dos subtemas (IAEA 2005), (IEA 2008): Uso y Estándares de producción, y Seguridad. El primero tiene los subtemas de Uso general, Productividad general, Eficiencia en el suministro, Producción, Uso final, Diversificación, y Precios. El segundo tiene los subtemas de Importaciones, y Reservas de combustibles estratégicos.

El indicador de intensidad energética (consumo de energía por unidad de Producto Interno Bruto), o su inversa la productividad energética, es un indicador agregado. Se debe prestar mucha atención a las eficiencias e intensidades de energía agregadas y desagregadas cuando se define sustentabilidad y tendencias de consumo. Sin embargo, esa precaución se encuentra garantizada cuando se interpretan tales indicadores. Un país, cuya economía está basada en el comercio y los servicios, usará menos energía por unidad de PBI que otro país cuya economía esté basada en la fabricación de acero y el procesamiento de minerales.

Existen indicadores de intensidad energética en sectores individuales. Debido a que estos indicadores son específicos para cada sector, pueden resultar una buena base de comparación de eficiencia energética, estructura económica, y un distintivo de plantas de producción y equipamiento. Estos indicadores deben ser interpretados con mucha precaución, debido a que los cambios en los precios de productos, las fluctuaciones en la moneda que afectan sectores dependientes del comercio, etc., pueden cambiar el valor de los indicadores dramáticamente, pero no tienen nada que ver con lo que sucede realmente con los cambios en la eficiencia energética.

Los precios de la energía para el usuario final por combustible y por sector tienen una importancia económica visible. Una adecuada y justa tarificación de energía eficiente es un factor clave para el suministro y uso eficiente de la energía, y una disminución socialmente aceptable de los niveles de polución. Los precios de la energía, los subsidios, y los impuestos pueden fomentar la eficiencia en el uso final de la energía, o mejorar los niveles de acceso, o también pueden generar ineficiencias en el suministro, distribución, y uso de la energía.

Mientras que los altos precios de los combustibles comerciales pueden ser vistos como barreras, los precios que cubren el suministro de energía son necesarios para atraer inversiones para un seguro y confiable suministro.

La seguridad energética es uno de los principales objetivos en los criterios para un desarrollo sustentable en muchos países. Las interrupciones del suministro de energía pueden causar serias pérdidas económicas y financieras. Con el fin de apoyar los objetivos de desarrollo sustentable, la energía debe estar disponible todo el tiempo, en cantidad suficiente y al mínimo costo posible. Es esencial tener un suministro de energía seguro con el fin de mantener la actividad económica en el país, y ofrecer servicios de energía confiable a la sociedad. El monitoreo de las tendencias de importaciones netas de energía y la disponibilidad de reservas suficientes de combustibles críticos es importante para evaluar la seguridad energética.

*Dimensión Social:* la disponibilidad de energía tiene un impacto directo sobre la calidad de vida, oportunidades de empleo, educación, transición demográfica, polución y salud, y tiene además implicaciones de género y de edad. En los países industrializados, la energía para iluminación, calor, y cocción está disponible muy fácilmente, y es limpia, segura, confiable, y asequible. En los países en vías de desarrollo, se requieren hasta 6 horas al día para recolectar leña y estiércol para cocción y calor, y esta tarea es realizada usualmente por mujeres, quienes de otra forma podrían estar involucradas en actividades más productivas. Las fuentes comerciales de energía pueden representar una gran porción del ingreso mensual de los hogares. Un inadecuado equipamiento y ventilación significa que estos combustibles, quemados dentro de una casa, causan una tasa alta de afectados por enfermedades y muertes por la polución del aire, y por el fuego. Este ejemplo sirve para ilustrar dos de los temas de la dimensión social: Equidad y Salud. Equidad social es uno de los principales valores dentro del desarrollo sustentable, envolviendo un grado de justicia e inclusividad con las cuales se

distribuyen los recursos energéticos, los sistemas de energía son accesibles, y se formulan esquemas de precio para garantizar que sean asequibles. La energía debería estar disponible para todos a precio justo. Los indicadores de equidad incluyen los subtemas de accesibilidad, asequibilidad, y disparidad. Debido a la falta de acceso a sistemas de energía modernos (por ejemplo el que un hogar no se encuentre conectado a la red eléctrica), los hogares pobres no solamente gastan una mayor porción de sus ingresos que los hogares ricos, sino que también pagan más en términos absolutos por unidad de energía útil. La falta de electricidad limita las oportunidades de trabajo y productividad, debido a que sin energía eléctrica es posible apenas usar equipamiento y herramientas básicas. Esto usualmente significa, entre otras limitaciones, iluminación inadecuada, telecomunicaciones limitadas, y falta de refrigeración. Un ingreso limitado (limitada asequibilidad) puede forzar a los hogares a usar combustible tradicional y tecnologías energéticas ineficientes, de la misma manera, el tiempo necesario para recolectar la leña es un tiempo que no pueden usar para cultivar o realizar trabajos de otra índole.

Puede haber disparidades en el acceso o la asequibilidad entre regiones y entre grupos con un cierto nivel de ingreso dentro de una región. Las disparidades dentro de un país o entre países pueden ser el resultado de distribuciones de ingresos muy desiguales, de un inadecuado transporte y distribución de la energía, y de grandes diferencias geográficas entre regiones. En muchos países, la gran desigualdad en los ingresos económicos de los hogares y los precios de la energía representan un gran problema para los barrios de ingresos bajos en zonas urbanas y rurales, aun si existe un servicio de energía disponible.

Los indicadores de accesibilidad y asequibilidad son claros indicadores de progreso de desarrollo. Ellos también muestran una mejora en la situación de las mujeres, debido a que por lo general ellas son quienes conllevan la carga que representa la recolección de combustibles en países y regiones de bajo desarrollo económico. Si es que el acceso a energía comercial estuviera fácilmente disponible, estas mujeres tendrían más tiempo para mejorar la situación propia y la de sus hijos.

*Dimensión Ambiental:* la producción, distribución y uso de la energía crea presiones en el medioambiente del hogar, del lugar de trabajo, y la ciudad, a niveles nacionales, regionales y globales. Los impactos al medioambiente pueden depender en gran medida en cómo la energía es producida y usada, la variedad de combustibles, la estructura de los sistemas de energía, las acciones en la regulación energética, y en la estructura de precios. Las emisiones gaseosas producto de la quema de combustibles fósiles son liberadas en la atmósfera. Los grandes reservorios de plantas hidroeléctricas causan la acumulación de sedimentos. El carbón y el combustible nuclear emiten alguna radiación y generan desperdicios. Las turbinas de viento pueden afectar el campo y su medioambiente. La recolecta de leña puede llevar a la deforestación y desertificación.

Los indicadores ambientales se encuentran divididos en tres temas: Atmósfera, Agua, y Suelo. Los subtemas de la categoría Atmósfera son el Cambio Climático y la Calidad del Aire. Los asuntos prioritarios incluyen acidificación, la formación de ozono en la troposfera, y la emisión de otras sustancias contaminantes que afectan la calidad del aire urbano. La emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es un tema central en el debate de si la humanidad está emporando las condiciones climáticas. Los contaminantes del aire de más preocupación son los óxidos sulfúricos, óxidos nitrogenados, y el monóxido de carbono y sus partículas. Estos contaminantes son capaces de afectar la salud del ser humano, trayendo consigo problemas respiratorios, cáncer, entre otros.

El agua y la calidad del suelo son subtemas importantes dentro de la dimensión ambiental. La tierra es más que solamente espacio físico y superficie topográfica; en sí misma es un importante recurso natural que consiste de tierra y agua, elementos esenciales para los cultivos y para el hábitat de diversos grupos de animales y plantas. Las actividades energéticas pueden tener como consecuencia la degradación y acidificación que afecta la calidad del agua y la productividad en la agricultura. El uso de leña como combustible (no comercial) resulta en la deforestación, la cual en algunos países lleva a la erosión y pérdida de la calidad del suelo. Algunos países ya tienen una historia larga en una deforestación sostenida. A pesar de que en diversos países se han implementado legislaciones ambientales más rígidas para evitar la degradación del suelo, el daño todavía afecta vastas áreas.

El suelo también es afectado por los procesos de transformación de la energía, los cuales producen a menudo desechos sólidos, incluyendo desperdicios radiactivos, mismos que requieren un adecuado almacenamiento. La calidad de agua se ve afectada por la descarga de contaminantes de los sistemas de energía en los afluentes hídricos, particularmente en la explotación de los recursos energéticos.

Finalmente, los indicadores de desarrollo sustentable aun no incluyen indicadores político-institucionales, los cuales se encuentran en etapa de desarrollo por organizaciones internacionales de energía.

### 1.1. Descripción metodológica del conjunto de indicadores

#### a) Indicadores de Económicos

##### i. ECO1 – Uso de Energía per Cápita



*Descripción:* Este indicador muestra el uso de la energía en términos de la Oferta Total Energía Primaria (OTEP), el Consumo Total Final de Energía (CTFE), y el Consumo Total de Electricidad (CTE), per cápita. El propósito es medir el nivel de uso de la energía per cápita y reflejar los patrones de uso de la energía e intensidad agregada de energía de una sociedad.

Los datos para el cálculo del indicador pueden ser obtenidos perfectamente del balance energético. El cálculo del indicador es la relación entre OTEP, CTFE, y/o CTE y la Población Total del país a la Mitad del Año corriente (PTMA).

OTEP involucra la producción de energía primaria, por ejemplo: carbón, petróleo crudo, gas natural, nuclear, hidráulica, y otras fuentes renovables de energía, más las importaciones, menos las exportaciones de todos los productos energéticos, menos los bunkers o barcasas internacionales, y finalmente corregido para los cambios netos en las reservas energéticas.

CTFE, CTE, se refieren a la suma del consumo de energía (eléctrica en el caso de CTE), de uso final, de los diferentes sectores, excluyendo la energía consumida o las pérdidas asociadas, en los procesos de conversión, transformación, y distribución de los varios productos energéticos.

*Periodicidad:* Este indicador puede ser calculado anualmente.

*Formulación:*

ECO1 OTEP / PTMA;  
ECO1 CTFE / PTMA;  
ECO1 CTE / PTMA

*Unidades:* Energía: Toneladas de Combustible Equivalente (TCE) per cápita. Electricidad: kilovatios-hora (kWh) per cápita.

*Precauciones y Limitaciones:* Este indicador es influenciado el contexto económico, social, ambiental, tecnológico y cultural del país en estudio.

## ii. ECO2 – Uso de Energía en por unidad de Producto Interno Bruto

*Descripción:* Este indicador está asociado a la relación entre OTEP, CTFE, y/o CTE y el Producto Interno Bruto de un país (PIB). El propósito es reflejar la tendencia del uso de la energía relativa al PBI, indicando una relación general de uso de la energía al desarrollo económico. El producto interno bruto puede ser medido en dólares (US\$), convertido de la moneda local usando la paridad del poder adquisitivo (Purchasing Power Parity – PPP) para el año base en el cual la moneda nacional fue devaluada.

Puede utilizarse la inversa de este indicador, que es llamado Productividad Energética (OLADE, CEPAL, GTZ 1997) que se calcula como el cociente entre el PIB y el Consumo Final de Energía, y es un indicador global de la productividad de la energía de un país.

*Periodicidad:* El indicador puede ser calculado anualmente

*Formulación:*

ECO1 OTEP / PTMA;  
ECO1 CTFE / PTMA;  
ECO1 CTE / PTMA

*Unidades:* Energía: Toneladas de Combustible Equivalente (TCE) por dólar americano (US\$). Electricidad: kilovatios-hora (kWh) por dólar americano (US\$).

*Precauciones y Limitaciones:* La relación del uso de energía agregado al PBI, no es un indicador ideal de eficiencia energética, uso sustentable de la energía, o desarrollo tecnológico como ha sido usado comúnmente. Esta relación en forma agregada no sólo depende de las intensidades energéticas de los diferentes sectores o actividades, sino también de factores tales como el cambio climático, la situación geográfica del país, y la estructura de la economía. Como consecuencia, los cambios en el tiempo del indicador por los factores que no están relacionados a los cambios en la eficiencia energética. Por lo tanto, se hace necesario complementar este indicador usando las intensidades energéticas desagregadas por sector, debido a que estos indicadores desagregados representan de mejor forma los avances en eficiencia energética.

## iii. ECO3 – Intensidad Energética Industrial

*Descripción:* Uso de energía por unidad de valor agregado en el sector industrial y seleccionadas industrias intensivas en energía.

*Periodicidad:* Este indicador puede ser calculado tanto mensual como anualmente.

*Formulación:*

$$IEI_i = (EFCi_i / PIBi)$$

Dónde:

$IEI_i$  = Intensidad energética industrial para el período  $i$  (tep/USD)

$EFCi_i$  = Energía final consumida en el sector industrial en el período  $i$  (tep)

$PIBi$  = Producto interno bruto en el período  $i$  (USD)

*Unidades:* Este indicador está dado en toneladas equivalentes de petróleo (tep) por dólar norteamericano (USD).

*Aplicación:* El uso de energía por unidad de valor agregado es una manera de medir las necesidades de energía en relación con la producción manufacturera.

Industrias que pueden considerarse intensivas en consumo de energía incluyen la producción de hierro y acero, metales no ferrosos, productos químicos, refinación de petróleo, minerales no metálicos, el cemento y el papel.

Los cambios en las intensidades se ven afectados por factores distintos de la eficiencia energética, por lo tanto, el análisis de tendencias de la intensidad proporciona pistas importantes sobre la manera en que la eficiencia energética y otros factores influyen en el consumo de energía.

#### iv. ECO4 – Intensidad Energética del Sector Comercial

*Descripción:* Este indicador es una medida de la intensidad energética global en el sector comercial, que se puede utilizar para el análisis de las tendencias en el uso de la energía.

*Periodicidad:* Este indicador puede ser calculado tanto mensual como anualmente.

*Formulación:*

$$IECC_i = (EFCi / PIBi)$$

Dónde:

$IECC_i$  = Intensidad energética en el sector comercial para el período  $i$  (tep/USD)

$EFCi$  = Energía final consumida en el sector comercial en el período  $i$  (tep)

$PIBi$  = Producto interno bruto en el período  $i$  (USD)

*Unidades:* Este indicador está dado en Toneladas Equivalentes de Petróleo (tep) por dólar norteamericano (USD).

*Precauciones y limitaciones:* Es muy común que sea difícil de medir e interpretar la intensidad energética por unidad de valor agregado dentro de los sub-sectores (servicios privados, servicios públicos, etc.), ya que las diferentes actividades se realizan con frecuencia en el mismo edificio, por lo tanto, la asignación real de uso de la energía entre las actividades es incierta. En tales casos, intensidades expresadas por unidad de superficie desglosadas por tipo de edificio pueden ser más fácilmente relacionadas con la eficiencia de energía real. Sin embargo, estos tienen el problema similar que una variedad de actividades puede tener lugar en un determinado tipo de edificio. Por ejemplo, un hospital contendrá espacio para la preparación de alimentos o servicios de lavandería, así como para el cuidado de la salud.

#### v. ECO5 – Consumo Específico del sector Transporte

*Descripción:* Este indicador muestra el consumo de energía por unidad de carga-kilómetro transportada y por unidad de pasajeros-km recorridos. Los indicadores de transporte reflejan la cantidad de energía que se utiliza para el transporte de mercancías y personas. La separación del transporte de mercancías y el transporte de pasajeros es fundamental para el análisis del consumo de energía, tanto porque se basan en gran medida en los diferentes modos y porque las actividades relacionadas a la conducción en el sector transporte y el consumo de energía en éste son diferentes.

*Periodicidad:* Este indicador puede ser calculado tanto mensual como anualmente.

*Formulación:*

$$IETC_i = (EFTC_i / \text{Toneladas de Carga Transportada-km})$$

$$IETP_i = (EFTP_i / \text{Número de pasajeros-km})$$

Dónde:

$IETC_i$  = Consumo específico en el sector transporte de carga para el período  $i$  (tep/t-km)

$IETP_i$  = Consumo específico en el sector transporte de pasajeros para el período  $i$  (tep/Pasajero-km)

$EFTC_i$  = Energía final consumida en el sector transporte de carga en el período  $i$  (tep)

$EFTP_i$  = Energía final consumida en el sector transporte de personas en el período  $i$  (tep)

*Unidades:* Según sea lo que se vaya a transportar, en términos generales éste indicador está dado en:

Carga: toneladas equivalentes de petróleo (tep) por tonelada-km

Personas: Tep por pasajero-km

*Precauciones y Limitaciones:* La disponibilidad de datos puede limitar la desagregación del indicador hasta el nivel deseado. Un trabajo considerable se requiere a menudo para desagregar los balances de energía en distintos modos de transporte.

vi. *ECO6: Autarquía Energética*

*Descripción:* Este indicador se relaciona las Importaciones de Energía (IMPE) con la Oferta Total de Energía (OTE) del país. Un valor bajo de este indicador indica una mayor autarquía y viceversa. Este indicador está relacionado con la seguridad del abastecimiento externo, alto grado de independencia de las importaciones de energía y la reducción del riesgo de desequilibrios de la balanza de pagos.

*Periodicidad:* Anualmente

*Formulación:*

$$ECO6 = IMPE / OTE * 100$$

*Unidades:* porcentaje.

*Precauciones y Limitaciones:* Indisponibilidad de datos sobre las importaciones y exportaciones de una serie de combustibles.

vii. *ECO7: Robustez frente a cambios externos*

*Descripción:* Este indicador se relaciona las Exportaciones de Energía (EXPE) con el Producto Interno Bruto (PIB) del país. Un valor bajo de este indicador indica una mayor robustez y viceversa. La Robustez tiene que ver con flujos estables de los ingresos por exportaciones, y una reducción del riesgo de desequilibrio en el balance de pagos.

*Periodicidad:* Anualmente

*Formulación:*

$$ECO7 = EXPE / PIB * 100$$

*Unidades:* porcentaje.

*Precauciones y Limitaciones:* no se observan.

viii. *ECO8: Inventario de combustibles críticos para satisfacer el correspondiente consumo*

*Descripción:* El objetivo de este indicador es medir la disponibilidad de las Reservas (o Inventario) Nacionales de Combustibles Críticos (RNCC), como el petróleo, con respecto al consumo del combustible correspondiente. Los países deciden los niveles adecuados de existencias de los combustibles críticos necesarios, como previsión de las posibles interrupciones en el suministro. Para algunos países, el combustible crítico podría ser gas natural u otro tipo de combustible. El indicador proporciona una medida relativa de la cantidad de tiempo que las reservas durarían si el suministro se interrumpe y el uso del combustible se mantuviera en los niveles actuales.

Este indicador se calcula dividiendo las reservas de los combustibles críticos que mantienen los países, ya sea o por el Consumo Diario del Combustible Crítico (CDCC), o por el Consumo Mensual del Combustible Crítico (CMCC), o por el Consumo Anual del Combustible Crítico (CACC).

*Periodicidad:* Diario, Mensual o Anual

*Formulación:*

$$\begin{aligned} \text{ECO8} &= \text{RCC} / \text{CDCC} \\ \text{ECO8} &= \text{RCC} / \text{CMCC} \\ \text{ECO8} &= \text{RCC} / \text{CACC} \end{aligned}$$

*Unidades:* Días, Meses, Años

*Precauciones y Limitaciones:* La tasa de uso de los combustibles, en particular del petróleo, depende de muchos factores que incluyen las condiciones económicas, los precios y el progreso tecnológico. Por lo tanto, este indicador representa sólo una medida relativa de la seguridad del suministro de energía. Muchos países ni siquiera pueden mantener niveles adecuados de inventarios de combustibles críticos.

ix. *ECO9 – Relación entre reservas y producción de energía*

*Descripción:* Este indicador muestra la relación entre las reservas de energía remanente en el período de un año y la producción de energía de ese año. También, intenta mostrar el ciclo de vida de las reservas de energía comprobadas y el ciclo de vida de producción.

El propósito de este indicador es medir la disponibilidad de las Reservas Comprobadas de Energía (RCE) con respecto a la Producción de Energía de un determinado material o recurso energético (PE). Las reservas son generalmente definidas como recursos identificados (comprobados y estimados) que son económicamente recuperables en la fecha de la evaluación. Las reservas son también definidas como aquellas cantidades que indican información geológica y de ingeniería que pueden ser recuperadas en el futuro con una certeza razonable, de recursos conocidos o identificados bajo condiciones técnicas y económicas existentes. El indicador considera combustibles como el petróleo, el gas natural, carbón, y uranio, y da una medida relativa del tiempo que la reserva comprobada duraría si la producción continuara a niveles actuales.

Los estimados de las reservas se basan en los resultados de información exploratoria geológica en una determinada área o sobre la evidencia de la duplicación o paralelismo de condiciones geológicas que ocurren en depósitos conocidos. No se debe incluir los depósitos no comprobados. La duración de las reservas comprobadas de combustible en términos de la relación entre reservas y producción de energía se calcula dividiendo las RCE de un recurso energético al final de un año para la producción total de ese recurso (PE) al final del año.

*Periodicidad:* Anualmente.

*Formulación:*

$$\text{ECO9} = \text{RCE} / \text{PC}$$

*Unidades:* Años

*Precauciones y Limitaciones:* La tasa de uso de las reservas de energía depende de muchos factores tales como: condiciones económicas, precios, adelantos tecnológicos, esfuerzos de exploración, etc. Por lo tanto este indicador solamente representa una

medida relativa de la disponibilidad de las reservas. En muchos países, este indicador no ha tenido grandes modificaciones a través de los años para petróleo y gas, por ejemplo, a pesar de la creciente explotación. Esto debido a los esfuerzos en la exploración de estos recursos que identifican reservas para reemplazar la explotación de las reservas existentes.

x. *ECO10-Eficiencia en la conversión y distribución de energía*

*Descripción:* Este indicador, que puede ser calculado para diferentes subsectores, trata de mostrar la eficiencia en la conversión y distribución de la energía, incluyendo la eficiencia en la generación de electricidad usando combustibles fósiles, la eficiencia en el refinamiento del petróleo, las pérdidas que se producen en la transmisión y distribución de electricidad, y las pérdidas en la transmisión y distribución del gas. En general este indicador trata de medir la eficiencia que ocurre en algunas partes de la cadena de suministro energético, incluyendo las pérdidas que ocurren durante el transporte y distribución de la energía.

El indicador, para cada subsector relevante, puede ser definido como:

- √ Eficiencia en la conversión de energía para electricidad usando combustibles fósiles: se define como la relación de la Producción Bruta de Electricidad - PBE (incluyendo el uso propio de la electricidad que tienen las plantas de producción de energía eléctrica) a la Energía del Combustible Fósil (ECF) usado. Se pueden obtener mejoras significativas en la eficiencia promedio de las plantas térmicas, resultantes del cambio de combustible; de la entrada en operación de plantas con tecnología eficiente, y el retiro de plantas con tecnología ineficiente. Particularmente, el cambio de combustible de carbón a gas usando plantas de gas de ciclo combinado de alta eficiencia da como resultado usualmente ganancias substanciales en la eficiencia del suministro. Este indicador puede ser calculado separadamente para generación basada en combustibles derivados del petróleo, gas, carbón, para aislar el efecto del cambio del combustible en el comportamiento del indicador.
- √ Eficiencia en la transmisión y distribución de la electricidad: es definida como la relación entre el Consumo Total final de Electricidad (CTE), y la Oferta Total de Electricidad (OTE). Las pérdidas en la transmisión y distribución de electricidad incluyen las pérdidas durante el transporte de electricidad desde la fuente de producción, hasta los puntos de distribución, y desde allí hasta la distribución al consumidor final, y también incluye el hurto de energía.
- √ Eficiencia en la distribución del gas: definida como la relación entre el Consumo Final del Gas (CFG), a la Oferta Total de Gas (OTG). El transporte y distribución de gas involucra pérdidas durante el transporte desde las fuentes de energía hasta la distribución y posterior consumo final de este recurso.
- √ Eficiencia en la refinación del petróleo: definida como la relación en porcentaje promedio entre la Salida de Productos Refinados (SPR), a los productos que entran al proceso de refinación, incluyendo las materias primas.

Los datos para el cálculo del indicador pueden obtenerse del balance energético.

*Periodicidad:* El cálculo puede ser efectuado mensualmente, trimestralmente, semestralmente, o anualmente.

*Formulación:*

$$\begin{aligned} \text{ECO10} &= \text{PBE} / \text{ECF} * 100 \\ \text{ECO10} &= \text{CTE} / \text{OTE} * 100 \\ \text{ECO10} &= \text{CTG} / \text{OTG} * 100 \end{aligned}$$

*Unidades:* Porcentaje (%)

*Precauciones y Limitaciones:* Los datos sobre la eficiencia de la conversión y distribución de energía no se encuentran disponibles en algunos países.

b) *Dimensión Social*

i. *SOC1 – Cobertura Eléctrica*

*Descripción:* Porcentaje de hogares o población que no tienen acceso a la electricidad de la red del servicio público. Este indicador trata de medir la falta de acceso a servicios de energía modernos. Uno de los objetivos en desarrollo sustentable es cumplir con el objetivo de incrementar la accesibilidad y asequibilidad a los servicios de energía para grupos económicos de ingresos bajos para aliviar la pobreza y promover el desarrollo social y económico.

*Periodicidad:* Este indicador se calcula anualmente.

*Formulación:*

$$\text{PHSEi} = (\text{NHSEi} / \text{NTHi}) * 100$$

*Dónde:*

PHSEi = Porcentaje de hogares sin acceso a la electricidad para el período i (%)

NHSEi = Número de hogares sin electricidad, para el período i (GWh)

NTHi = Número total de hogares en el período i (GWh)

*Unidades:* Este indicador está dado en porcentaje (%).

*Precauciones y Limitaciones:* La disponibilidad de datos sobre el número de hogares o proporción de la población sin acceso a la energía comercial o la electricidad puede ser una limitación.

ii. *SOC2 - Porcentaje de participación del ingreso familiar que es invertido en combustible y electricidad*

*Descripción:* Porcentaje de participación en el ingreso disponible de los hogares gastado en combustible y electricidad (en promedio y para el 20% de la población con menores ingresos). El indicador da una medida de asequibilidad a los servicios de energía en un hogar promedio y en los de menores ingresos. Un país puede tener PBI per cápita alto, pero la distribución de sus ingresos puede ser tan desigual que un gran porcentaje de la población no tiene posibilidades de satisfacer sus necesidades de energía en sus hogares a los precios actuales de la energía con un nivel de ingresos demasiado limitado.

*Periodicidad:* Este indicador se calcula anualmente.

*Formulación:*

$$\text{PIHi} = (\text{IGCEi} / \text{ITi}) * 100$$

*Dónde:*

PIHi = Porcentaje de ingreso disponible de los hogares gastado en combustible y electricidad para el período i (%)

IGCEi = Ingreso de los hogares promedio gastado en combustibles y electricidad, para el período i (USD)

ITi = Ingreso total promedio de un hogar en el período i (USD)

*Unidades:* Este indicador está dado en porcentaje (%).

*Precauciones y Limitaciones:* La disponibilidad de datos puede ser una limitación en los países en vías de desarrollo.

iii. *SOC3: Consumo de energía en el hogar por grupos de ingresos*

*Descripción:* Este indicador proporciona una medida de la disparidad en el uso energía y su asequibilidad. El indicador permite evaluar la cantidad de electricidad y los combustibles utilizados por la población en relación con su nivel de ingresos.

El consumo de energía por hogar representa el consumo de final de energía, incluido el combustible tradicional o no comercial. Si sólo están disponibles datos de los gastos de combustible de energía doméstica, entonces los precios de los combustibles correspondientes son necesarios para calcular la cantidad de energía utilizada. Los ingresos de los hogares, por grupo de ingresos en los quintiles, se corresponden con la distribución de la renta disponible para la mayoría de los países. Cada distribución se basa en percentiles de la población con los hogares clasificados según el ingreso o el gasto por persona. Los valores de la renta disponible per cápita y los precios al consumidor de los productos básicos deben estar en moneda nacional.

Los datos de precios de la energía deben referirse a una fecha determinada. El consumo global de energía se puede calcular mediante la conversión de uso de combustible energéticos a una unidad equivalente de energía (por ejemplo, toneladas equivalentes de petróleo, tep). También, el uso de energía puede ser representado por tipo de combustible usando diferentes *Unidades:* de energía (por ejemplo, combustibles para calefacción y cocción en tep, y electricidad en kWh).



*Periodicidad:* Anual

*Formulación:*

SOC3 Combustibles Energéticos / hogares del mismo grupo de ingresos  
SOC3=Energía Eléctrica consumida / hogares del mismo grupo de ingresos

*Unidades:*

Energía: toneladas equivalentes de petróleo (tep) anuales por hogar

Electricidad: kilovatios-hora (kWh) por año y por hogar.

*Precauciones y Limitaciones:* La disponibilidad de los datos para una serie de países en desarrollo es una limitación, que se resuelve mediante la realización de encuestas.

iv. *SOC4: Víctimas mortales de accidentes en el sector energético, por energía producida*

*Descripción:* Este indicador muestra el número de víctimas mortales en actividades relacionadas con la cadena de producción y consumo de energía, por la energía producida. El indicador se utiliza para evaluar el riesgo para la salud humana derivado de los sistemas de energía, y, en particular, por las varias cadenas de producción de combustibles energéticos.

Para calcular el indicador, se deben identificar los accidentes relacionados con la energía y su distribución en los ciclos de combustible específicos y, posteriormente, se requiere cuantificar la energía producida. Por razones prácticas, hay una discrepancia entre el número de accidentes que se producen realmente y los que están publicados y analizados en informes o publicaciones periódicas. Por lo tanto, los accidentes relativamente raros tienen una mayor probabilidad de ser registrados que hacen los accidentes más frecuentes y de rutina.

Los tipos de accidentes para diferentes cadenas de combustibles que pueden resultar en accidentes mortales incluyen los siguientes:

- √ Carbón: Explosiones o incendios en minas subterráneas de carbón, el colapso del techo o de las paredes en las minas subterráneas o de superficie, los accidentes de transporte / vehículos.
- √ Petróleo: accidentes de perforación mar adentro, incendios o explosiones por fugas o fallas de la planta de proceso, accidentes en el transporte que resultan en incendios, explosiones o derrames mayores, pérdida de contenido en los lugares de almacenamiento que resultan en incendios o explosiones.
- √ Gas Natural (incluye gas licuado de petróleo): Lo mismo que para el petróleo, excepto en caso de derrames.
- √ Nuclear: fallas en los reactores, fugas radioactivas, accidentes durante el transporte de los residuos radiactivos, etc.
- √ Hidroelectricidad: La rotura o desbordamiento de la presa.
- √ Sector de electricidad: Explosiones o incendios, fallas de equipos para la generación de electricidad, el transporte o la distribución.

*Periodicidad:* Anual

*Formulación:*

SOC4 Número de víctimas mortales / energía producida

*Unidades:* Número de víctimas mortales por la cantidad de combustibles energéticos o la electricidad producida anualmente.

*Precauciones y Limitaciones:* Las víctimas mortales por sí solas no cubren todos los tipos de consecuencias de los accidentes. A pesar de la importancia de supervisar todas las consecuencias, la falta de información correspondiente no permite que este asunto se aborde plenamente.

Se reconoce que los conocimientos sobre los efectos retardados en la salud de los accidentes asociados a los diferentes sistemas energéticos son limitados.

## v. SOC5: Cobertura de necesidades energéticas básicas

*Descripción:* Es el cociente entre el consumo de energía útil residencial (CEUR) y la población (POB), particularmente orientado a la población de bajos ingresos

*Periodicidad:* Anual

*Formulación:*

$$\text{SOC5} = \text{CEUR} / \text{POB}$$

*Unidades:* kilogramo equivalente de petróleo (kep) por persona.

*Precauciones y Limitaciones:* Idealmente debe disponerse del balance en términos de energía útil; y en caso de no disponerse debe recurrirse a la realización de encuestas.

## c) Dimensión ambiental

## i. AMB1 – Pureza relativa del uso de la energía

*Descripción:* Este indicador relaciona las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía con el Consumo Final Total de energía (CFT). Y refleja los efectos del modo de producción y hábitos de consumo de sociedad sobre la emisión de gases de efecto invernadero

*Periodicidad:* Este indicador se calcula anualmente.

*Formulación:*

$$\text{AMB1} = \text{CO}_2 / \text{CFT}$$

Dónde:

AMB1 = Pureza relativa en el uso de la energía (t/tep)

CO<sub>2</sub> = Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía (t)

CFT = Consumo final total de energía (tep)

*Unidades:* Toneladas de CO<sub>2</sub> por Tep.

*Precauciones y Limitaciones:* no se observan limitaciones importantes.

## ii. AMB2 – Emisiones de gases efecto invernadero producto de la producción y uso de la energía, per cápita y por unidad de PIB

*Descripción:* Emisiones de gases efecto (GEI) invernadero producto de la producción y uso de energía, por persona y por unidad de Producto Interno Bruto, PIB, incluyendo Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Óxido de Nitrógeno (N<sub>2</sub>O). Este indicador mide las emisiones totales de los tres principales GEI's producto de la producción y uso de la energía, los cuales tiene un impacto directo en el cambio climático.

*Periodicidad:* Este indicador se calcula anualmente.

*Formulación:* Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la combustión de combustibles fósiles son calculadas al multiplicar la energía utilizada por cada tipo de combustible por un coeficiente de emisión asociado al CO<sub>2</sub>. Siempre que sea posible, las emisiones deberán ser medidas directamente en la fuente de energía. Sin embargo, muy comúnmente estas mediciones son incompletas o no están disponibles. En ausencia de datos medidos, las emisiones son calculadas al multiplicar un dato conocido, tal como la producción de carbón o gas natural por un factor de emisión asociado derivado de una pequeña muestra de una fuente de emisión relevante o a través de experimentos de laboratorio.

$$\text{AMB2} = \text{GEI} / \text{POB}$$

Dónde:

AMB2 = Emisión per cápita de gases de efecto invernadero (ton/hab.)

GEI = Emisión de gases de efecto invernadero (ton)

POB = Población (hab.)

*Unidades:* Emisiones anuales de GEI en toneladas, per cápita o por dólar norteamericano. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se deben convertir a CO<sub>2</sub> equivalentes.

*Precauciones y Limitaciones:* Este indicador muestra la cantidad de GEI emitido en la atmósfera a partir del uso de la energía solamente. Para algunos GEI (N<sub>2</sub>O), fuentes no energéticas (agricultura) pueden producir significantes niveles de emisiones. La disponibilidad de datos puede ser una limitación en los países en vías de desarrollo.

iii. *AMB3: Uso de energías renovables*

*Descripción:* Este indicador muestra la relación que hay entre la sumatoria total de la producción de fuentes de energía renovables (PFR) con respecto a la oferta total de energía (OTE). Un alto valor indica una mejor calidad del aire por la reducción de emisiones de gases y partículas con efectos locales y regionales y la reducción de GEI.

*Periodicidad:* Anualmente.

*Formulación:*

$$AMB3 = PFR / OTE * 100$$

*Unidades:* Porcentaje de participación (%)

*Precauciones y Limitaciones:* Falta de información en relación a las fuentes de energía renovables

iv. *AMB4 – Concentraciones de aire contaminado en zonas urbanas*

*Descripción:* Este indicador mide las concentraciones de aire contaminante tal como ozono, monóxido de carbono, partículas (PM10, PM2.5, total partículas suspendidas, humo negro), dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno, benceno y plomo. El indicador provee una medida del estado del medioambiente en términos de la calidad del aire, el cual puede ser de interés de salud pública en áreas urbanas.

*Periodicidad:* Este indicador se calcula anualmente.

*Formulación:* Este indicador se mide directamente en las zonas en donde se desea conocer las concentraciones de aire contaminado.

*Unidades:* Micro o miligramos por metro cubico, según sea apropiado.

*Precauciones y Limitaciones:* Existen limitaciones en las mediciones, relacionadas a los límites de detección, interferencias, resolución temporal, operación y costos.

v. *AMB5 – Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los sistemas de energía*

*Descripción:* Este indicador muestra las emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de todas las actividades relacionadas con la energía, incluyendo la producción de electricidad y el transporte. Las principales causas de la creciente preocupación son las emisiones de sustancias acidificantes, como los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los gases precursores del ozono, tales como los compuestos orgánicos volátiles (VOCs), NO<sub>x</sub> y monóxido de carbono (CO), y partículas finas.

*Periodicidad:* Este indicador se calcula anualmente.

*Formulación:* En algunos casos, las emisiones procedentes de, por ejemplo, plantas industriales pueden ser estimadas sobre la base de mediciones directas reales en chimeneas o por balances de materia. Sin embargo, en general, las emisiones de contaminantes se calculan con la ayuda de un factor de emisión, que es un valor representativo que trata de relacionar la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera con una actividad asociada con la liberación de ese contaminante.

*Unidades:* Toneladas.

*Precauciones y Limitaciones:* Este indicador cuantifica la contaminación atmosférica derivada resultante del uso de energía, por lo que no tiene en cuenta las emisiones contaminantes relacionadas con otras actividades, como las de los sectores industrial y agrícola. En la interpretación de este indicador, este debe leerse en relación con el indicador de la calidad del aire urbano.

vi. *AMB6 – Descarga de contaminantes en los efluentes líquidos de los sistemas de energía*

*Descripción:* Vertidos contaminantes presentes en los efluentes líquidos de todas las actividades relacionadas con la energía, como la descarga de aguas de refrigeración, que pueden elevar la temperatura de la corriente de agua. El objetivo de este indicador es controlar la descarga de contaminantes nocivos de las empresas energéticas, la extracción minera y petrolera en particular el carbón, en los ríos, lagos y aguas marinas.

*Periodicidad:* Este indicador se puede calcular mensual o anualmente.

*Formulación:* Cuando se realice la medición de la calidad del agua, las mediciones se pueden hacer directamente en las descargas de efluentes o en el curso de agua aguas abajo, como una medida del impacto ambiental de la descarga. La siguiente lista presenta los requisitos de control típicos para las empresas energéticas:

- √ Caudal: volumen, medido en metros cúbicos por segundo, horas o días. Los volúmenes pueden ser multiplicados por la concentración del contaminante para el cálculo de las emisiones de masa de los contaminantes individuales.
- √ pH: Esta es una medida de la acidez / alcalinidad de una descarga. El pH de un curso de agua afecta a la solubilidad de diferentes sustancias y altera el hábitat de peces, animales y plantas.
- √ Carbono orgánico total (COT): Medido en miligramos por litro (se puede utilizar como un sustituto de la demanda química de oxígeno [COD] o la demanda bioquímica de oxígeno [DBO]). COT mide el contenido orgánico en una descarga, que a veces puede ser elevada cuando se contamina la descarga. Los niveles elevados de materia orgánica cambian el equilibrio natural de las plantas y organismos en el curso de agua.
- √ Hidrocarburos Petróleo: Se mide en miligramos por litro. Drenaje de agua superficial que pasa por las instalaciones industriales y áreas de almacenamiento a menudo se pueden contaminar con aceite de hidrocarburos, que pueden contaminar los cursos de agua y las plantas y los animales aguas abajo. La contaminación del agua dulce con muy bajos niveles de aceites hace que el agua no sea potable.
- √ Sólidos en suspensión: Se mide en miligramos por litro. Estos a menudo pueden contaminar cursos de agua aguas abajo de las zonas de almacenamiento o de las operaciones mineras / perforación. Los sólidos en suspensión colorean el agua, cambian la opacidad del agua y pueden ahogar las plantas y los animales aguas abajo.
- √ Amoníaco y Nitrógeno total: mide en miligramos por litro. El nitrógeno es un nutriente, que a menudo causa nitrificación del curso de agua, el cambio de hábitat y afecta a las especies nativas.
- √ Cloruro y Sulfuros: Medidos en miligramos por litro. Las aguas residuales de las plantas de desulfuración de gases de combustión contienen sales como cloruros y sulfuros, que pueden ser especialmente perjudiciales cuando se libera en ambientes de agua dulce.
- √ Fenoles y Sulfuros: Medidos en miligramos por litro. Estos son subproductos de la gasificación y los procesos de carbonización y también pueden estar presentes en el agua de drenaje de carbón, etc
- √ Metales: (típicamente cadmio [Cd], el mercurio [Hg], cromo [Cr], níquel [Ni], vanadio [V], zinc [Zn], cobre [Cu], arsénico [As] y boro [B]): Medido en miligramos por litro. Los metales pueden lixiviar de las existencias de combustible y, a menudo son liberados de las diversas cenizas y residuos que se derivan de las empresas energéticas.

*Unidades:* Kilogramos o miligramos por litro.

*Precauciones y Limitaciones:* Este indicador cuantifica la contaminación atmosférica derivada resultante del uso de energía, por lo que no tiene en cuenta las emisiones contaminantes relacionadas con otras actividades, como las de los sectores industrial y agrícola. En la interpretación de este indicador, este debe leerse en relación con el indicador de la calidad del aire urbano.

vii. *AMB7: Tasa de deforestación atribuida a usos energéticos*

*Descripción:* La superficie forestal se define por las tierras que son cubiertas por copas de árbol, en al menos un 10% de la superficie. Además se diferencian las superficies forestales que son producto de una plantación o siembra de aquellas que corresponden a bosques naturales. Las comparaciones de las Áreas Forestales (AF) en el tiempo, con el paso de los años, o con respecto a un año de referencia, permite el cálculo del porcentaje de la Tasa Total de Deforestación (TDD) como la variación de los valores absolutos. La Tasa de Deforestación atribuida al Uso de la Madera como Combustible (TDUMC=AMB) se determina mediante la relación entre la Producción Media Anual de Leña (PMAL) y las Talas Forestales Anuales Totales (TFAT).

*Periodicidad:* Anualmente

*Formulación:*

$$TDD = \left( 1 - \left( \frac{AF_N}{AF_R} \right)^{(1/(N-R))} \right) * 100$$

Donde *AF* es el área forestal en los años de referencia *R* y en el presente *N*; y

$$AMB7 = TDUMC = TDD * (PMAL/TFAT)$$

*Unidades:* Porcentaje (%)

*Precauciones y Limitaciones:* El indicador no mide el nivel total de la deforestación, ya que se centra sólo en la deforestación causada por la recolección de leña. El valor del área forestal no da ninguna indicación de la calidad de los bosques. El indicador no proporciona información sobre la degradación de los recursos forestales de un país. El área total de bosques en un país puede permanecer sin cambios, sin embargo el bosque puede estar degradándose. El indicador califica por igual una gran variedad de bosques distintos.

viii. *AMB8: Relación entre la generación de residuos sólidos y la energía producida*

*Descripción:* El principal objetivo de este indicador es proporcionar información sobre la cantidad y tipo de residuos sólidos que se generan cada año en el sector de la energía; residuos para los que en general se necesitan instalaciones de almacenamiento adecuadas.

Los residuos se definen como cualquier sustancia u objeto del que el poseedor se desprende o tiene la intención de desprenderse, porque considera que ya no tiene valor comercial. Esto no implica que el mismo tenga valor para otro.

Los residuos sólidos del sector de la energía se limitan a los que se obtienen del funcionamiento normal de dicho sector. Se incluyen los residuos de la minería del carbón y el lignito, de los procesos de mejoramiento del carbón, los residuos de la extracción de petróleo y gas y de las refinerías, los residuos de combustión de centrales térmicas (escorias, cenizas, etc.), los residuos procedentes de la incineración de los residuos industriales y municipales, cuando éstos se utilizan como combustible en centrales eléctricas, y los residuos procedentes de tecnologías de reducción de la contaminación del aire. Residuos no regulares, tales como el aceite fuera de servicio, centrales eléctricas, refinerías y otras máquinas deben considerarse por separado, ya que estos se dan en situaciones excepcionales y requieran medidas especiales de eliminación y disposición.

A los efectos de este indicador, los residuos radiactivos, las pérdidas de los vehículos en la carretera, en los vagones de ferrocarril y en los buques de navegación marítima que pertenecen a la industria de la energía están excluidas (por ejemplo el polvillo del carbón).

Para cuantificar este indicador se pueden medir los residuos a través de su peso, cuando dejan la instalación de producción de energía. En el caso de los residuos de la minería, que normalmente se almacena en el lugar, la cantidad puede ser estimada en base a la cantidad de carbón o lignito extraído.

Los residuos generados deben presentarse en términos absolutos (toneladas), lo que da una idea de la magnitud del problema. También pueden reportarse en relación a los residuos generados por unidad de energía producida, lo que permite evaluar medidas de reducción. En este caso, es importante que los residuos sean identificados y clasificados para cada proceso y sean divididos sólo por la energía resultante a partir de ese proceso.

La energía producida puede ser expresada en unidades específicas del combustible que se produce (es decir, toneladas de carbón, lignito y petróleo; metros cúbicos de gas; MWh de electricidad), o en unidades de energía (Tera-Joules (TJ), MWh o por valor de poder calorífico).

*Periodicidad:* Anualmente

*Formulación:*

AMB8 = Cantidad del Residuo/Energía producida en el proceso que genera el residuo

*Unidades:* Toneladas/ unidades de energía

*Precauciones y Limitaciones:* La generación de residuos sólidos en la producción de energía, en particular los residuos de la actividad minera, no siempre se controla en el origen y puede tener que ser estimada a partir de coeficientes. En este caso, los residuos generados por unidad de energía producida se mantendrán sin cambios, a menos que se cambian los coeficientes. El indicador no distingue entre desechos tóxicos y peligrosos, y los que son más benignos.

ix. *AMB9: Relación de los residuos sólidos dispuestos adecuadamente al total de residuos sólidos generados*

*Descripción:* El principal objetivo de este indicador es evaluar el grado de disposición adecuada de los residuos sólidos en el sector energético. La definición de residuos sólidos del sector energético corresponde con la expresada para el indicador AMB8.

Por otro lado se dice que los residuos sólidos del sector energético son adecuadamente eliminados cuando:

- √ Se reciclan o se reutilizan
- √ Son incineración en equipos con filtros adecuados para eliminar las emisiones nocivas;
- √ Son solidificados, a fin de evitar deslizamientos, o
- √ Son eliminados en vertederos especializados o en lugares donde medidas son tomadas en pro de evitar la escorrentía y la combustión no controlada.

Para obtener una estimación razonable de la disposición adecuada de los residuos, es importante contar con un inventario de tratamiento de residuos de energía, y de las instalaciones de almacenamiento, ya sea in situ o en instalaciones independientes habilitadas incluso para disponer de otros tipos de residuos. El peso de residuos de energía desechados de manera adecuada se puede medir con mayor facilidad cuando se recolectan para ser enviados a las instalaciones de tratamiento, o cuando ingresan a las mismas. Para este indicador, es importante que los diferentes tipos de residuos se registren por separado para identificar aquellos para los que se necesitan instalaciones de almacenamiento adecuadas.

*Periodicidad:* Anualmente

*Formulación:*

AMB9 = Cantidad Total de Residuos Adecuadamente Dispuestos / Cantidad Total de Residuos Energéticos

*Unidades:* Porcentaje (%)

*Precauciones y Limitaciones:* La expresión “adecuadamente eliminados” puede tener diferentes significados en diferentes países, por lo que el indicador no significa necesariamente lo mismo en todas partes. Sin embargo, como el uso de este indicador es principalmente interno, esto no plantea un problema importante. El indicador no distingue entre desechos tóxicos y peligrosos, y los que son más benignos. Por esta razón, puede ser importante dividir el indicador total, en sub-indicadores para los diferentes tipos de residuos.

x. *AMB10: Relación de los residuos radiactivos sólidos respecto a las unidades de energía producida*

*Descripción:* El propósito de este indicador es dar cuenta de las cantidades de los diversos flujos de residuos radiactivos que se derivan del ciclo del combustible nuclear, en particular, y de otros ciclos de combustible por unidad de energía producida.

Para los ciclos de combustible nuclear es posible clasificar los desechos radiactivos, en forma sólida, en tres categorías diferentes:

- √ Residuos Radiactivos de Alta Actividad (RRAA)
- √ Residuos Radiactivos de baja y Media Actividad (RRMA), y
- √ Combustible nuclear gastado o usado.



La gran mayoría de los residuos radiactivos son de baja actividad y durante muchos años han existido sitios de eliminación segura. Existen medios viables para la gestión de los residuos. En el caso de los de media y baja actividad, se cuenta con dos opciones. Por un lado, el confinamiento en superficie o bien su almacenamiento en instalaciones subterráneas de baja profundidad.

Por su parte, los residuos de alta actividad requieren sistemas de gestión que garanticen su aislamiento y confinamiento durante largos periodos de tiempo. Las dos opciones que existen para su almacenamiento son el almacenamiento temporal prolongado y el almacenamiento definitivo a gran profundidad o almacenamiento geológico profundo. El almacenamiento temporal prolongado permite guardar el combustible entre 100 y 300 años y puede llevarse a cabo con la tecnología existente en la actualidad a través de los almacenes temporales centralizados. Respecto a la segunda opción, el almacenamiento geológico profundo, aún ha de demostrarse que sea efectivo para periodos extremadamente largos o al menos similares a los del almacenamiento temporal prolongado. Pese a no existir una regulación internacional específica al respecto, sí hay consenso acerca de que el almacenamiento geológico profundo es la mejor opción una vez que la tecnología ofrezca totales garantías. El almacenamiento temporal prolongado, sin embargo, no ofrece una solución definitiva al problema, sino que queda pendiente para generaciones futuras. Se trata, por tanto, de una opción de gestión temporal, y no final.

Además, los residuos radiactivos incluyen el combustible nuclear gastado, aunque en algunos países no se considera como residuos y se vuelve a transformar de forma rutinaria (o se almacena para un uso futuro) con el fin de reciclar el uranio y el plutonio. El indicador AMB10 descrito representa un conjunto de indicadores, ya que cada tipo de residuos radiactivos debe evaluarse por separado.

Para los residuos radiactivos nucleares acondicionados en paquetes, el volumen debe ser el real en m<sup>3</sup> según conste en el registro, y para el combustible nuclear gastado el volumen debe expresarse en toneladas de metal pesado (tMP). Para los residuos radiactivos aún no acondicionados en paquetes, los volúmenes utilizados deben ser los basados en el método de acondicionamiento con el que se supone va a ser dispuesto el residuo.

El indicador se define, para cada tipo de residuos y para cada industria o actividad, como la relación de los residuos radiactivos sólidos con respecto a la energía producida. Los residuos se normalizan con respecto a la cantidad de energía producida para un período seleccionado de tiempo (varios años o durante la vida de la instalación).

*Periodicidad:* Anualmente

*Formulación:*

$$\text{AMB10} = \text{Cantidad de residuos radiactivos} / \text{energía producida}$$

*Unidades:* Volumen/Energía; m<sup>3</sup>/TWh; tMP/TWh; m<sup>3</sup>/tep; tMP/tep; m<sup>3</sup>/EJ; tMP/EJ; donde EJ son exajoules (10<sup>18</sup> joules).

*Precauciones y Limitaciones:* Pueden surgir diferencias en el sistema de clasificación utilizado para realizar los inventarios nacionales, debido a diferencias en las definiciones de los residuos entre países. La definición del indicador a nivel global del ciclo de combustible requiere de una metodología elaborada que todavía no está completamente definida.

- xi. *AMB11: Relación de los residuos radiactivos sólidos en espera de eliminación con el total de los residuos radiactivos sólidos generados*

*Descripción:* Este indicador muestra el porcentaje de residuos radiactivos que siguen en espera de eliminación, con respecto a los residuos radiactivos existentes en un momento dado para cualquier ciclo de combustible energético. El aumento en el tiempo de las cantidades de los residuos radiactivos en espera de eliminación indica la necesidad creciente en el largo plazo para ampliar opciones de eliminación adecuadas, como la de almacenamiento geológico profundo.

El indicador se relaciona con las cantidades de todos los residuos radiactivos procedentes de los ciclos de combustión de energía, incluyendo la minería, molienda, generación de energía y otros procesos relacionados. Los desechos radiactivos en forma sólida, se clasifican de acuerdo a lo descrito en el indicador AMB9. Este indicador representa un conjunto de indicadores dados cada uno para cada tipo de residuos radiactivos.

*Periodicidad:* Anualmente

*Formulación:*

AMB11 = Cantidad de residuos radiactivos en espera de disposición / Cantidad de residuos radiactivos

*Unidades:* Porcentaje basado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de residuos radiactivos sólidos (o toneladas de metal pesado [tMP] para el combustible gastado) en espera de disposición sobre los residuos radiactivos generados totales.

*Precauciones y Limitaciones:* Hay un retraso de tiempo inevitable entre el momento en que se producen los residuos y el momento de su eliminación. En el caso del combustible nuclear gastado y los RRAA, este lapso de tiempo puede ser del orden de varias décadas, y por lo tanto las tendencias deben interpretarse cuidadosamente.

Pueden surgir diferencias en el sistema de clasificación utilizado para realizar los inventarios nacionales, debido a diferencias en las definiciones de los residuos entre países.

xii. *AMB12 - Emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de electricidad generada*

*Descripción:* Es la división del volumen total de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el sector eléctrico, para la generación total de electricidad. El indicador permite medir unitariamente el impacto ambiental por cada GWh de electricidad generada.

Este indicador puede ser mitigado mediante el mayor aprovechamiento de las fuentes de energía renovable o limpia en la generación eléctrica.

*Formulación:*

AMB12 = GEIEE / PREE

Dónde:

AMB12 = Emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de generación eléctrica (ton/GWh.)

GEIEE = Emisión de gases de efecto invernadero debida a la generación de electricidad (ton)

PREE = Producción eléctrica total (GWh)

## ANEXO IV–A: Evaluación multicriterio de opciones<sup>117</sup>

*En esencia, se trata de expresar en un orden cuantitativo las apreciaciones y preferencias de un grupo de personas sobre el conjunto de escenarios previamente construidos.*

Los cuatro pasos sobre los que se desarrolla el método de esta técnica de evaluación, se detallan a continuación:

### Paso 1: Conformación del Grupo o Grupos de Evaluación

Los miembros del Grupo tienen que reunir dos condiciones: solvencia y representatividad. Es muy importante que se trate de personas adecuadamente informadas sobre la cuestión energética, y a su vez que sean capaces de expresar las opiniones de todos los posibles involucrados. Esto no requiere necesariamente que sean personas formalmente investidas de representación por algún mecanismo institucional, pero sí que todas las posibles opiniones puedan ser recogidas en el debate.

Por supuesto, todos los participantes tienen que compartir el objetivo principal. No tendría sentido, p.e., convocar a personas que, aún con las máximas calificaciones, estén convencidas de la inutilidad de la planificación, o que piensen que esa tarea debería llevarse a cabo en otro ámbito.

Además, al asumir la participación en el Grupo de Evaluación, todos los integrantes deben estar dispuestos a que sus opiniones y convicciones sobre la cuestión que los convoca sean cuestionadas o reformuladas por otros integrantes. Y deben estar, asimismo, apropiadamente informados sobre el método a seguir y las reglas de juego que previamente se han fijado para esto.

Si las circunstancias lo permiten, es aconsejable la formación de dos Grupos de Evaluación: uno predominantemente técnico, encargado de otorgar las puntuaciones y otro con predominio de decisores políticos, encargado de las ponderaciones. Sobre el significado específico de estos dos conceptos dentro del método nos extendemos más adelante. Naturalmente, en el grupo de predominio técnico han de participar los integrantes del equipo de proyecto, excepto el máximo responsable, y algunos especialistas de los que luego serán encargados de las tareas concretas de la planificación. El grupo de decisores políticos podría integrarse con quienes están llamados a aprobar la planificación en el nivel superior inmediato, más el director de proyecto. Nuevamente, la eventual participación de integrantes del nivel político en esta instancia tiene el propósito de enriquecer el proceso con su aporte de ideas y apreciaciones, formando parte de un grupo de trabajo y no en una mera función de decisión. Cada uno de los Grupos tiene que tener un Coordinador, y éste tiene que estar facultado para convocar el apoyo técnico, informático y logístico que el Grupo requiera.

La definición o selección de criterios puede demandar tiempo y muchas discusiones. En todo caso será tiempo bien empleado. El método aconseja que la tarea de selección no se considere terminada hasta que todos los integrantes del Grupo acepten que sus opiniones están debidamente reflejadas

### Paso 2: Selección de los Criterios de Evaluación

La primera tarea del Grupo es fijar o seleccionar los Criterios de Evaluación. Sobre la base de las experiencias de aplicación del método, el grupo tiene acceso a ciertos conjuntos o familias de criterios de los que damos ejemplos más abajo. Sin embargo, no es aconsejable que el Grupo inicie su tarea sobre la base de una lista cerrada.

El proceso de evaluación tendrá buen desarrollo si la selección de criterios recoge toda la variedad de opiniones que los integrantes del Grupo expresen al respecto. No hay una restricción sobre el número de criterios, pero se requerirá que formen un conjunto coherente y que no contengan superposiciones o redundancias.

<sup>117</sup> También puede denominarse Método Delphi.

Idealmente, los criterios han de seleccionarse en esta etapa en forma definitiva, y la lista elegida no debería modificarse.

En una evaluación de escenarios para planificación, existen por lo menos seis conjuntos o familias de criterios, de las que mostramos ejemplos:

- √ **Criterios económicos:** influencia de la tasa esperada de crecimiento económico de los países industriales y de los emergentes; impacto del precio del petróleo a nivel OPEP; situación de los mercados financieros y de la tasa de interés.
- √ **Criterios medioambientales:** rangos admitidos en cuanto a emisiones, afectación de ecosistemas, eventual participación en el “mercado de carbono”.
- √ **Criterios tecnológicos:** tendencias de la participación de fuentes renovables en la oferta mundial de energía; cambios de origen tecnológico en los costos por unidad de producto según fuentes; cambios de origen tecnológico en la demanda del sector transporte.
- √ **Criterios políticos:** influencia de la conflictividad internacional sobre el mercado energético local o regional; definición (o indefinición) sobre la participación de capital público o privado en el sector energético; definiciones gubernamentales sobre uso eficiente, sobre efecto invernadero, sobre yacimientos no convencionales.
- √ **Criterios sociales:** costo energético y accesibilidad a la energía; aceptación social de instalaciones nucleares, hidroeléctricas, eólicas, y de transmisión en alta tensión.
- √ **Criterios legales:** necesidad de modificar normas a nivel legislativo o reglamentario, restricciones constitucionales,

### Paso 3: Ponderación

Seleccionada la nómina de Criterios, ha de aceptarse que aun cuando todos ellos tienen *suficiente importancia* como para ser considerados por el Grupo, no todos tienen *la misma importancia*. La tarea siguiente consiste en asignarle a cada uno de ellos un peso relativo, a modo de indicador de la importancia que los miembros del Grupo atribuyen a cada uno.

En algunos casos sencillos de aplicación del análisis multicriterio se encontrará que la ponderación está fijada previamente, por consenso o por reglamento, y no es materia de discusión entre los evaluadores. Desde luego, la selección de escenarios para planificación energética no es un caso sencillo. No existe un consenso previo, cada integrante del Grupo evaluador puede asignar un peso relativo distinto a cada criterio, y al igual que en el Paso anterior, puede haber lugar a discrepancias y discusiones.

Todos los criterios tienen suficiente importancia como para ser considerados por el Grupo. No todos tienen la misma importancia

#### ***Ponderación mediante el uso de coeficientes***

Asumimos que cada uno de los integrantes del Grupo puede otorgar a cada criterio un valor numérico que refleje su preferencia.

Tabla IV-A.1: Tabla de ponderación de los criterios mediante el empleo de coeficientes

CRITERIO	a ACTOR X	b ACTOR Y	c ACTOR Z	$d=(a+b+c)/3$ PROMEDIO	PRELACIÓN	d/Total PONDERACIÓN
CRITERIO 1	5	5	8	6	1°	0,25
CRITERIO 2	3	2	2	2,33	5°	0,10
CRITERIO 3	3	5	1	3	4°	0,13
CRITERIO 4	3	1	1	1,67	6°/7°	0,07
CRITERIO 5	5	4	2	3,67	3°	0,15
CRITERIO 6	1	1	3	1,67	6°/7°	0,07
CRITERIO 7	4	6	7	5,67	2°	0,24
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>		<b>1,00</b>

Fuente: elaboración propia

Un camino posible es construir una Tabla de Ponderación, reuniendo en un cuadro de doble entrada la nómina de criterios y la de los integrantes del Grupo. Para otorgar a cada criterio un valor numérico, se puede usar una escala de 1 a 10, o de 1 a 5, o bien asignar a cada miembro un total de puntos a distribuir entre los distintos criterios.

A modo de ejemplo, presentamos a continuación un caso en el que el Grupo Evaluador estaría formado por tres integrantes ("actores") y se han seleccionado siete criterios. En este ejemplo, cada uno de los integrantes dispone de un total de 24 puntos, y tiene que distribuirlos de modo que refleje la importancia relativa que a su entender tiene cada uno de los siete criterios.

#### **Ponderación mediante el método del 'juego de naipes'**

Se trata de un método que "por un lado, es lo bastante sencillo como para que todos los interesados puedan entenderlo y, por el otro, lo bastante elaborado como para considerar nociones como la equivalencia, la preferencia y la clara preferencia.

Figura IV-A.1: Ponderación de los criterios mediante el "juego de naipes"

RANGOS	PRIORIDAD	PUNTUACIÓN DE 1 a 5	PREFERENCIA ACTOR X		PREFERENCIA ACTOR Y		PREFERENCIA ACTOR Z	
	1	5	C1	C5	C7	C1		
2	4,4					C7		
3	3,9		C7		C1	C3		
4	3,3							
5	2,7				C5		C6	
6	2,1						C2	C5
7	1,6				C2			
8	1		C6		C4	C6	C3	C4

Fuente: elaboración propia

Como si de un juego de naipes se tratase, funciona de la forma siguiente:

- √ Todos los criterios se anotan en una serie de tarjetas o cartulinas, tipo baraja, y también pueden dejarse algunas en blanco (sin criterio escrito).
- √ Cada uno de los miembros del grupo recibe una serie de cartas con los criterios, y tantas cartas blancas como desee.
- √ Se trata de clasificar los criterios por orden (generalmente por orden decreciente de importancia). Este método contempla dos interesantes posibilidades: se pueden colocar diversos criterios en el mismo nivel (equivalencia), y se pueden insertar cartas blancas entre dos criterios para marcar la intensidad de la preferencia.
- √ Entre todos los participantes se deben fijar dos sencillas reglas al principio: el número de niveles de cartas admitidos (p. ej., no se admiten más de 8 niveles de clasificación de los criterios) y el modo de puntuación (p. ej., la distancia entre la mejor y la peor puntuación no puede superar una razón de 5). El siguiente ejemplo emplea los valores mencionados.

En este ejemplo, la puntuación de los distintos niveles posibles refleja las distancias decididas: los 8 niveles reciben de forma lineal puntuaciones entre 5 y 1. Para el actor x, los criterios C1 y C5 son los más importantes, pero no expresa ninguna preferencia entre ellos.

**Tabla IV-A.2: Tabla de ponderación de los criterios mediante el “juego de naipes”(I)**

CRITERIO	a ACTOR X	b ACTOR Y	c ACTOR Z	$d=(a+b+c)/3$ PROMEDIO	PRELACIÓN	d/Total PONDERACIÓN
CRITERIO 1	5	3,9	5	4,63	1°	0,22
CRITERIO 2	3,3	1,6	2,1	2,33	5°	0,11
CRITERIO 3	3,3	3,9	1	2,73	4°	0,13
CRITERIO 4	3,3	1	1	1,77	7°	0,09
CRITERIO 5	5	2,7	2,1	3,27	3°	0,16
CRITERIO 6	1	1	2,7	1,57	6°	0,08
CRITERIO 7	3,5	5	4,4	4,30	2°	0,21
<b>Total</b>				<b>20.6</b>		<b>1,00</b>

Fuente: elaboración propia

El criterio C7 obtiene un buen puesto en la clasificación pero el actor ha querido señalar la diferencia de importancia que para él separa a este criterio de los dos primeros insertando una carta blanca. Y así sucesivamente hasta llegar al criterio C6, que no sólo es el menos importante para esta persona, sino que subraya el grado de esta opinión separándolo de los demás mediante tres cartas blancas<sup>118</sup>.

Si en el mismo ejemplo optásemos por remover la restricción sobre la distancia entre la mejor y la peor puntuación, y adoptamos simplemente la puntuación 8 a 1, encontramos los valores de la Fig.IV-A-2.

Comparando lo obtenido por los tres caminos que muestra el ejemplo, se observa que los resultados no tienen diferencias importantes.

118 Comisión Europea “Evaluation”.



El orden de prelación a que se arriba es siempre el mismo, y sólo existen pequeñas diferencias en los coeficientes de ponderación resultantes.

### Test de sensibilidad

Como su nombre lo indica, es una prueba destinada a conocer qué impacto tendría sobre los resultados algún cambio en los valores introducidos, sea en la puntuación otorgada a cada uno de los criterios, sea en las preferencias que determinan la ponderación. Incluso puede examinarse la influencia que tendría en los resultados la supresión de un criterio. Si pequeñas variaciones en los valores introducidos produjesen cambios sustanciales en los resultados, se sugerirá una revisión de lo actuado, aunque no será obligatorio modificar 1.

### Paso 4: Aplicación de los Criterios

Una vez definidos los criterios y su respectiva ponderación, cada uno de los integrantes del Grupo de Evaluación (“actores”) debe emitir su juicio. Es decir, debe expresar una valoración de cada uno de los escenarios en relación con cada uno de los criterios.

El objetivo de esta fase es llegar a otorgar a cada escenario una puntuación por criterio y una puntuación total. Esto permite comparar por un lado los escenarios entre sí y por el otro las opiniones entre los distintos actores respecto de un mismo escenario.

**Tabla IV-A.3: Tabla de ponderación de los criterios mediante el “juego de naipes”(II)**

CRITERIO	a ACTOR X	b ACTOR Y	c ACTOR Z	$d=(a+b+c)/3$ PROMEDIO	PRELACIÓN	d/Total PONDERACIÓN
CRITERIO 1	8	6	8	7,33	1°	0,25
CRITERIO 2	4	2	3	3	5°	0,10
CRITERIO 3	4	6	1	3,67	4°	0,13
CRITERIO 4	4	1	1	2	6°/7°	0,07
CRITERIO 5	8	4	3	5	3°	0,17
CRITERIO 6	1	1	4	2	6°/7°	0,07
CRITERIO 7	3	8	7	6	2°	0,21
Total				29		1,00

Fuente: elaboración propia

Continuando con nuestro ejemplo, construimos una Tabla de Valoración suponiendo que el Grupo de Evaluación tiene tres integrantes (“actores” X, Y, Z), y que se trata de elegir entre *n* escenarios (I, II, III, IV,...*n*) aplicando siete Criterios (Fig. IV.7)

Cada uno de los integrantes debe completar una Tabla en la que consigne su valoración de cada uno de los escenarios, respecto a los criterios seleccionados, en una escala numérica previamente acordada. Por ejemplo, entre 1 y 10, entendiendo que el 10 representa la máxima calificación respecto a ese criterio, y 1 la más baja. La aplicación de las ponderaciones y la suma final nos permite conocer el pronunciamiento final de ese actor sobre las posiciones relativas que atribuye a cada escenario.

Posteriormente, la agregación por suma de los valores expresados por cada actor permite arribar a la Tabla de Valoración del Grupo, cuyo resultado indicará el orden de prelación de los escenarios.

El tratamiento matemático que presentamos en los casos precedentes es sin duda el más sencillo, tanto para la determinación de la importancia relativa de los Criterios (ponderación) como para la calificación que otorga cada miembro del Grupo de Evaluación, y la posterior agregación de esos valores hasta el resultado final.

No es la única opción metodológica. La literatura sobre “evaluación multicriterio” presenta también otros métodos, que van agregando complejidad -sobre todo en función de los instrumentos informáticos de que se disponga- aunque no necesariamente mayor precisión.

Ha de tenerse presente que, en cualquier caso, se trata de un esfuerzo por resumir y expresar en valores mensurables un conjunto ponderado de opiniones e intuiciones emitidas por diferentes personas (grupo de evaluación constituido “ex profeso” y conformado por expertos según la naturaleza de lo que se quiera evaluar), que reflejarán una preferencia sobre soluciones posibles, ante el conjunto planteado de criterios económicos, medioambientales, tecnológicos, políticos, sociales, legales y los que formen parte del ejercicio que se realice.

**Tabla IV-A.4: Tabla de valoración por actor**

ACTOR	PUNTUACIÓN DE CADA ESCENARIO								
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Total por Escenario	Rango
X	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	1	
Ponderación	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	1	
Escenario I	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17		
Escenario II	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27		
Escenario III	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37		
Escenario IV	X41	X42	X43	X44	X45	X46	X47		
Escenario n	Xn1	Xn2	Xn3	Xn4	Xn5	Xn6	Xn7		

Fuente: elaboración propia

**Tabla IV-A.5: Tabla de Valoración del Grupo**

GRUPO	PUNTUACIÓN DE CADA ESCENARIO								
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Total por Escenario	Rango
Ponderación	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	1	
Escenario I	SUM(X11+Y11+...)								
Escenario II									
Escenario III									
Escenario IV									
Escenario n									

Fuente: elaboración propia

## ANEXO IV-B: Escenarios en el Planeamiento de ALC y otros

## Escenarios en ALC

País	Entidad – Horizonte	Escenarios	Variabes relevantes consideradas
Argentina	AGEERA <sup>119</sup> – 20 años	Dos: BAU (business as usual) y URE (uso racional de la energía).	Políticas de uso eficiente energético. Incorporación de generación renovable (eólica)
Argentina	Secretaría de Energía <sup>120</sup> – 2008 – 2025	Dos: Tendencial y Estructural (éste, con políticas de UEE – uso eficiencia energética - y restricciones a la penetración de gas natural en automotores).	Políticas de uso eficiente energético. Incorporación de renovables (eólica – solar) y nuclear. Restricción al gas natural comprimido en automotores.
México	Secretaría de Energía <sup>121</sup> – 2009-2024 – Gas Natural	Tres para demanda: planeación, baja y alta demanda. Único para oferta: proyecciones oficiales (PEMEX). Cada nueva “Prospectiva” modifica el escenario de planeación y de allí los cambios periódicos en la planificación.	Proyecciones macroeconómicas oficiales: PBI, precios, demografía. Tendencias y planes de sectores de demanda (petróleo, electricidad, industria, residencial y servicios). Escenarios bajo y alto en base a PBI.
México	Secretaría de Energía <sup>122</sup> – 2009-2024 – Electricidad	Tres para demanda: planeación, baja y alta demanda. Único para oferta: programa de expansión del SEN. Cada nueva “Prospectiva” modifica el escenario de planeación y de allí los cambios periódicos en la planificación.	Evolución del PBI: alto, medio y bajo, correlacionada con demanda eléctrica. Tendencias y planes por sectores de demanda (residencial, comercial, industria, servicios, bombeo agrícola, exportación). Oferta (servicio público y autoabastecidos)
México	Secretaría de Energía <sup>123</sup> – 2009-2024 – Gas LP	Único: proyecciones tendenciales de demanda con ajuste estructural por cada caso. Proyecciones de oferta de PEMEX.	Demanda residencial, servicios, industria, auto transporte, agropecuario, petrolero. Variables: habitantes/vivienda, producto industrial, precio combustibles alternativos.
Ecuador	CONELC <sup>124</sup> - Electricidad – 2007 – 2016	Tres para proyectar PBI, demanda y cobertura: mayor – medio – menor <sup>125</sup> .	Evolución del PBI; Crecimiento de la Demanda; y extensión de la cobertura eléctrica.
Colombia	UPME <sup>126</sup> – 2006 – 2020	Tres para demanda eléctrica (potencia y energía): alto – medio – bajo.	Crecimiento de la demanda, variables: PBI, población y pérdidas de energía.
Centroamérica	CEPAL <sup>127</sup> - 2020	Seis: 1) Plan Eléctrico I, hidro hasta 75MW; 2) Plan Eléctrico II, hidro hasta 150MW; 3) Plan Eléctrico III, hidro libre; 4) Plan Eléctrico I + URE (9.000GWh), 5) Plan Eléctrico I + biocombustibles + cogeneración; 6) Plan Eléctrico III + URE + biocombustibles + cogeneración + cocinas mejoradas + medidas transporte (10%).	Alternativas tecnológicas en la expansión de la oferta; penetración de URE, biocombustibles y cogeneración; manejo de la demanda (cocinas y transporte).
Centroamérica	GTPIR-CEAC <sup>128</sup> 2012-2027.	Dos escenarios para crecimiento de la Demanda: Crecimiento Promedio (histórico) y Alto. Toma 6 Factores determinantes que forman 12 casos de estudio, que derivan en un Escenario de Referencia, con análisis de sensibilidades. De ello, se calculan costos para 12 escenarios <sup>129</sup> .	Alternativas analizadas: 1. Existencia de condiciones favorables para Hidro y renovables (caso extremo: más térmicas sin Hidro); 2.Precio combustibles fósiles; 3.Crecimiento de la Demanda; 4.Conexión Panamá-Colombia; 5. Entrada línea SIEPAC; 6.Representación detallada sist. Colombiano.

119 Asociación de Generadores de Energía Eléctrica de Argentina.

120 Argentina, Secretaría de Energía. Grupo de Planeamiento Estratégico (2008).

121 México, Gobierno Federal (2009) Gas natural

122 México, Gobierno Federal (2009) Electricidad.

123 México, Gobierno Federal. (2009) GLP.

124 Ecuador, CONELC

125 Se plantea una planificación obligatoria, como contrapuesta a una indicativa.

126 Colombia, UPME.

127 CEPAL, (2007), pág. 84

128 Centroamérica, GTPIR – CEAC (2012.).

129 Escenarios resultantes: Base; Sin SIEPAC y sin Colombia; sin Colombia; Sin SIEPAC (2) y sin Colombia (2); Sin SIEPAC (2); Sin Colombia (2); Sin restricción Hidro; Con Genéricas Renovables; Combustibles Precios Altos; Sin restricción Hidro y Combustibles Precios Altos; Demanda Alta; y Colombia detallado.

Pais	Entidad – Horizonte	Escenarios	Variables relevantes consideradas
Brasil	EPE <sup>130</sup> - PDE 2021.	Un escenario de referencia y un escenario de mitigación (< emisiones, > eficiencia). El escenario de referencia surge como la trayectoria más probable de un “cono de escenarios” de estudios de mayor plazo <sup>131</sup> . Se le van incorporando análisis de sensibilidad por subsectores de consumo energético. Cada nuevo PDE anual analiza y modifica el escenario de referencia y de allí los cambios periódicos en la planificación.	Variables relevantes: 1) Macroeconomía. a) Nivel de Actividad. PBI mundial; Comercio mundial y PIB nacional (agropecuario, industria y servicios); b) Desarrollo. Tasa de Ahorro y PTF; Inversión (pública y privada)/PBI; c) Sector Público. Superávit primario; déficit nominal y deuda neta/PBI; d) Sector Externo. Balanza Comercial; Inversión Extranjera Directa y Balanza de Pagos. Precio del petróleo – Brent; 2) Demografía. Población, viviendas.
Brasil	EPE <sup>132</sup> - PDE 2021.	Un escenario de referencia y un escenario de mitigación (< emisiones, > eficiencia). El escenario de referencia surge como la trayectoria más probable de un “cono de escenarios” de estudios de mayor plazo <sup>133</sup> . Se le van incorporando análisis de sensibilidad por subsectores de consumo energético. Cada nuevo PDE anual analiza y modifica el escenario de referencia y de allí los cambios periódicos en la planificación.	Variables relevantes: 1) Macroeconomía. a) Nivel de Actividad. PBI mundial; Comercio mundial y PIB nacional (agropecuario, industria y servicios); b) Desarrollo. Tasa de Ahorro y PTF; Inversión (pública y privada)/PBI; c) Sector Público. Superávit primario; déficit nominal y deuda neta/PBI; d) Sector Externo. Balanza Comercial; Inversión Extranjera Directa y Balanza de Pagos. Precio del petróleo – Brent; 2) Demografía. Población, viviendas.
Chile	CNE <sup>134</sup> . 2008-2030.	Escenario de línea base con sensibilidades: escenario optimista y pesimista.	PBI y producción por sectores.
Guatemala	CNEE <sup>135</sup> .2012 – 2026.	7 Escenarios: Biomasa-carbón; Gas natural; Sin Geotérmicas; Todos los recursos; Exportaciones; Eficiencia energética; Tendencias y demanda alta.	Variables: Demanda, Precio de Combustibles y tecnologías de oferta (penetración de energías renovables)
Costa Rica	ICE. Generación Eléctrica 2012-2024 <sup>136</sup> .	Se estudiaron 42 escenarios iterativamente. Demanda: medio, alto y bajo. Uno, dos o tres ciclos combinados y atrasos de obras. Alternativas fechas hidros y reducción térmicas. Deriva en un Plan de Referencia y en un Plan de Expansión Recomendado.	Impacto de cuatro variables: demanda (proyecciones), ciclo combinado, hidro grandes y política de reducir térmicas.
Perú	OSINERGMIN <sup>137</sup> . 2008- 2015.	Proyecciones crecimiento de la demanda medio (8%), 7% y 10%. Dos casos: Con y sin nueva generación.	Variables significativas: crecimiento del PBI; mayor penetración del gas natural en generación eléctrica (CAMISEA).

Fuente: elaboración propia

130 Brasil, Plano Decenal.

131 Brasil, Plano Nacional.

132 Brasil, Plano Decenal.

133 Brasil, Plano Nacional.

134 Chile. CNE (2008).

135 Chile, Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2012).

136 Costa Rica. ICE (2012).

137 Perú. OSINERGMIN (2008).

## Otros “Escenarios”

País	Entidad – Horizonte	Escenarios	Variables Relevantes Consideradas
EE.UU	U.S.E.I.A. <sup>138</sup> . – 2025 y 2040	Tres referidos a energía renovable y reducción de emisiones CO2: a) Referencial (con regulación existente); b) Extensión temporal de incentivos a renovables; y c) Extensión y ampliación de incentivos a renovables. Tres referidos a la interacción entre la economía y la energía <sup>139</sup> : a) caso de alto crecimiento; b) caso de referencia; y c) caso de bajo crecimiento.	Inserción de renovables en matriz energética; reducción de emisiones de gases con efecto invernadero. Variables para crecimiento: PBI real; empleo no rural; y productividad.
EE.UU.	Interlaboratory Working Group <sup>140</sup> . 20 años.	Tres escenarios: BAU (business as usual), moderado y avanzado al 2020. Los enmarca en cuatro escenarios energéticos globales de largo plazo (2050): A1 alto crecimiento económico y baja proyección poblacional; A2 bajo crecimiento económico y alta proyección poblacional; B1 crecimiento económico medio y baja proyección poblacional; B2 similar pero menor crecimiento económico y mayor aumento poblacional.	Compromiso de las políticas públicas con las energías limpias (reducir la intensidad energética, el empleo del carbón y promover la captura de emisiones). Crecimiento económico y demográfico.
Holanda / Mundo	Shell <sup>141</sup> - 2050	Dos escenarios: Inercia (scramble) y Planificación (blue prints)	Decisiones o indiferencia política respecto al uso racional de los recursos y su efecto ambiental global.
EEUU/Mundo	ExxonMobil <sup>142</sup> – 2010 - 2040	Un escenario global, sustentado en análisis por subsectores de consumo: residencial/comercial, transporte, industria y electricidad.	Demografía, crecimiento económico, nuevas tecnologías, mayor eficiencia energética, más renovables, menos emisiones, políticas públicas.
Gran Bretaña	National Grid Co. <sup>143</sup> – 2020 – 2030 y 2050.	Tres referidos a energía renovable y GEI: a) Progresión lenta; b) Avance verde; y c) Avance acelerado.	Penetración de energías renovables en la matriz energética y reducción de GEI.
España	MITC – SGE <sup>144</sup> – 2008 - 2016	Un “escenario básico” inicial con análisis de sensibilidad a distintos cambios en las hipótesis básicas o bien en las políticas de demanda. Para electricidad y gas se proyecta la demanda en base a un “escenario técnico” del operador de los respectivos sistemas y otro “escenario de eficiencia”. Escenarios específicos típicos para el modelado de las redes de transporte.	Crecimiento económico, protección del medio ambiente, políticas fiscales, de transporte y nuevas tecnologías.

Fuente: elaboración propia

138 U.S. EIA/DOE (2013).

139 Módulo de actividad macroeconómica, EIA/DOE (2013).

140 Estados Unidos, DOE (November 2000).

141 Shell International BV, (2008).

142 ExxonMobil. (2013).

143 National Grid. (2011).

144 España, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2008).

## ANEXO V-A: Modificadores

### 1. El caso de los Gases de Efecto Invernadero

A lo largo del trayecto temporal iniciado a principios de la década de 1970 en la conferencia de Estocolmo sobre el clima y que continúa en la actualidad, la discusión internacional ha trascendido largamente el contorno inicial conformado por la sociedad científica. Las redes de expertos y ONGs ambientalistas en conjunto con las organizaciones de cooperación internacional, extendieron el debate a ámbitos masivos como la televisión, periódicos y revistas populares, la discusión en torno al Cambio Climático y su vinculación con las emisiones de GEI constituye un ejemplo de diseminación pública mediante información y medios de comunicación de diverso tipo.

Tanto la naturaleza como las actividades humanas son fuentes de emisión de contaminantes. En el caso de las emisiones de gases originados en elementos naturales como océanos, volcanes y plantas, la misma naturaleza se encargó, a través de un proceso de millones de años, de absorber una parte de ellos, logrando finalmente alcanzar un equilibrio natural que permitió el desarrollo de la vida sobre nuestro planeta.

Tal como se mencionó en la sección de las fronteras, este equilibrio ha sido de alguna manera perturbado a partir de la aparición del hombre y principalmente luego de la Revolución Industrial. Como consecuencia, una serie de nuevos fenómenos ambientales se han manifestado, constituyéndose estos es una de las principales preocupaciones que tiene actualmente la humanidad.

En lo que se refiere a las emisiones naturales, estas incluyen los procesos biológicos animales y vegetales, las emisiones volcánicas, las emisiones marinas y los incendios forestales espontáneos. En cambio las emisiones antropogénicas – originadas por la acción del hombre - incluyen aquellas derivadas de la combustión de combustibles fósiles, de los procesos industriales, de la industria química, del uso de la tierra para cultivos, de la deforestación, del uso de la biomasa y también del uso de pesticidas y fertilizantes, entre otras actividades.

Los principales gases de origen natural y antropogénico se detallan a continuación:

**Tabla V-A.1: Gases Emitidos a partir de Fuentes Naturales y Antropogénicas**

FUENTES tanto NATURALES como ANTROPOGÉNICAS	
Nombre	Símbolo
Vapor de Agua	
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
Metano	CH <sub>4</sub>
Oxido Nitroso	N <sub>2</sub> O
Ozono	O <sub>3</sub>
Monóxido de Carbono	CO
Oxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	NO, NO <sub>2</sub>
Componentes Orgánicos Volátiles diferentes del Metano	NMVOG
Oxidos de Azufre(SO <sub>x</sub> )	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>
Partículas	PART
FUENTES ANTROPOGÉNICAS	
Cloro-Fluor-Carbonos	CFC
Hidro-Cloro-Fluor-Carbonos	HCFC
Hidro-Fluor-Carbonos	HFC
Perfluor-Carbonos	PFC
Hexafluoro de Azufre	SF <sub>6</sub>
Oxidos de Plomo	PbOx

Fuente: Di Sbroiavacca Nicolas (2001).

Algunos de los gases detallados arriba, aunque no todos simultáneamente, están involucrados en los tres principales daños ambientales, consecuencia de sus emisiones al medio: el **efecto invernadero** o greenhouse effect, la **disminución de la capa de**



**ozono y la contaminación atmosférica.** Cada uno de estos efectos debe analizarse en función de sus consecuencias y de los gases que lo provocan.

Los GEI que se encuentran presentes en la atmósfera, tienen la particularidad de absorber las radiaciones infrarrojas de onda larga, con lo cual se provoca el calentamiento de la atmósfera. Gracias a este fenómeno, de origen natural, es que se ha podido desarrollar la vida en nuestro planeta, dado que el equilibrio entre la radiación solar entrante y la energía irradiada por la tierra posibilitó generar un sistema climático, apto para el desarrollo de seres vivos.

En definitiva el CO<sub>2</sub> es el principal responsable de las emisiones de GEI de origen antropogénico, seguido por el CH<sub>4</sub>, luego los CFC y por último el N<sub>2</sub>O. De allí que los diversos niveles de emisiones suelen conformar la columna vertebral de los escenarios futuros.

Se debe destacar que no es posible en la actualidad predecir con exactitud los niveles futuros de emisiones de GEI, ni la concentración esperada de los mismos en la atmósfera y menos aún los cambios futuros del clima debido a una nueva composición atmosférica.

No obstante, diversos estudios concluyen que de continuar con un aumento de la temperatura global, se podría acelerar el proceso de crecimiento del nivel de los mares en 20 cm de aquí al 2030 y en 65 cm hacia fines del próximo siglo. Ambos procesos producirían importantes problemas a la humanidad ya que el 50% de la población mundial se encuentra en ciudades ubicadas en las costas marinas y se verían afectados varios procesos biológicos y climáticos.

Resta agregar que las estrategias que se deberían implementar para tratar este problema son esencialmente de dos tipos: de adaptación - cambios que se deberían implementar para reducir las consecuencias del cambio climático - y de mitigación - tienden a controlar y aminorar el crecimiento de las emisiones de GEI y por lo tanto a disminuir el cambio climático. Los principales esfuerzos han estado vinculados al segundo conjunto de medidas.

Sin embargo tal como concluyen el cuarto informe del IPCC, vistas las políticas de mitigación y prácticas de desarrollo sostenible existentes, las emisiones de GEI aumentarán entre el 25% y el 90% entre el año 2000 y el 2030.

Se completa ahora el cuadro descriptivo con el ozono primero y por último la contaminación atmosférica. El O<sub>3</sub> se produce en la estratósfera de modo natural y su principal rol es el de absorber la radiación ultravioleta, función de vital importancia para el normal desarrollo de la vida humana, vegetal y animal. La concentración de O<sub>3</sub> a nivel estratosférico es también conocida como la capa de ozono.

Los principales responsables de la disminución del O<sub>3</sub> son el cloro y el bromo. Ambos productos son producidos por la naturaleza, principalmente a partir de las erupciones volcánicas, existió a nivel planeta un equilibrio que permitió mantener los niveles de concentración del O<sub>3</sub>, pero a partir del uso masivo, por parte del hombre, de los CFC (productos derivados del cloro), este equilibrio se vio afectado. Los CFC luego de ser utilizados principalmente en (a) la industria frigorífica, (b) como spray y (c) como solvente, se elevan desde la superficie terrestre, sin ningún tipo de modificación, y una vez en la estratósfera se convierten en clorina (derivado del cloro), el cual ataca al O<sub>3</sub> y lo destruye<sup>145</sup>.

La **Contaminación Atmosférica Urbana y Regional** es el último de los tres problemas ambientales analizados que afectan la atmósfera a partir de las emisiones gaseosas. La contaminación atmosférica es parte de un fenómeno que se presenta a escala urbana y regional, siendo los principales precursores del mismo los siguientes contaminantes: Partículas; Ozono (O<sub>3</sub>); Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>); Monóxido de Carbono (CO); Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y los VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles).

El análisis realizado hasta aquí podría continuarse examinando la evolución y estado de las negociaciones internacionales en la esfera diplomática; los aspectos y detalles técnicos de los textos acordados y la implementación puntual de mecanismos de mercado (permisos de emisión). Para ello se remite al lector a los registros originales de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ([http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/la\\_convencion/items/6196.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php)) o Hanssen, J.y Percebois, J. (2010).

145 Como se describiera anteriormente el hombre también produce O<sub>3</sub>, pero a nivel troposférico (conocido como ozono troposférico), el cual contribuye al efecto invernadero. Por lo tanto se observa que las actividades humanas por una parte producen O<sub>3</sub>, que por ser inestable, de corta vida y por ser producido a nivel tropósfera, no alcanza a suplir el O<sub>3</sub> que por otra parte, también la actividad humana, destruye a nivel de estratósfera.





PAÍSES MIEMBROS  
DE OLADE:

Argentina  
Barbados  
Belice  
Bolivia  
Brasil  
Chile  
Colombia  
Costa Rica  
Cuba  
Ecuador  
El Salvador  
Grenada  
Guatemala  
Guyana  
Haití  
Honduras  
Jamaica  
México  
Nicaragua  
Panamá  
Paraguay  
Perú  
República Dominicana  
Suriname  
Trinidad y Tobago  
Uruguay  
Venezuela  
Argelia (país participante)

Av. Mariscal Antonio José  
de Sucre N58-63 y  
Fernández Salvador  
Edificio Olade,  
Sector San Carlos  
Casilla 17-11-6413  
Quito - Ecuador



[www.olade.org](http://www.olade.org)



[/olade.org](https://www.facebook.com/olade.org)



[@oladeorg](https://twitter.com/oladeorg)

