

# **ECONOMIA DE LA ENERGIA**

**Lic. Daniel Bouille**

**Agosto de 2004**

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	1
<b>CAPITULO I</b> .....	5
<b>1. LA ENERGIA Y LA EVOLUCION DEL HOMBRE</b> .....	5
<b>2. LAS DIFERENTES FUENTES QUE ABASTECEN EL CONSUMO DE ENERGIA</b> .....	12
<b>3. LA ENERGIA COMO BIEN MATERIAL</b> .....	15
<b>4. LA ENERGIA Y LA ACTIVIDAD ECONOMICA</b> .....	19
4.1. INTRODUCCIÓN .....	19
4.2. LA ENERGÍA COMO RECURSO .....	19
4.3. LA ENERGÍA COMO FLUJO O EXISTENCIA .....	21
4.4. LA ACTIVIDAD ENERGÉTICA Y SU INSERCIÓN SECTORIAL .....	22
4.5. LA ENERGÍA Y LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA .....	22
4.6. LA IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	23
4.7. CALIDAD DE ENERGÍA .....	26
4.8. INTENSIDAD EN EL USO DE RECURSOS ECONÓMICOS .....	28
4.9. LOS PRECIOS DE LOS ENERGÉTICOS .....	32
4.10. LA GENERACIÓN DE RENTAS .....	35
4.11. ENERGÍA Y CALIDAD DE VIDA .....	37
4.12. ENERGÍA Y DESARROLLO ECONÓMICO .....	38
4.13. LOS USOS DE LA ENERGÍA .....	39
4.14. LA SUSTITUCIÓN ENTRE FUENTES .....	42
4.15. EL IMPACTO AMBIENTAL .....	43
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	43
<b>ANEXO</b> .....	53
<b>1. ALGUNAS DEFINICIONES DE TÉRMINOS</b> .....	53
<b>2. EL CONCEPTO DE RESERVA</b> .....	54
2.1. COMBUSTIBLES FÓSILES .....	54
2.2. COMBUSTIBLES NUCLEARES .....	54
2.3. HIDROELECTRICIDAD .....	55
2.4. RESERVAS TOTALES .....	55
<b>CAPITULO II</b> .....	57
<b>1. EL SISTEMA ENERGETICO</b> .....	57
<b>2. NATURALEZA DE LA ECONOMIA DE LA ENERGIA - DIFERENTES ENFOQUES</b> .....	59
2.1. LA ÓPTICA DE LA ECONOMÍA INDUSTRIAL .....	61
2.2. EL ENFOQUE SISTÉMICO .....	65
<b>3. LOS MODELOS E INDICADORES AGREGADOS</b> .....	68
3.1. LOS MODELOS .....	68
3.2. LOS INDICADORES .....	78
3.2.1. <i>Consumo de energía por unidad de P.B.I., productividad</i> .....	78
3.2.2. <i>Índice de carbonización</i> .....	83
3.2.3. <i>La energía y la población, consumo por habitante</i> .....	86
3.2.4. <i>Combinación de indicadores</i> .....	91

<b>CAPITULO III</b> .....	101
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	101
<b>2. LA TEORIA DEL CONSUMIDOR Y SU APLICACION AL ANALISIS ENERGETICO</b> .....	101
2.1. LA DEMANDA DE ENERGÍA .....	103
<b>3. REQUERIMIENTOS ENERGETICOS</b> .....	106
<b>4. LOS USOS ENERGETICOS - ENERGIA UTIL Y NETA</b> .....	107
<b>5. RELACION ENTRE REQUERIMIENTOS-CONSUMO-DEMANDA</b> .....	109
<b>6. EL ANALISIS SISTEMICO APLICADO AL ESTUDIO DE LOS REQUERIMIENTOS</b> .....	111
<b>7. EL ANALISIS SECTORIAL</b> .....	116
7.1. SECTOR RESIDENCIAL .....	116
7.1.1. <i>Conformación de los módulos energéticos homogéneos</i> .....	116
7.1.2. <i>Determinantes o Variables Explicativas del Consumo</i> .....	117
7.1.3. <i>Análisis de los usos, fuentes y equipos utilizados</i> .....	119
7.1.4. <i>Consumo y nivel de ingreso</i> <sup>0</sup> .....	119
7.1.5. <i>Primeras Conclusiones</i> .....	125
7.2. SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA.....	127
7.2.1. <i>Conformación de módulos homogéneos</i> .....	127
7.2.2. <i>Determinantes de los requerimientos a nivel de módulo</i> .....	128
7.3. SECTOR PRODUCTIVO RURAL .....	132
7.3.1. <i>Introducción</i> .....	132
7.3.2. <i>Conformación de los módulos homogéneos</i> .....	134
7.3.3. <i>Usos, Equipos y Fuentes a considerar</i> .....	138
7.4. SECTOR TRANSPORTE.....	140
7.4.1. <i>Conformación de módulos homogéneos</i> .....	140
7.4.2. <i>Usos, Fuentes y Equipos utilizados en el Sector</i> .....	141
7.4.3. <i>Determinantes de los Requerimientos Energéticos</i> .....	143
7.5. SECTOR SERVICIOS.....	145
7.5.1. <i>Desagregación en módulos homogéneos</i> .....	145
7.5.2. <i>Análisis de los Usos, Fuentes y Equipos Utilizados</i> .....	147
7.5.3. <i>Variables explicativas o determinantes de los consumos energéticos</i> .....	148
<b>ANEXO</b> .....	155
<b>1. "Analysis of Profiles of Income Distribution and Energy Consumption in the Residential Sector" (COPPE-UFRJ)</b> .....	155
1.1. PRINCIPALES CONCLUSIONES.....	155
<b>2. "A REGIONAL ENERGY SYSTEM, THE ENTRE RÍOS PROVINCE (ARGENTINA)" (IDEE)</b> 160	
2.1. INTRODUCCIÓN.....	160
2.2. MODELOS ANALIZADOS .....	161
<b>CAPITULO IV</b> .....	215
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	215
<b>2. EL ENFOQUE DE LA ECONOMIA INDUSTRIAL</b> .....	215
<b>3. EL COSTO DE AGOTAMIENTO</b> .....	221
<b>4. OFERTA Y ABASTECIMIENTO</b> .....	225
<b>5. LA CADENA PRODUCTIVA ENERGETICA</b> .....	227

5.2. LAS CADENAS PRODUCTIVAS COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE LOS FENÓMENOS ENERGÉTICOS 237	
5.3. LOS MERCADOS ENERGÉTICOS, COMO ELEMENTO ESENCIAL EN LA CADENA PRODUCTIVA .....	238
5.3.1. <i>Mercados de productos y mercado de usos energéticos</i> .....	241
5.3.2. <i>Las características estructurales de los mercados energéticos</i> .....	245
5.3.3. <i>Funcionamiento de los mercados energéticos</i> .....	249
5.4. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LAS CADENAS PRODUCTIVAS .....	252
<b>6. LAS RENTAS DE LOS RECURSOS NATURALES</b> .....	<b>253</b>
6.1. LA RENTA DIFERENCIAL .....	255
6.2. LA RENTA ABSOLUTA.....	257
6.3. CONSIDERACIONES FINALES.....	258
 <b>CAPITULO V</b> .....	 <b>261</b>
<b>1. EL PLANEAMIENTO</b> .....	<b>261</b>
<b>2. EL PLANEAMIENTO ENERGETICO</b> .....	<b>262</b>
2.1. EL ENFOQUE COMO RAMA INDUSTRIAL .....	262
2.2. EL ENFOQUE SISTÉMICO .....	264
2.2.1. <i>Aspectos del problema de decisión</i> .....	265
2.2.2. <i>Objetivos básicos del enfoque sistémico</i> .....	270
2.2.3. <i>Lineamientos generales del enfoque sistémico</i> .....	271
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	<b>274</b>
 <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	 <b>275</b>

## INTRODUCCION

La satisfacción de necesidades constituye el resorte de la actividad económica del hombre.

Si esto es así, la producción, transformación, distribución y consumo de energía tienen como finalidad la satisfacción de necesidades energéticas.

Tales necesidades energéticas se han traducido históricamente en ciclos de desarrollo sucesivo que estuvieron asociados a diversas fuentes: la madera, el viento, la hidráulica, el carbón, el petróleo, el gas natural, la energía nuclear y la energía solar.

La energía es, finalmente, un medio para la satisfacción de necesidades que se manifiestan en las siguientes cinco grandes categorías de usos:

- Usos térmicos
- Usos de fuerza motriz
- Usos de iluminación
- Usos electrónicos
- Usos como materias primas

Lo cierto es que la energía tiene una serie de características que hacen conveniente enfocar su estudio desde varias dimensiones, entre ellas la dimensión física, la tecnológica, la económica, la política, la legal y la ambiental.

### La dimensión física:

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, 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. Por otra parte se acumulan en forma muy desigual en el planeta, lo cual introduce una nueva característica del sector energético, una fuerte internalización.

### La dimensión tecnológica

Examinada desde el ángulo de la tecnología, la actividad energética se caracteriza por el grado de complejidad en ciertos dominios y por la gama extraordinariamente amplia de tecnologías disponibles.

En efecto, si consideramos la primera 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, carbón de leña, GLP, (propano, butano), gas natural, (metano), 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.

### **La dimensión económica:**

Lo que es posible en el plano 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.

Tomemos como ejemplo el caso del petróleo: el costo de producción medio del petróleo en el mundo se puede estimar en 10 dólares por barril. Los precios de valorización medio, incluyendo impuestos, se pueden calcular en 50 dólares. Si se multiplica esta cifra por la producción mundial de crudo (aproximadamente  $20 \cdot 10^9$  barriles) se tendrá una cifra exorbitante (para este ejemplo u\$s  $1.000 \cdot 10^9$ ) (4 veces el PBI de Argentina).

Este ingreso se distribuye entre tres grandes protagonistas: las grandes compañías energéticas; los países importadores y los países productores/exportadores.

Ninguna otra actividad industrial incorpora a 12 empresas del sector entre las veinte firmas más grandes del mundo, ni dispone de un flujo de caja comparable y concentrado sobre un número tan pequeño de decisores.

Por otra parte la actividad energética revela un profundo desequilibrio entre la estructura de la oferta y la 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.

La explicación del funcionamiento de tal sistema es difícil, la "racionalidad" económica se desenvuelve en un medio incierto, y la dimensión política es una constante siempre presente.

### **La 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) 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 dimensión legal:**

La relevancia política-económica de las actividades energéticas aumenta la consideración de un ingrediente adicional.

¿Cuál 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 (nacional, estadual, 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. (Que no podemos profundizar en este curso).

### **La dimensión ambiental:**

Las actividades de producción, transporte, distribución y consumo de energía conllevan impactos ambientales de especial significación. 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 hizo mención, 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.

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.

Las múltiples dimensiones y la notable relevancia de todas ellas las torna elementos imprescindibles en el análisis y conceptualización metodológica del sector. Sin embargo el alcance de este documento será el de una introducción al tema desde la óptica económica con especial énfasis en la satisfacción de las necesidades energéticas del sistema socio-económico.

El objetivo será concentrar la reflexión sobre los problemas que se consideran como los más relevantes y transmitir al lector lo esencial de la información, los conceptos y los enfoques que son frecuentes en el dominio energético.

La presentación se hará en cinco capítulos:

- En el primero de ellos se examinará la energía en relación a la evolución del hombre, las principales características de la energía como bien físico y su importancia y particularidades como bien económico.
- El capítulo dos se concentrará en la presentación del sistema energético y los enfoques teóricos conceptuales para explicar su funcionamiento.
- El capítulo tres estará dedicado a la profundización teórica de los modelos para analizar y explicar el comportamiento de los requerimientos de energía.
- El capítulo cuatro hará lo propio desde la óptica del abastecimiento.
- El último capítulo introducirá la problemática del proceso de planeamiento, las diferentes propuestas metodológicas y el sustento de cada una de ellas.



## CAPITULO I

### 1. LA ENERGIA Y LA EVOLUCION DEL HOMBRE <sup>(1)</sup>

El desarrollo del hombre a través de los siglos está íntimamente ligado a la evolución del dominio que fue logrando sobre las diversas fuentes de energía que la naturaleza pone a su disposición.

Esta circunstancia implica una relación directa y permanente entre el sistema energético y el ambiente que iremos desarrollando en forma paulatina.

La evolución antes mencionada puede ser dividida en una serie de etapas:

En la primera de ellas el hombre sólo utilizaba 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 obtenía también en forma directa de la naturaleza.

Es la etapa del hombre primitivo y su consumo energético, tal como se lo mide actualmente, se puede decir que era nulo. Si se incluye el contenido energético de los alimentos se puede estimar una cifra del orden de las 2.000 kcal/día/persona.

La segunda etapa comienza con el descubrimiento del fuego que le va a permitir al hombre, 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 el hombre 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 al hombre 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 podemos 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.

Los antiguos griegos, en una primera sistematización científica de los conceptos físicos, consideraban al Fuego como uno de los cuatro elementos básicos de la naturaleza, junto con el Agua, la Tierra y el Aire.

Esta concepción avanza por sobre las interpretaciones religiosas de casi todas las culturas primitivas que incluyen al sol y/o al fuego como una de las divinidades principales, desde Ra para los egipcios, Gibil (el dios del fuego) en Asiria y Babilonia,

---

(1) En este punto hemos usado ampliamente el Capítulo I, The Historical Perspective de Simon, A.L. en Energy Resources, Pergamon Press Inc., New York, 1975.

Inti para los indios peruanos, Zeus para los griegos, Júpiter para los romanos y Amasasu (la reina sol) en Japón.

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 tenemos que, a lo largo de los siglos, la humanidad va pasando de la mera agricultura de subsistencia, con un consumo del orden de 12.000 kcal/día/persona, a un sistema socioeconómico integrado como el que se desarrolla en la Edad Media. El consumo llega a unas 27.000 kcal/día/persona, en las áreas más desarrolladas del mundo en esa época, de las cuales unas 7.000 correspondían a las necesidades de alimentación, unas 12.000 a la satisfacción de otras necesidades personales y el comercio, 7.000 al desarrollo de la agricultura y unas 1.000 al transporte.

Hacia el final de esa época se produce en Europa una gran "crisis energética", la vinculada con el agotamiento de los bosques, fuente básica de energía de la época. Dicho agotamiento fue provocado por una utilización intensiva de las masas boscosas disponibles, para la producción de leña y para madera de construcción, que superaba la productividad media anual de las mismas.

Como lo analiza en detalle el artículo de Horta Nogueira (1985) <sup>(2)</sup> esta crisis tuvo una serie de semejanzas con la crisis más reciente del petróleo.

- a) La excesiva dependencia de una sola fuente energética, entonces la leña, hoy el petróleo.
- b) El uso simultáneo del producto energético con fines no energéticos (madera para la construcción - petróleo como materia prima).
- c) La reacción inmediata de las autoridades ante la crisis mediante medidas restrictivas del consumo.
- d) La amenaza de agotamiento del recurso por un uso abusivo e irracional del mismo.

Otro hecho importante de señalar frente a aquella crisis es que la misma se está reproduciendo hoy en día en muchas áreas de los países en vías de desarrollo al mismo tiempo que la crisis del petróleo.

¿Qué enseñanzas podemos sacar de aquella crisis y la forma en que fue superada?

Podríamos decir que tres enseñanzas básicas:

- a) el desarrollo de una nueva fuente de energía más eficiente que la leña, es decir el carbón;
- b) un fuerte desarrollo tecnológico en múltiples áreas que posibilitó la producción, transformación y utilización del carbón;

---

(2) A crise energetica atual e sua antecessora, L.A. Horta Nogueira, Esc. Fed. de Eng. de Itajubá, M.G., Ciencia e Cultura 952-956, 37 (6), Junio de 1985.

- c) una conciencia de respeto ecológico a la naturaleza que llevó a la reforestación y explotación racional de las áreas forestales.

En una primera época al carbón se lo utiliza, en forma similar a la leña, sólo para producir calor en forma directa y en menor medida como reductor en la metalurgia del hierro.

Este tipo de uso comienza en Inglaterra en el siglo XII y se expande luego al resto de Europa.

Recién a través de un salto tecnológico como el desarrollo de la máquina a vapor, durante el siglo XVIII, va a dar inicio a una tercera etapa y a la así llamada primera revolución industrial.

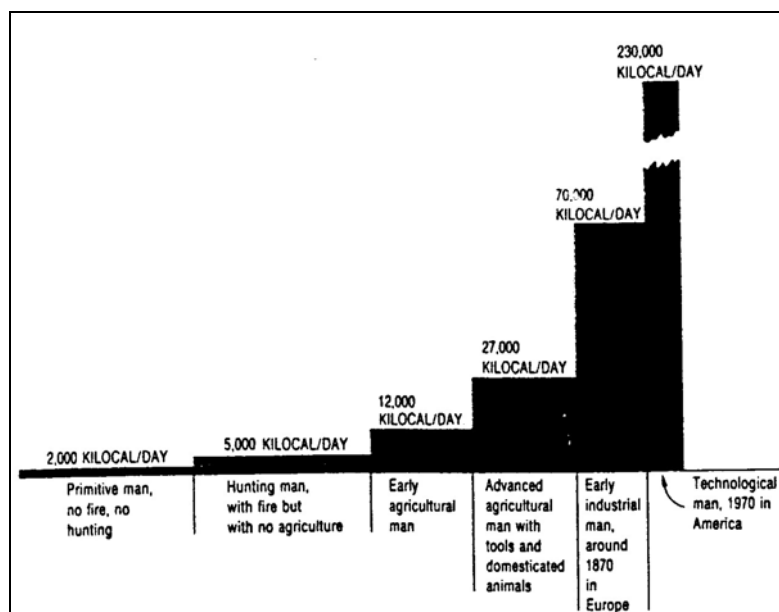
Este desarrollo tecnológico llevó alrededor de 70 años, desde 1698 cuando Thomas Savery desarrolló la primera bomba a vapor hasta 1769 cuando James Watt desarrolla el motor a vapor rotativo, que revolucionó la tecnología. El desarrollo de la locomotora a vapor por George Stephenson en 1814 dio nacimiento a la extraordinaria expansión del ferrocarril como nuevo modo de transporte.

La máquina a vapor modificó simultáneamente las condiciones de la oferta y de la demanda de energía, pues a la vez que permitió la producción masiva de carbón al resolver el problema de como bombear grandes cantidades de agua desde las minas profundas, generó un amplio mercado para el mismo al posibilitar la producción de energía mecánica.

El uso masivo de los combustibles fósiles por la humanidad constituye un nuevo escalón en el aprovechamiento de los procesos naturales de acumulación y concentración de energía. Los mismos también tienen su origen último en la energía solar acumulada en plantas y/o animales en una primera instancia y luego sometidos a una serie de procesos de concentración y compactación que ha demandado millones de años.

Este largo proceso es el que les da a los combustibles fósiles su gran capacidad para liberar energía en forma rápida y eficaz al mismo tiempo que se los puede almacenar y transportar en forma fácil y económica.

Gráfico I.1  
Uso energético diario por individuo a lo largo de la historia  
de la civilización



Fuente: Simon, A.L., "Energy Resources". Pergamon Press, Inc. New York, 1975

Como ya lo mencionáramos el uso masivo del carbón se ve asociado a una serie de desarrollos tecnológicos tales como:

- La primera bomba de vapor (Savery, 1698)
- El primer motor a vapor (Newcomen, 1712)
- Desarrollo de la teoría del calor (Black, 1764)
- Primer motor a vapor rotativo (Watt, 1769)
- Primer barco a vapor (Fitch, 1787)
- Primera locomotora (Trevithick, 1802)
- Desarrollo y uso extensivo de la locomotora (Stephenson, 1814)

Poco tiempo después comienza también la utilización del petróleo, en una primera etapa básicamente como sustancia iluminante (kerosene) y generadora de calor, como lo había hecho el carbón.

También en este caso encontramos en la base de este desarrollo una crisis de abastecimiento y un incremento fuerte de los precios. Nos referimos al aceite de ballena utilizado para la iluminación, que hacia 1823 incrementa su precio en EUA de 43 centavos el galón a 2,55 dólares el galón en 1866.

El primer pozo de petróleo fue perforado por E.L. Drake en Pennsylvania en 1859 y luego del desarrollo de los campos petroleros el kerosene reemplaza al aceite de ballena como combustible para la iluminación.

Hacia falta que más tarde se produjeran nuevos cambios y desarrollos tecnológicos para que también el petróleo pudiera utilizarse para generar energía mecánica en forma directa, convirtiéndose en la principal fuente de energía para el transporte.

Estos cambios tecnológicos se refieren al desarrollo del motor Otto a gasolina (1886), el perfeccionamiento del motor de combustión interna por Daimler y la invención del motor diesel por R. Diesel (1920).

Esta tercera etapa en el uso de la energía está asociada al desarrollo de una nueva estructura socio-económica, en la que el artesanado se transforma en industria, y al desarrollo de la producción masiva de bienes físicos y su transporte a largas distancias.

Hacia 1870 el hombre industrial europeo llega a consumir unas 70.000 kcal/día ya sea en forma directa o por intermedio de una serie de actividades productivas y de servicios.

Podemos establecer una cuarta etapa en nuestro análisis, a partir del desarrollo de una nueva serie de adelantos tecnológicos que, hacia fines del siglo XIX y principios del XX, van a facilitar la difusión de la electricidad, de la misma manera que el vapor de agua, como vector secundario de energía, facilitó la utilización del carbón y su transformación en energía mecánica.

Entre otros podemos mencionar:

- Teoría de la inducción electromagnética (Faraday, 1831)
- Presentación del generador manual (Piseri, 1832)
- Primer motor eléctrico (Davenport, 1834)
- Desarrollo de la turbina hidráulica moderna (Francis, 1849)
- Generador eléctrico (Jedlic-Siemens, 1861-66)
- Primera central eléctrica pública (Edison, 1881)

Todos ellos permiten la utilización simultánea de múltiples fuentes de energía (leña, carbón, petróleo, hidráulica) de una forma muy flexible, con rendimientos más elevados y prestando un servicio de gran calidad.

Esta diversidad de fuentes energéticas disponibles combinadas con la acumulación de nuevas tecnologías permitió el desarrollo de un sistema energético básicamente estable por un período de casi 100 años.

Vemos que siempre la combinación de un recurso natural sin previo valor económico, asociado a una nueva tecnología que permite liberar la energía correspondiente produce un nuevo recurso económico.

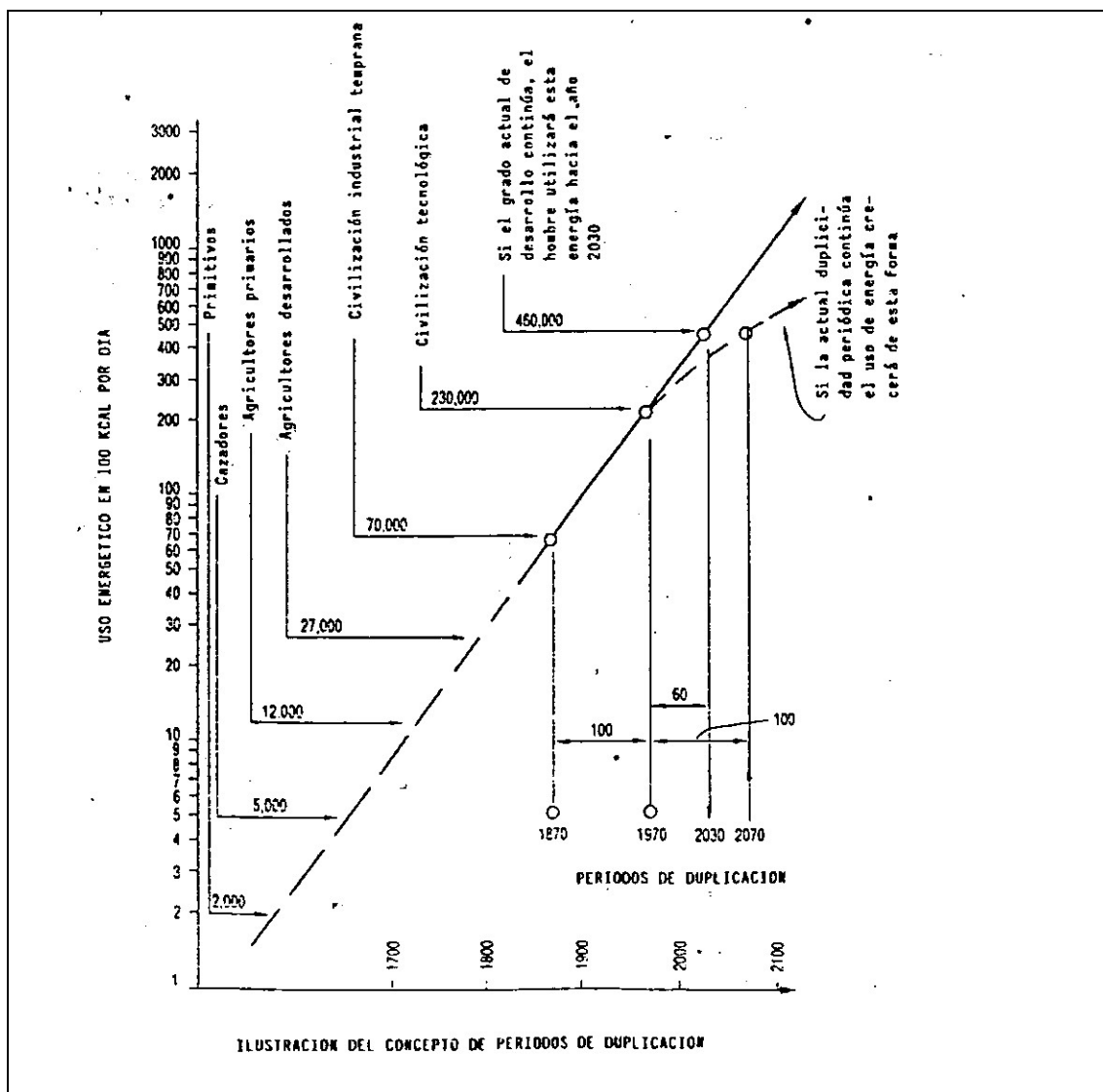
Con el dominio por el hombre del proceso de fisión nuclear controlada, mediante el cual es posible la transformación de la materia en energía, se da un nuevo salto cualitativo y se insinúa el inicio de una nueva etapa, que originalmente parecía prometer una disponibilidad ilimitada y de bajo costo de la energía.

Sin embargo esto no es así y paulatinamente comienzan a presentarse problemas tecnológicos, de costos económicos y financieros y de impactos sobre el ambiente.

Hacia 1970 el hombre del mundo tecnológico moderno estaba consumiendo, en Estados Unidos unas 230.000 kcal/día pero con un elevado grado de despilfarro ya que en Europa y Japón, con un nivel de desarrollo similar, era de sólo unas 115.000 kcal/día.

Hasta principios de este siglo hemos visto que el consumo mundial de energía se ha ido incrementando por el efecto combinado del crecimiento de la población y del incremento del consumo por habitante provocado por el cambio tecnológico y el desarrollo de nuevas actividades productivas y de servicios.

Gráfico I.2



Fuente: Simon A.L. "Energy Resources". Pergamon Press Inc., New York, 1975

En el presente siglo y hasta principios de la década del 70 este crecimiento se ha acelerado. En el Gráfico I.2, de tipo semilogarítmico se sintetiza la evolución antes mencionada y su proyección mecánica hacia el futuro nos daría niveles de consumo por habitante mucho mayores que los actuales.

Hoy en día sabemos que ello no necesariamente va a ser así y ya muchos de los países más industrializados se están planteando un futuro con consumos per cápita iguales o inferiores a los actuales.

Sin embargo en forma simultánea con este desarrollo una gran mayoría de la población mundial se encontraba aún en la segunda etapa de desarrollo energético

con una fuerte dependencia de la leña como única fuente energética y amenazada con procesos de agotamiento del recurso, similares a los que se dieron en la Edad Media en Europa.

Es así como la humanidad enfrenta hoy en día nuevamente una serie de crisis energéticas combinadas. Por una parte toma conciencia de que los recursos energéticos no renovables, acumulados por la naturaleza durante millones de años, son finitos y por lo tanto agotables y que muchos de los renovables, como la leña, si se los explota irracionalmente también pueden desaparecer.

Por la otra se encuentra con que la fisión nuclear (y aún eventualmente la fusión nuclear) no constituyen la panacea que se había pensado originariamente.

Frente a estas crisis se presentan en el largo plazo una serie de alternativas a explorar:

- a) insistir en la transformación de la materia en energía por la vía de la fusión y/o la fisión nuclear tratando de controlar y limitar los riesgos y peligros asociados a ella;
- b) redescubrir los flujos energéticos básicos de la naturaleza (el sol, el viento y el agua) y los procesos de acumulación a una escala compatible con la vida humana (biomasa) que, asociados a nuevos desarrollos tecnológicos permitan mantener y aún incrementar los niveles de productividad alcanzados con los combustibles fósiles y la energía nuclear.

En este sentido es necesario destacar los rápidos avances que se están produciendo a nivel internacional en el campo de la energía solar fotovoltaica, con fuertes reducciones en los costos de inversión y con un crecimiento importante en la potencia de pico producida.

Mientras tanto, en el corto y mediano plazo, nos enfrentamos con una transición energética durante la cual ninguna fuente energética en particular va a poder resolver la crisis y por lo tanto parecería ser lo más adecuado diseñar sistemas energéticos flexibles y múltiples que aprovechen en forma integral y coordinada las diferentes fuentes energéticas y tecnológicas disponibles en cada país o región, tratando de minimizar el impacto sobre el ambiente social y natural.

Si finalmente se lograra estructurar la segunda de las alternativas, nos encontraríamos con que las existencias de fuentes energéticas fósiles, no renovables, habrían actuado como puente entre dos etapas de la historia de la humanidad en las cuales el desarrollo del hombre se sustenta en el uso de los flujos energéticos naturales y permanentes.

A lo largo de esta breve y sintética presentación histórica de la relación entre el hombre y la energía, hemos ido descubriendo que el nivel y la estructura del consumo energético de una sociedad o sistema socio-económico, depende de una serie de factores determinantes.

Entre otros podemos mencionar:

- El tipo de sociedad y de cultura

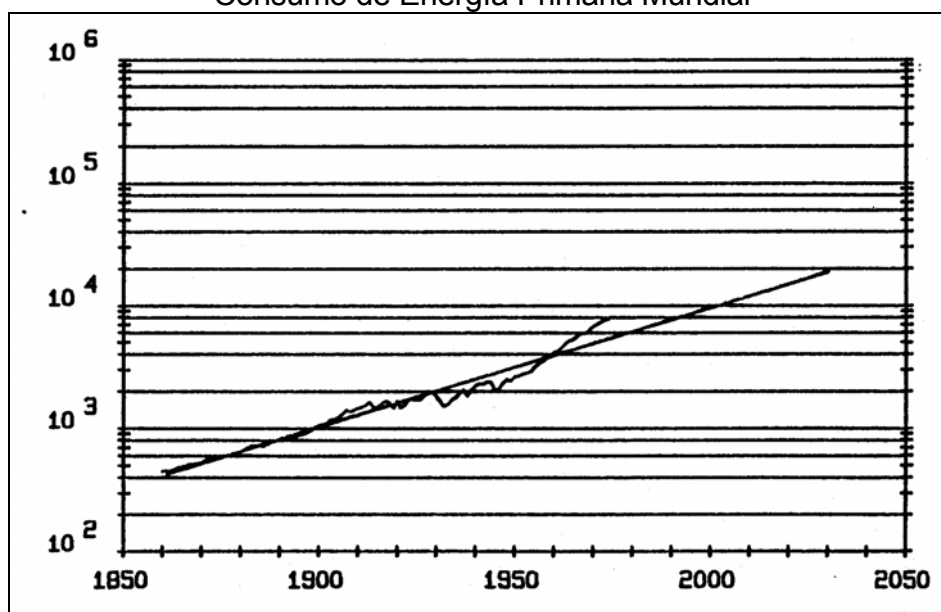
- El nivel y estructura de la población
- El nivel y tipo de la actividad productiva
- El tipo de recursos energéticos disponibles
- El grado de desarrollo tecnológico alcanzado
- Las condiciones climáticas y ecológicas naturales

Parte de la Economía de Energía trata de desentrañar las relaciones existentes entre dichos factores determinantes y el consumo de energía.

## 2. LAS DIFERENTES FUENTES QUE ABASTECEN EL CONSUMO DE ENERGÍA

En el punto anterior hemos visto como el desarrollo de la humanidad fue acompañado por un crecimiento del consumo total de energía pero también por un proceso de sustitución entre diversas fuentes de energía (Ver Gráfico N° I.3).

Gráfico N° I.3  
Consumo de Energía Primaria Mundial



Veamos ahora un poco más en detalle como se han ido dando estos procesos de sustitución en los últimos 100 años aproximadamente y cuáles son las perspectivas hacia el futuro.

Para ello utilizaremos un modelo desarrollado en IIASA a mediados de la década del 70 por C. Marchetti y N. Nakicenovic, cuyos resultados están representados en el Gráfico I.4.

En el mismo se considera la evolución del consumo en valores relativos, desde 1850 hasta la actualidad, de la leña, el carbón, el petróleo, el gas natural, la hidroelectricidad<sup>(3)</sup>, y la energía nuclear. En la proyección hasta el 2050 se incorpora una nueva fuente de energía denominada SOL-FUS.

(3) La hidroelectricidad ha sido sobre impuesta por nosotros.

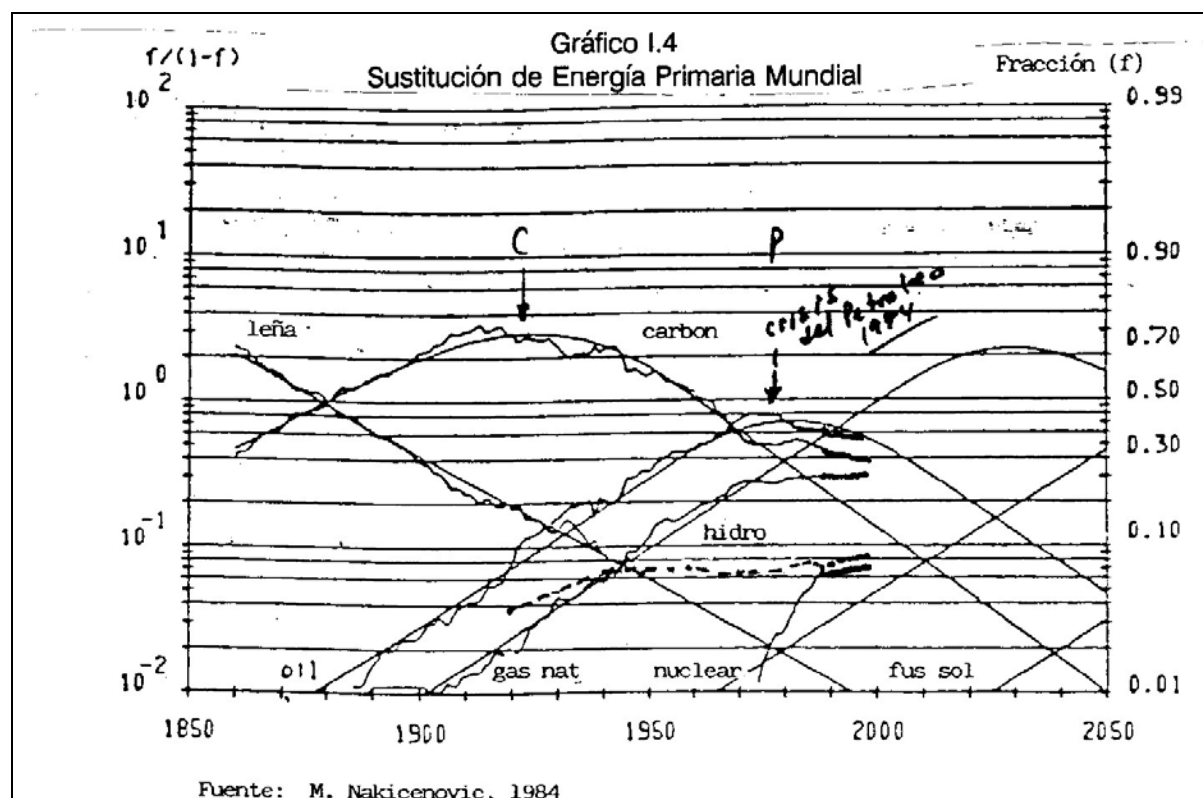


Más que los valores puntuales del gráfico lo que nos interesa destacar aquí son los grandes procesos de sustitución entre las fuentes de energía que se han producido en el pasado y que se insinúan hacia el futuro.

De una estructura casi totalmente dominada por los combustibles vegetales a principios del siglo XIX vemos que se llega a una participación muy pequeña de los mismos al finalizar el siglo XX.

Durante todo el siglo XIX el carbón va ganando posiciones y llega a su apogeo alrededor del año 1920 para comenzar luego un lento pero firme retroceso que, según el modelo, lo llevaría hacia el año 2000 a una participación similar a la de 200 años antes, aunque con una pequeña diferencia, el consumo sería unas 200 veces superior.

Gráfico N° 1.4  
Sustitución de Energía Primaria Mundial



Este planteo evidentemente es muy mecanicista y las crisis de mediados de la década del 70 muestran claramente que las tendencias antes indicadas pueden llegar a revertirse.

Debieron pasar unos 80 años desde que la máquina a vapor hiciera posible la producción y utilización masiva del carbón, para que aparecieran nuevas fuentes de energía en el panorama, el petróleo, seguido de cerca por su primo hermano, el gas natural.

En el caso del petróleo, como ya hemos visto el lento desarrollo inicial se acelera luego, especialmente a partir del desarrollo del motor de explosión y del motor diesel.

Se inicia así un nuevo proceso de sustitución por el aporte combinado del petróleo y el gas natural. Así como el carbón tuvo su apogeo hacia 1920, el petróleo parece haberlo alcanzado en la década del 70 con casi un 50% del total, mientras que la participación del gas natural aún continúa creciendo, aunque con un ritmo menor al previsto por el modelo.

Paralelamente a este proceso es importante destacar la participación de la hidroelectricidad (no considerada explícitamente en el modelo original) cuyo aporte se inicia también a fines de siglo pasado, crece sistemáticamente hasta 1940 aproximadamente y luego se estabiliza en alrededor del 6% del total.

Nuevamente pasarían unos 80 años antes de que apareciera una nueva fuente primaria de energía, la nuclear, con la cual se inicia hacia 1965 un nuevo proceso de sustitución que podría ser de gran magnitud.

De la evolución histórica podría sacarse la conclusión de que el máximo alcanzado por cada fuente ha sido declinante ya que la leña habría superado el 90%, el carbón alcanzó el 75%, el petróleo el 48%, el gas natural quizá un 30-35% y la hidro menos del 10%.

En valores absolutos el gas natural supera a la hidroelectricidad hacia el año 1945, los hidrocarburos al carbón hacia 1960, el petróleo al carbón hacia 1965 y a su vez la leña fue perdiendo posiciones frente al carbón hacia 1880, frente al petróleo hacia 1930, y frente al gas natural y la hidroelectricidad hacia 1945.

A partir de la situación actual el modelo, de carácter fuertemente mecanicista y determinístico, prevé que el gas natural va a continuar incrementando su participación hasta superar el 70% hacia el año 2025, que la energía nuclear reduciría fuertemente su ritmo de crecimiento actual, para seguir una pauta de penetración similar a la del petróleo y el gas natural y que recién hacia el año 2025 podría aparecer una nueva fuente primaria con un aporte significativo, posiblemente la energía solar.

Estas predicciones no concuerdan con las que realizan la mayoría de los especialistas por lo menos hasta principios del próximo siglo, ya que como lo indican las tendencias de los últimos 20 años se mantendría una cierta estabilidad en las participaciones con un cierto incremento del gas natural y la energía nuclear y una disminución del petróleo y el carbón, dependiendo en gran medida de hechos coyunturales vinculados a los precios del petróleo o de aspectos más permanentes como los relacionados con los impactos ambientales o los cambios tecnológicos.

El modelo es interesante como herramienta de análisis histórico y de diagnóstico, pero no parecería demasiado útil como herramienta de predicción, en particular porque su evolución futura depende en gran medida de dos parámetros fijados exógenamente: la fecha y la pendiente con que ingresa una nueva fuente al sistema.

Admitir la inevitabilidad de dichas tendencias, como lo hacen los autores del modelo, estimamos que implica ignorar la capacidad del hombre para modificar la naturaleza y la sociedad cayendo en un determinismo exagerado.

Rescatamos de esta presentación el hecho de que en el sistema energético existen un conjunto de fuentes energéticas primarias en concurrencia entre sí, dependiendo la evolución de los procesos de sustitución entre ellas de su disponibilidad en la

naturaleza, de su carácter renovable o no, del desarrollo tecnológico y de la evolución de los costos y precios de cada una de ellas.

### 3. LA ENERGIA COMO BIEN MATERIAL

Energía es la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo. Para analizar la energía bajo la forma de un flujo físico es necesario recurrir a los principios de la Física.

En este sentido resulta necesario exponer los principios de la termodinámica, esencialmente aquellos aspectos relevantes desde la óptica económica.

#### Los grandes principios de la termodinámica

La termodinámica estudia las leyes de la transformación del calor en trabajo.

El primer principio, principio de conservación o equivalencia dice que la energía no es creada ni destruida, sólo es transformada. Esto no es más que una transposición de la fórmula de Lavosier aplicable a la materia, analogía (entre energía y materia) que no es fortuita a partir de la relación establecida por Einstein  $E=mc^2$  <sup>(4)</sup>.

Se reconocen cinco fenómenos a través de los cuales se manifiesta la energía: el calor (energía térmica), el trabajo (energía mecánica), la combustión (energía química), la radiación (energía radiante), el flujo de electrones (energía electrónica).

La energía está detrás de estos fenómenos físicos, cambia de una forma en otra (ver Gráfico I.5) pero ninguna de ellas constituye la forma pura o primaria de energía.

Existe un principio de equivalencia general entre las formas en que la energía se presenta. Decimos que una cierta cantidad de calor representa una cierta cantidad de trabajo o de electricidad, relacionada por coeficientes invariables. Así la kilo caloría, el joule, el Kwh, relacionadas entre sí de la forma siguiente:

$$1 \text{ Kcal} = 4,1855 \text{ megajoules} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kwh}$$

Es posible transformar todas las manifestaciones físicas de la energía a alguna de estas unidades de medida y agregarlas como si se trataran de un mismo bien desde el punto de visto físico.

El interés económico del primer principio es evidente y puede apreciarse a través de un ejemplo: una tonelada de carbón eleva la temperatura de 6.500 m<sup>3</sup> de agua de 15°C a 16°C, es decir contiene 6,5 106 Kcal. Esta cifra indica el poder calorífico del carbón, es decir la energía química contenida en el carbón, la cual se puede transformar en calor por combustión.

La combustión de una tonelada de petróleo eleva de 15°C a 16°C 10.000 m<sup>3</sup> de agua, es decir el petróleo tiene un poder calorífico de 10,0 x 106 Kcal.

---

(4) E: Energía  
m: masa de materia  
c: velocidad de la luz

En unidades de calor, una tonelada de petróleo equivale a aproximadamente 1,5 toneladas de carbón (10,0/6,5).

A partir de tales coeficientes de equivalencia pueden sumarse todas las formas de energía convirtiéndolas en unidades de referencia comunes (Tep, Tec, Kwh) <sup>(5)</sup>.

El primer principio implica también que la utilización de una forma de energía no significa su destrucción.

Si se utiliza energía eléctrica para unir dos piezas de metal y se consumen 10 Kwh, no es cierto que tal energía desaparezca. En realidad modificó su apariencia, mientras su cantidad aparece constante, en los metales o en el medio ambiente.

La concepción económica de que existe un consumo o una destrucción es errónea. Lo cierto es que la energía consumida es ya inutilizable para el sistema económico, pero ella permanece presente en la biosfera, por ejemplo bajo la forma de efectos térmicos o químicos.

Los economistas ignoran su existencia en tanto no provoque efectos negativos sobre el sistema, es decir suponen la irreversibilidad del proceso.

El segundo principio de la termodinámica reconoce una base, la del rendimiento termodinámico; frente a una cantidad constante de energía existe una pérdida inevitable de la calidad de la misma.

Las energías de movimiento (eléctrica, radiante, mecánica) se convierten teóricamente unas a otras en forma integral, la energía térmica (calor) no se transforma ni espontánea ni integralmente en movimiento: 1 Kwh puede producir 860 Kcal, pero 860 no producirán jamás 1 Kwh.

El rendimiento de una operación de transformación de una forma de energía (por ejemplo calor) en otra (por ejemplo trabajo) es siempre inferior a uno.

El segundo principio precisa que no es la energía lo que se modifica, pero si una cualidad que ella posee y se manifiesta en forma distinta en su naturaleza: su capacidad de producir trabajo. Los dos principios son complementarios: la cantidad es constante, la calidad se degrada.

La disminución irreversible de la energía disponible para producir trabajo se representa por una cualidad llamada Entropía.

En la realidad los rendimientos energéticos son aún inferiores debido a las múltiples pérdidas de transformación.

Por ejemplo, en el caso de una central térmica a vapor, si el vapor es producido con el fuel-oil y el producto es la electricidad, se requieren 220 grs. de fuel oil para producir 1 Kwh. Dado que el Kwh vale 860 Kcal y 1,0 Kgr de fuel oil 10.000 Kcal, el rendimiento de la central será:

---

(5) Tep: Toneladas equivalentes de petróleo  
Tec: Toneladas equivalentes de carbón

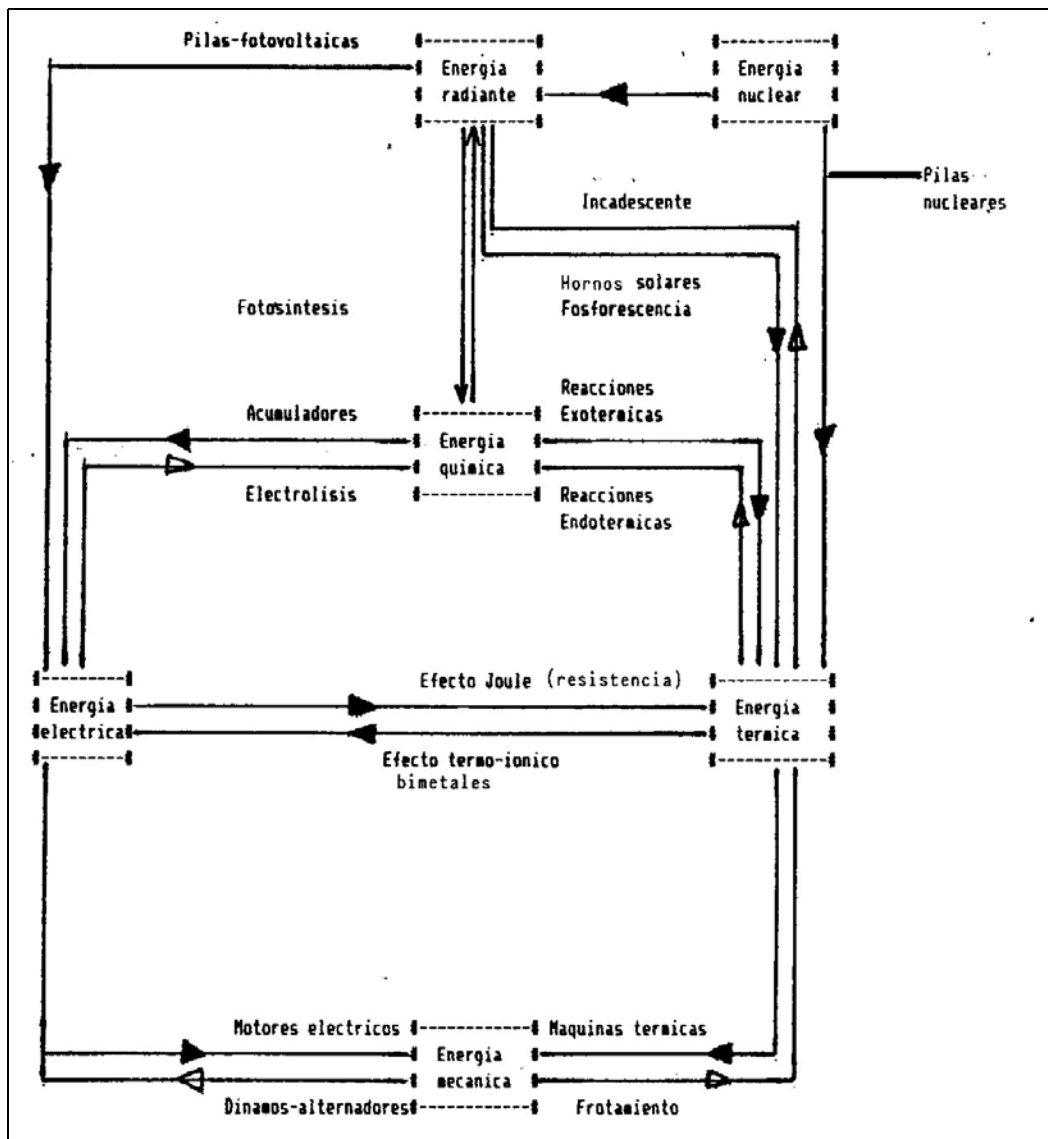
$$\frac{860}{2.200} = 0,39$$

Este rendimiento es inferior al termodinámico (65,6%) porque integra la totalidad de las pérdidas.

Planteados el primer y segundo principio de la termodinámica es necesario definir los elementos de interés dentro de la Economía de la Energía.

En tal sentido es relevante distinguir diferentes categorías, necesarias para definir el campo de análisis y objeto de la Economía de la Energía.

Gráfico N° I.5



FUENTE: Chevallier, J.M. y Otros – Economía de l'Énergie. Presses de la Fondation Nationale de Science Politique, 1986.

Así tenemos:

	<u>ENERGIA</u>	<u>Esencia</u>
	Capacidad de un cuerpo para producir trabajo (Sentido físico)	
	<u>FORMAS DE ENERGIA</u>	<u>Manifestación</u>
	- Energía térmica - Energía mecánica - Energía química - Energía radiante - Energía eléctrica	
	<u>FUENTES DE ENERGIA</u>	<u>Energéticos</u>
<u>Energía Natural</u>	- Solar - Petróleo - Gas natural - Carbón mineral - Combust.fisionable - Hidroenergía - Residuos de biomasa - Turba - Madera - Geoenergía - Energía animada	
<u>Energía Procesada o transformada</u>	- Coque - Carbón pulverizado - Carbón vegetal - Destilados de petróleo - Alquitrán de hulla - Residuos de refinería - Alcoholes - Gas de refinería - Gas de coque - Gas de alto horno - Gases manufacturados - Biogas - Gas de leña - Hidrógeno - Energía Eléctrica	

A los efectos del análisis de esta materia el interés se concentra en los llamados energéticos, es decir los orientados directamente a satisfacer las necesidades energéticas derivadas de la actividad productiva (necesidades intermedias) y las de los consumidores domésticos (necesidades finales).

## 4. LA ENERGIA Y LA ACTIVIDAD ECONOMICA

### 4.1. Introducción

Como ya observamos la humanidad ha empleado una variedad de fuentes energéticas en su búsqueda continua de una mejor satisfacción de las necesidades, a través de tecnologías cada vez más sofisticadas.

Primeramente se domesticaron animales y la fuerza muscular humana se utilizó para la caza, y posteriormente para los cultivos y artesanías. La esclavitud, utilización de la fuerza muscular humana como fuente de energía, fue una fuente de significativa importancia durante largos períodos de la humanidad. Pero fue la energía inanimada la que introdujo la productividad creciente y una variada gama de utilizaciones.

Comenzando con la madera, (como la más relevante) el viento y el agua en una primera era, continuando con el carbón, que alcanzó su apogeo en lo que se llamó la Revolución Industrial y avanzando luego hacia la era del petróleo.

Estas tres fuentes (madera, carbón y petróleo) han jugado un rol vital en el desarrollo económico.

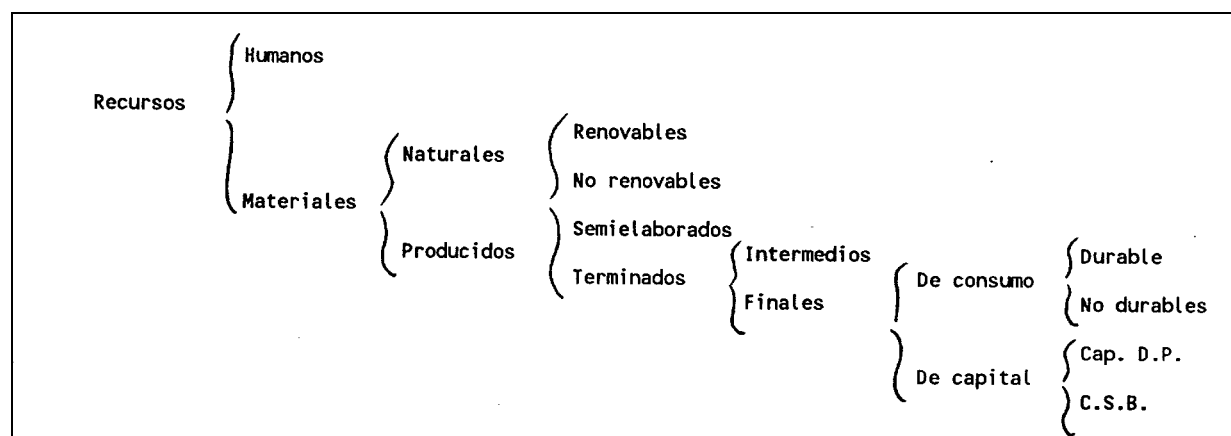
Puede afirmarse, sin temor a equivocarse, que son las energías inanimadas las que posibilitan, condicionan y provocan efectos indelebles sobre los procesos de desarrollo económico.

Las relaciones socio-económicas que se producen a efectos de la producción, transporte y consumo de tales energéticos, son las que dan origen al análisis energético.

### 4.2. La energía como recurso

Para comprender mejor la importancia de esta distinción resulta ilustrativo recordar algunos conceptos que son propios del campo de la economía.

En general, al realizar el estudio de un sistema económico se parte de una clasificación de los llamados Recursos, que puede ser la siguiente:



A la luz de este esquema, la energía (como satisfactor) muestra ya una de sus particularidades.

*Se trata de un bien (recurso) que se presenta en casi la totalidad de los escalones posibles*

Por lo que es tanto un recurso humano como material. En esencia el hombre es un cuerpo capaz de producir trabajo el cual se manifiesta en forma de energía mecánica y constituye una de las llamadas energías animadas.

Como recurso material la encontramos en su forma: natural o producida, (sol o electricidad) renovable o no renovable (hidroenergía o petróleo), semielaborados o terminados (gasolina para reforming o GLP), intermedios o finales (gas de refinería o electricidad para uso doméstico) y como bienes de consumo. Pero la energía no es un bien de capital, ni de consumo durable.

Desde esta óptica la energía, tanto animada como inanimada, es un recurso, es decir un satisfactor de necesidades y por tanto objeto de la ciencia o disciplina en cuestión.

Sin embargo, si se avanza en la calificación de tales recursos y en el rol que los mismos cumplen en la actividad económica productiva, nos enfrentamos a una diferencia sustancial entre ellos.

En efecto, a las unidades productivas confluyen un conjunto de elementos (existencias y flujos) que se combinan entre sí para originar un bien.

Este conjunto de elementos esta constituido por los llamados factores productivos e insumos, entre los primeros se hallan los recursos humanos, recursos de capital y los recursos naturales, entre los segundos puede encontrarse un energético, en particular. Sin embargo en este proceso la energía contenida en el recurso humano adquiere una categoría económica muy particular (llamada trabajo) que da origen a una retribución específica (salario) y no puede confundirse con la de un insumo o con la aportada por otro factor de producción (Recurso natural, por ejemplo).

En consecuencia la categoría trabajo (como actividad económica) tiene su propio ámbito de estudio y una entidad que no debería ser incluida dentro del análisis energético <sup>(6)</sup>.

Es por ello que dentro del sistema energético deben considerarse la totalidad de las fuentes inanimadas. Sin embargo algún instrumento utilizado dentro de la Economía de la Energía (Balances Energéticos por ejemplo) incluyen la energía animada producida por el uso de animales, pero, en general, no incorporan la energía humana.

La economía tiene especial interés en los bienes económicos, es decir aquellos bienes cuya obtención o disponibilidad implica asumir un sacrificio (costo) es decir que no se encuentran libremente disponibles y cuya captación (utilización) no implica costo alguno (el oxígeno contenido en el aire que respiramos, por ejemplo).

---

(6) La inclusión de la fuerza animal dentro de la energía animada incorpora una complicación adicional. Al respecto existen diversas posiciones: algunos sostienen que debe ser incorporada como fuente energética, otros creen que los animales son meros centros de transformación de una forma de energía en otra y terceros opinan que deben considerarse bienes de capital.



En este sentido la energía en alguna de sus formas y para algunos usos puede ser captada libremente para satisfacer una necesidad específica. Es decir se trata de un recurso necesario que no presenta costo para el usuario en cuestión.

Es necesario aclarar que al referirse a este concepto de energético como bien libre no se incluyen los usos que requieren "equipos de captación", por ejemplo, un calefón solar. Si bien en este caso el energético es efectivamente captado sin que se deba pagar un precio por él, tal captación requiere la disponibilidad de un equipamiento que, obviamente, tiene un costo.

Es difícil hallar ejemplos de tales usos en forma absolutamente libre, sin embargo, los mismos pueden encontrarse en las actividades más primarias; así el secado de productos alimenticios a través de mero esparcimiento de los mismos sobre los techos de las viviendas o en un solar sería un buen ejemplo.

*Es decir que la energía puede presentarse tanto como bien económico o como bien libre*

#### **4.3. La energía como flujo o existencia**

Otra característica peculiar del bien energía es su capacidad de presentarse en forma de existencia (no renovable) o en forma de flujo (renovable).

En el primer caso se trata, evidentemente, de un recurso escaso o al menos limitado.

Si se utiliza una tonelada de petróleo para producir energía térmica, las reservas mundiales han disminuido, irremediablemente, en una tonelada. Lo cierto es que tales reservas mundiales tienen un alto grado de incertidumbre ya que su volumen depende de los nuevos descubrimientos, del nivel de precios y del desarrollo tecnológico. En 1930, por ejemplo, las reservas mundiales de petróleo se estimaban en  $4.200 \cdot 10^6$  toneladas, aproximadamente 15 años de consumo. Desde 1938 hasta 1982 se habían producido aproximadamente,  $70.000 \cdot 10^6$  toneladas, y las reservas se estimaban, en ese año, en  $92.000 \cdot 10^6$  toneladas, es decir 33 años de consumo al nivel de 1982.

El principio de escasez es aplicable a las energías no renovables, pero debe destacarse el alto grado de incertidumbre ligado a la cuantificación del recurso, y, en consecuencia, la fijación de su grado de escasez.

En el caso de los recursos renovables el análisis resulta un tanto más complejo. Por una parte debemos distinguir que renovabilidad no implica ausencia de límites, es decir los recursos energéticos renovables pueden ser también limitados (la cantidad total de agua existente en el planeta es un cifra finita).

Sin embargo existen recursos que considerados desde la dimensión humana pueden considerarse ilimitados, la energía solar, por ejemplo.

La renovabilidad/no renovabilidad de los recursos energéticos puede ser analizada desde diferentes aristas. Por una parte se puede afirmar que, si se trata de recursos no renovables, dado el estado del arte (la tecnología), tanto la potencia (la capacidad máxima de producción) como la energía (la utilización de dicha potencia) a lo largo del

tiempo se encuentran limitadas, en tanto que si nos referimos a recursos renovables, la potencia es limitada, en tanto que la energía no encuentra un límite en el tiempo.

Esta distinción adquiere particular importancia en lo referente a la valorización del recurso, y en el caso de recursos no renovables a su utilización temporal. Sobre este tema volveremos más adelante.

*La energía se presenta en tales formas que, de acuerdo a la que se este considerando, actúa o no como un recurso limitante del nivel de actividad alcanzable.*

#### **4.4. La actividad energética y su inserción sectorial**

Las actividades productivas ligadas al abastecimiento de energía se distribuyen en entes de diferentes actores económicos, el llamado sistema energético de abastecimiento, no presenta unicidad sectorial, no existe como sector económico, en el sistema de cuentas nacionales.

Sin embargo la producción, transformación, transporte y distribución de energía abarca actividades tanto en el sector primario, como secundario y terciario.

*Esta es otra característica: el abastecimiento de energía abarca actividades primarias, secundarias y terciarias.*

#### **4.5. La energía y la actividad productiva**

La energía puede denominarse actividad "de base" de la economía, es decir una actividad que "alimenta" todas las actividades productivas, así como los consumos finales y la exportación.

Es decir, la energía es un bien de demanda final (dirigido a los sectores de consumo final) y de demanda intermedia (dirigido a las actividades productivas). Este último es el más relevante, al menos en una economía medianamente desarrollada.

Es necesaria en todas las actividades productivas y debe estar disponible en cantidad, calidad y precio adecuado.

Los grandes sectores de consumo intermedio están constituidos, en general, por la industria manufacturera, la siderurgia y los transportes.

La industria manufacturera es la que muestra la mayor progresión en el consumo de energía, con crecimientos mayores a los de la industria siderúrgica mientras que los transportes muestran crecimientos menores en función del mayor desarrollo técnico observado en este sector.

#### 4.6. La importancia de la energía en los costos de producción

En los puntos anteriores hemos visto como el consumo de energía por parte del sector industrial jugaba un papel preponderante en el consumo total de energía y en particular en el orientado a la demanda intermedia.

Conviene entonces analizar un poco más en detalle cuál es el consumo de energía en cada rama o actividad productiva y su relación con el valor de la producción.

Para procesos específicos es posible definir coeficientes puramente físicos (tn. coque/tn. arrabio, kwh/tn. aluminio, cal/tn. cemento) y analizar su evolución.

Estos coeficientes dependen estrechamente de la tecnología o función de producción utilizada para cada producto.

Cuando se quieren asociar varios procesos de una misma rama industrial o hacer comparaciones entre ramas ya no es posible manejarse exclusivamente con estos coeficientes físicos y es necesario recurrir a coeficientes expresados en costo de energía por unidad monetaria de valor de producción lo cual nos ata a una estructura determinada de precios.

En general es común escuchar la afirmación de que la participación de la energía en el costo total de la producción es muy bajo (3-4%) pero es necesario tener en cuenta que ese valor promedio no es representativo para ciertas actividades específicas muy importantes y además se refiere sólo al costo directo de energía. (Ver Cuadro N° I.1.).

Cuadro N° I.1.  
Costo energético directo (\*) para algunos sectores y países seleccionados  
(alrededor 1965)  
(%)

Proceso	País	EE.UU	Francia	Alemania Occ.	Italia	Holanda	Inglaterra	Suecia
Sector Energía		35.9	24.9	32.3	26.6	40.2	34.2	4.7
Metales Básicos		4.3	8.7	8.6	7.9	5.5	14.5	6.1
Química		5.2	7.4	6.9	8.8	9.0	9.0	4.6
Minería no energética		5.2	5.1	16.9	7.8	-	10.8	3.9
Pulpa y Papel		1.6	3.1	3.1	3.2	2.2	2.1	3.1
Construcción		2.2	2.0	1.0	1.6	3.0	-0	1.3

(\*) Relación entre el valor del insumo energético y el valor de la producción del sector.

Fuente: U.N. Economic Commission for Europe, Increased Energy Economy and Efficiency in the ECE Region (New York, UN, 1976, pp: 14-15).

Citado en 'How Industrial Societies Use Energy'. Darmstadter, J., Dunkerly, J. and Alterman, J., RFF, Johns Hopkins, U. Press, 1979, p.: 115.

En realidad sería conveniente analizar cuál es la participación del costo total en energía en el costo de producción.

En dicho costo total se incluye:

- a) el costo directo: gastos directos realizados en el proceso de fabricación del producto en cuestión.

b) el costo indirecto:

b.1) de insumos: costo de energía incorporado al costo de los diversos insumos utilizados para la producción del producto en cuestión.

b.2) costo de energía incorporado al costo de los bienes de capital (equipos) utilizados para la producción, en la proporción que corresponda.

Si tenemos en cuenta estos tres componentes del costo total la participación de la energía en el costo de producción para ciertos sectores se hace muy importante como surge de los siguientes datos obtenidos de varias fuentes.

Cuadro N° 1.2.  
Costo directo y total para varias actividades

	Costo directo %	Costo total %
Demanda final	4.5	6.4
Siderurgia	17.7	20.7
Pasta de papel	17.0	19.1
Metalurgia del acero	2.5	11.7
Industria química	10.7	15.0
Metales no ferrosos	-	20.0
Industria mecánica	-	8.0
Agricultura	2.3	5.1

Por supuesto estos valores no son constantes con el tiempo y varían con los adelantos tecnológicos, las mejoras de eficiencia, el grado de mecanización y de electrificación que se produce en cada rama en particular y con los precios relativos de la energía.

Esta participación del costo de la energía en el costo total de la producción tiene una gran importancia en el análisis de los problemas de costo y disponibilidad de energía en relación con el desarrollo.

La medición de la importancia de la energía en la actividad productiva puede realizarse a través de distintos coeficientes, siendo los más comunes:

- unidades energéticas físicas / unidades físicas del producto principal (Ej. kep/tn cemento);
- unidades energéticas físicas / unidades monetarias del producto principal (Ej. kep/dólar de valor de la producción);
- unidades económicas del insumo energético / unidades económicas del producto principal (Ej. Valor del insumo energético / valor de la producción)

Para estimar los coeficientes anteriores suelen utilizarse diferentes métodos:

- Análisis estadístico: relaciona datos estadísticos sobre consumo de energía y valor de la producción en una rama o sector determinado, normalmente en valores anuales. Este método puede dar un valor aproximado del costo energético de una industria pero no puede suministrar detalles y normalmente el sistema analizado es el país.

- Análisis insumo producto: suministra el valor de todos los insumos de un determinado tipo, la energía en este caso, por unidad de valor de una determinada producción, también se realiza a nivel país. Entre otros inconvenientes pueden mencionarse el hecho de trabajar al nivel de sector o rama y no de planta industrial, de dar valores económicos y no físicos del insumo energético, lo cual implica un precio como intermediario.
- Análisis de procesos: implica tres etapas: a) la identificación de la red de procesos asociados a un producto final; b) análisis de cada proceso para identificar todos los insumos en la forma de materiales, equipos y energía y c) asignación del contenido energético de cada insumo. Los principales problemas de este método son: la correcta definición de los límites del sistema y la correcta asignación del contenido energético de cada insumo.

El problema de la correcta definición de los límites del sistema es muy importante pues se puede llegar a conclusiones totalmente contradictorias, según cuales sean dichos límites.

Por ejemplo si se desea comparar un horno eléctrico con un horno a combustible se puede encontrar que a nivel de la industria el rendimiento del primero puede ser el doble del segundo (por ejemplo 60% vs 30%). Pero si se amplía el sistema y se incluye en él la central eléctrica que genera la electricidad, también a partir de combustible, con una eficiencia de 25% vemos que en realidad para satisfacer un mismo servicio se necesita el doble de combustible vía electricidad que en forma directa.

a) Vía electricidad:

$$4 \text{ u combust.} \times 0.25 = 1 \text{ u electric.} \times 0.60 = 0.6 \text{ u servicio}$$

b) Combustible directo:

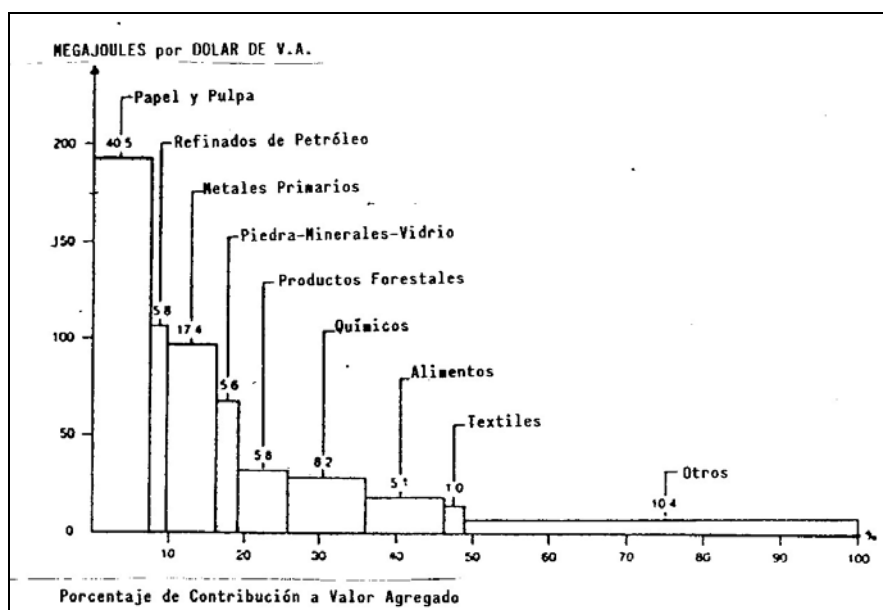
$$2 \text{ u combustible} \times 0.30 = 0.6 \text{ u servicio}$$

Este tipo de confusiones son muy frecuentes cuando se analizan las fuentes no convencionales de energía (de carácter descentralizado) vs las fuentes convencionales (suministradas por sistemas centralizados).

Lo cierto es que el consumo de energía por unidad de producto es muy diverso para los distintos sectores de la economía (agricultura, industria, transporte, servicios), y dicho valor varía con el tiempo dentro de un mismo sector debido a cambios en la tecnología de producción.

A modo de ejemplo, el Gráfico siguiente muestra la intensidad energética de diferentes actividades productivas y refleja la notable diferencia que existe entre actividades tales como la producción de papel y los textiles, si bien debe destacarse que la relación se establece entre variables físicas y Valor Agregado Industrial.

Gráfico N° I.6  
Intensidad energética por unidad de V.A.



Fuente: Chevallier, Berhet, Benzini, L'Economie de l'Energie - 1986.

En resumen, el análisis de la intensidad energética de un sistema económico y su variación en el tiempo exige descomponer analíticamente por sectores productivos y personales en función de las tecnologías utilizadas.

#### 4.7. Calidad de energía

En conexión con este tema de los usos a los cuales se destina la energía, tanto en el sector industrial como en otros sectores, recientemente se ha replanteado el problema introduciendo el concepto de "calidad" de la energía utilizada o suministrada.

Si bien desde el punto de vista físico general una caloría, u otra unidad energética, es siempre la misma independientemente del proceso a la cual se halla asociada, desde el punto de vista termodinámico la temperatura a la cual se realiza el intercambio calórico es de fundamental importancia tanto en lo referente al nivel absoluto como al diferencial de temperatura involucrada.

Esto desde el punto de vista del abastecimiento energético también tiene importancia ya que no cualquier fuente energética puede suministrar energía a una temperatura dada.

Se introduce así el concepto de "calidad" de la energía necesaria para un proceso la cual se asocia con la temperatura a la cual dicha energía es necesaria. Así una cierta cantidad requerida a 500° C tendría una mayor "calidad" que otra requerida a 80° C.

También asociado a este concepto de "calidad" a nivel de utilización se encuentran ciertos procesos, como podrían ser los electroquímicos, donde si bien no existen temperaturas elevadas, solamente un tipo particular de energía, la electricidad, puede satisfacerlos.

En función de este concepto se han empezado a hacer algunos estudios para determinar cuál es la estructura del consumo energético según los diferentes tipos de usos y niveles de temperatura.

En el Cuadro I.3. vemos los datos correspondientes a varios países.

De los mismos surge una primera conclusión y es la gran heterogeneidad con que son presentados los datos lo cual es lógico frente a un nuevo enfoque que no ha sido aún normalizado.

Los datos de los tres países industrializados corresponden a la estructura de la demanda energética total mientras que los de América Latina y Francia se refieren sólo al sector industrial.

Es de hacer notar que los valores indicados surgen de estimaciones, más o menos detalladas, realizadas en base a las características tecnológicas de cada uso o proceso y no tanto de datos estadísticos primarios que aún no se obtienen en forma sistemática. La mejor manera de aproximarse a este problema en un caso concreto es mediante encuestas especiales y estudios de tipo tecnológico.

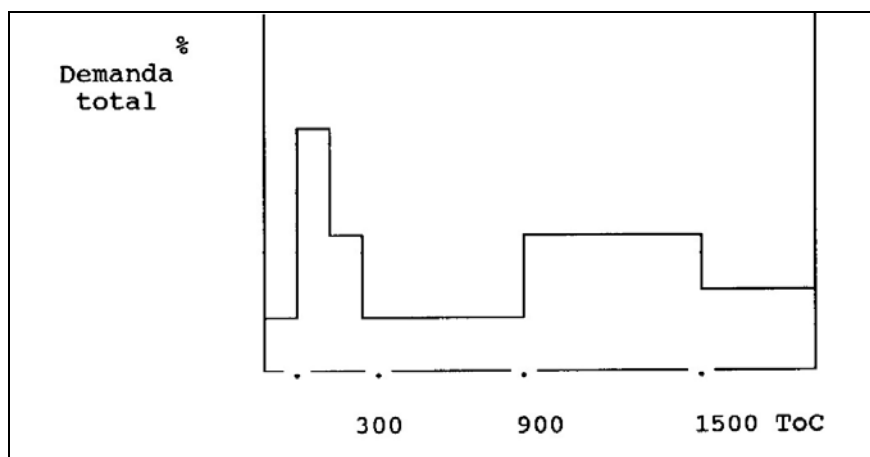
Cuadro N° I.3.  
Estructura de la demanda por niveles de "calidad" energética

<b>Suecia 1972</b>	<b>%</b>	<b>Canadá 1973</b>	<b>%</b>	<b>EE.UU 1973</b>	<b>%</b>
s> 500°C	10	260°C	5	T > 100°C	19
100 - 500°C	11	140 - 260°C	4	T > 100°C	28
< 100°C	43	100-140°C	16	Transporte	25
Transporte	19	< 100° C	28	En. Mecánica	3
Electricidad	16	Electricidad	5	Pérdidas	19
		Materias primas	1		
		Pérdidas	23		

- América Latina, Demanda Industrial, por regiones (%)

Región/Temp.	< 80°C	80-180°C	> 180°C
I	25	17	42
II	27	17	44
III	25	17	42
IV	25	17	42
V	20	15	35
VI	20	15	35

- Francia, Demanda Industrial



#### 4.8. Intensidad en el uso de recursos económicos

##### i) La intensidad de capital

En líneas generales se puede decir que la mayoría de los sistemas de producción y/o transformación de energía que constituyen los sistemas de abastecimiento, son de carácter capital intensivo y sólo requieren para su funcionamiento un reducido plantel de mano de obra en general altamente calificada.

Aún en aquellas explotaciones energéticas que en una época se consideraron como mano de obra intensiva, como la producción de carbón, hoy en día están alcanzando niveles de mecanización cada vez más altos lo cual incrementa la relación capital-trabajo.

Sin embargo aún quedan algunas actividades que requieren cantidades importantes de mano de obra, como la construcción de represas (en forma transitoria) o los cultivos energéticos (en forma permanente pero estacional).

Estas características del sistema de abastecimiento energético hacen que el mismo no sea apto en general para resolver o atacar problemas de ocupación y que para asegurar su desarrollo sean necesarias altas dotaciones de capital (en particular divisas) y de mano de obra altamente capacitada.

Por otra parte el hecho de ser actividades capital intensiva refuerza la importancia de los costos fijos sobre el total, la necesidad de evitar situaciones de subequipamiento o sobreequipamiento.

Por ser el sistema de abastecimiento energético altamente capital intensivo su desarrollo y crecimiento genera un flujo permanente de requerimientos de materiales y equipos que pueden ser abastecidos por la industria local.

Esto genera un efecto industrializante en toda la economía y arrastra desarrollos de alta tecnología en la medida que sea posible internalizar esa demanda dentro del país. De no ser así genera fuertes presiones sobre la balanza comercial y de pagos del país.



A este elemento de alta intensidad de capital debe agregarse que, en general, las inversiones energéticas requieren un largo período de maduración.

Ambos elementos implican que las inversiones en energía representen una porción importante de las inversiones globales. En algunos países las inversiones energéticas han representado más del 40% de las inversión pública.

Como problema adicional debe destacarse que para los países del tercer mundo el 50% de tales inversiones son de origen externo y por lo tanto generan un requerimiento de divisas.

## ii) Los requerimientos de mano de obra

El impacto sobre la demanda de mano de obra puede ser importante en el caso de sistemas descentralizados o aún para cierto tipo de obras.

Como en el caso de las inversiones, será necesario considerar todas y cada una de las etapas del sistema energético, desde las actividades de estudio y exploración hasta las de distribución y comercialización.

Diferentes tipos de desarrollo energético pueden tener impactos muy distintos sobre los requerimientos de mano de obra.

Los requerimientos de mano de obra por categorías o niveles de capacitación, nos dará una idea de los déficits y/o excedentes existentes. Ambos valores nos servirán para reorientar los programas de capacitación y formación de personal a todos los niveles.

En el tema de los requerimientos de mano de obra es importante distinguir la demanda permanente y normalmente creciente, orientada a la operación del sistema energético, de la demanda no permanente, vinculada a la construcción de obras energéticas. Las variaciones en la demanda de este último tipo pueden llegar a ser muy fuertes, desalentando la formación y especialización del personal, si los programas de obras similares (hidroeléctricas, nucleares, solares, etc.) y con personal altamente especializado, no tienen una cierta continuidad en el tiempo.

## iii) Impacto sobre el Balance de pagos

En este caso nos interesa la valorización económica de los intercambios de energía con el exterior del sistema y los requerimientos de importación de materiales y equipos para el desarrollo del sistema energético.

En relación con este último aspecto pueden existir varios países en vías de desarrollo que estén en condiciones de exportar materiales y equipos vinculados a algunas fuentes energéticas en las que el país se ha especializado. En este caso se debería tener una cuantificación del aporte que dichas exportaciones podrían realizar al equilibrio de la balanza comercial del país.

En el caso de los productos energéticos se deberá valorizar cada uno de los flujos de importación y exportación, incluido los "bunkers", que fueron determinados al elaborar los Balances de Energía secundaria y primaria.

El cálculo de la componente importada de las inversiones, permite definir la otra componente básica del impacto del sistema energético sobre la balanza comercial del país.

Estos valores nos dan solamente el impacto directo de las mismas. Si se quisiera conocer el impacto total, directo e indirecto, sería necesario disponer de un estudio mucho más detallado que midiera la componente importada de los equipos y materiales de producción local.

En caso de que exista en el país una industria importante y especializada en la provisión de determinados equipos y materiales directamente vinculados al sector energético es conveniente realizar un análisis de las posibilidades de exportación que tienen las mismas con lo cual mejorarían su posición interna minimizando los costos de producción y realizarían una contribución importante al equilibrio de la balanza comercial vinculada al sector energético.

Un rubro menor, pero no por ello menos importante, es el vinculado al intercambio de servicios, en particular, en las áreas de consultoría, ingeniería, dirección de obras, áreas en las cuales los PVD tienen una posición importadora, si bien existen ya algunos de ellos con cierta capacidad exportadora que puede compensar aunque sea parcialmente las erogaciones necesarias en el exterior.

Para determinar el impacto sobre el balance de pagos del país, el problema resulta mucho más complejo pues es necesario considerar las múltiples modalidades de financiamiento posibles, tanto para los flujos de exportación como para los de importación.

No obstante ello, es posible realizar ciertas hipótesis fijando condiciones típicas de financiamiento para cada una de las fuentes energéticas y para cada tipo de obra o proyecto energético.

Este aspecto es muy importante pues las condiciones financieras vinculadas a un proyecto hidroeléctrico son sustancialmente diferentes a las de un contrato de exploración y/o explotación petrolera.

En el análisis del impacto del sector en el balance de pagos es fundamental considerar los pagos ya comprometidos por las inversiones (o compras de productos energéticos) realizadas con anterioridad al año base.

De lo contrario se puede tener una imagen distorsionada de la capacidad libre de crédito externo que dispone el país.

Adicionalmente a los problemas de financiamiento de los flujos reales de bienes y servicios es necesario considerar los flujos financieros puros o sea por un lado los aportes de capital e inversiones de las empresas extranjeras y, por el otro, las remesas de royalties, utilidades y reembolsos de capital por parte de esas mismas empresas y de las empresas públicas y privadas del propio país.

Este tipo de análisis puede resultar mucho más complejo que el de la balanza comercial por el carácter confidencial que puede tener parte de la información necesaria.

Si bien en lo anterior no se prejuzga sobre el resultado positivo o negativo del análisis, implícitamente se ha estado pensando en un país básicamente importador de energía y de materiales y equipos.

Sería necesario complementar este análisis con uno equivalente para los países básicamente exportadores actuales o potenciales de energía.

#### iv) Otros Insumos Productivos

Existen también importantes requerimientos de determinados insumos o materiales que puedan considerarse críticos.

Entre otros podemos mencionar: la tierra, el agua, el cemento y el acero.

En el primer caso el análisis se hace más importante si existen grandes programas de biomasa, energía solar u otras fuentes no renovables o actividades mineras de tipo cielo abierto.

Al considerar la demanda de tierra por cada una de las actividades energéticas es importante distinguir entre la ocupación permanente o transitoria de la misma e indicar la calidad del suelo requerido (No es lo mismo un km<sup>2</sup> de tierra agrícola para la producción de azúcar, que un km<sup>2</sup> de tierras áridas y/o montañosas para instalar colectores solares).

En muchos casos la ocupación del terreno no necesita ser exclusiva y, por lo tanto, su combinación con otros usos puede reducir el requerimiento total (Por ejemplo colectores planos en techos y paredes de edificios privados o públicos, líneas de transporte de electricidad, gas natural o petróleo).

Este tema tiene particular importancia en el análisis de escasez de tierras productivas y de competencia directa entre el uso de la tierra con fines energéticos o para la producción de alimentos.

En relación con el agua pueden existir varios tipos de problemas asociados a su uso consuntivo o no consuntivo y a la calidad del agua necesaria.

En líneas generales, este factor se considera no limitativo y con disponibilidades amplias de oferta. Sin embargo en muchas regiones o países puede llegar a ser el elemento limitante de nuevos proyectos, en particular en el mediano o largo plazo.

En relación a los materiales y equipos de uso general será necesario tener en cuenta no sólo la demanda del sector energético sino la del conjunto de la economía a fin de determinar la situación de equilibrio o desequilibrio entre oferta y demanda.

La existencia de planes concretos, sistemáticos y coherentes de obras energéticas genera normalmente una demanda importante y sostenida que puede justificar la ampliación o instalación de capacidades adicionales de producción interna.

De esta manera se logran efectos secundarios beneficiosos tanto sobre la balanza de pagos, como sobre la ocupación y el proceso general de desarrollo del país.

El análisis del problema a nivel regional pondrá en evidencia eventuales desequilibrios a dicho nivel que no necesariamente se reflejan en un análisis global a nivel nacional.

En cada caso particular se podrán incluir otros materiales o insumos que se consideren estratégicos para el desarrollo del programa propuesto.

#### **4.9. Los precios de los energéticos**

Los flujos de energía se dirigen tanto al consumo final de las familias como al consumo intermedio del resto de las actividades productivas que integran el sistema socio-económico. El interés del examen de tales flujos, siempre con referencia al problema de precios y tarifas, puede plantearse a dos niveles. Por una parte, los aspectos relacionados con los subsistemas y circuitos pertinentes a la producción y consumo de otros bienes, y con los agregados macroeconómicos y por otra, el estudio más detallado de los usos de la energía por los diferentes tipos de unidades de consumo. En base al análisis de tales flujos pueden estudiarse las posibles repercusiones de las variaciones o de diferentes estructuras y niveles de los precios y tarifas de la energía sobre el sistema socio-económico en los aspectos señalados.

Esas variaciones o estructuras alternativas pueden manifestarse a través de diferentes niveles en los precios de la energía (manteniendo constante los precios relativos de las diferentes fuentes), por cambios en los niveles relativos y por modificaciones en la estructura interna de la tarifa, de una determinada fuente (ya sea entre las instancias de producción, transporte o transmisión y distribución o en el nivel de consumo).

Aunque el examen detallado de los niveles o estructuras alternativas de precios y tarifas sólo puede ser realizado a partir del conocimiento de las características de un sistema socio-económico específico, es posible señalar aquí algunas de sus principales consecuencias hipotéticas. Por supuesto, algunas de estas consecuencias habrán de manifestarse en el corto plazo y otras a lo largo de un lapso más prolongado de tiempo.

Dentro del corto plazo el impacto se observará principalmente sobre los precios de los restantes bienes y bajo la forma de transferencia de ingresos y excedentes (especialmente cuando se trata de una variación en el nivel absoluto o en la estructura interna de precios y tarifas sin grandes alteraciones en sus niveles relativos).

En el largo plazo podrán observarse cambios tanto en las funciones de producción alterando las relaciones entre la energía insumida y la producción en términos físicos como en las partes de consumo de energía por las familias, sustituciones entre fuentes (especialmente cuando se trata de fuertes variaciones en los niveles relativos y la oferta es lo suficientemente flexible como para permitir esos cambios). También habrá consecuencias sobre precios e ingresos aunque ellas se concretarán sobre y a través del sistema de precios relativos y tendrán un carácter más permanente.

Nos referimos a continuación a algunas de esas repercusiones con la finalidad principal de mostrar la importancia de su conocimiento al elaborar una política de precios y tarifas.

Ya vimos que la energía constituye en sus diferentes fuentes, un insumo de gran difusión dentro del aparato productivo. De este modo ella se incorpora al costo de todas las mercancías que se producen en cada sistema socio-económico, aún cuando lo haga en proporciones diferentes. Por tanto, una variación en los precios de energía (en sus diferentes fuentes) puede implicar una variación correspondiente en los precios absolutos y relativos de todos los demás bienes, de acuerdo al contenido directo e indirecto de energía en la producción que cada uno de ellos suponga, y una incidencia diferencial en los presupuestos de las familias. De acuerdo con esto podemos observar que:

- a) La variación de los precios de la energía afecta la distribución del ingreso por diferentes mecanismos:
  - i) Impactando de manera directa y en forma desigual los presupuestos de las familias en la medida en que el gasto en energía representa una proporción relativamente mayor del gasto total de las familias de menores ingresos. En este sentido la tarifa actúa como un impuesto indirecto sobre los bienes de consumo masivo, teniendo por tanto un carácter altamente regresivo. Este tipo de impacto puede ser atenuado o agravado cuando los cambios en el nivel medio de la tarifa va acompañado por modificaciones en la estructura interna de la misma.
  - ii) Como consecuencia del efecto indirecto que resulta de la variación de los precios de la energía (especialmente cuando se trata de incrementos) sobre los precios de todos los demás bienes en proporción a su contenido directo e indirecto de energía. En este caso el impacto en la distribución personal del ingreso depende de la "canasta" de productos que caracteriza el consumo de cada grupo social.
  - iii) Si ante el aumento de los precios de la energía los asalariados no pueden, por acción de sus sindicatos, aumentar sus salarios monetarios, se produce una modificación en la distribución funcional del ingreso en favor de los perceptores de ingresos debido a la propiedad y, en particular, de los beneficios.
  - iv) Como consecuencia de modificaciones en las estructuras de precios entre los procesos de producción, transformación, transporte, distribución y consumo que habrán de significar diferentes formas en la apropiación de la renta de los recursos naturales.
- b) La variación de los precios de la energía habrá de inducir cambios en la rentabilidad relativa de las diferentes actividades de acuerdo a su contenido directo e indirecto de energía y de acuerdo al poder de negociación en actividades reguladas y no reguladas. Esto puede afectar la competitividad de los productos exportables con el consiguiente impacto sobre el balance comercial. En sistemas de economía abierta a la importación de bienes y servicios, una modificación de los precios de la energía puede inducir cambios

en la rentabilidad relativa de los bienes comercializables respecto de los no comercializables, dando lugar a transferencias de excedente entre tales tipos de actividades.

- c) Existe un conjunto de otras consecuencias macroeconómicas importantes de las variaciones o de estructuras alternativas de precios de la energía cuyo tratamiento detallado escapa al objeto del presente capítulo. Solo enunciaremos brevemente a algunas de las que consideramos más relevantes:
- i) En los países donde la energía tiene una fuerte participación directa en el comercio exterior, una variación de los precios de la energía tendrá un impacto mucho más importante en las cuentas externas que el mencionado en el punto b), modificando drásticamente su capacidad de importar. Estamos pensando principalmente en los países importadores de energéticos cuyo aumento en el precio de importación, además de los efectos sobre el balance comercial, tiende a provocar importantes consecuencias sobre los precios internos, el nivel de actividad y la distribución del ingreso.
  - ii) Si se toman en cuenta los efectos de los precios de la energía sobre la distribución del ingreso y sobre el sector externo, de acuerdo a lo expresado en los puntos anteriores (a, b y c.i) pueden deducirse repercusiones sobre la demanda efectiva y sobre la disponibilidad global de insumos y bienes de capital y, por tanto, sobre el nivel de actividad y el empleo.
  - iii) En la medida en que se pretende que los aumentos nominales en los precios de la energía signifiquen incrementos reales (aumentos de los precios y tarifas por encima de los registrados en los precios de los restantes bienes y servicios); si los agentes de la producción trasladan esos mayores costos a sus precios y los sindicatos tienen el poder suficiente para resistir la baja en sus salarios reales, aquellos intentos pueden generar o acelerar la espiral inflacionaria.
- d) Por último, creemos que se debe destacar un importante aspecto de orden macroeconómico que aún cuando no se refiere exclusivamente a la influencia de sistemas alternativos de precios sobre los flujos que se dirigen al consumo, se relaciona con ella. Se trata de los efectos que se derivan de la interacción entre los precios y tarifas de la energía, la inversión realizada para expandir el abastecimiento energético y su financiamiento. Los precios de la energía, además de su incidencia en la confrontación entre abastecimiento y requerimientos, constituyen una de las fuentes de financiamiento de las inversiones. La elección de una estructura de financiamiento de las inversiones energéticas, que debe ser considerada en forma simultánea con la política de precios y tarifas, puede tener influencias relevantes sobre los agregados macroeconómicos que no pueden ser desestimadas al analizar dicha política.

Sin negar la deseabilidad de precios estables para la energía de modo de facilitar el cálculo económico en presencia de importantes inmobilizaciones de equipos, creemos relevante enfatizar que la asignación de los recursos

energéticos (y de los recursos en general) es también influida por los precios de los equipos complementarios en el consumo de energía.

Para los países semi-industrializados la consideración de ese aspecto es particularmente importante debido al alto nivel de concentración que presenta el mercado de los bienes durables de consumo y de los equipos de capital.

- e) Hemos dicho que puede establecerse una correspondencia entre los usos de energía y las necesidades de las unidades familiares con las funciones u operaciones requeridas por las unidades productivas.

El estudio de los requerimientos de energía para abastecer los diferentes usos requiere el análisis de la naturaleza de diferentes unidades de consumo.

En los países de la periferia capitalista las características asumidas por los procesos de desarrollo ha implicado en el plano económico-social una profundización de las disparidades que se observan entre los diferentes grupos sociales. En aquellos países donde la población campesina sigue siendo una proporción importante de la población total, el uso de fuentes de energía que no pasan por el mercado tiene una importancia considerable. De este modo, la cantidad de usos abastecidos, la intensidad y la forma en que son abastecidos en los diferentes grupos sociales presenta fuertes discrepancias.

En consecuencia, toda política tarifaria que se plantee algún objetivo de equidad no puede ignorar estas características del consumo de energía en el sector residencial.

De las consideraciones realizadas en los apartados anteriores de esta sección se desprende ante todo la necesidad de que los criterios de tarificación se establezcan tomando en cuenta tanto las consecuencias sobre los agregados económicos como aquellas que se refieren a los diferentes grupos de unidades de consumo.

#### **4.10. La generación de rentas**

Al desarrollar la materia Economía se hizo referencia a la renta como una categoría de ingresos debidos a la propiedad de los recursos naturales. Así, se afirmó que la renta constituye, en mayor o menor medida, una parte del precio de las mercancías. Esta parte será tanto más importante cuanto mayor sea el uso de los recursos naturales en la producción de las mismas. De este modo, la naturaleza y el nivel de la renta desempeña un rol esencial en el análisis de la determinación de los precios de las mercancías más directamente relacionadas con el uso de los recursos naturales.

Puesto que los productos del sector energético constituyen un caso típico de esta clase de mercancías, es pertinente realizar en estas notas algunas precisiones sobre la naturaleza de la renta de los recursos naturales.

La teoría de la renta que recibió gran atención en las obras de los economistas clásicos (Smith, Ricardo y Marx), ocupó un lugar marginal dentro de los desarrollos posteriores de la teoría económica. La preocupación por la economía de los recursos

naturales y las discusiones sobre la naturaleza de la renta ha recobrado vigencia sólo a partir de los primeros años de la última década.

La esencia de la renta aparece a partir de la especificidad de los recursos naturales y para ello es necesario definir que se entiende por mercancía.

La primer definición esbozada definía como mercancía a todos los bienes producidos para ser vendidos en el mercado. Sin embargo, esta definición es insuficiente, debe agregarse que los productos deben ser susceptibles de ser reproducidos en grandes cantidades.

La noción de reproducción es ajustada. Un bien es efectivamente reproducible si sus cualidades físicas y sus cantidades físicas pueden reproducirse por la intervención del trabajo y el capital.

Desde el punto de vista del mercado, las cantidades físicas de los recursos fósiles pueden ser adecuadamente y globalmente reconstruidos por las inversiones apropiadas en exploración. La noción de reserva es dinámica; hablamos a este fin de reproductividad económica de las industrias mineras.

Por el contrario, las cualidades físicas de las materias primas no son reproducibles. Se entiende por cualidades físicas, el conjunto de factores determinantes de las características endógenas de un yacimiento o una materia prima, tales como la profundidad, situación geográfica, composición química. Estos factores preexistentes a la acción del capital, pueden ser modificados pero no producidos. En consecuencia los recursos naturales no son mercancías ya que su reproducibilidad es parcial.

Así, la posesión de una parcela de tierra constituye un monopolio porque ella no puede ser reproducida por el proceso combinatorio capital-trabajo. La esencia de la barrera no es la propiedad privada o la existencia de una clase propietaria, sino la imposibilidad para el conjunto de los productores individuales de acceder libremente a los medios de producción que pueden calificarse de "raros".

La naturaleza es por lo tanto fuente de valor de uso como el trabajo, pero la fuerza de trabajo es, contrariamente a los recursos naturales, "libre" y "reproducible". Esta distinción fundamental explica por qué el capital que explota bienes naturales es imperfectamente reproducible y sujeto a pautas de producción diferentes de los prevalecientes en las otras actividades industriales.

Es importante destacar que el conjunto de rentas generan un excedente que es captado por diferentes actores lo que no incluye a los consumidores finales.

Ese excedente está dado por la diferencia entre el precio de venta de un energético al consumidor final y los costos medios totales de extraer, transportar, transformar y distribuir tal energético.

Ciertos energéticos, tal como el petróleo, tienen la capacidad de generar importantes excedentes.

Es evidente que este punto está estrechamente relacionado con la fijación de precios finales e intermedios.



Dada la importancia de este tema volveremos sobre él en el capítulo IV al tratar el abastecimiento de energía.

#### **4.11. Energía y calidad de vida**

Una parte significativa de las consideraciones desarrolladas en este capítulo se han referido a la relación energía actividades productivas.

Es necesario dedicar ahora algunos párrafos a los efectos y relaciones entre el consumo de energía y calidad de vida/nivel de ingreso.

Al mencionar la calidad de vida o satisfacción de necesidades humanas se hace referencia, frecuentemente, a las llamadas necesidades básicas, concepto que ha dado lugar a debates considerables. Entre las mismas se han considerado: alimentación, vivienda, salud, educación, empleo.

La energía no se encuentra explicitada en tales listados de necesidades básicas, pero de hecho la satisfacción de cualquier necesidad básica requiere insumos energéticos.

Cualquier estrategia hace imprescindible el consumo de energía, incremento, preservación, procesamiento y cocción de alimentos, la construcción y el mantenimiento de viviendas con los servicios necesarios (iluminación, agua caliente, etc.); la producción de vestimentas adecuadas; abastecimiento de agua potable en cantidad suficiente, y el mantenimiento de un medio apto para la salud.

En otras palabras la satisfacción de necesidades humanas básicas requiere la incorporación de cantidades energéticas mínimas.

Es por ello que, recientemente se ha comenzado a relacionar el consumo de energía por habitante con índice de calidad de vida.

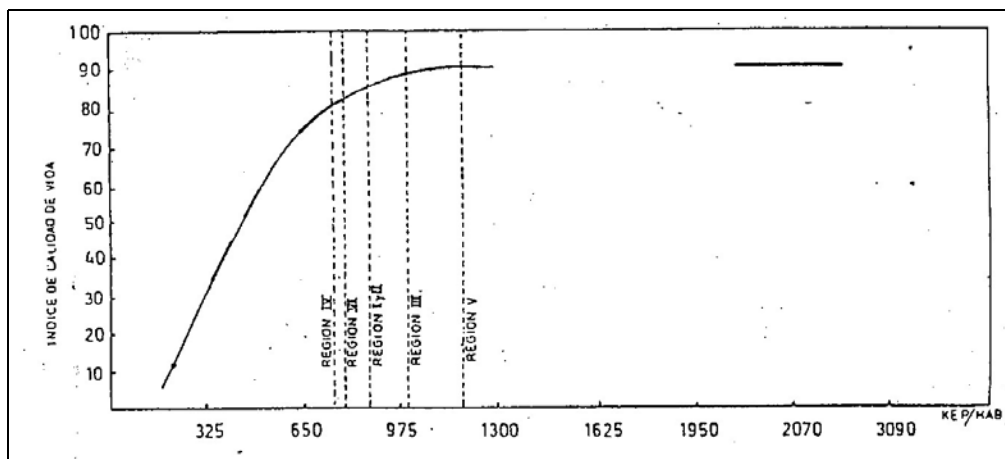
El Gráfico N° 1.7, muestra tales relaciones y de la misma pueden extraerse ciertas conclusiones.

- Que existe un consumo mínimo de energía por debajo del cual las condiciones de subsistencia serían intolerables.
- Que en una primera etapa un incremento en la disponibilidad de energía produce efectos más que proporcionales en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.
- En la segunda etapa la relación se hace proporcional hasta llegar a un cierto valor para el cual el nivel de calidad de vida es altamente satisfactorio (unos 1000 kep/hab).
- En la tercera etapa daría la impresión de que la calidad de vida de la población, medida con las variables antes indicadas, no mejora sustancialmente a pesar de que se incremente fuertemente el consumo de energía.

Incluso es dable pensar que a niveles muy elevados de consumo por habitante, los cuales no están representados en la figura, la calidad de vida podría comenzar a disminuir por efecto de los impactos ambientales de un elevado nivel de producción y utilización de energía.

Evidentemente este análisis es sólo una primera aproximación y sería necesario profundizarlo a fin de mejorar la medición de la calidad de vida y del consumo energético.

Gráfico N° 1.7.  
Relación entre un índice de calidad de vida y el consumo de energía por habitante



#### 4.12. Energía y Desarrollo Económico

El proceso de crecimiento económico está asociado con un incremento en el consumo de energía.

El análisis de la evolución del desarrollo, tal como se mencionó en puntos anteriores, ha permitido distinguir "eras energéticas" (madera, carbón, petróleo) las cuales han jugado un rol vital en el desarrollo económico condicionando tanto la magnitud como el tipo de desarrollo generado.

El desarrollo de una economía implica la demanda de energía en formas cada vez más adecuadas y disponibles en ámbitos geográficos amplios.

En general puede afirmarse que mayores tasas de crecimiento económico han estado asociadas al reemplazo de combustibles sólidos por combustibles líquidos.

Lo cierto es que los desarrollos y cambios esperados en la actividad energética tienen impactos notables a nivel macroeconómico.

A lo largo de este capítulo hemos desarrollado algunos, y a modo de síntesis podemos citar:

- El incremento de los precios de crudo en la década del '70 ilustra dramáticamente la importancia del desarrollo del sector petrolero tanto en los países exportadores como en los importadores.
- Las inversiones de alta intensidad de capital compiten con otras inversiones y las importaciones de energía (petróleo) frente a una disponibilidad limitada de divisas

compiten con otras importaciones de bienes y materias primas críticas para el desarrollo económico.

- Un abastecimiento inadecuado o insuficiente de energía puede restringir severamente la actividad económica y provocar costos adicionales al sistema de abastecimiento, ante la necesidad de resolver el problema en el corto plazo.
- Este efecto "hacia adelante" de la disponibilidad de energía puede alcanzar magnitudes significativas.
- Es cierto que la participación del costo de la energía en el costo de producción es, en general, bajo, ya que aún en los casos de industria energo-intensiva la participación no llega a un tercio.
- Sin embargo el impacto que provoca la falta de energía, y consecuente falta de producción triplica, por lo menos, el efecto y puede adquirir valores aún más importantes.
- Finalmente podemos mencionar que ciertas industrias de base (siderurgia, petroquímica) de gran efecto aglutinante y también con gran poder industrializante, son grandes consumidores de energía, por lo tanto disponer de la misma es una condición para su desarrollo que a su vez genera un desarrollo industria generalizado.
- La disponibilidad de energía implica el desarrollo del propio sistema energético y de otros sectores económicos, en lo referente a efectos "hacia atrás", por lo cual algunos autores la clasifican como actividad "industrializante".
- Un fuerte encadenamiento hacia atrás con la industria local proveedora de insumos y equipos, es una condición para que se internalice y multiplique el efecto de una mayor actividad energética.
- En síntesis, es relevante tener en claro que entre energía y desarrollo industrial existe una relación en ambas direcciones y ambas son de gran importancia.

#### **4.13. Los usos de la energía**

En puntos anteriores indicamos que la "manifestación" de la energía (como esencia) se producía en diferentes formas: mecánica, térmica, radiante, eléctrica o química. Interesa ahora ser más específicos y referirnos a los usos más relevantes de la energía (necesidades) y relacionarlos con los energéticos (fuentes).

En forma resumida podemos distinguir la energía mecánica, la térmica y la eléctrica.

- a) Energía mecánica: es la destinada a proveer el movimiento (ya sea lineal o circular) y la fuerza dentro de la actividad productiva. Antiguamente la proporcionaba la máquina de vapor y a partir de un motor central se transmitía dicha energía por un complicado sistema de correas y poleas que producía grandes pérdidas.

Hoy en día ha sido sustituido casi totalmente por el motor eléctrico de mucho mayor rendimiento y flexibilidad y que provee dicha energía en forma casi puntual donde se la necesita.

En ciertas actividades todavía puede competir el motor de combustión interna y la turbina a gas.

En los casos en que se plantean varias alternativas técnicas tenemos un caso típico de selección en base a elementos económicos.

b) Energía térmica: destinada a proporcionar calor de diversas formas y condiciones lo cual plantea el análisis separado de los siguientes grupos principales.

- Producción de vapor: Además de la producción destinada a la generación de electricidad en centrales de servicio público o privado, la producción de vapor es sin lugar a dudas el principal consumidor de combustibles, ya que una vez obtenido el vapor el mismo puede ser utilizado en forma muy flexible y en etapas sucesivas en diferentes procesos tanto para suministrar calor como para producir energía mecánica o ambas cosas a la vez cuando ello se justifica.

La ventaja de este tipo de utilización es que se puede usar una gran variedad y calidad de combustibles para producir un producto homogéneo, limpio y flexible.

- Hornos: En este caso el combustible provee el calor en forma directa al producto, independientemente que se encuentre en contacto físico o no con el mismo.

El tipo de hornos utilizados es muy variable como así también los combustibles utilizados en los mismos aunque actualmente es cada vez mayor la proporción que utiliza los derivados del petróleo y el gas natural e inclusive la electricidad dadas las características de flexibilidad y facilidad de regulación que presentan especialmente estos dos últimos.

- Radiación: Es un tipo de calor indirecto utilizado para procesos especiales (calentamiento, secado, cocción) mediante paneles radiantes alimentados generalmente con gas natural o electricidad y que tiene la ventaja de dar un calor localizado y que permita desarrollar procesos en cadena continua.
- Llama: Se utiliza para tratamientos térmicos superficiales (soldadura, templado) u operaciones de corte de metales y se utiliza básicamente el gas natural u otros gases combustibles.

c) Eléctrica específica: Hemos agrupado aquí los usos vinculados con la iluminación, los aparatos electrónicos y la electroquímica. Dentro del área industrial todos ellos pueden satisfacerse fundamental o exclusivamente con electricidad.

Si bien no generan un volumen importante de demanda su productividad es muy elevada y el tipo de procesos o actividades que permiten son de gran importancia.

Se habla de usos específicos cuando en algún tipo de actividad o proceso se puede utilizar en forma exclusiva un solo tipo de combustible o la electricidad.

Esta especificidad está dada normalmente por razones de tipo técnico y económico.

Pero dado que tanto la tecnología como las condiciones económicas varían con el tiempo ningún uso específico tiene carácter permanente sino que se refiere a determinadas condiciones técnico-económicas.

Así tenemos que:

- a) Tradicionalmente la producción de arrabio ha estado vinculada al Alto Horno y por ende el coque, fabricado a partir de carbón, tenía un mercado específico en la siderurgia.

Hoy en día sigue siendo así en la mayor parte de los casos pero cada día se expande más la reducción directa del mineral con lo cual desaparece la especificidad en el uso del carbón y pueden utilizarse otros combustibles (por ej. el gas natural o el carbón de leña).

- b) Iluminación: a mediados del siglo pasado era un uso específico del gas manufacturado, luego tuvo la competencia del kerosene y finalmente ambos fueron desplazados por la electricidad en todos aquellos lugares en que está disponible. Sin embargo en los países en desarrollo y en particular en las áreas rurales el kerosene sigue predominando.
- c) Transporte personal: Hoy en día es el dominio preponderante del motor a nafta pero ya está en pleno desarrollo la investigación para sustituirlo por el motor eléctrico y existen otras alternativas como el motor diesel y el uso de alcohol o GNC sustituto de la nafta.
- d) Electrólisis: es un mercado específico para la electricidad por definición y sería de carácter permanente. Pero no es posible afirmar que los productos que hoy se obtienen por electrólisis no pueden obtenerse por otras vías o que dichos productos dejen de fabricarse al ser sustituidos por otros.

Dentro de este rubro entran tanto las electrólisis acuosas (producción de cloro-soda) como la ígnea (producción de aluminio) siendo este último quizá uno de los ejemplos de uso específico que se ha mantenido durante mayor tiempo.

- e) La electricidad es también hoy en día de uso específico en el suministro de energía mecánica a través del motor eléctrico aunque no suministra la totalidad. También presenta ventajas grandes que le dan cierto grado de especificidad en la electrometalurgia gracias a las altas temperaturas que se pueden alcanzar con la electricidad y es más fácil lograrla que con los combustibles.

- f) Más recientemente ha aparecido un nuevo campo específico para la electricidad y es el campo de la electrónica ya que este tipo de artefactos sólo puede hacerse funcionar mediante la electricidad.

Los ejemplos podrían ampliarse mucho más pero los aquí presentados son suficientes para aclarar el concepto de uso específico y la relatividad en el tiempo y en el espacio de dicha especificidad.

#### **4.14. La sustitución entre fuentes**

Este apunte comenzó confirmando el principio que la satisfacción de necesidades es el resorte de la actividad económica y que la actividad energética, como parte de tal actividad económica, tenía como fin principal la satisfacción de necesidades. Necesidades que los energéticos suelen catalogar como "usos" (calefacción, transporte, vapor de proceso, fuerza motriz) detrás de las cuales existen las llamadas formas de energía (manifestaciones) tales como: energía mecánica, térmica, eléctrica, etc.

Tales usos, cada uno de ellos asociados a una forma de energía, son satisfechos por las fuentes energéticas.

Sin embargo, salvo en los llamados usos específicos, no existe una relación directa entre usos y fuentes.

Es decir una misma necesidad (uso) pueden ser satisfechos por diferentes fuentes.

La posibilidad de la sustitución entre fuentes, sin olvidar que la energía no es un bien homogéneo ni en el sentido económico ni en el sentido físico, es una peculiaridad de las diferentes presentaciones del "bien energía" que obligan a un tratamiento muy particular.

Es de significativa relevancia que, si hablamos de fuentes energéticas que se venden en un mercado, tener en claro que la demanda por un energético (gas distribuido, por ejemplo) está destinada a satisfacer una necesidad (calefacción, por ejemplo) pero que la misma puede ser también perfectamente satisfecha por otra fuente (electricidad, por ejemplo).

Estas breves digresiones permiten extraer una conclusión importante, si observamos el problema desde una óptica macroeconómica: las necesidades de energía de las diferentes actividades económicas deben ser analizadas como tales y no necesariamente asociarlas a fuentes en particular.

#### **4.15. El Impacto ambiental**

Por impacto ambiental se entiende el cambio neto (positivo o negativo) en la calidad del ambiente humano que resulta de un efecto ambiental. Se entiende por efecto ambiental a un proceso (ej. erosión, dispersión de contaminantes, etc.) que se desencadena, acelera o retarda debido a las actividades o acciones humanas. Los impactos ambientales asociados al sector energía no sólo son generados por la emisión de sustancias contaminantes, sino también por los efectos sobre los ecosistemas debidos a la modificación de regímenes hidrológicos, la utilización de tierras para cultivos energéticos, la utilización de desechos agrícolas, la transformación de bosques por extracción de leña.

Algunos de estos impactos podrían amenazar la factibilidad física o económica del plan energético, y otros afectar seriamente la calidad de vida de las personas en ciertas áreas.

Los impactos ambientales, del mismo modo que los impactos sociales, no siempre son cuantificables ni valorizables en términos monetarios. Algunos impactos sólo pueden ser cuantificados a través de estudios intensivos de terreno, y muchos no son, ni siquiera en principio, monetarizables. Sin embargo, sus efectos no dejan de ser reales en su influencia sobre la calidad del ambiente humano y la capacidad productiva de los ecosistemas. En consecuencia, es importante identificar y evaluar los impactos ambientales de las actividades energéticas.

Para la evaluación del impacto ambiental deben considerarse tres aspectos principales:

- a) La identificación de las cadenas causales generadoras de los impactos ambientales que producen alteraciones en el medio ambiente. Estas cadenas causales permitirán identificar las interrelaciones entre distintas actividades y procesos que afectan al medio ambiente, así como considerar la gama amplia de impactos, tanto cuantificables como no cuantificables;
- b) La distribución espacial de los impactos en todos aquellos casos en que los mismos sean localizables. Para ello se pueden elaborar mapas superponibles de impacto de acuerdo a las diferentes actividades. La superposición de los mismos permitirá identificar las áreas críticas en las que se acumulan diferentes impactos ambientales generados por las actividades del sistema energético y
- c) Elaboración de matrices acciones-impacto cuyas celdas representan la intensidad del impacto de cada actividad sobre cada componente ambiental.

#### **5. CONCLUSIONES**

Esta presentación general de la problemática energética ha permitido explicitar que:

- La evolución del hombre ha dependido, depende y dependerá del dominio que ejerza sobre las diversas fuentes de energía que la naturaleza pone a su alcance.

- La energía se manifiesta en formas muy diversas y actúa como satisfactor de necesidades a través de fuentes variadas.
- Es un bien que ocupa toda la gama que la clasificación económica de recursos es capaz de imaginar.
- Se presenta como existencia o como flujo.
- El abastecimiento de energía, como actividad, abarca la totalidad de los sectores económicos (primario, secundario, terciario).
- Es un bien básico en la actividad económica y como energético de confort. No existe actividad que no requiera energía.
- La intensidad energética de diferentes actividades es tremendamente variable.
- No se trata de un bien homogéneo, su calidad y capacidad de satisfacer necesidades es variable.
- Se trata de bien que tanto se intercambia a través de mercados como es sujeto de apropiación directa.
- Las inversiones que requiere la actividad muestran una alta intensidad de capital y largos períodos de maduración.
- El abastecimiento de energía tiene importantes impactos hacia otras industrias proveedoras (hacia atrás) e industrias abastecidas (hacia adelante) y sobre el sector externo.
- Las variaciones de precios de los energéticos afectan la totalidad del sistema socio-económico.
- Es una actividad que permite generar excedentes significativos.
- Actúa como elemento condicionante del nivel y estilo de desarrollo de las sociedades.
- Los satisfactores energéticos (fuentes) son sustituibles entre sí y capaces de satisfacer usos variados.
- Tanto la actividad de abastecimiento como la de consumo tiene fuertes impactos sobre el medio ambiente.

La energía es lo suficientemente importante como para convertirse en un determinante o, al menos, condicionante de todas las actividades del hombre. Justifica el desarrollo de una disciplina multidimensional cuyo objeto es explicar el funcionamiento del sistema desde una óptica multidisciplinaria, y predecir su trayectoria para poder actuar en consecuencia.

La intensidad y larga maduración de las inversiones obliga a llevar a cabo la predicción, algo que en economía se considera, a la vez, imposible y esencial.



Imposible porque la historia de la humanidad no se repite a sí misma. Sólo en el ámbito de la naturaleza se puede hablar de leyes permanentes.

Esencial porque debemos estimar las necesidades de futuros consumidores, lo que no implica adivinar, sino definir un entorno probable que actúe como guía de la estrategia que debe utilizarse.

La energía, como bien de base, como industria "industrializante", como recurso que debe estar disponible cuando se lo demande, requiere actividades que no pueden estar orientadas solamente al "corto plazo". Las decisiones en el área energética deben tomarse, necesariamente, "mirando lejos".

El análisis de largo plazo, sea éste empresarial o global, no es una opción entre otras, es una exigencia de las propias características del sistema.

La explicación del funcionamiento del sistema y la acción en consecuencia, constituyen dos etapas del proceso de planeamiento y forman parte del cuerpo de análisis de la Economía y Planificación energética, una disciplina de la que no se puede prescindir.

## ANEXO

### 1. ALGUNAS DEFINICIONES DE TÉRMINOS

A fin de establecer un lenguaje común y homogéneo es necesario clasificar algunas definiciones terminológicas de utilidad para el resto de la exposición.

- a) **Energía primaria:** es la energía tal cual es provista por la naturaleza. En forma directa, como la hidráulica, eólica y solar; después de atravesar un proceso minero como los hidrocarburos, el carbón mineral, los minerales fisionables y la geotermia. A través de la fotosíntesis: como la leña, los residuos de biomasa (originados en las actividades urbana, agropecuaria y agroindustrial) y las plantaciones para energía.
- b) **Energía secundaria o transformada:** es aquella obtenida a partir de una fuente primaria u otra secundaria, después de sufrir un proceso físico, químico o bioquímico que modifica sus características iniciales.
- c) **Energía bruta:** es aquella energía, primaria o secundaria, a la cual no se le han deducido las pérdidas de transformación, transmisión, transporte, distribución, almacenamiento y utilización.
- d) **Energía neta:** es aquella energía, primaria o secundaria, cuyo destino es el consumo, y a la cual se le han deducido las pérdidas de transformación, transmisión, transporte, distribución y almacenamiento.
- e) **Energía final:** es aquella energía, primaria o secundaria, que es utilizada directamente por los sectores socio-económicos. Es la energía tal cual entra al sector de consumo y se diferencia de la anterior por el consumo propio del sector energía. La misma incluye al consumo energético y al no energético.
- f) **Energía útil:** es aquella energía neta a la cual se le han deducido las pérdidas de utilización en el equipo o artefacto donde se consume a nivel del usuario. Se aplica tanto al consumo propio como al consumo final, energético y no energético.
- g) **Sector de consumo:** es aquella parte de la actividad socio-económica donde converge la energía final para su utilización. Además existe un sector consumo propio que reúne todos los consumos del sector energético.
- h) **Uso:** es aquella modalidad de consumo de la energía en un equipo o artefacto en los sectores socio-económicos.
- i) **Pérdidas:** se distinguen varios tipos de pérdidas. Por un lado se tienen las originadas en el transporte, almacenamiento, transmisión y distribución de fuentes primarias y secundarias. Luego se identifica la energía producida pero no utilizada (venteo de gas, leña no recolectada, residuos de biomasa no utilizados).

El tercer tipo de pérdidas se refiere a las que se originan en los Centros de Transformación. Por último, se distinguen las que se generan en la utilización

final de la energía neta a nivel del usuario. Estas pérdidas se pueden agrupar por sectores, por fuentes y por usos.

## **2. EL CONCEPTO DE RESERVA**

### **2.1. Combustibles fósiles**

Al hablar de reservas de combustibles fósiles siempre se trata de reservas consideradas como explotables económicamente en condiciones razonables y se las clasifica normalmente en "probadas", "probables" y "posibles" según criterios no muy definidos especialmente para el carbón, pero también para el petróleo y el gas natural, aunque en estos casos la separación entre reservas probadas y el resto es más clara.

Por lo tanto, hay que tener mucho cuidado al comparar o tratar de totalizar datos sobre reservas de carbón y de petróleo. Con respecto a estas últimas, su característica de encontrarse en yacimientos de tamaño variado con una gran dispersión sobre la corteza terrestre, y de que su localización implica inversiones considerables, llevan al hecho de que las mismas se van "constituyendo" a medida que lo requiere el desarrollo de la industria.

Un concepto muy utilizado en la industria petrolera es la relación entre las reservas y el nivel actual de producción, expresada en años. Este concepto es útil pero muy peligroso, pues el mismo normalmente es irreal ya que la producción no es constante sino creciente (o decreciente) y por lo tanto el agotamiento se produce antes (o después) y además se refiere a las reservas conocidas en ese momento lo cual no inhibe la posibilidad de encontrar nuevas reservas en el período indicado.

Otro concepto necesario de aclarar es el de "tasa de recuperación". Todo yacimiento no es necesariamente explotable en condiciones económicas y aún los económicamente explotables no alcanzan una recuperación total del combustible "in situ".

Esto se expresa en forma diferente en la industria del carbón y del petróleo.

En la primera se habla del número de toneladas abandonadas por tonelada extraída. Este número se eleva a medida que el precio de competencia con otros combustibles disminuye. Si se abandonan  $n$  toneladas por tonelada extraída las reservas totales disminuyen en  $(n+1)$  toneladas. El valor de  $n$  es en la actualidad de aproximadamente 20 en Estados Unidos, 7 en Francia y 0,25 en Argentina.

En la segunda por el contrario, se define el grado de recuperación como porcentaje de la reserva "in situ", este valor es muy variable según los yacimientos pero oscila alrededor del 30% (equivaldría a  $n=2$  en el concepto anterior).

La recuperación secundaria permite aumentar el grado de recuperación y además históricamente el avance de la tecnología ha permitido incrementar dicha recuperación, con lo cual tenemos que actualmente  $n$  aumenta para el carbón y disminuye para el petróleo.

### **2.2. Combustibles nucleares**

En este caso, como para la generalidad de los minerales, es el tenor o contenido de los minerales el factor determinante. Actualmente se explotan minerales con un tenor de 1% en óxido de uranio. Al igual que para los hidrocarburos las reservas se van "constituyendo" y se las clasifica por su costo de extracción (un avance adicional en la definición de reservas). Los yacimientos con tenor de 1% no son muy abundantes (en la etapa actual de conocimiento) pero sí existen yacimientos de menor tenor que por supuesto son correlativamente más caros de explotar.

### **2.3. Hidroelectricidad**

Aquí no podemos hablar estrictamente de reservas sino de potencial de producción. Aún así es muy difícil su definición por la diversidad de lugares posibles para su utilización y por la multiplicidad de objetivos que puede tener una represa.

En grandes líneas podríamos distinguir tres tipos de centrales: de base (a pelo de agua), de regulación diaria (a esclusas), de regulación estacional (de embalse).

Además la potencia a instalar en un aprovechamiento puede variar mucho según el mercado a servir, dentro de las posibilidades técnicas. Por esto es preferible definir la producción anual posible; que está más estrictamente ligada a las características propias del río.

### **2.4. Reservas totales**

Dadas las diferencias existentes en la definición de reservas de las distintas fuentes de energía que hacen difícil su acumulación para dar una idea de los recursos totales en energía de cada región, se puede dar una estimación global de la participación de cada región.

Para ello es necesario además reducir todas las reservas a una unidad común y en el caso de hidroelectricidad definir un concepto de tipo equivalente teniendo en cuenta la cantidad de combustible necesario para generarla en centrales térmicas equivalentes. Para ello se utiliza en forma inversa la clásica relación reserva-producción utilizada en la industria petrolera.

La "reserva" equivalente a un determinado potencial hidroeléctrico será:  $R = P \times n$  donde el valor de  $n$  se podrá fijar según diversos criterios (Por ejemplo: 30 años, valor equivalente a la vida útil de la central).

## **CAPITULO II**

### **1. EL SISTEMA ENERGETICO**

Una vez planteado el porqué del análisis particular de la energía es necesario describir en forma sintética las principales relaciones físico-económicas ambientales del Sistema Energético como parte del sistema socioeconómico natural de un país o región.

El sistema energético puede verse como una sucesión de actividades que, a partir de una cierta dotación de recursos naturales, permite satisfacer los requerimientos de energía de una sociedad, ya sean aquellos derivados directamente del estilo de vida de su población como los asociados a la actividad económica productiva.

Se representa entonces al sistema energético como un conjunto de "cadenas energéticas", respondiendo cada una de ellas a una fuente determinada.

El conjunto de cadenas energéticas constituye por tanto una representación física del sistema energético, en la cual se puede trazar la circulación de flujos desde los recursos hasta su utilización, y permite analizar la viabilidad técnica de las diferentes opciones de funcionamiento del sistema.

El esquema N° II.1 hace referencia en primer lugar al conjunto de Reservas y Potenciales energéticos (Petróleo, Gas, Carbón, Solar, etc.) que como Recursos Naturales se encuentran disponibles para generar las actividades de producción/captación de fuentes primarias de energía que se utilizarán para abastecer el sistema.

Obviamente, el mismo puede abastecerse también desde el exterior del país, o puede generarse un excedente disponible para otros países, dando origen a las corrientes de importación y exportación de fuentes primarias de energía.

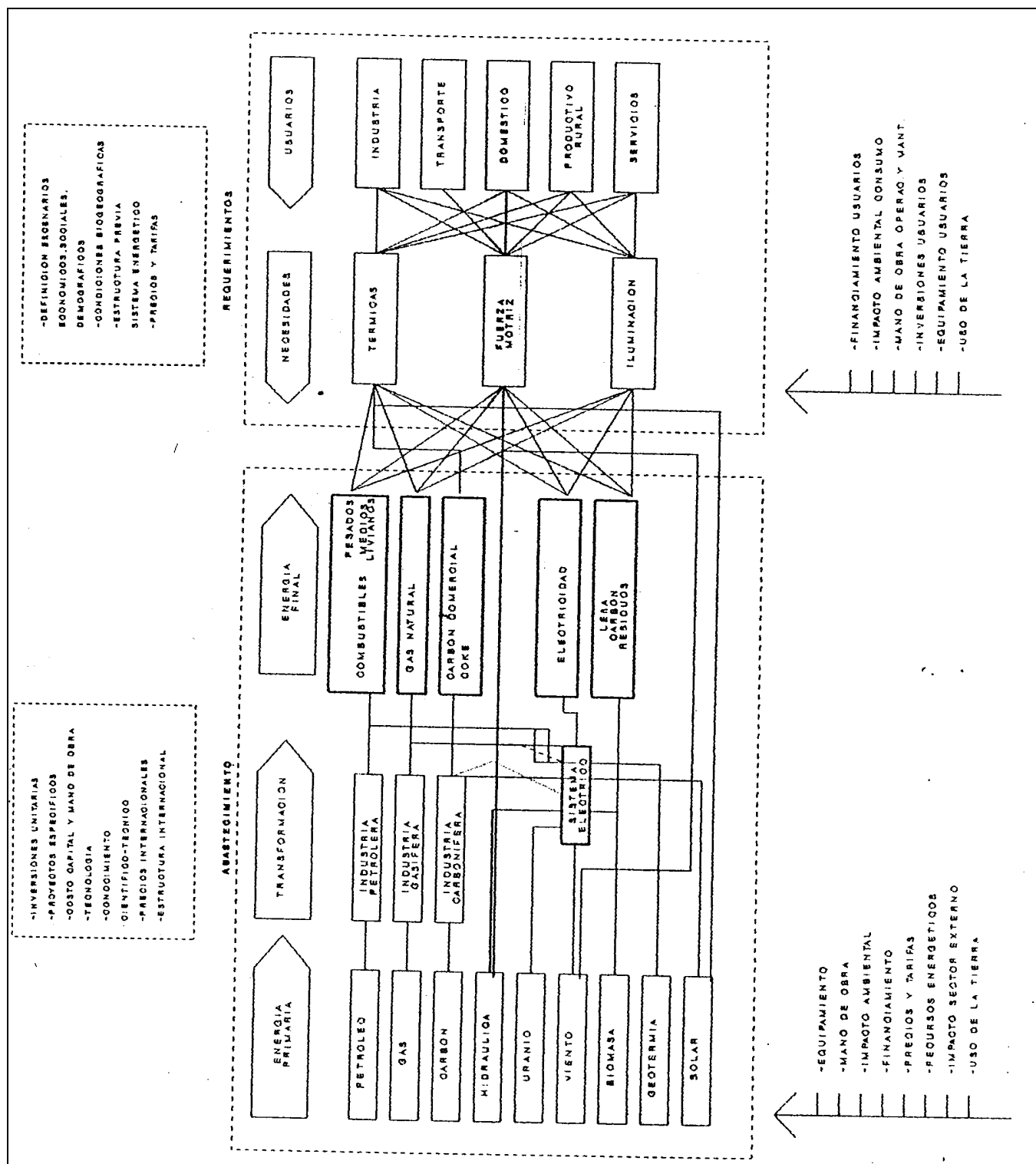
Dichas fuentes en la mayoría de los casos no se utilizan en forma directa por parte del consumidor final, sino que normalmente son sujetas a procesos físico-químicos de transformación primarios y secundarios que producen otras formas secundarias de energía (derivados de petróleo, electricidad, carbón vegetal, etc.).

También en este caso dichas formas secundarias pueden ser intercambiadas con el exterior, generando flujos de importación y/o exportación que complementan la producción local.

En forma conjunta, las formas primarias y secundarias de energía contribuyen al abastecimiento de la energía final o neta que se entrega a los consumidores del sistema socio-económico.

Tales consumidores utilizan la energía mediante una serie de equipos o artefactos instalados en los propios centros de consumo, los cuales suministran en definitiva la energía útil requerida por el sistema socio-económico.

# Esquema N° II.1 Sistema Energético



En cada una de estas etapas o partes del Subsistema existen rendimientos de transformación o utilización (normalmente inferiores a uno) y por lo tanto se generan importantes pérdidas de energía que es necesario considerar.

También son necesarias un conjunto de actividades de transporte y almacenamiento de las diferentes fuentes energéticas con la finalidad de salvar distancias geográficas o resolver problemas temporales asociados a los flujos energéticos considerados.

Esta "cadena" que va desde las reservas a la energía útil, se reproduce una multiplicidad de veces para las diferentes fuentes energéticas, constituyendo una red integral que representa al subsistema energético desde el punto de vista físico.

Esta sumatoria de cadenas energéticas no es simple, sino que normalmente cuenta con múltiples interconexiones entre las diferentes cadenas, generándose una serie de nudos de conexión.

Cada una de las componentes físicas del subsistema tiene normalmente asociadas componentes de carácter económico (precios, costos, inversiones, etc.), institucional (empresas, regulaciones, grupos de interés) y ambiental (contaminación, impactos sociales y culturales, etc.) que también forman parte del mismo y que iremos analizando en detalle más adelante.

La energía útil suministrada por el subsistema energético se destina a satisfacer un conjunto de necesidades personales y actividades de producción siendo estas últimas el origen y razón de ser de la existencia del subsistema energético

Además de esta relación principal y directa del subsistema energético con el sistema socio-económico existen también un conjunto de otras relaciones derivadas, tales como los requerimientos de capital, mano de obra, tecnología, etc. que el primero realiza al segundo a fin de poder desarrollar sus actividades.

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, entre otros.

## **2. NATURALEZA DE LA ECONOMIA DE LA ENERGIA - DIFERENTES ENFOQUES**

El estudio sistemático de los problemas socio-económicos que suscitan las actividades de producción, transporte, transformación, distribución y consumo de la energía reconoce una antigüedad de alrededor de cinco décadas, a partir del auge de la planificación en la Europa de posguerra.

Aquel proceso inicial fue continuado luego en algunas otras regiones con diferente intensidad, tales como América Latina, India y USA <sup>(7)</sup>.

---

(7) Por supuesto existen monografías sobre diferentes aspectos del problema energético con anterioridad a esa fecha. Pero esos trabajos constituyen tan sólo intentos aislados. Téngase en cuenta que nos referimos a los aspectos económicos y no tan sólo a los técnicos.

Aquel período puede interpretarse como la primera etapa del planeamiento energético, siendo la segunda la que se inicia a partir de la llamada "crisis energética" de mediados de la década del 70. En esta segunda etapa, ha habido una enorme proliferación de trabajos sobre múltiples aspectos de dicha problemática, impulsados especialmente por USA pero también generalizado en el resto del mundo. Al mismo tiempo, esa creciente preocupación por los temas energéticos ha dado lugar a la aparición de numerosas publicaciones periódicas especializadas y una gran masa de libros y monografías, así como a la aparición de Centros de Estudio, trabajos de investigación y desarrollo de metodologías novedosas.

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 y el fenómeno de la "renta minera"; 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 masa 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.

Debe considerarse entonces a la Economía de la energía como una disciplina aplicada? En principio, la respuesta a este interrogante es afirmativa; sin embargo, los fenómenos asociados a la producción y uso de la energía suscitan también algunos problemas específicos para los que no existe una respuesta dentro del cuerpo teórico de la Economía Política General.

De cualquier modo, dentro de la literatura referida a los problemas de la energía puede vislumbrarse una distinción cada vez más nítida de diferentes paradigmas o enfoques teórico-metodológicos que se diferencian tanto por la forma en que conciben el objeto de la economía de la energía cuanto por la visión teórica y los métodos utilizados para abordar su estudio. Por supuesto, las prescripciones de política energética que surgen de esos diferentes paradigmas también habrán de diferir.

Uno de tales paradigmas, intenta abordar el estudio de la problemática energética a través del concepto de "industria" o "rama industrial" a la que puede aplicarse la teoría microeconómica neoclásica que, en última instancia se reduce al estudio de la oferta y la demanda de las diferentes formas de energía mediante un análisis de carácter parcial.



Un enfoque distinto es el desarrollado desde la óptica sistémica, un análisis integral que se encuentra tanto en la relación entre recursos y necesidades como en los agentes sociales que tienen poder de decisión sobre tales recursos y encarnan tales necesidades.

## **2.1. La óptica de la Economía Industrial**

Dentro de este enfoque se traslada a los fenómenos energéticos la concepción del problema económico: la asignación de recursos escasos que tienen usos alternativos a necesidades que son ilimitadas.

Coherentemente con esta visión del problema, la demanda de energía es concebida como la expresión soberana de los deseos de los consumidores cuya elección está fundada en la maximización de sus funciones de utilidad, formuladas independientemente unas de otras, a partir de los datos sobre precios e ingresos que surgen del mercado y en base a las condiciones que emanan de las técnicas y la particular distribución de la riqueza vigentes.

De acuerdo con esto la demanda de cada fuente de energía representa la disposición a pagar por ese tipo de energía por parte de las diferentes unidades familiares. Se trata de los requerimientos de energía respaldados por poder de compra. De este modo, aquellos requerimientos de energía que no están sustentados por el correspondiente poder de compra quedan generalmente al margen del objeto de estudio.

El mismo poder de compra dirigido a la demanda de los demás bienes y servicios es lo que habrá de gobernar la demanda de energía de las actividades productivas correspondientes.

En efecto, la demanda de energía de las unidades productivas es considerada como demanda derivada cuyo nivel, para las diferentes fuentes, resulta de un proceso de maximización del beneficio por parte de las empresas de acuerdo con los precios de mercado de esas fuentes y de las condiciones técnicas representadas por las correspondientes funciones de producción.

La oferta tiene dentro de este enfoque un tratamiento normativo, puesto que se pretende optimizar la asignación de recursos dentro del sistema de abastecimiento en base a una particular concepción del bienestar. No se trata de explicar como se comportan las unidades empresarias que integran el sistema de abastecimiento sino la aplicación de un conjunto de prescripciones de política (normas) que supuestamente habrán de conducir al sistema a una particular situación de óptimo.

Este tipo de enfoque, reconoce la intervención directa o indirecta del Estado en la gestión de los recursos dentro del sistema de abastecimiento. Directamente por medio de la intervención de las empresas públicas en la producción, transporte o transmisión y distribución de las diferentes fuentes de energía. Indirectamente a través de la regulación de los monopolios u oligopolios que forman parte del sistema de abastecimiento.

Esta concepción que tiene una fe absoluta en la eficacia de los mecanismos descentralizados del mercado, admite en este caso la intervención directa o indirecta del Estado en la gestión del abastecimiento de energía debido a las características particulares que asumen las inversiones o el uso de los recursos naturales en el subsistema energético. La marcada indivisibilidad y el largo período de maduración de esas inversiones, junto con el manejo de recursos naturales agotables y ciertas situaciones de monopolio natural hacen que el libre juego de las fuerzas del mercado resulte insuficiente para conducir el sistema de abastecimiento a una asignación óptima de los recursos.

En suma, la discusión de los problemas que plantea la gestión o regulación de la oferta se sitúa dentro del marco normativo de la Economía del Bienestar. Esta disciplina no tiene un carácter teórico ya que su objeto no es formular hipótesis explicativas acerca del funcionamiento del sistema socio-económico sino el de establecer un conjunto de prescripciones de política económica basadas en determinados criterios de bienestar que pocas veces están suficientemente explicitados. A poco que se medite sobre ello resulta evidente que tales criterios de bienestar no pueden tener otro origen que juicios de valor referidos a la situación relativa de los diferentes agentes o grupos sociales.

De este modo, esas prescripciones acerca de la gestión o regulación de la oferta debe realizarse de modo de abastecer a la demanda (los requerimientos que se presentan en el mercado respaldados por poder adquisitivo) de tal manera que se logre una asignación eficiente de los recursos disponibles.

Tal como hemos dicho, es usual que no se establezca con claridad el sentido del concepto de "eficiencia" que se utiliza. Ese concepto de eficiencia está fundado en el óptimo paretiano y basado en una particular distribución de la riqueza entre los miembros de la sociedad. Se trata entonces de abastecer al mínimo costo, en términos de recursos, sólo a la demanda solvente que se presenta en el mercado, de acuerdo con la distribución vigente de la riqueza y el ingreso. Este es el criterio de óptimo en que se basan las prescripciones que se proponen para la gestión o regulación de la oferta.

Es así que dicho criterio constituye el fundamento del cálculo económico de "Costo-Beneficio" recomendado para la evaluación de los proyectos de inversión tendientes a la expansión de la oferta de las diferentes fuentes de energía.

Es ese mismo criterio de optimalidad que sirve de base para derivar el principio de tarificación de acuerdo con el costo marginal calculado en base a precios de cuenta o precios de sombra.

También constituye el fundamento de los teoremas que se utilizan para determinar el valor de uso de los recursos naturales agotables (la llamada renta de tales recursos).

En resumen, de acuerdo con el paradigma neoclásico la Economía de la Energía es concebida como una disciplina aplicada a una "industria" particular. Esa disciplina aplicada se concreta al estudio de la demanda de energía de acuerdo con los gustos soberanos de los consumidores (que poseen poder adquisitivo) y a través de las prescripciones relativas a la gestión o regulación de la oferta. El análisis de la demanda resulta de la aplicación de la teoría del comportamiento del consumidor y la gestión de la oferta se basa en los principios de la Economía del Bienestar.

Los métodos que se proponen para la previsión de la demanda y para la programación de la oferta se ajustan a esta visión.

Es así que para la previsión de la demanda se utilizan modelos de comportamiento, deducidos a partir de la teoría del consumidor, cuyos parámetros se estiman por medio del uso de los métodos econométricos. En la mayor parte de los casos el uso de estos modelos y métodos implican que las previsiones constituyan extrapolaciones del pasado. Es decir que no se admite la posibilidad de cambios estructurales, sino que se supone que se trata tan sólo de un cambio en el nivel de las variables.

Para la programación de la oferta se utilizan modelos de optimización, de manera coherente con la Economía del Bienestar, considerando a aquellas demandas soberanas y a la disponibilidad de recursos como restricciones del problema.

Las variables del dual de esos problemas de óptimo constituyen los precios de sombra correspondientes a los recursos y bienes (fuentes de energía).

Esos precios de sombra o de "eficiencia" dependen de la particular función objetivo y las restricciones que caracterizan a ese problema. Según hemos dicho, tanto la función objetivo como algunas de las restricciones (las demandas a satisfacer) sólo pueden fundarse en juicios de valor.

El concepto de planeamiento subyacente en este enfoque implica un planeamiento exclusivamente del abastecimiento, realizado por fuente y con una concepción normativa.

Las principales limitaciones son:

- a) Representación deficiente del proceso de decisión.
- b) Responden a un enfoque normativo, en el cual hay un único decisor representado, ya que no puede presuponerse la existencia de consenso.

Veamos con más detalles cada uno de ellos:

#### a) Criterios de Preferencia

Esta limitación se presenta toda vez que se intenta endogeneizar completamente la toma de decisiones. Esto es, definir a priori en el método un criterio de preferencia que permita al modelo automáticamente determinar la alternativa preferible entre dos alternativas cualesquiera.

Esto es posible sólo cuando a cada alternativa se le puede asociar un número que representa su performance respecto del objetivo planteado, la correspondiente función de utilidad del decisor.

Supongamos, por ejemplo, un sistema en el cual el único recurso energético local sea una fuente altamente contaminante. Su uso intensivo provocaría daños irreparables en el medio ambiente y en la salud de la población. pero, para reducir su uso se requeriría la importación de otra fuente alternativa que no tuviera efectos contaminantes,

afectando la seguridad del abastecimiento y comprometiendo una fuerte cantidad de divisas requeridas por el sistema socioeconómico para otros fines.

¿Cuál es la estructura más conveniente del sistema?

A cada alternativa posible se le pueden asignar, por lo menos, dos valores:

- su impacto sobre el medio ambiente medido, por ejemplo, por la emisión de elementos polucionantes.
- su requerimiento en divisas.

Ambos son considerados aspectos importantes para seleccionar la evolución "más conveniente" del sistema energético, y constituyen además objetivos conflictivos.

Los métodos de optimización normalmente utilizados sólo pueden resolver esta situación apelando a una de las soluciones siguientes:

- definir la importancia relativa que se asigna a cada objetivo, mediante un juego de ponderadores fijos.
- definir normativamente límites aceptables para uno de los objetivos y seleccionar exclusivamente respecto del otro.

La primera solución podría conducir, por ejemplo, a que se seleccionaran alternativas altamente contaminantes porque como el requerimiento de divisas es muy bajo, "en promedio" es la "mejor alternativa".

La segunda solución plantea el problema de la definición de los "límites aceptables" para el objetivo que pasa a convertirse en una restricción de borde, que seguramente será activa en el óptimo.

Como veremos más adelante, estas soluciones sólo constituyen una primera etapa en la representación del proceso requerido para hallar una solución al problema de decisión planteado.

## b) Normatividad del Enfoque

Esta limitación es absolutamente insalvable dentro del método de optimización, ya que necesariamente todas las decisiones que componen una alternativa del sistema son evaluadas por el impacto que producen sobre el objetivo planteado.

En consecuencia, o bien existe unicidad de comportamiento entre los diferentes actores del sistema, o bien la solución óptima responde exclusivamente a la estructura "deseable" para el único actor representado en el proceso de optimización.

En este último caso cabe preguntarse qué posibilidades hay que este actor imponga su "estructura deseable" a los restantes actores.

## 2.2. El enfoque sistémico

Esta visión tiene tres objetivos básicos:

- integrar el sistema energético en el contexto del sistema socioeconómico.
- aportar "racionalidad" a la toma de decisiones.
- incrementar la operatividad de la planificación energética.

El primer objetivo tiende a considerar a la energía "como un bien que puede contribuir, en combinación con otros bienes y servicios, a la satisfacción de las necesidades del hombre que vive en sociedad".

El segundo objetivo está vinculado con la representación efectiva de aquellos elementos fundamentales que intervienen en la toma real de decisiones, y superar el actual divorcio entre las soluciones técnica y económicamente óptimas y las decisiones "políticas".

El tercer objetivo, es aún más ambicioso e intenta reducir en lo posible la amplia brecha que generalmente existe entre las previsiones del planeamiento y la evolución real de los sistemas.

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 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 técnico-económicos, sociales, políticos y culturales). 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.

Este enfoque rechaza el concepto de "industria" que supone el análisis parcial por fuente reemplazándolo por una visión sistémica. Los procesos de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de la energía se conciben como un subsistema que presenta fuertes interacciones con el sistema económico-social. De este modo se trata de establecer hipótesis explicativas para los fenómenos energéticos en el marco más amplio del sistema económico social. Los factores, que

dentro de la concepción ortodoxa aparecen como exógenos, tales como los gustos o la distribución de la riqueza, son incorporados al análisis como variables activas y pasibles de explicación o de transformación por el proceso de planificación.

El análisis teórico se sitúa tanto en el nivel de las unidades de consumo o de producción, donde el estudio de los comportamientos se examinan a partir de subconjuntos homogéneos, como en el nivel global indispensable para observar las repercusiones de las decisiones que se toman dentro del subsistema energético y encontrar algunos de los aspectos que inciden sobre aquellos comportamientos. Así por ejemplo las decisiones de inversión, financiamiento y tarifas de las unidades productoras de las diferentes fuentes de energía pueden tener importantes consecuencias sobre el nivel de la actividad económica, el empleo, la distribución del ingreso o el ritmo de crecimiento de los precios. Por otra parte, la particular trayectoria del proceso de desarrollo habrá de tener una influencia considerable sobre los requerimientos de energía de los diferentes grupos socio-económicos, de las diferentes actividades productivas o el uso de los recursos energéticos.

Por lo que se refiere al consumo, el análisis se sitúa a nivel de las necesidades de los diferentes grupos sociales que se traducen en requerimientos de energía para los distintos usos, tratando de investigar la influencia de los factores económicos, sociales, culturales y ambientales sobre el nivel de tales requerimientos. Este análisis no se limita tan sólo a los requerimientos que se traducen en demandas en los mercados de las diferentes fuentes sino también a aquellos que se satisfacen sin intermediación del mercado. Este último tipo de situaciones adquiere particular importancia en el medio rural de los países del Tercer Mundo donde existen aún grandes contingentes de población.

Dentro de un plano más global de análisis, esos niveles de requerimientos de las familias y especialmente aquellos que surgen de las actividades productivas dependen del particular perfil que asume el proceso social de acumulación dominante con su correlativo patrón de distribución del producto social. Estas características de crecimiento y distribución son las que determinan la estructura de la demanda agregada y por tanto los requerimientos intermedios y finales de la energía.

En el plano de las actividades de producción, transformación, transporte o transmisión y distribución también se plantea como relevante el carácter de los agentes sociales actuantes (empresas públicas, empresas privadas nacionales, empresas transnacionales) y su ubicación en las diferentes cadenas de producción - distribución.

De acuerdo con este enfoque, cada una de esas unidades responde a un patrón de comportamiento con una racionalidad diferente compatible con sus características socio-institucionales.

El proceso de planificación que se plantea a partir de este enfoque responde a la forma en que se concibe el funcionamiento del subsistema energético y su interacción con el sistema socio económico.

Ante todo, el proceso de planificación abarca a todo el subsistema incluyendo la esfera del consumo de modo tal que no se limita a considerar a la demanda como un dato sino que se plantea el abastecimiento de un nivel mínimo de requerimientos para cada

uso de manera compatible con el proceso de transformación que debe suponer toda planificación económico social.

En el nivel del abastecimiento no parte del supuesto de una situación de control total o de consenso absoluto propios de un enfoque normativo de optimización sino del reconocimiento de los conflictos que resultan de las situaciones de poder compartido. En estos casos resulta muy difícil sino imposible plantearse un óptimo global del sistema de abastecimiento que resulta compatible con los óptimos parciales de las diferentes unidades que forman parte de él sean públicas o privadas. A este respecto, debe tenerse en cuenta que el Estado no puede concebirse como un ente ajeno al sistema socio económico que se constituye en árbitro de los conflictos entre los diferentes agentes sociales; es decir un Estado planificador que posee el poder suficiente como para imponer sus objetivos de "bienestar colectivo". En realidad, el aparato político administrativo del Estado constituye el "espacio" por excelencia donde se dirimen los conflictos sociales.

Las empresas públicas, que integran el subsistema energético, constituyen una parte de ese "espacio" al mismo tiempo que pueden desarrollar finalidades propias en la medida en que la tecnoburocracia que está a cargo de su gestión posee algún grado de autonomía.

El proceso de planificación no puede desconocer estas características del sistema y en función de ello debe plantearse como un enfoque estratégico que se sitúe en el marco de la concertación de grupos sociales que se proponga un determinado proyecto de desarrollo económico-social.

Los métodos de análisis que se proponen dentro de este enfoque resultan también coherentes con esta forma de concebir el funcionamiento del sistema energético y el proceso de planificación apto para su transformación.

Es así que en el análisis y la previsión de los requerimientos se plantean métodos analíticos que permiten diferenciar las características propias de cada grupo social o de cada tipo de actividad productiva.

De manera similar, 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.

En suma, dentro de este enfoque el objeto de la Economía de la energía no se limita al análisis de la oferta y la demanda dentro de la particular industria de la energía sino como 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 modo coherente, la planificación se concibe como un proceso de transformación de ese subsistema de acuerdo con los objetivos propuestos para el proyecto de desarrollo económico social.

### 3. LOS MODELOS E INDICADORES AGREGADOS

#### 3.1. Los modelos

Una de las relaciones más estudiadas es la que liga la evolución del consumo de energía con el P.B.I. como indicador de la actividad socio-económica de un determinado país o región.

Evidentemente el P.B.I. es representativo, por una parte, del nivel de la actividad económica de dicho país y, por la otra, nos da un indicio del nivel de vida de la población y por ende del grado de confort personal alcanzado.

A su vez la actividad económica y el confort implican consumo de energía en sus distintas formas y por lo tanto este último va a estar determinado, en gran medida, por el P.B.I.

Entre varios modelos propuestos para relacionar ambas variables el más difundido es el siguiente:

$$E = k.I^\alpha \quad \text{ó} \quad \log E = \log k + \alpha \log I \quad (1)$$

donde:

E: consumo total de energía

I: indicador de actividad económica (P.B.I.)

$\alpha$ : elasticidad ingreso del consumo de energía

En general se ha supuesto que el valor de  $\alpha$ , tal como surge de su definición matemática, es un valor constante y para determinar su valor, al igual que el de K, se recurre en forma general a dos tipos de análisis: el cronológico y el de corte.

El primero de ellos relaciona, para una región dada, los valores de ambas variables a lo largo del tiempo ya sea en términos absolutos o por habitante.

En el Gráfico N° II.2 se muestra la relación existente en la Argentina en el período 1955-1971.

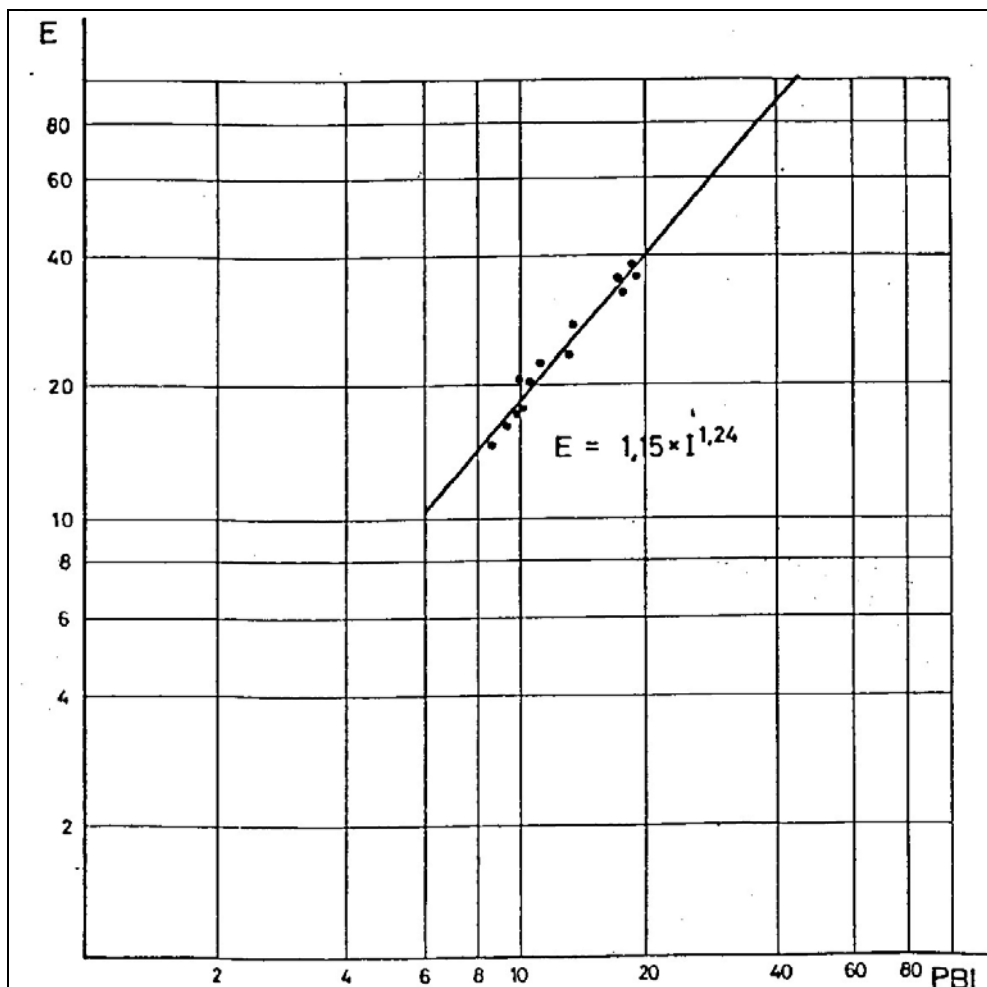
Por ajuste de dichos datos se obtienen los valores respectivos de ambos coeficientes y de esta manera pueden hacerse las extrapolaciones correspondientes. (En este caso resulta  $E = 1,15 \times I^{1,24}$  si expresamos E en millones de tep y el P.B.I. en 109 pesos nuevos a precios de 1960).

En el segundo caso en lugar de utilizar datos de ambas variables correspondientes a una misma región para distintos años, se utilizan datos de diferentes países para una fecha común.

En el Gráfico N° II.3 se reproduce un análisis de este tipo con datos del año 1965 publicados en: "Energy in the World Economy" de J. Darmstadter y otros, "Resources for the Future Inc., The Johns Hopkins Press, 1971.



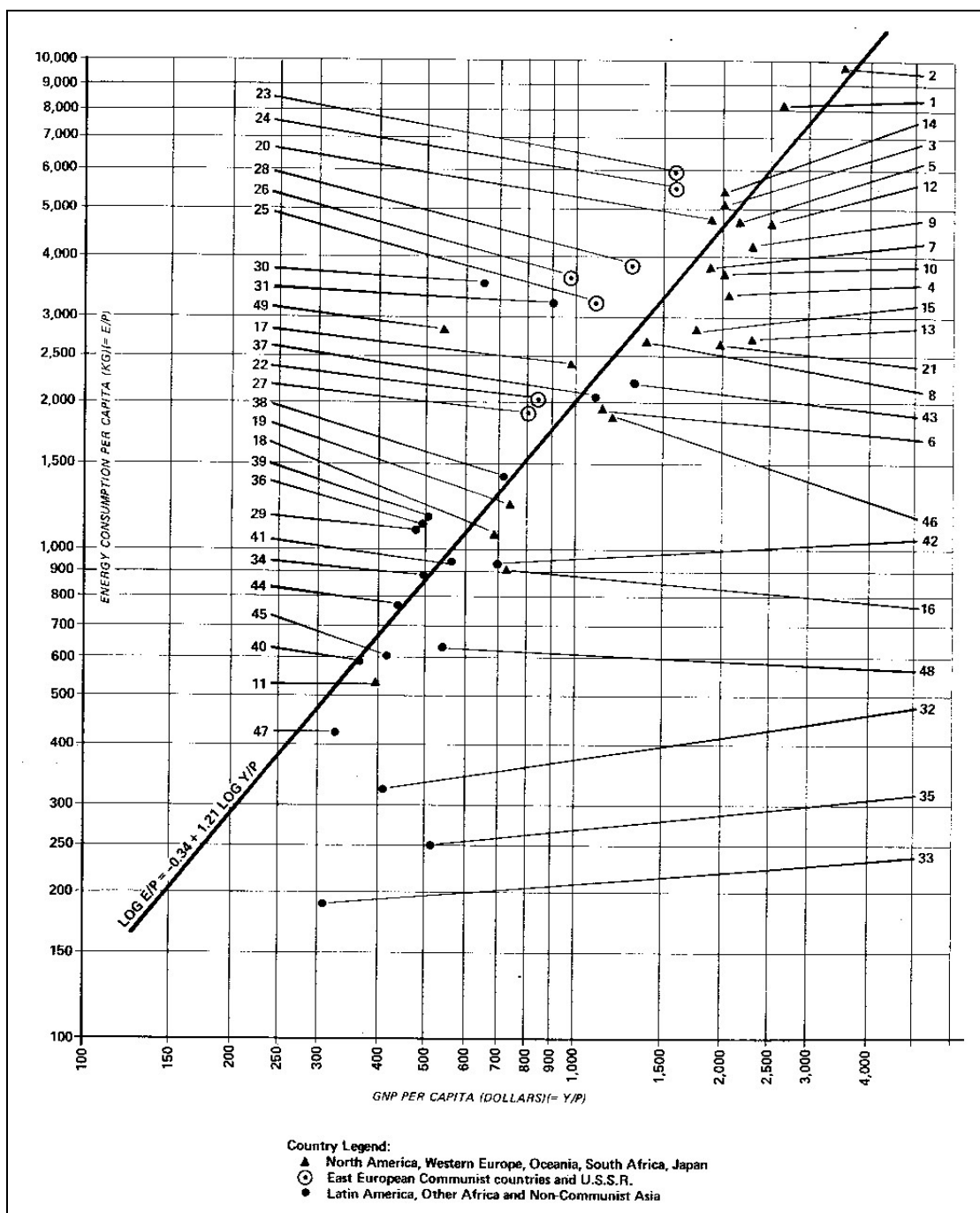
Gráfico N° II.2  
Relación entre el consumo de energía  
y el Producto Bruto Interno  
Argentina (1955-1971)



De ambos análisis surgía una alta correlación entre las dos variables, aunque se evidenciaran algunos desvíos para cada caso o año particular que no eran totalmente explicados por el indicador macroeconómico (I), tema sobre el que volveremos más adelante.

A partir de la crisis energética o petrolera de 1973 este tipo de análisis ha sido fuertemente cuestionado y en particular en los países desarrollados se ha planteado la posibilidad de desacoplar la evolución del consumo de energía con la evolución del indicador de actividad económica.

Gráfico N° II.3  
PBI por habitante y Consumo energético por habitante  
49 países seleccionados, 1965



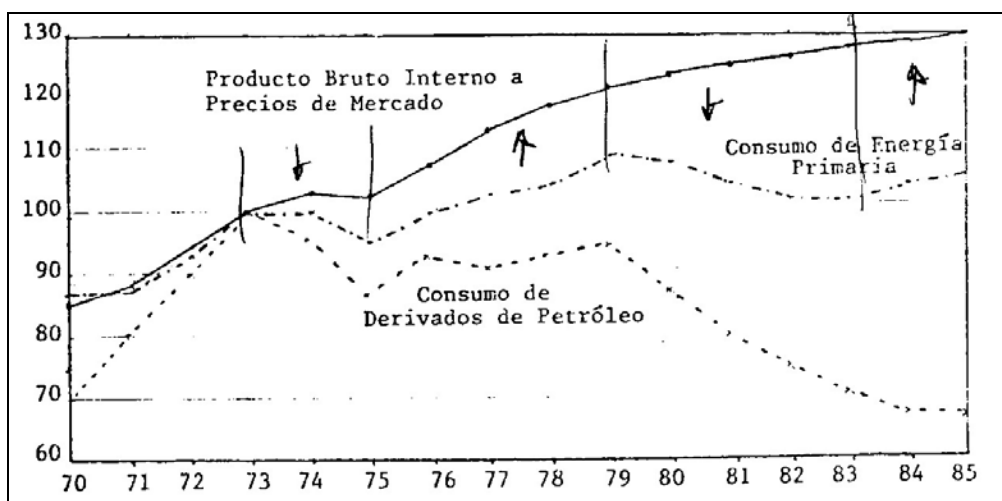
FUENTE: "Energy in the World Economy". J. Darmstadter, et. Al. REFF, The John Hopkins Press, 1971.

Ello efectivamente ha sucedido en la etapa posterior a la crisis en dos oportunidades: a) en los años 1974-75 y b) en los años 1979-1983 tal como puede verse en la Figura N°. II.4 para el caso de Francia.

No obstante ello la relación vuelve a restablecerse en el período 1975-1979 y 1983-1989. Es decir, una vez superado el efecto de reestructuración y conservación

de energía provocado por la fuerte suba de los precios reales de la energía en 1973 y en 1979-80, la relación fundamental entre el nivel de la actividad económica y el consumo de energía vuelve a aparecer.

Gráfico N° II.4  
Evolución del consumo energético y  
la actividad económica en Francia  
(1970-1985)



Fuente: Ministère de l'Industrie Des P.&T. et du Tourisme Direction Generale de l'énergie et des matieres premiere. Observatoire de l'énergie - Agosto 1986.

Sin embargo aún hoy continúa el debate entre especialistas sobre la posibilidad o no de lograr un desacople permanente entre ambas variables.

Entre otras podemos mencionar la opinión de Hourcade, J.C., 1986 <sup>(8)</sup> que expresa:

"Todo depende en efecto de la forma de la demanda futura ...

- o bien se anticipa (R. Lattes, J. Blanc, 1981, A. Meallier, P. Chonard, 1986) un retorno inevitable a elasticidades energía/PBI iguales o cercanas a uno ...
- o bien se admite la posibilidad de un desacople durable entre el crecimiento y la demanda de energía ..."

y las conclusiones de la Conferencia Mundial de la Energía de Nueva Delhi (1983). (Citada por Hourcade, J.C., 1986, op. cit.).

- No se puede desacoplar muy fácilmente el crecimiento energético y el crecimiento económico.
- Las elasticidades ingreso globales decrecen en forma continuada, especialmente en el tercer mundo, sin embargo un cierto crecimiento podría aparecer en los países desarrollados, después del año 2000, luego de una fuerte desaceleración desde ahora hasta entonces.

(8) "Prospective de l'Energie et Analyse Strategique". Hourcade, J.C., Juillet, 1986, CIRED, Paris.

Finalmente, en el Cuadro N° II.1 pueden verse los valores supuestos para esta relación en las proyecciones realizadas por la OCDE en 1982. (Citadas por Hourcade, J.C., 1986, op. cit.).

Cuadro N° II.1  
Evolución prevista de la elasticidad energía-ingreso

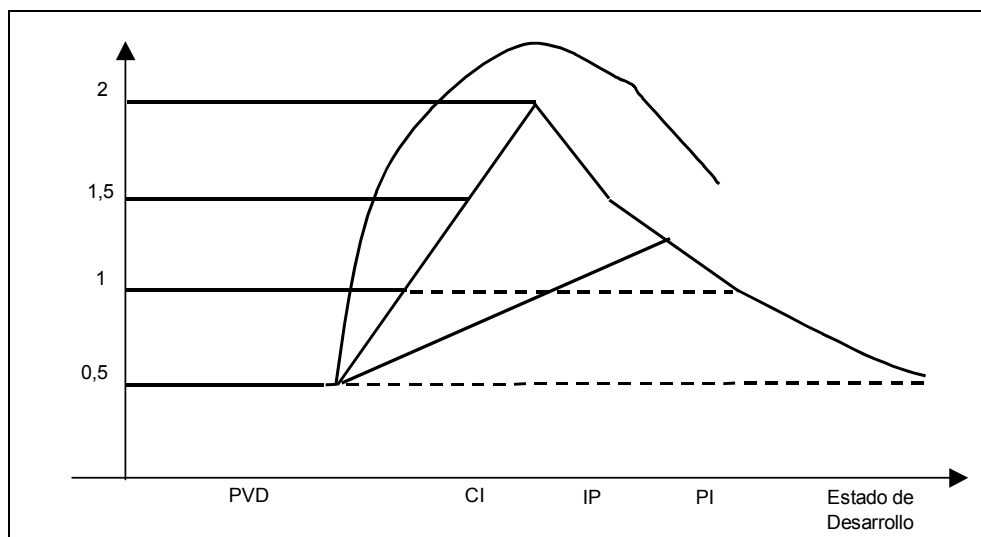
Países	Período	1973-80	1980-85	1985-90	1990-00
Países de la OPEP		1.01	1.22-1.28	1.20-1.22	1.01-1.08
PVD no miembros de la OPEP		1.14	1.08-1.11	1.09-1.19	1.16-1.25
Países OCDE		0.34	0.25-0.31	0.63-0.75	0.64-0.81

Esto muestra la gran diversidad de opiniones existentes sobre este tema.

Otro aspecto del análisis de la evolución de la elasticidad ingreso de la energía tiene que ver con sus variaciones a lo largo del proceso de desarrollo tal como se lo visualiza corrientemente.

Desde hace ya muchos años existía la hipótesis de que el valor de dicha elasticidad era muy bajo para los países de menor grado de desarrollo relativo, crecía fuertemente al iniciarse el proceso de industrialización para luego comenzar un descenso paulatino a medida que se llegaba a la plena industrialización y a la etapa post industrial en la cual el coeficiente volvía a ser sustancialmente inferior a la unidad. (Ver Gráfico N° II.5).

Gráfico N° II.5  
Elasticidad ingreso de la energía en función del nivel de desarrollo



PVD: Países en vías de desarrollo

CI: Comienzo industrialización

IP: Industrialización plena

PI: Etapa post-industrial

Fuente: N. Berrah (1983) citado por Hourcade, J.C., 1986, op. cit.

Los autores citados retoman el argumento y se plantean la pregunta si los PVD pueden elegir entre:

- considerar, con una visión Rostowiana, que los PVD deberán obligatoriamente "subir esta colina", reproduciendo, algunas décadas más tarde, la trayectoria de los países industrializados, o
- actuar, ante el impasse planteado por ese esquema, para que los PVD "hagan un túnel" para asegurarse su desarrollo con elasticidades más bajas.

Evidentemente el debate podría prolongarse como efectivamente sucede en casi toda la literatura energética, pero sería difícil por no decir imposible llegar a respuestas válidas mientras el análisis se mantenga a un nivel de agregación tan grande.

Esto nos lleva a analizar más en detalle el problema y nos encontramos con que además del nivel de actividad económica hay otros factores que influyen en el consumo de energía: población, temperatura, estructura productiva del país en cuestión, grado de mecanización, política de conservación de energía, procesos de sustitución entre fuentes, que en definitiva hacen que el valor de  $\alpha$  no resulte constante como lo había supuesto el modelo anterior, ni en el espacio ni en el tiempo.

Respecto a la variable población es fácilmente eliminable su influencia si trabajamos con valores por habitante en lugar de valores absolutos. Más adelante veremos cómo cambia el consumo por habitante en el tiempo y en el espacio.

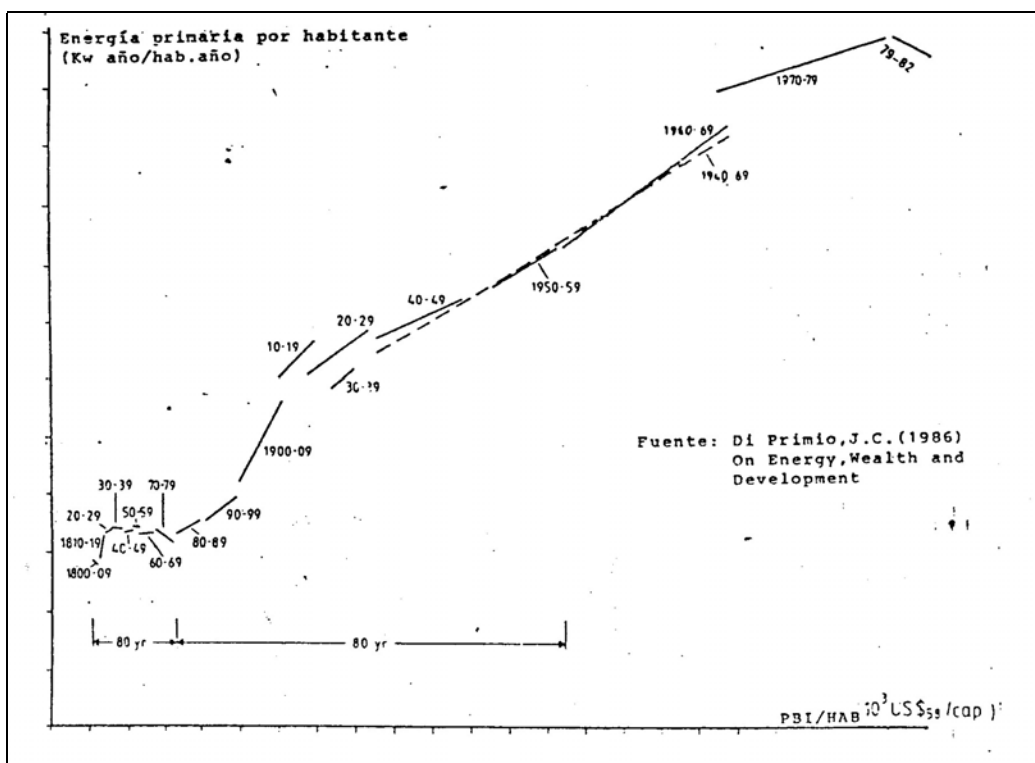
La modificación de  $\alpha$  en el espacio se puede comprobar mediante la estimación del mismo en diferentes países y en ese caso se encuentran variaciones bastante significativas, resultando valores de  $\alpha$   $>$   $<$  que la unidad.

Por otro lado la modificación de  $\alpha$  en el tiempo surge de calcular dicho valor para un mismo país en diferentes períodos.

Un análisis de este tipo puede verse en el Gráfico N° II.6 en la que se muestra la evolución de la relación entre E y el PBI en los Estados Unidos desde 1800 a 1982 por períodos decenales.

Puede verse que a lo largo de esos 180 años el valor de  $\alpha$  ha tomado valores positivos y negativos y mayores o menores que uno.

Gráfico N° II.6



En cierto modo estaría confirmando el modelo anteriormente mencionado sobre la evolución de la elasticidad según las etapas de desarrollo (ver Gráfico N° II.5). Tenemos así que entre 1820 y 1890 la elasticidad fue muy baja o incluso negativa. (PBI/h entre 200 y 800 dol 1958), entre 1900 y 1909 llegó a un máximo de 1,5 (800 a 1.800 dol/hab), entre 1940 y 1969 fue de 0.60 (1.800 a 3.500 dol/hab) y finalmente entre 1970 y 1979 fue de sólo 0,35 (3.500 a 4.300 dol/hab).

Frente a este tipo de situación hacia fines de la década del 50 un autor francés propone ampliar el modelo incorporando una variable adicional, el tiempo, para intentar captar la influencia de los otros factores diferentes al PBI obteniéndose el siguiente modelo:

$$E = k l^b e^{at} \quad (2)$$

en el cual  $b$  pasa a ser la elasticidad parcial del consumo de energía respecto al PBI y a un parámetro que representa la variación anual de E a PBI constante.

En el caso particular de Francia el valor de  $a$  para el período analizado resultó ser negativo lo cual fue interpretado como la influencia del factor tecnológico en el sentido del ahorro o conservación de energía. En realidad dicho valor era la resultante de una serie de fenómenos contrapuestos como veremos enseguida.

Análisis posteriores realizados sobre un gran número de países mostraron que en la mayor parte de los casos el valor de  $a$  era positivo y se hacía difícil interpretarlo como un factor de desarrollo tecnológico negativo.

Esto llevó a reformular la presentación del modelo y a una reinterpretación de sus parámetros. Otra forma de introducir la variable tiempo en relación con el PBI es considerando como variable su tasa de variación anual ( $r_1$ ) en lugar de su valor absoluto.

En esa forma se obtiene el siguiente modelo: (ver Gráfico N° II.7)

$$\alpha = \frac{a}{r_1} + b \quad (3)$$

donde:

$\alpha$  = elasticidad ingreso del consumo de energía primaria

$a$  y  $b$  = parámetros

$r_1$  = tasa de variación anual del PBI

el cual puede derivarse matemáticamente de (2) y tiene una serie de ventajas:

- Relaciona directamente los valores de  $\alpha$  (parámetro del modelo (1)),  $a$  y  $b$  (parámetros del modelo (2)) y la tasa de crecimiento del PBI ( $r_1$ ).
- Permite representar adecuadamente tanto valores positivos como negativos de  $a$ .
- Permite interpretar claramente lo que sucede frente a valores negativos de  $r_1$  (decrecimiento del PBI).

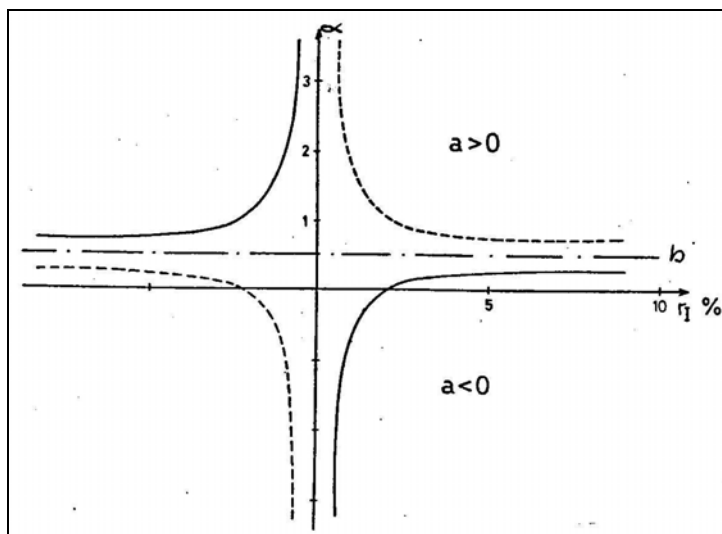
Este modelo nos indica que a medida que  $r_1$  crece el valor de  $\alpha$  disminuye (si  $a > 0$ ) y tiende al valor  $b$  que corresponde a la elasticidad parcial del consumo de energía primaria respecto al PBI.

La variación del valor de  $\alpha$  se debe, como hemos dicho anteriormente, a la influencia de los otros factores que determinan el consumo de energía primaria, lo cual se hace más evidente cuando el ritmo de desarrollo es más lento.

Esto se debe a que existen factores que tienden a incrementar el valor de  $\alpha$  (mecanización, electrificación, desarrollo del confort y urbanización, industrialización) mientras que otros tienden a disminuirlo (mejora el rendimiento en el uso de energía, conservación, cambios de estructura productiva) y según predominen unos u otros resulta el valor de  $a$  positivo o negativo.

Como lo mencionáramos anteriormente, en los años 1973-75 y 1979-83, en la mayoría de los países desarrollados y en algunos en vías de desarrollo, el valor de  $a$  pasó a ser fuertemente negativo con lo cual la elasticidad pasó a ser transitoriamente negativa.

Gráfico N° II.7



La gran variabilidad de los valores de  $\underline{a}$  para diferentes países condujo a realizar un análisis más detallado para conocer como influían los factores antes mencionados en sus comportamientos. Para ello se hizo un estudio <sup>(9)</sup> en base a datos internacionales (previos a la crisis de 1973) correspondientes a 25 países de diferentes regiones del mundo, planteándose por vía de hipótesis de que:

$$a = f(\Delta Ag; PBI/h; \Delta C; r_1)$$

en la cual:

$\Delta Ag$ : Representa la variación en el tiempo de la participación del sector agropecuario en el PBI, reflejando la variación de la estructura productiva del sistema energético en análisis, en un período determinado. (Alternativamente podrían utilizarse  $\Delta Ind.$ ). Si  $\Delta Ag$  es positivo el valor de  $\underline{a}$  debería disminuir y viceversa.

$PBI/h$ : Variable proxi para representar las mejoras de rendimiento en la utilización de la energía, en la hipótesis de que cuanto mayor es el grado de desarrollo de un país mayor es su capacidad tecnológica para realizarlas. Cuanto mayor sea el valor de  $PBI/h$  menores serán los valores de  $\underline{a}$ .

$\overline{r_1}$ : Tasa promedio de crecimiento del PBI en el período considerado, variable proxi para representar el proceso de mecanización y electrificación, en la hipótesis de que cuanto más rápido es el proceso de crecimiento económico mayor ha sido el proceso de mecanización y electrificación. Cuanto mayor sea el valor de  $r_1$  mayor debería ser el valor de  $\underline{a}$ .

$\Delta C$ : Representa la variación en el tiempo de la participación del carbón en la estructura del abastecimiento de energía, reflejando la variación

(9) "Un modele d'interpretation de l'elasticité de la demande totale d'energie en relation avec la PIB". C.E. Suárez, Juillet 1974.



estructural de dicho abastecimiento en el sistema energético considerado. (Alternativamente podría utilizarse  $\Delta P$ ). Si  $\Delta C$  es positivo el valor de  $\underline{a}$  debería aumentar y viceversa.

Luego de múltiples análisis de tipo econométrico el estudio llega a la conclusión de que el valor de  $\underline{a}$ , para el grupo de países considerados en el período 1950-1970, puede representarse por la expresión

$$a = 2,556 - 0,264 \Delta Ag - 0,0012 \text{ PBI/h} - 0,017 \Delta C$$

(0.087)                      (0.0004)                      (0.028)

con

$$R = 0.81 > 0.01 \quad \Delta Ag = 41.91$$

$$F = 10.1 > 0.001 \quad R^2 \cdot 100 = 65,45\% \quad \text{PBI/h} = 22.97$$

$$\Delta C = 0.75$$

$$t \text{ Ag} = -3.03 > 0.01$$

$$t \Delta C = -0.59$$

$$t \text{ PBI/h} = -3.07 > 0.01$$

según la cual a medida que disminuye la participación del sector agropecuario se incrementa el valor de  $\underline{a}$  y por lo tanto crece la elasticidad ingreso; por el contrario cuanto mayores son las posibilidades de hacer conservación de energía el valor de  $\underline{a}$  disminuye y por ende el de la elasticidad.

En el caso de la última variable no se logró un resultado estadístico significativo ni el signo es el correcto ya que una disminución en la participación del carbón debería llevar a una disminución de  $\underline{a}$  dado su menor rendimiento de utilización respecto al petróleo o el gas natural.

Vemos que estas tres variables explican un 65,45% de la variación total de  $\underline{a}$  y las más importantes son  $\Delta Ag$  que explica un 42% del total y PBI/h que explica el 23%.

Volviendo al caso de Francia en la posguerra podemos ver que el valor negativo de  $\underline{a}$  seguramente se debía no sólo a la influencia del factor tecnológico dirigido a una mayor eficiencia en el uso de la energía, sino también a la sustitución del carbón por el petróleo y a una modificación de la estructura productiva hacia la industria liviana y los servicios.

Si analizamos lo ocurrido a nivel internacional luego de la crisis de 1973 a la luz de este modelo vemos que efectivamente han sido los países más desarrollados los que en general han aplicado políticas agresivas de conservación de energía lo cual ha llevado a una disminución del valor de  $\underline{a}$  y por ende de la elasticidad.

Adicionalmente en esos países se produjo un fuerte cambio de la estructura productiva orientándose a los servicios y a las industrias de alta tecnología y bajo insumo energético, lo cual tuvo un efecto similar al representado por  $\Delta Ag$ .

Por el contrario en los países en vías de desarrollo la continuidad del cambio estructural hacia el sector industrial, la baja capacidad para aplicar medidas de conservación de energía y la reversión en el proceso de sustitución de las fuentes

energéticas de menor rendimiento por los de mayor rendimiento de utilización hizo que el valor de  $\underline{a}$  y de  $\underline{\hat{a}}$  se mantuviera elevado y positivo, en general.

En conclusión, si bien existe una gran relación entre el consumo de energía y el P.B.I., dicha relación no es estrictamente proporcional y se debe analizar más en detalle, teniendo en cuenta las otras variables que intervienen en el proceso, o se debe usar otro tipo de metodologías de tipo más analítico.

Desde el punto de vista de las metodologías usadas para determinar el valor de las constantes del modelo propuesto es necesario realizar algunas observaciones.

Los datos antes mencionados no incluyen el consumo de combustibles vegetales que proporcionalmente son más importantes en los países menos desarrollados, pero su inclusión no hace variar fundamentalmente la situación.

La crónica es el método más adecuado si se tiene información para la región en cuestión pero se debe tener cuidado que la misma no sea muy breve pues no tendrán valor estadístico las conclusiones que saquemos de ella, en particular si la misma corresponde a períodos de crisis como es el de 1973 a 1983.

Por otro lado no deberá ser muy extensa, pues en ese caso se modifica la influencia que ejercen las otras variables y ya no es lícito utilizar los coeficientes obtenidos para realizar proyecciones pues al hacerlo estamos suponiendo que se reproducirán en el futuro las condiciones del pasado lo cual no tiene valor económico.

El corte por su parte, se utiliza cuando no existe información detallada de la región en análisis, pero en ese caso se están generalizando resultados obtenidos a partir de datos que corresponden a países con diferentes climas, diferentes estructuras productivas y diferentes grados de desarrollo.

## **3.2. Los indicadores**

### *3.2.1. Consumo de energía por unidad de P.B.I., productividad*

Otra forma de presentar la relación entre el consumo de energía y el P.B.I., es midiendo la productividad de la energía dentro del proceso económico expresada por ejemplo en dol/tep, o como aparece más normalmente en la literatura tep/dol. (su inversa).

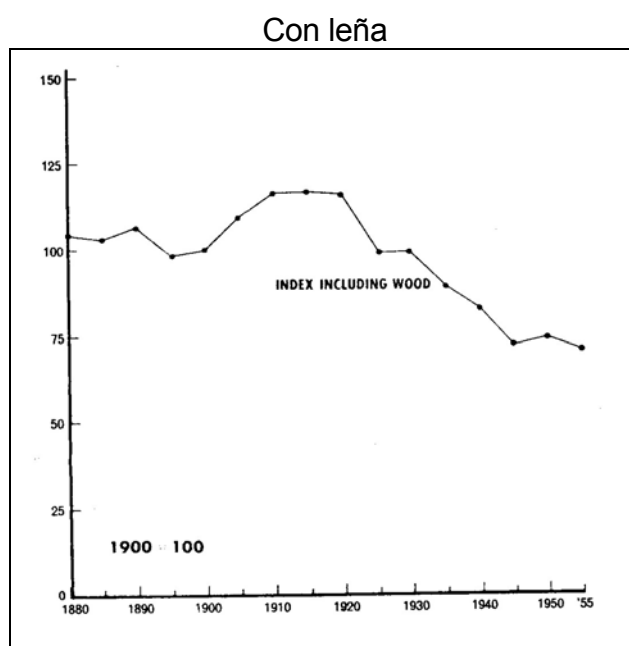
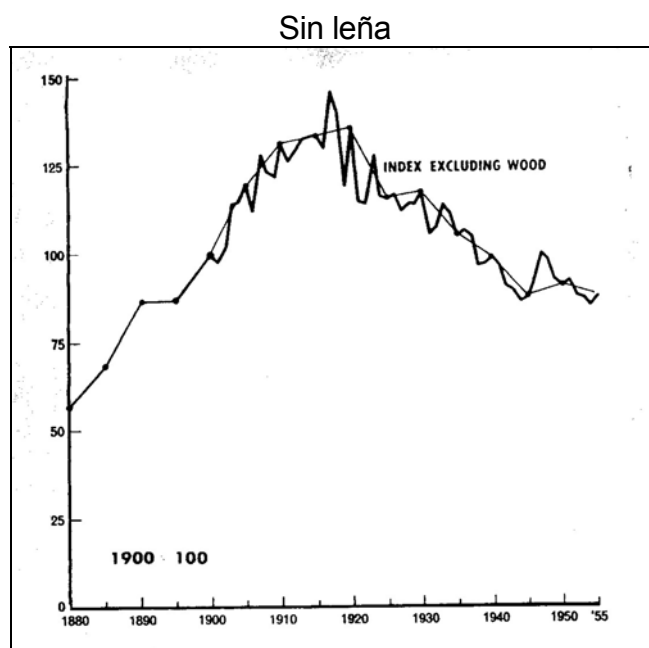
El coeficiente de productividad (o su inversa, la intensidad energética) es variable y si lo relacionamos con el proceso de desarrollo económico de un país encontraremos que en las primeras etapas de desarrollo la productividad de la energía disminuye, luego se mantiene constante y finalmente crece.

Este proceso es razonable pues en las primeras etapas del desarrollo el paso de formas primitivas de producción a formas más elaboradas y la transformación en la composición del producto del sector agropecuario al industrial exige un mayor crecimiento del consumo de energía que del P.B.I.

Por el contrario una vez que el proceso de mecanización y la transformación de la estructura productiva han llegado a un cierto equilibrio predomina la influencia de las mejoras de rendimiento en la producción, transformación y utilización de la energía con lo cual se incrementa la productividad de la misma.

En el Gráfico N° II.8, extraído del trabajo de S. Schurr et al "Energy in the American Economy", RFF, 1960, se ve claramente el proceso completo (el gráfico representa la inversa de la productividad).

Gráfico N° II.8  
Consumo de Energía por Unidad de PBI. Estados Unidos.  
Períodos quinquenales 1880-1955



Fuente: "Energy in the American Economy (1850-1955)", J.H. Schurr y B.C. Netschert. RFF, The Johns Hopkins Press. 1960.

Recientemente el tema fue retomado por J.M. Martin del IEPE (Grenoble, Francia) <sup>(10)</sup> que reprodujo el análisis anterior para un conjunto de países desarrollados con el resultado que se reproducen en el Gráfico II.9. en el cual puede verse que en líneas generales la evolución ha sido similar en los diferentes países. El Gráfico N° II.10 incorpora la evolución de algunos países en vías de desarrollo como Argelia, Brasil y Corea del Sur.

Gráfico N° II.9  
Comparación de evolución de intensidades energéticas

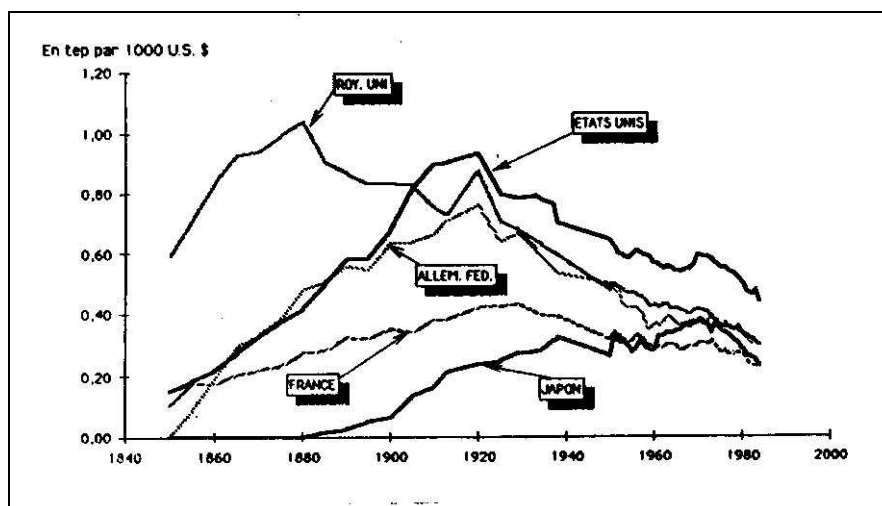
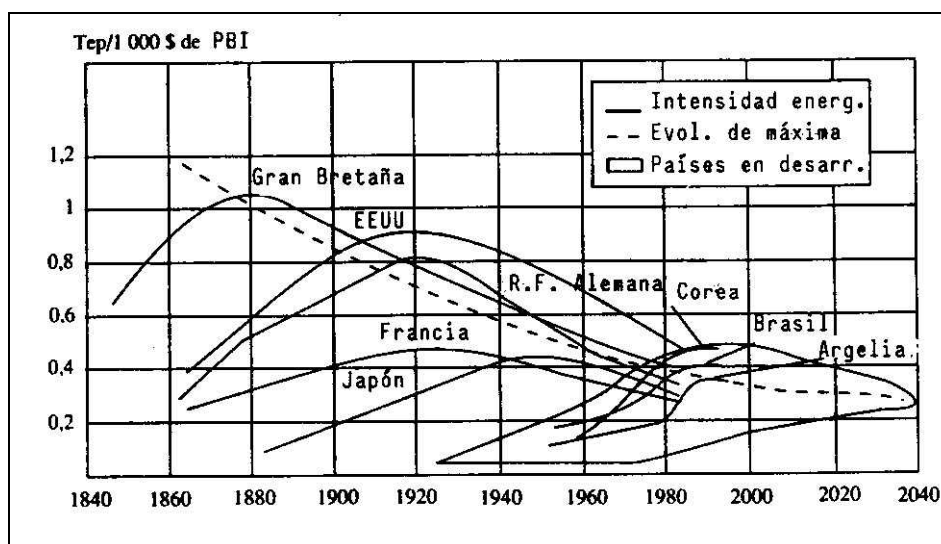


Gráfico N° II.10  
Intensidad energética y desarrollo



La producción de bienes y servicios para una misma cantidad de energía, llamada "intensidad energética", disminuye después de un pico producido durante el despegue económico de los países observados aquí. Los países del sur no necesitan experimentar nuestros derroches pasados y pueden desarrollarse desde un principio con las tecnologías más económicas.

Fuente: CNRS - B. Dessus tomado de "Futuribles", julio-agosto 1994. pág. 101.

(10) "L'intensité énergétique de l'activité économique dans les pays industrialisés: les évolutions de tres longue periode livrent-elles des enseignements utiles?". Martin, JM, IEPE, Ecoloe N° 4/1988 y 9-27.

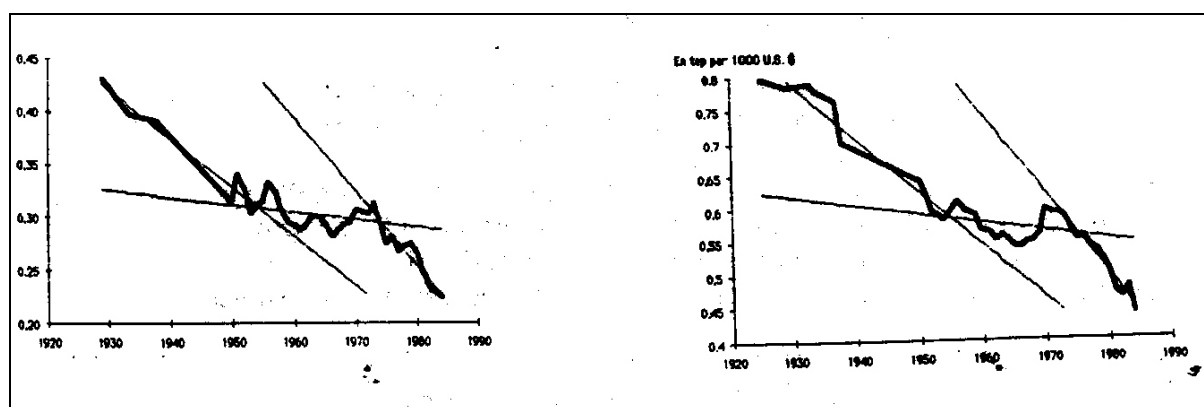
Por otra parte se puede notar claramente que el punto de mayor intensidad energética coincide en todos los países con el momento en que culmina el proceso de desarrollo industrial masivo, que se da primero en el Reino Unido, luego en Alemania, Estados Unidos, luego en Francia y Japón, que tiene un nuevo máximo luego de la segunda guerra mundial.

Estas curvas también nos muestran como, por diversas razones, el coeficiente de intensidad energética habría revertido su tendencia decreciente en la década del '60 dando origen a las proyecciones de crecimiento exponencial de la demanda de energía de la época que en parte estuvieron en el origen de las crisis de la década del '70.

A partir de dichas crisis todos los países retoman la tendencia decreciente de largo plazo pero esta vez en base a un esfuerzo concentrado y conciente de conservación de energía ante la fuerte suba de los precios de años anteriores. (Esto puede verse más en detalle para Estados Unidos y Francia en los Gráficos N° II.11 y N° II.12).

Gráfico N° II.11  
Francia

Gráfico N° II.12  
Estados Unidos



Otra conclusión que puede extraerse de los datos presentados en el Gráfico N° II.9. es que los máximos históricos de intensidad energética van siendo menores en los diferentes países (Reino Unido, Estados Unidos, Alemania, Francia, Japón) en la medida que el proceso de industrialización es más tardío.

Esta tendencia estaría mostrando las consecuencias del desarrollo tecnológico de tipo general que tiende a una mejor utilización de los recursos, en particular la energía.

Ello estaría mostrando la viabilidad de que en los próximos años los PVD puedan "realizar un túnel" como lo planteábamos en relación al Gráfico N° II.5. y lograr su proceso de industrialización con intensidades energéticas más reducidas, en la medida que logren incorporar las tecnologías más eficaces, lo cual puede verse en el Gráfico N° II.10.

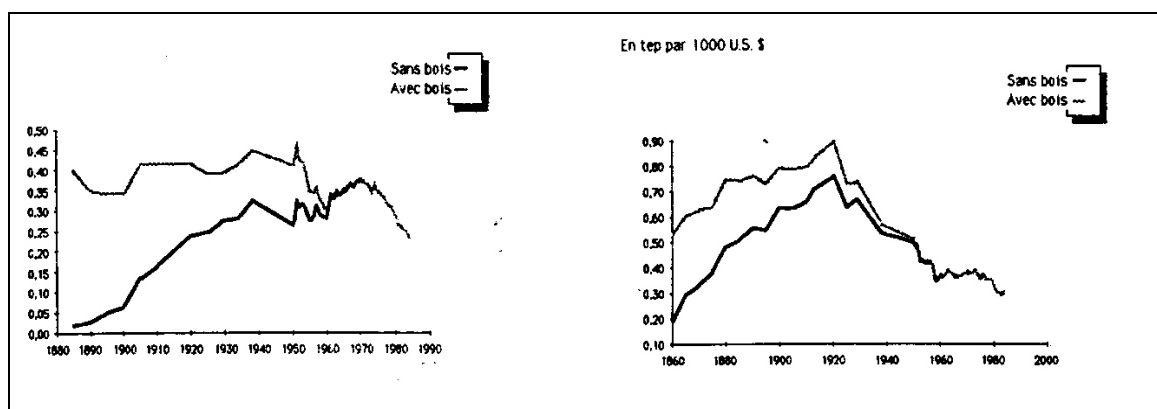
Como en el caso de Estados Unidos indicado más arriba, la evolución de la intensidad energética cambia sustancialmente si se considera también la leña como fuente primaria (ver Gráficos N° II.13 y N° II.14). Como veremos más adelante lo ideal sería poder presentar este indicador en términos de energía útil y no como la energía neta de fuentes primarias. En este caso el menor rendimiento de la leña, llevaría a que el

indicador se comportara en forma similar al que se obtiene usando sólo las fuentes primarias de carácter comercial. Los trabajos citados amplían el análisis de la evolución de este coeficiente y los factores que están detrás de sus cambios de tendencia.

Veamos ahora cuál es el comportamiento de este coeficiente en distintos países del Mundo para un momento dado.

Gráfico N° II.13  
Japón

Gráfico N° II.14  
Alemania Federal



En el Cuadro N° II.2 figuran los datos de la inversa de la productividad expresada en kec/dol y vemos que resulta un valor promedio de 2.47 kec/dol.

Para este coeficiente la dispersión alrededor del promedio es mucho menor que en el caso del consumo por habitante y la diferencia entre los valores extremos es de 1 a 9.

En gran medida estas diferencias se explican por la diferencia de estructuras productivas y así vemos que los valores más altos no corresponden a los Estados Unidos sino a países con actividades de alto consumo de energía (minería en general), como son los casos de Trinidad-Tobago, Sudáfrica y Venezuela.

También se destacan los países socialistas donde el alto grado de industrialización, especialmente en industrias de alto consumo de energía, y el mayor porcentaje de participación del carbón en el abastecimiento energético, da altos valores de consumo por unidad de P.B.I. (baja productividad), especialmente en los casos de Checoslovaquia y Polonia.

También influyen aunque en menor medida, las diferencias climáticas y es difícil poner de manifiesto estas diferencias pues los otros factores los enmascaran.

Finalmente podemos remarcar que la menor variabilidad de este coeficiente alrededor del promedio, en relación con el que nos da el consumo por habitante, confirma el hecho de que el P.B.I. es la variable fundamental que determina el nivel de consumo de energía de un país, aunque no la única.

### 3.2.2. Índice de carbonización

Otro índice de carácter global que nos sirve para realizar el diagnóstico de un sistema energético es el denominado Índice de Carbonización definido como la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> del sistema energético y el consumo de energía (Gráfico N° II.15).

A nivel internacional y tal como fue definido y publicado por IIASA en Nakicenovic, N., 1993, dicho índice ha tenido en el largo plazo una tendencia general declinante que se corresponde con los sucesivos procesos de sustitución entre fuentes con mayor contenido de carbón por fuentes con menor contenido o que directamente no son emisoras del mismo (carbón ----> petróleo ----> gas natural - hidro/nuclear) tal como lo viéramos en el punto 2, Capítulo I.

Por supuesto, más allá de esta tendencia general de largo plazo existen períodos más cortos y/o situaciones particulares en cada sistema energético que puedan dar origen a valores constantes o crecientes del Índice de Carbonización.

Como en otros índices, es posible calcular este índice a diferentes niveles del sistema energético y utilizando diferentes unidades tanto para el numerador como en el denominador.

El caso particular de la estimación realizada por IIASA las emisiones de CO<sub>2</sub> están medidas en toneladas de carbón y el consumo de energía en MW año o sea en equivalente eléctrico del consumo aparente de energía. También puede utilizarse las Tn de CO<sub>2</sub> para el numerador y los tep o tec para el denominador.

En los sistemas energéticos con una alta participación de la Biomasa es importante distinguir entre las emisiones de CO<sub>2</sub>NB y las emisiones de CO<sub>2</sub> biogénico y desde otro punto de vista es posible medir el índice a nivel de la Oferta Bruta Total o a nivel de la Demanda Final. En principio consideramos conveniente calcularlo en base a la Oferta Bruta Total (o consumo aparente de energía), distinguiendo las emisiones de CO<sub>2</sub>B y CO<sub>2</sub>NB e indicando el total.

### **La relación entre la intensidad energética y el índice de carbonización**

Si relacionamos estos dos índices se obtiene un nuevo tipo de "sendero" energético tal como se lo observa en el Gráfico N° II.16 (Nakicenovic, N., 1993) donde aparecen varios países en períodos largos de su evolución con una tendencia general declinante para ambos índices.

En el Gráfico N° II.17 podemos ver que como en otros casos pueden darse senderos diferentes que corresponden a distintas etapas de la evolución de los sistemas energéticos.

Para plantearnos el tema en forma más general hemos construido el Gráfico 18 donde se analizan las diferentes situaciones posibles.

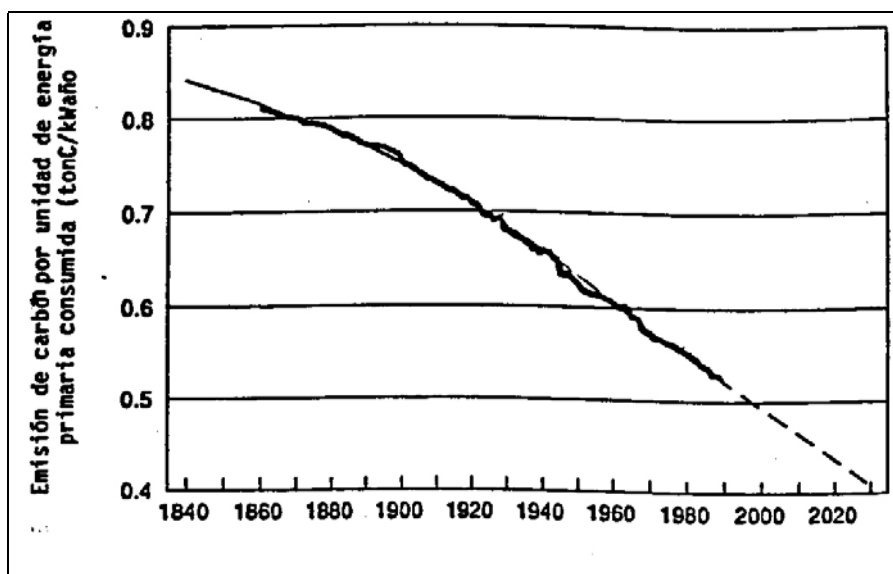
En el segundo cuadrante se daría la situación de máximo crecimiento del CO<sub>2</sub>/PBI debido al incremento simultáneo de la intensidad energética y del índice de carboniza-

ción. Correspondería a una etapa de "industrialización" y/o poca conservación de energía, coincidiendo con una "regresión" en los procesos de sustitución de energía con un sector no del carbón en lugar del petróleo y/o un reemplazo de la hidro/nuclear por los combustibles fósiles. En el primer cuadrante se daría una relación CO<sub>2</sub>/PBI aproximadamente constante debido a que el aumento de la intensidad energética sería compensado por un decrecimiento del índice de carbonización debido en este caso a un proceso de sustitución del tipo C ----> P ----> GN ----> H/N. Este tipo de sendero se ha dado recientemente en Argentina (Figura C).

El cuarto cuadrante correspondería a la situación ideal del punto de vista ambiental con una relación CO<sub>2</sub>/PBI mucho menor que uno debido a la baja simultánea de ambos índices, lo cual aparece en el gráfico de IIASA como la situación "más permanente" lo cual no es necesariamente así en todos los casos. Finalmente en el tercer cuadrante estaría representada también una cierta constancia de la relación CO<sub>2</sub>/PBI que podría corresponder a un proceso de "desindustrialización" o terciarización con fuerte influencia de conservación de energía simultáneamente con un proceso "regresivo" en la sustitución energética.

En cada caso particular una vez calculado el sendero correspondiente a un sistema energético, ya sea histórico o prospectivo, se deberán analizar en detalle las causas intensivas del mismo teniendo en cuenta la existencia de procesos simultáneos con efectos contrapuestos tanto sobre la intensidad energética, como sobre el índice de carbonización.

Gráfico N° II.15  
Descarbonización global de la energía desde 1860  
Nivel Mundial. (tn C/KW año)

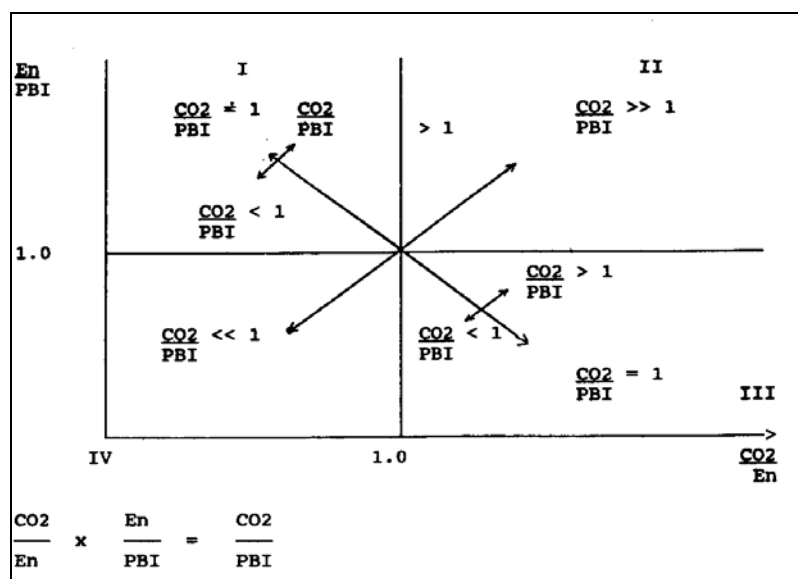


Fuente: Nakicenovic, N. Et al, 1993, pág. 408.





Gráfico N° II.18  
Evolución Índice de Carbonización e Intensidad Energética



### 3.2.3. La energía y la población, consumo por habitante

Al relacionar estas dos variables también nos encontramos con importantes diferencias tanto en el tiempo como en el espacio.

Para un país o región dada, en general la tendencia del consumo por habitante es creciente, dado que el consumo crece más rápidamente que la población. Las excepciones que se encuentran corresponden a períodos de crisis económicas o energéticas, en las cuales el consumo puede llegar a disminuir aún en términos absolutos (crisis de 1930, 2a. guerra mundial, crisis 1980).

Si por el contrario analizamos la variación del consumo por habitante en un año determinado en distintos lugares del mundo nos encontramos con una gran variabilidad que no es sólo explicable por los diferentes climas, costumbres y/o estructuras productivas sino que se deben básicamente al diferente grado de desarrollo alcanzado.

En el Cuadro N° II.2, podemos observar datos correspondientes a 1965 y vemos que existe una relación de 1 a 50 entre el país de mayor consumo por habitante, Estados Unidos (9,67 tec/h), y el de menor consumo que allí figura, Guatemala (0,19 tec/h.).

Si bien dichos consumos han ido variando con el tiempo no se han producido cambios fundamentales en dicho desequilibrio como puede verse en el Cuadro N° II.3, en el cual se dan datos para 1980, 1981 y 1983. Además en dicho cuadro se visualiza que los países anteriormente mencionados no forman los extremos de la escala y si comparamos Qatar con Nepal la relación es de 1 a 1.645 aproximadamente.

Sin embargo hay que tener en cuenta, como ya se mencionó anteriormente, que estos valores corresponden exclusivamente al consumo de fuentes comerciales de energía. Lamentablemente no es frecuente encontrar estadísticas globales homogéneas que

incluyan también las fuentes no convencionales de energía y valoricen adecuadamente la electricidad primaria (hidro, nuclear y geotérmica). Con datos extraídos de "World Resources 1986" puede elaborarse el Cuadro N° II.4.

De acuerdo a los valores del cuadro, se puede ver que al introducir el consumo de fuentes no convencionales, básicamente la biomasa, y valorando adecuadamente la electricidad primaria, las disparidades se reducen en forma sustancial. Se pasa de un coeficiente 16,26 a un valor 10,55 a nivel de grandes regiones del mundo y de un coeficiente 1645 a un valor de 94 cuando se toman los países extremos.

De todas maneras esta mejora es relativa pues si se tienen en cuenta los rendimientos diferenciales entre fuentes comerciales y no convencionales la relación de energía útil disponible se acerca más a los primeros coeficientes que a los últimos.

Si la comparación temporal se hace a nivel regional y para un período más largo de tiempo puede verse que entre 1968 y 1993 la relación entre el consumo por habitante de América del Norte y el conjunto de los PVD ha ido disminuyendo de 20/1 a sólo 11.5/1.

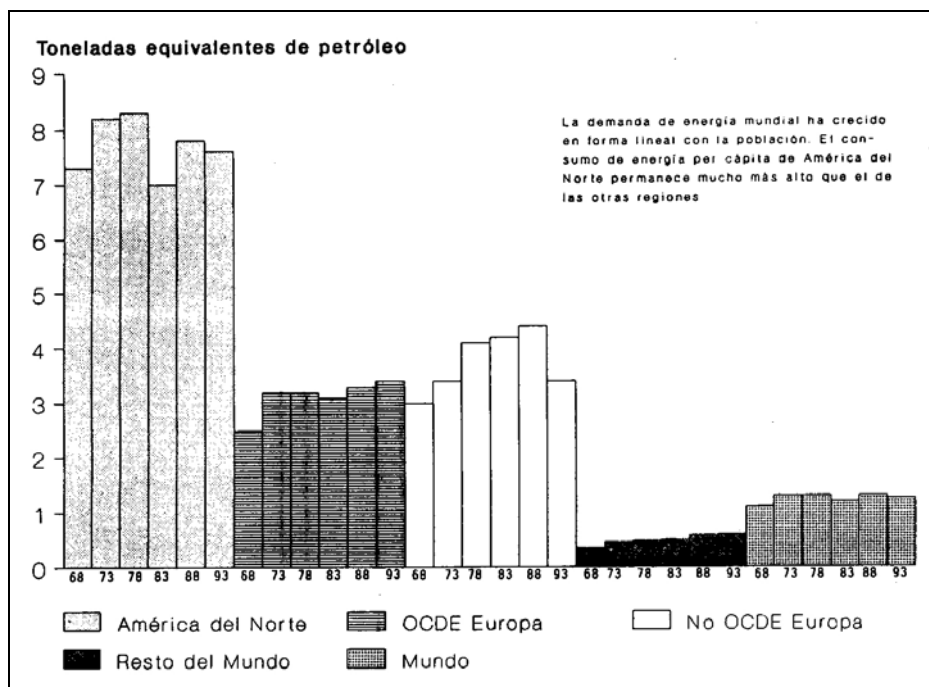
Cuadro N° II.2.  
PBI Por habitante. Consumo de energía por habitante  
Y por unidad de PBI. 49 países seleccionados, 1965.

Country	Number on chart	GNP per capita		Energy consumption			
		Dollars	Rank	Per capita		Per \$1 of GNP	
				Kgs coal equiv.	Rank	Kgs coal equiv.	Rank
North America							
Canada	1	2,658	2	8,077	2	3.04	7
United States	2	3,515	1	9,671	1	2.75	10
Western Europe							
Belgium-Luxembourg	3	1,991	10	5,152	6	2.59	12
France	4	2,104	7	3,309	16	1.57	37
West Germany	5	2,195	6	4,625	8	2.11	20
Italy	6	1,254	20	1,940	28	1.55	38
Netherlands	7	1,839	13	3,749	12	2.04	22
Austria	8	1,365	17	2,584	23	1.89	24
Denmark	9	2,333	4	4,149	10	1.78	27
Norway	10	2,015	8	3,621	13	1.80	26
Portugal	11	396	46	520	45	1.31	42
Sweden	12	2,495	3	4,604	9	1.85	25
Switzerland	13	2,331	5	2,699	21	1.16	45
United Kingdom	14	1,992	9	5,307	5	2.66	11
Finland .	15	1,750	14	2,825	19	1.61	33
Grecce	16	772	29	904	39	1.17	44
Ireland	17	981	24	2,359	24	2.41	16
Spain	18	686	33	1,080	36	1.57	35
Yugoslavia	19	743	30	1,217	32	1.65	32
Oceania							
Australia	20	1,910	12	4,697	7	2.46	13
New Zealand	21	1,970	11	2,603	22	1.32	40
U.S.S.R. & Comm. E. Europe							
Bulgaria	22	829	27	2,011	27	2.43	15
Czechoslovakia	23	1,561	16	5,870	3	3.76	3
East Germany	24	1,562	15	5,534	4	3.54	6
Hungary	25	1,094	22	3,188	18	2.91	8
Poland	26	980	25	3,552	14	3.62	5
Romania	27	778	28	1,916	30	2.46	14
U.S.S.R.	28	1,340	18	3,819	11	2.85	9
Latin America							
Mexico	29	475	42	1,104	35	2.33	17
Trinidad & Tobago	30	646	34	3,505	15	5.43	1
Venezuela	31	882	26	3,246	17	3.68	4
Costa Rica	32	414	45	317	47	0.77	47
Guatemala	33	318	49	188	49	0.59	49
Jamaica	34	492	41	873	40	1.77	28
Nicaragua	35	527	38	247	48	0.70	48
Panama	36	495	40	1,112	34	2.25	19
Puerto Rico	37	1,094	23	2,126	26	1.94	23
Argentina	38	718	31	1,471	31	2.05	21
Chile	39	497	39	1,119	33	2.25	18
Peru	40	367	47	577	44	1.57	36
Uruguay	41	573	35	958	37	1.67	31
Asia							
Cyprus	42	702	32	927	38	1.32	41
Israel	43	1,325	19	2,248	25	1.70	30
Lebanon	44	438	43	770	41	1.76	29
Hong Kong	45	421	44	605	43	1.44	39
Japan	46	1,222	21	1,926	29	1.58	34
Malaysia <sup>a</sup> and Singapore	47	332	48	424	46	1.28	43
Africa							
Libya	48	542	36	613	42	1.13	46
South Africa	49	535	37	2,761	20	5.16	2

<sup>a</sup> Including Sabah and Sarawak.

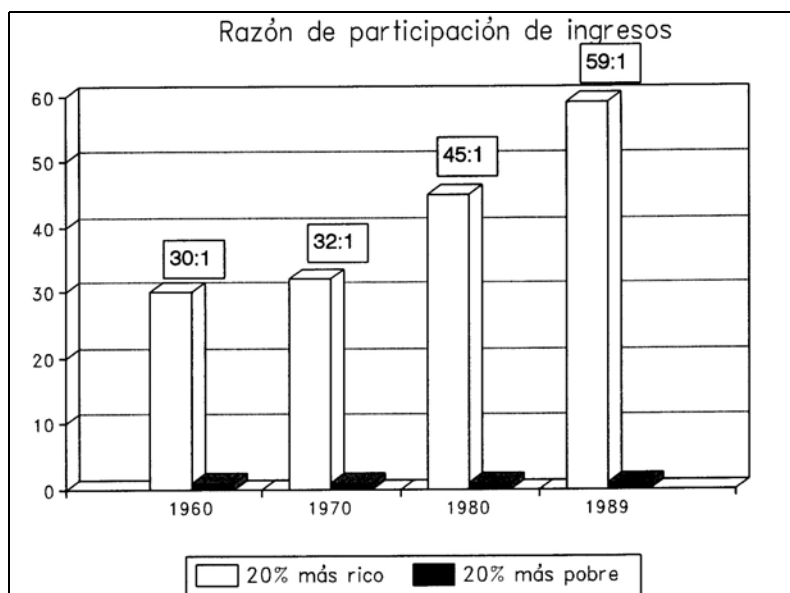
Source: Energy consumption and population from Part Three, table XI (except for several countries included in the totals of table XI, but not shown separately); GNP from Part Five, section I.

Gráfico N° II.19 a)  
Consumo de energía per cápita



Fuente: BP, World Survey Statistical, Junio 1994.

Gráfico N° II.19 b)  
Disparidad de ingresos entre el 20% más pobre de la población mundial



fuentes: "Informe sobre el Desarrollo Humano", PNUD, 1992.

Cuadro N° II.3.  
Mundo: Consumo de energía per cápita, por principales países  
(kilogramos equivalentes de carbón por habitante)

P A I S	A Ñ O S		
	1980	1981(*)	(1983 (**))
América del Norte			
Canadá	10.585	10.070	9.559,2
Estados Unidos	10.628	10.304	9.320,2
América Central			
Guatemala	267	224	204,8
México	1.629	1.687	1.741,1
Panamá	1.004	923	716,9
Puerto Rico	3.728	3.270	-
América del Sur			
Argentina	1.824	1.718	1.707,0
Colombia	768	752	921,8
Brasil	793	757	648,7
Venezuela	3.520	3.153	2.901,9
Europa Occidental			
Alemania Occidental	5.729	5.614	5.530,7
Francia	4.355	4.081	3.823,7
Reino Unido	4.791	4.641	4.677,2
Medio Oriente			
Arabia Saudita (1)	1.741	1.680	3.584,7
Irak	1.742	1.680	3.584,7
Irán	667	595	614,5
Irán	1.005	8.764	1.126,6
Catar	30.557	28.601	19.741,4
Lejano Oriente			
India	190	199	239,0
Japón	3.662	3.575	3.414,0
Nepal	13	11	...
Países Economía Centralizada			
Alemania Oriental	7.271	7.409	7.306,0
China	594	576	614,5
Checoslovaquia	6.393	64.032	6.247,6
Polonia	5.000	4.507	4.369,9
Rumania	4.477	4.420	4.472,3
U.R.S.S.	5.551	5.739	5.906,2
Africa			
Africa del Sur	2.628	2.694	3.243,3
Argelia	1.752	1.429	614,5
Egipto	521	516	580,4
Etiopía	29	26	34,1

(1) Incluye zona Neutral

Fuente: (\*) "Anuario Estadístico", Naciones Unidas, 1981  
(\*\*) "World Resources", 1986

Cuadro N° II.4.  
Consumo de energía por habitante. Principales regiones y países.  
(año 1983)

	Consumo Energía Comercial *		Consumo Total Energía **	
	Total M tep	Por hab. kep/hab	Total M Tep	Por hab. kep/hab
Mundo	5.970,5	1.266,7	6.994,3	1.483,9
Africa	152,2	286,8	265,5	500,3
Etiopía	0,6	23,9	7,3	293,5
América del Norte	1.819,1	4.660,5	2.060,3	5.278,2
Guatemala	1,1	143,4	3,1	404,1
Estados Unid.	1.523,3	6.524,7	1.676,1	7.179,2
América del Sur	172,7	669,2	289,4	1.121,4
Asia	1.193,3	430,2	1.465,0	528,1
Qatar	5,5	19.741,4	5,5	19.741,4
Nepal	0,2	12,0	3,5	210,0
Europa	1.428,8	2.915,8	1.625,6	3.317,4
Rusia	1.128,8	4.134,7	1.201,6	4.401,4
Oceanía	75,5	3.130,9	86,9	3.603,6
Máximo/Mín.Reg.	-	16,26	-	10,55
Máximo/Mín.País	-	1.645,0	-	94,0

Fuente: "World Resources", 1986, WRI and IIED, NY, 1986. Table 8.2. Pasaje de PJ a tep. 1 PJ 3 23,9 x 103 tep.

(\*) Sólo fuentes comerciales y con la electricidad primaria valorada a 860 kcal/kwh

(\*\*) Incluye biomasa y la electricidad primaria (hidro, nuclear y geotérmica), está valorada a 2.867 kcal/kwh.

### 3.2.4. Combinación de indicadores

Los dos indicadores antes mencionados y el tradicional PBI/h pueden combinarse entre sí en un esquema tridimensional como lo ha hecho el IEPE <sup>(11)</sup> según el cual

$$\frac{E}{h} = \frac{E}{PBI} \times \frac{PBI}{h}$$

donde:

E = Consumo Energía primaria

PBI = Producto Bruto Interno

h = Población

Con este esquema es factible analizar la evolución del consumo de energía de un país considerando a la vez la influencia de la intensidad energética y del proceso de crecimiento económico del mismo y su resultante la evolución del consumo por habitante.

En los Gráficos N° II.20 a N° II.22 se presentan algunos ejemplos de los resultados obtenidos por IEPE para países industriales del este y del oeste y para países en vías de desarrollo.

(11) "Energie, croissance, développement: un retrospective sur le dernier quart de siècle" Coulombs V., Blanchard O., Locatelli C. IEPE, "Energie Internationale" 1989/90, Económica, Grenoble, 1989.

Gráfico N° II.20

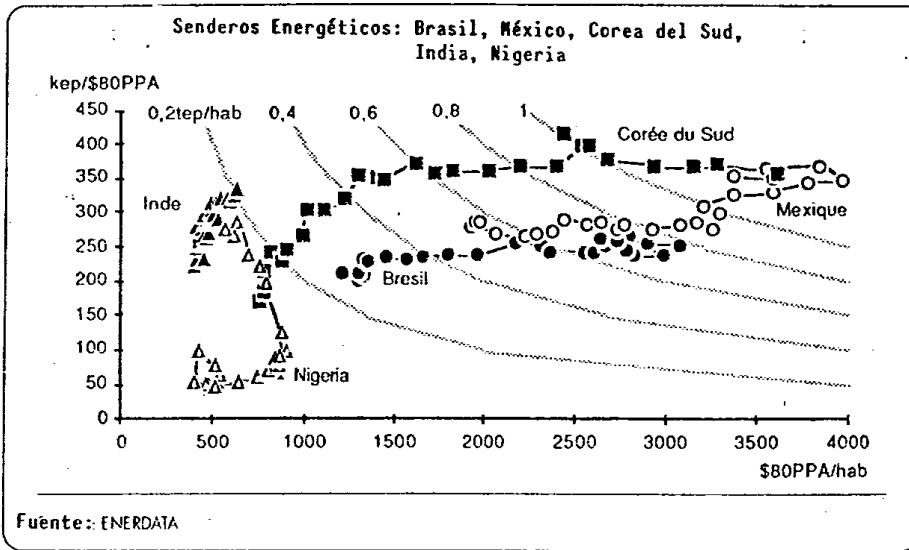


Gráfico N° II.21

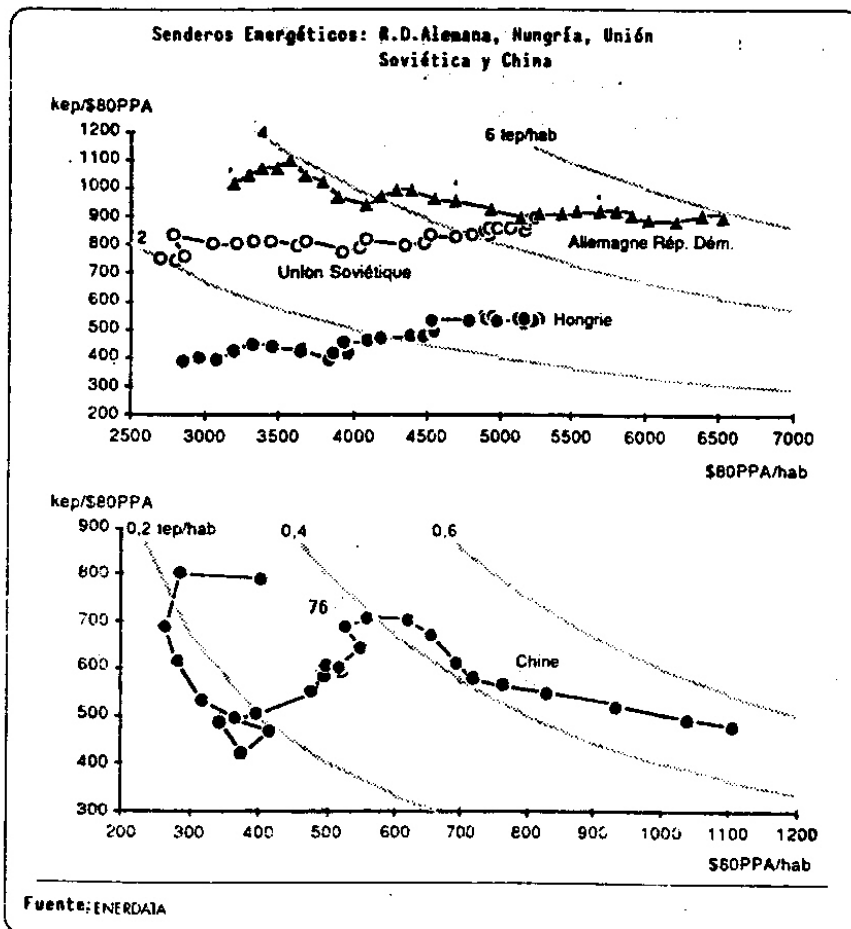




Gráfico N° II.22

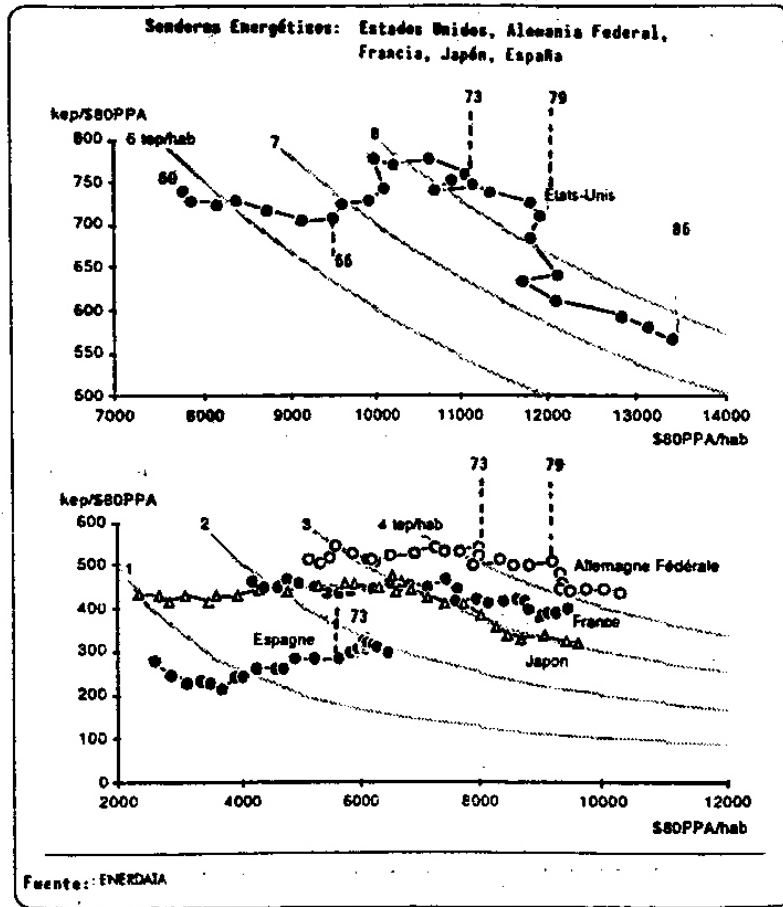
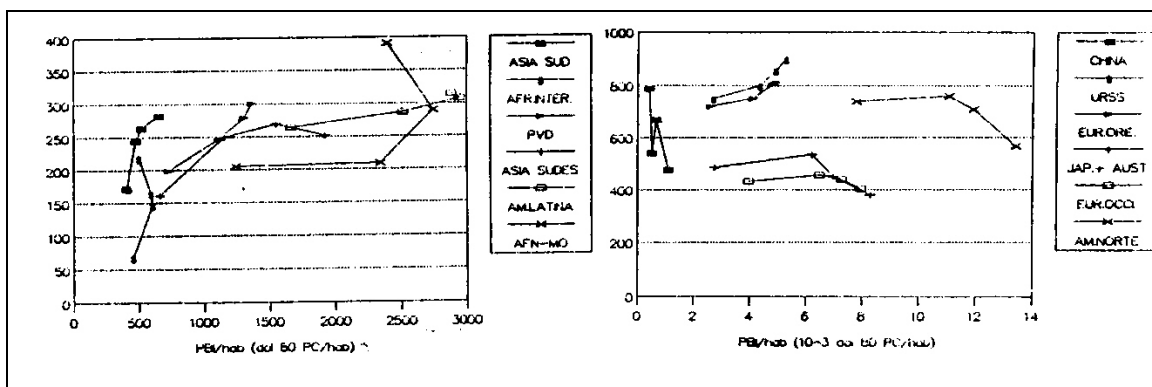


Gráfico N° II.23  
Evolución de la intensidad energética  
(Consumo Ener/PBI (kep/dol 80 PC))



Si estos senderos energéticos se integran en un sólo esquema puede observarse una cierta convergencia entre todos los países (excepto los de Europa Oriental y Rusia) hacia niveles similares de intensidad energética, aproximadamente unos 400 kep/\$80 PPA, con lo cual el nivel de consumo por habitante queda más directamente ligado al nivel de actividad económica.

Las tendencias detectadas para cada país en particular y las tendencias que se pueden observar para el conjunto de los países y regiones son por una parte elementos del diagnóstico energético y por la otra pueden servir como indicadores válidos, pero no automáticos o mecanicistas, para elaborar los escenarios de la evolución futura de dichos indicadores.

Dada la relación existente entre ellos solamente tendremos dos grados de libertad. Si además tenemos en cuenta que el crecimiento de la población también se encuentra estrechamente ligado al nivel y ritmo de variación del PBI/h este esquema permite asegurar un alto grado de coherencia en la definición futura de estos parámetros.

Sobre la base de estos indicadores en un trabajo del IDEE/FB <sup>(12)</sup> se hizo otro tipo de análisis que muestra el peso relativo del crecimiento de la población y de las variaciones del PBI/h y de la intensidad energética (E/PBI) en los diversos países del mundo en el período 1965-86.

Los resultados del mismo se muestran en el Cuadro II.4 y en los Gráficos II.24 a II.28.

De su análisis surge con toda claridad que en la casi totalidad de las regiones, el factor población ha incrementado sustancialmente su influencia en los sucesivos períodos considerados, pasando de una media de 20% en el período 1960-73 a una media de 66% en el período 1979-86.

**Cuadro N° II.5**  
**Importancia relativa de diferentes factores en el**  
**incremento del consumo de energía**  
**% (1)**

	1960-1973			1973-1979			1979-1986		
	Pob.	PBI/h	En/PBI	Pob.	PBI/h	En/PBI	Pob.	PBI/h	En/PBI
América del Norte	24.89	69.42	6.00	87.70	114.55	(102.25)	159.47	311.21	(570.61)
Europa Occidental	13.13	76.33	10.54	32.65	98.06	(30.71)	81.66	275.40	(257.06)
Africa Intertropical	13.50	15.24	71.26	64.68	(8.44)	43.76	59.40	(46.05)	86.66
Africa del Norte, Medio Oriente y Europa	24.79	72.77	2.44	20.86	21.72	57.42	51.04	(35.33)	84.29
América Latina y Caribe	31.15	54.85	14.00	34.28	44.80	20.92	99.23	(15.38)	16.15
Asia Sud Este	13.46	37.54	49.00	22.10	59.96	17.94	44.44	80.98	(25.42)
Asia del Sud	28.16	18.67	53.18	42.37	30.33	27.30	28.06	52.81	19.13
PVD (sin China)	23.78	45.08	31.14	29.83	37.63	32.54	53.70	16.18	30.12
Rusia	16.13	71.54	12.34	20.80	4903	30.17	34.74	37.84	27.42
Europa Oriental	10.53	80.43	9.04	10.46	60.37	29.17	50.37	26.70	22.93
China	112.21	127.78	(139.99)	18.86	50.05	31.08	29.05	237.92	(166.97)

(1) Aporte porcentual de cada factor al incremento de consumo de energía en el período, tomado como 100%.

FUENTE: Cálculos propios en base a datos de "Energie, croissance, développement: une rétrospective du dernier quart de Siècle", IEPE, Energie Internationale 1989-90. Ed. Economica, Grenoble, 1989, pág. 239-261.

(12) "Presiones demográficas, urbanización y efectos sobre la demanda y la sustitución de Energía". Suárez C.E, IDEE/FB, Septiembre 1990, Bariloche, Argentina.

Gráfico N° II.24  
 América del Norte. Composición del incremento del  
 consumo de energía en América del Norte

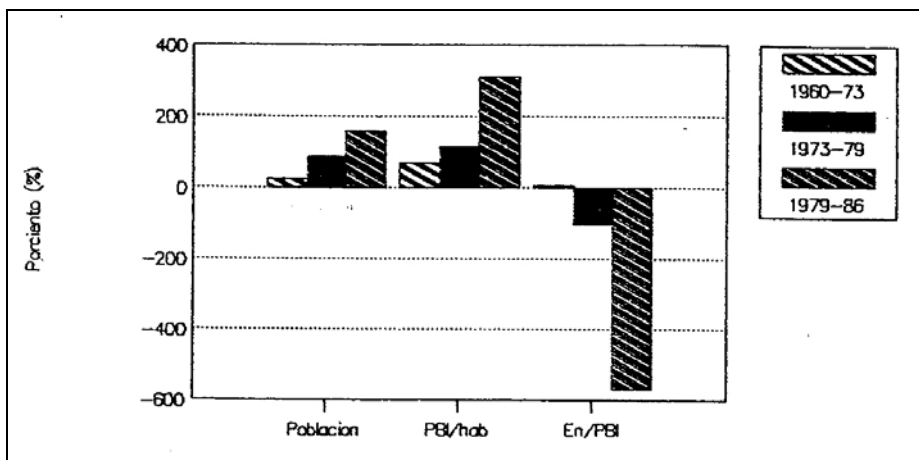


Gráfico N° II.25  
 Países en desarrollo

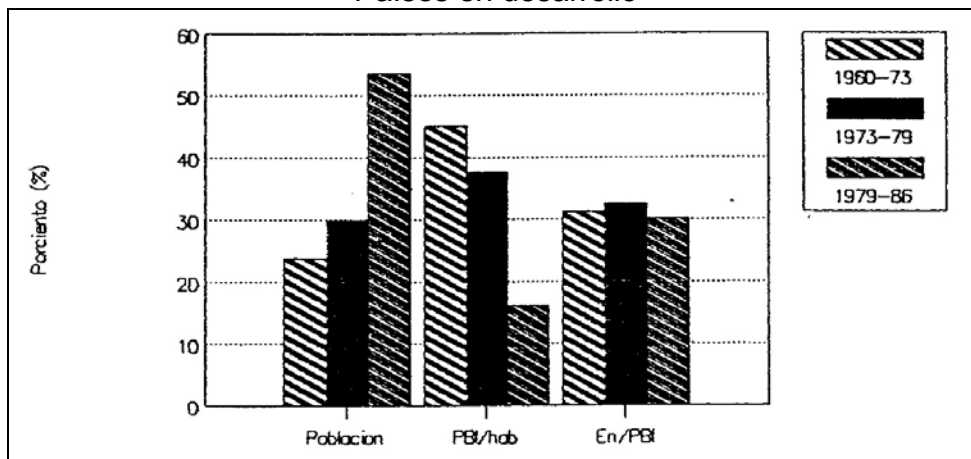


Gráfico N° II.26  
 América Latina y Caribe

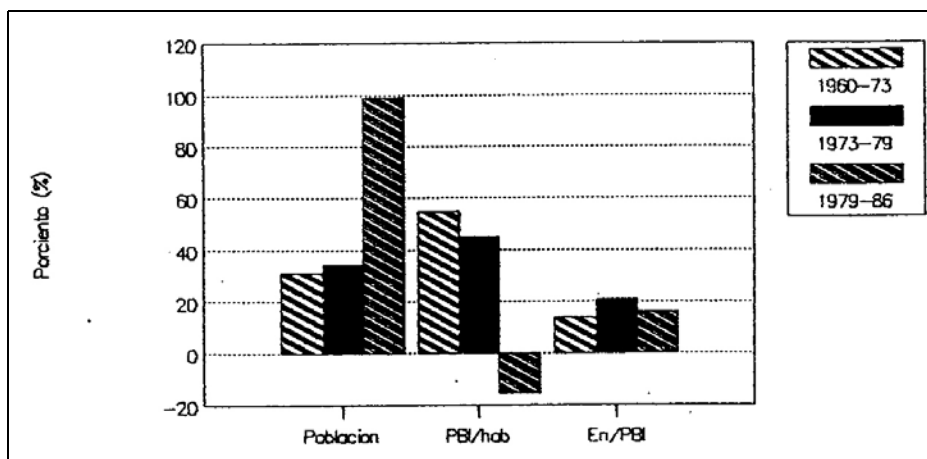


Gráfico N° II.27  
Asia Sud Este

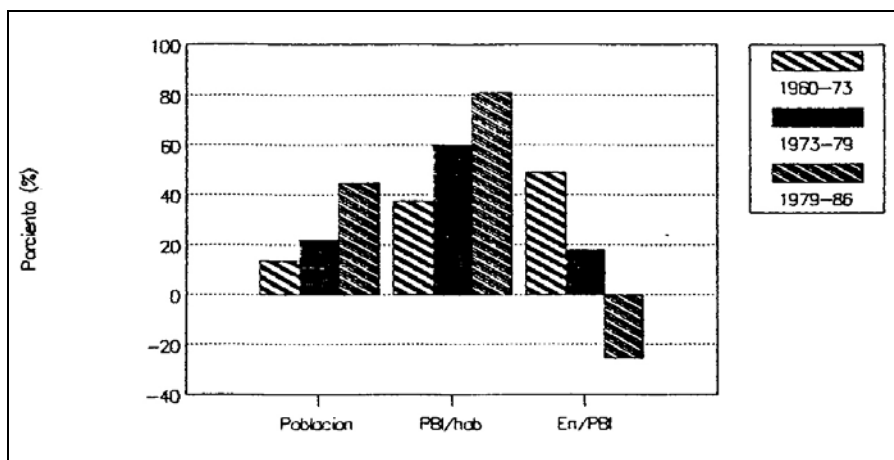
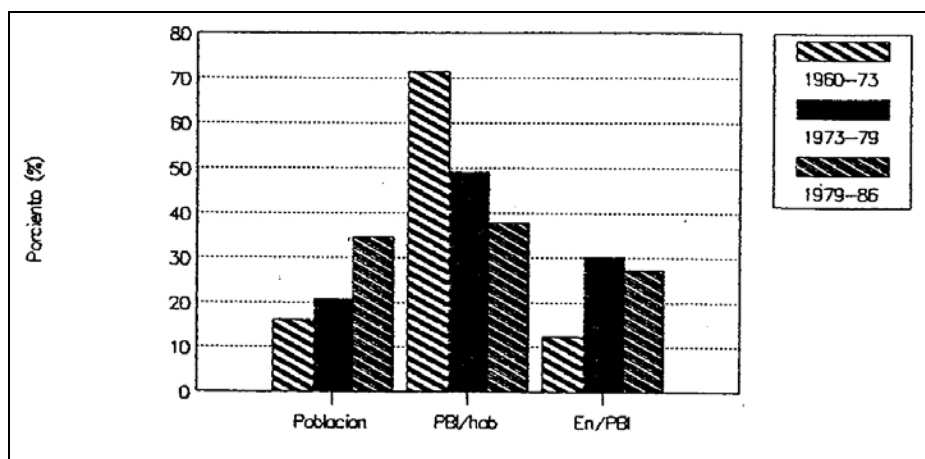


Gráfico N° II.28  
Rusia



Por supuesto que la influencia en valor absoluto del incremento de la población es mucho menor en los países desarrollados que en los PVD por sus diferentes ritmos de crecimiento demográfico.

Este incremento de la influencia relativa del factor población está determinado por razones diferentes en los países desarrollados, en los PVD y en los de economía socialista.

En los primeros se ve acompañado por un sistemático incremento en la importancia relativa del factor crecimiento de la actividad productiva (PBI/h), que se ve casi totalmente compensado por la disminución sistemática de la influencia relativa de la variación de la intensidad energética, la cual se hace incluso negativa a partir de 1973-79, debido a las medidas de conservación y sustitución desarrolladas luego de la suba del precio internacional del petróleo.

Por el contrario para el conjunto de PVD (sin China), para los países socialistas y para varias regiones de las PVD, en particular A. Latina y el Caribe, se evidencia una fuerte

disminución de la influencia relativa del crecimiento económico (PBI/h), el cual se hace incluso negativo, el cual es parcialmente compensado por un incremento en la influencia relativa de la intensidad energética que se incrementa fuertemente, en particular debido a la crisis económica y a las transformaciones estructurales de la economía.

Con estos tres ejemplos hemos querido mostrar el tipo de análisis que pueden realizarse a partir de estos indicadores de carácter global y agregado.

En todos ellos es factible detectar comportamientos pasados y usar dichos comportamientos para construir escenarios o hacer proyecciones más o menos automáticas hacia el futuro.

Lo que no es posible obtener de este tipo de indicadores son las causas profundas que han provocado dichos cambios. Para ello es necesario hacer un estudio de tipo más analítico y desagregado.

También hay que tener presente que en la evolución de los sistemas energéticos y socioeconómicos el futuro nunca se comporta exactamente como el pasado y que si bien existen tendencias pesadas de largo plazo, como el crecimiento de la población, no están descartados los cambios bruscos de tendencia como lo hemos vivido con frecuencia en las décadas del 70 y del 80.

## **CAPITULO III**

### **1. INTRODUCCION**

El análisis del comportamiento de los consumidores de energía, desagregados éstos desde un punto de vista sectorial, nos lleva a plantear el estudio de las funciones de demanda o consumo energético para los distintos sectores de la actividad socio-económica.

La apertura sectorial de la contabilidad energética -basada históricamente en el sistema de las Cuentas Nacionales- en sus diferentes formas, desde la simple recopilación por fuentes y sectores de consumos hasta su implementación en Balances Energéticos ha tratado, en mayor o menor medida, de respetar una desagregación sectorial y en algunos casos espacial de los consumos energéticos. En cuanto a los sectores, una primera aproximación al sistema antes mencionado sería la de diferenciar en: a) los sectores productivos primarios: Agricultura, Ganadería, Caza, Pesca y Silvicultura, Minería; b) secundarios: Industrias Manufactureras y Construcción; c) terciarios: Transporte y resto de Servicios ; d) los sectores residenciales -tanto urbano como rural-.

Como veremos más adelante, existen particularidades propias a cada uno de estos sectores, que justifican su análisis por separado más allá de la desagregación propuesta por la contabilidad energética.

Otro elemento importante que trataremos de precisar, es la diferenciación en cuanto a contabilizar los requerimientos o consumos energéticos tanto en energía neta como en energía útil. Este tratamiento diferencial es de particular importancia cuando se trata de evaluar los requerimientos de energía por usos en diferentes sectores, sub-sectores y actividades, etc., del sistema socio-económico.

Retomaremos así, los principales aspectos del análisis que sobre la teoría del consumidor se planteó en la materia Economía, recapitulando los conceptos e hipótesis básicos del enfoque neoclásico y sus limitaciones.

### **2. LA TEORIA DEL CONSUMIDOR Y SU APLICACION AL ANALISIS ENERGETICO**

Al hacer referencia a los enfoques teórico-metodológicos o paradigmas bajo los cuales podría encararse el análisis de la actividad energética se destacó la óptica de la economía industrial, basada, esencialmente, en la llamada "Nueva Economía del Bienestar".

Bajo esta concepción las necesidades a ser satisfechas se analizan en función de las preferencias manifestadas en función de la demanda que refleja la disposición a pagar del consumidor por diferentes cantidades de un determinado bien.

En general la demanda individual de un bien depende en su expresión general de: el precio del bien, el precio de los demás bienes, el ingreso del consumidor; los gustos y preferencias del consumidor están expresados en la forma de la función.

Es decir:

$$x = f(p_x, p_1, p_2 \dots p_n, Y)$$

donde:

x: cantidad demandada del bien X

$p_x$ : precio del bien X

$p_1, p_2, \dots p_n$ : precio de todos los demás bienes

(Y): nivel de ingreso

Usualmente se considera que la variable explicativa más importante es el precio del bien, poniéndose en consideración la relación entre posibles precios alternativos y la cantidad demandada, manteniéndose constante el resto de las variables explicativas.

La ecuación de demanda puede escribirse entonces como:

$$x = f(p_x)$$

El pasaje de las curvas individuales de demanda a la demanda de mercado, resulta de la suma horizontal de las curvas de demandas individuales. Es decir se suman las diferentes cantidades que los demandantes compran a determinados precios. En el siguiente cuadro se resume dicha proposición:

Precios del bien x	Cantidad demandada por el consumidor k				Demanda de mercado a precios $p_i$
	K = 1	k=2	...	K = n	
$p_1$	$X_{11}$	$X_{12}$		$X_{1n}$	n $\sum_{k=1} X_{1k}$
$p_2$	$X_{21}$	$X_{22}$		$X_{2n}$	n $\sum_{k=1} X_{2k}$
,					
,					
,					
$p_i$	$X_{i1}$	$X_{i2}$		$X_{in}$	n $\sum_{k=1} X_{ik}$

Sin embargo cuando se habla de la demanda de un bien se hace generalmente referencia al agregado de las demandas individuales (de los individuos o de las unidades productivas). En este caso se tendría una función del tipo:

$$X = g(p_x, p_1, p_2 \dots p_n, Y)$$

siendo:

Y un indicador del poder económico (ingreso en el caso de las familias o producción en el caso de una empresa industrial, etc.)

La derivación de este último tipo de funciones a partir de la conducta de las unidades individuales supone el uso de criterios de agregación que permitan pasar de las

funciones f a las g. Pero estos criterios siempre habrán de requerir de supuestos adicionales más o menos arbitrarios.

Por ejemplo si se tiene que la demanda del bien X por el individuo h viene dada por la expresión:

$$X_h = k_h p_i^{a_h} p_j^{b_h} I_h^{c_h} \quad (h= 1,2,\dots,n)$$

y la demanda agregada está expresada como:

$$X = K P_i^A P_j^B I^C$$

Qué supuestos se requieren acerca de las relaciones entre los parámetros  $k_h$ ,  $a_h$ ,  $b_h$ ,  $c_h$  (para  $h=1,2,\dots,n$ ) con respecto a K, A, B, y C.?

Por otra parte, dentro de este enfoque:

- a) La teoría del consumidor supone que el individuo utiliza una racionalidad de maximización y que es soberano en el proceso de elección. Es decir que el consumidor es una unidad de decisión independiente y racional, que obtiene un ingreso de libre disponibilidad, que lo destina a la adquisición de una canasta de bienes que maximiza el bienestar individual derivado de sus ingresos. Los empresarios se adaptarán a los deseos del "consumidor soberano" en el sentido de que producirán los bienes que tienen demanda en el mercado, por ser los más rentables.
- b) Se plantean, entre otras, funciones de preferencia para los distintos bienes de consumo, las que determinan la demanda de bienes y servicios, las cuales, conjuntamente con las funciones de producción, definen un modelo de equilibrio general entre cantidades demandadas y ofertadas.

Se admite entonces la absoluta independencia entre las distintas funciones individuales de preferencia, ya que ellas son los datos exógenos que permiten funcionar al modelo.

- c) Este equilibrio general que en condiciones de competencia perfecta inducirá una asignación óptima de los recursos, parte de una distribución dada de la riqueza que, junto con los precios de los factores, determina la distribución personal del ingreso.

## 2.1. La demanda de energía

Dentro de este enfoque la tasa de crecimiento de la demanda de un bien energético (electricidad, por ejemplo) depende de factores tales como:

- a) Incremento del número de usuarios.
- b) Incremento del ingreso real por familia e incremento del producto real por empresa.
- c) Cambios en el precio real del energético analizado.



d) Cambios en el precio real de energéticos sustitutos.

De todos estos elementos interesa evaluar los efectos de las principales variables explicativas en base a la estimación de las elasticidades, basadas en estudios econométricos. Tales estudios econométricos pueden provenir de análisis realizados sobre otros países o regiones, o en el mismo sistema de análisis.

Cuando es necesario, los efectos de las variables se miden por sector (residencial, comercial, industrial y gubernamental) y luego se agregan.

Muchos autores agregan a las variables consideradas más arriba otras adicionales tales como: los precios de los artefactos para utilizar la fuente y el grado de urbanización.

Es importante destacar que la variable b- (Ingreso real por familia) suele basarse en el crecimiento del Ingreso Nacional per cápita, es decir que en el caso de los consumidores residenciales se los considera totalmente homogéneos. En el caso de unidades productivas se suele trabajar con Valores Agregados Sectoriales.

El análisis a través del mercado, cuyo objetivo es la "eficiente" asignación de los recursos, muestra algunas falencias cuando la realidad no cumple las hipótesis de la teoría; entre ellas merecen destacarse:

- Externalidades
- Bienes colectivos
- Mercados imperfectos
- Rendimientos crecientes

El efecto que tales falencias tienen sobre la validez de los análisis desde la óptica del bienestar ya han sido discutidas durante este curso, y nos remitimos a aquellas discusiones. Interesa ahora que concentremos nuestra atención sobre aquellas limitaciones que subyacen aunque se plantee la plena validez de las hipótesis; entre ellas merecen citarse.

i) La definición de demanda requiere de la existencia de un mercado que relacione las cantidades de un bien que los demandantes estén dispuestos a adquirir con precios determinados.

Si consideramos la realidad de algunos países latinoamericanos, en los cuales una gran cantidad de energía es apropiada directamente (leña) para satisfacer sus necesidades, podemos observar que de considerarse únicamente la demanda y no el consumo real se ignoraría una parte sustancial del sistema analizado. Además de la apropiación directa, existen otros mecanismos por los cuales se utiliza energía sin que ésta pase forzosamente por un mercado. Por ejemplo, la utilización de residuos de producción con fines energéticos en el caso de algunos de los sectores agroindustriales, industriales y en el productivo rural.

ii) El precio es considerado como la variable más importante en la especificación de la función de demanda, y a partir de la estructura de precios "relativos" de las distintas fuentes se pretende inducir una asignación eficiente de los recursos

(ingresos) del consumidor. Esta afirmación es bastante difícil de sostener en la medida que en la explicitación de la demanda solvente de energía existe una imbricación muy estrecha de tres componentes: usos, fuentes energéticas y equipos de transformación, componentes éstos que pueden jugar un rol más protagónico que los precios de la energía.

En el caso de los sectores productivos, la elección de una tecnología puede implicar la opción conjunta de equipos de utilización y fuentes energéticas para usos diversos con un costo de inversión determinado. No es el precio del gas-oil el que va a determinar una tecnología dada (mecanización) del sector productivo rural, ya que si bien puede ser uno de sus determinantes, un conjunto de otras variables tales como: costos de inversión en tractores, valor de la producción, capacidad económico-financiera del productor, son los que en definitiva determinarán la adopción de esa tecnología.

Sin negar la importancia de los precios, creemos conveniente relativizarla e incluirla como determinante de las funciones de consumo conjuntamente con el resto de variables que el enfoque neoclásico a veces ignora.

- iii) Algunos estudios, basados en la teoría del consumidor, distorsionan el significado del concepto elasticidad/precio. Por definición la elasticidad-precio es una medida que dimensiona una intensidad de cambio en los consumos ante cambios en los precios.

La distorsión de este concepto se produce cuando se pasa de las demandas individuales a la demanda agregada o de mercado tanto en el corto como en el largo plazo. En efecto, en el caso de la elasticidad de corto plazo, en general se la calcula a partir de los cambios registrados en los consumos de un conjunto de consumidores en un momento determinado; por el contrario en el caso del largo plazo, se lo hace a partir de series históricas.

En el primer caso no se mide un cambio de intensidad, ya que se están midiendo variaciones de consumos por existir consumidores diferentes y no diferencias de consumo de un mismo consumidor.

En el segundo, se toma el efecto de expansión del mercado o no se tiene en cuenta que al considerarse períodos de tiempo sucesivos (en general series de 10 años o más) los cambios en los consumos obedecen o bien a un grupo de consumidores diferentes entre el año inicial y final, o bien a cambios de otras variables que posibilitan el incremento o decremento de las cantidades consumidas.

En ninguno de los dos casos se miden realmente intensidades de cambios en los consumos ante cambios en los precios, sino que aparecen confundidos elementos explicativos diferentes a los precios, que intervienen como determinantes de las unidades de consumo analizadas.

Un estudio <sup>(13)</sup> sobre la elasticidad-precio de la energía concluye en lo siguiente:

---

(13) "L'Elasticité - prix dans les modèles Econométriques". J. Girod, IEJE-CNRS, 1984.

- El valor y la significación de las elasticidades están en relación directa con la representación de los modos de consumo y con la formalización que se haga de ellos.
  - Una buena significación estadística de los coeficientes de elasticidad no implica necesariamente que el esquema teórico sea el adecuado ya que de la teoría no se deducen indicaciones precisas acerca de la especificación de las funciones de demanda.
  - En tanto que parámetros de una misma ecuación, todos los coeficientes de elasticidad (precio, ingreso) están relacionados y condicionados unos por otros, y por lo tanto no es legítimo examinarlos de forma separada.
  - A cada modelo corresponden coeficientes de elasticidad específicos, de donde la búsqueda de la verdadera elasticidad no tiene sentido, en la medida que las representaciones y los esquemas teóricos son diferentes.
  - El coeficiente de elasticidad-precio no es solamente un resumen del efecto-precio sino que es la resultante de efectos intermedios, directos o indirectos, que influyen los niveles de oferta y demanda de energía.
- iv) El análisis se realiza por fuente energética, lo que implica que los procesos de sustitución sólo se reflejan a través de las elasticidades-cruzadas que puedan calcularse.

Esto implica que el bien sustituto debe ser un energético que se transe en un mercado.

Los procesos de sustitución hacia el futuro pueden ser difícilmente calculados.

El enfoque de economía industrial, además de ser un análisis parcial, no considera un conjunto de elementos que el desarrollo del pensamiento en esta área ha considerado vitales para comprender el funcionamiento del sistema. Entre ellos merecen incluirse: el concepto de requerimientos, los usos energéticos en términos de energía útil y neta y las limitaciones del concepto demanda.

### 3. REQUERIMIENTOS ENERGETICOS

La energía no es necesaria en sí misma sino que está ligada a la satisfacción de otras necesidades, como alimentación, vivienda, transporte, etc.

No existe necesidad específica ni en cantidad ni en naturaleza, por lo que la noción de normas abstractas en términos de cantidad de energía (kep) no tiene sentido.

Es por esto que resulta inevitable definir un equivalente, al que denominaremos requerimiento <sup>(14)</sup> energético en el sentido de definirlo por no ser una necesidad específica. Por ejemplo a los requerimientos de energía para transporte, relacionado con la necesidad de desplazamiento de personas no puede asociarse la idea que fundamentalmente se necesiten x litros de gasolinas y un automóvil, ya que la

---

(14) La acepción de este término es: acción y efecto de requerir. Siendo la definición de requerir:  
 - reconocer o examinar el estado en que se halla una cosa;  
 - necesitar o hacer necesaria una cosa.

necesidad social de desplazarse puede realizarse por otros modos de transporte que pueden utilizar otras fuentes energéticas; es en este sentido que la energía no es una necesidad específica, o un fin en sí mismo <sup>(15)</sup>.

Por otra parte, la energía interviene como requerimiento final o intermedio en la satisfacción de las necesidades sociales. Como requerimiento final, en la medida que es utilizada por la sociedad para satisfacer las necesidades de alimentación (cocción y abastecimiento de agua, ...), de confort (calefacción o refrigeración); intermedio, porque también es utilizada por las actividades del sistema productivo, orientadas a su vez a la satisfacción de necesidades sociales.

En los requerimientos finales se incluyen todos aquellos consumos, dentro de los límites de la vivienda, de cualquier fuente energética; en los requerimientos intermedios, los consumos asociados a la producción de bienes y servicios quedando una interfase entre ellos que será necesario definir en cada caso de análisis: el transporte <sup>(16)</sup>.

Dado que anteriormente se ha escrito que en este punto se trataba de definir la forma de evaluar los requerimientos energéticos, lo analizado hasta ahora no completa dicha búsqueda ya que para ello es necesario encarar el análisis de otros conceptos: los usos energéticos y la forma de contabilizar la energía.

#### **4. LOS USOS ENERGETICOS - ENERGIA UTIL Y NETA**

La utilización de la energía para satisfacer necesidades sociales se concretiza o materializa por medio de los usos energéticos. Por ejemplo, el uso cocción que implica disponer de energía calórica a baja temperatura es originado por la necesidad de alimentarse; el abastecimiento o bombeo de agua que implica disponer de energía mecánica (fuerza motriz fija o móvil) es la consecuencia de un conjunto de necesidades: higiene, preparación de alimentos, riego o bebida animal en el sector agrícola.

El uso energético interviene como un concepto que relaciona la dimensión del sistema socio-económico y la dimensión física del sistema energético. Es un concepto que permite especificar o expresar los requerimientos, caracterizándolo en sus diversas componentes físicas. También el concepto de uso energético permite especificar de manera bien precisa las condiciones de utilización de la energía y proceder a una enumeración de los diferentes modos en que la energía interviene tanto en los requerimientos finales (específicos y derivados de las familias) como en los intermedios (actividades productivas) definidos en el punto anterior.

Un listado completo de usos deberá contemplar las particularidades socio-culturales y económicas de las necesidades a satisfacer en cada caso <sup>(17)</sup>.

---

(15) Ver "Energía y Desarrollo: Desafíos y Métodos". Ed. Fund. Bariloche, para CEE, págs. 30-31.

(16) Asimismo los requerimientos finales podrían a su vez desagregarse en requerimientos específicos y derivados. Dentro de los primeros se considerarán aquellos requerimientos que cubren el déficit (o superávit) entre las condiciones ambientales de la naturaleza y las del hábitat; dentro de los segundos se incluyen aquellos requerimientos originados por la satisfacción de otro tipo de necesidad. Ver Fundación Bariloche; V. Bravo, et al. "Basic Energy Needs"- U.N.U.- HSDP-GPID Series- 1983.

(17) Ver CEE-FB, op. cit, pág. 117.

Sin embargo podemos, en forma resumida, distinguir como principales usos que tiene la energía a: la energía mecánica (destinada a proveer movimiento y fuerza motriz), la energía térmica (destinada a proporcionar calor en sus diversas formas -directo, vapor, etc.-), y eléctrica específica (en electrólisis, equipos electrónicos, etc.)

En cuanto a los usos específicos, en general se los denomina de esta manera cuando en algún tipo de actividad o proceso se puede utilizar en forma exclusiva un sólo tipo de combustible o la electricidad.

Adelantamos aquí los principales usos energéticos de las familias que se pueden analizar de acuerdo a la clasificación proporcionada previamente de los requerimientos.

Usos: Iluminación, climatización (calefacción, ventilación y/o refrigeración), cocción, conservación de alimentos, calentamiento de agua, abastecimiento o bombeo de agua, esparcimiento

El equipamiento energético es la componente técnica, que conjuntamente con una fuente energética hace posible la realización del uso, ya que no hay utilización posible de la energía sin recurrir a algún tipo de equipamiento, aunque éste sea muy rudimentario.

En cuanto a la cuantificación de los requerimientos en los diferentes usos, es necesario precisar la forma en que se mide o contabiliza la energía, ya que para satisfacer un mismo nivel de requerimiento (energía útil), en cantidad, se lo puede hacer con cantidades físicas diferentes de energía (energía neta).

La energía útil es la diferencia entre el consumo neto (o final) y las pérdidas producidas durante la utilización. Es decir que de acuerdo al uso, los modos de utilización, el tipo de equipamiento utilizado y la fuente de energía consumida, existirá un diferencial entre la energía neta y la energía útil. Dicho diferencial es consecuencia del RENDIMIENTO que tienen para cada uso las diferentes fuentes, equipos y modos de utilización. A modo de ejemplo, el caso del requerimiento de energía para el uso cocción según sea abastecido con leña (rendimientos entre 3 y 20%), o gas licuado (rendimiento de 65%), o electricidad (rendimiento de 80-90%) es elocuente.

De este modo no es sólo el nivel cuantitativo alcanzado a nivel de energía neta lo que caracterizará una función o grupo consumidor, es necesario precisar también la naturaleza y la calidad de la energía utilizada (calor de baja o alta temperatura, fuerza motriz, etc.). En general el concepto de calidad de la energía requerida para un proceso está asociado a la temperatura a la cual dicha energía es requerida, así por ejemplo una cantidad de energía requerida a 300°C tendría una mayor calidad que otra requerida a 40°C.

Dicha precisión exige el análisis de los usos y su cuantificación a nivel de energía útil para evaluar en qué medida se satisfacen realmente los requerimientos energéticos, existiendo distintas combinaciones posibles que hacen a la elección de fuentes y equipos para satisfacer un uso. En efecto:

- a) una fuente puede satisfacer varios usos, como es el caso de la energía eléctrica que puede abastecer los usos calentamiento de agua, calefacción, iluminación, refrigeración, cocción,.....
- b) un uso puede ser abastecido con distintas fuentes, por ejemplo en el uso calentamiento de agua que puede abastecerse con gas distribuido, gas licuado, energía eléctrica,....
- c) para un uso y una fuente determinados pueden existir más de un equipo, por ejemplo en el uso cocción abastecido con leña se pueden presentar como equipos: la cocina económica, el brasero, las tres piedras, el fogón, las parrillas.

Desde el punto de vista técnico, puede definirse un orden entre los rendimientos de las diferentes formas de energía útil obtenida y la energía final consumida en cada uso; pudiendo afirmarse que para la utilización de una fuente en un uso, tiende a verificarse una relación directa entre el rendimiento del equipo y el monto de inversión que deba efectuar el usuario.

Por otra parte, no puede establecerse una relación tan clara entre el nivel de rendimiento de las diferentes fuentes en un uso determinado y la inversión correspondiente a los equipos complementarios.

De este modo, las posibles relaciones entre usos-fuentes-equipos tiene una particular importancia en el análisis de las satisfacciones de las necesidades sociales tanto presentes como futuras.

La medición en términos de energía útil no es tan sencilla como a priori puede deducirse de la simple multiplicación:

$$\text{Energía útil} = \text{Energía neta} \times \text{Rendimiento}$$

ya que el rendimiento es función de la fuente, el equipamiento y su forma de utilización, siendo esta última componente de difícil medición <sup>(18)</sup>.

## 5. RELACION ENTRE REQUERIMIENTOS-CONSUMO-DEMANDA

De acuerdo a las definiciones dadas anteriormente, es conveniente en este punto aportar elementos que permitan relacionar los conceptos de requerimientos, consumo y demanda.

Si definimos al consumo (en este caso de energía) como lo efectivamente realizado - tanto de los requerimientos como de la demanda- es decir aquella fracción (o total) que realmente se materializa en la satisfacción de una necesidad, se puede establecer una relación entre los tres conceptos que debe tomar los siguientes órdenes:

$$\text{REQUERIMIENTO} \geq \text{CONSUMO} \geq \text{DEMANDA}$$

---

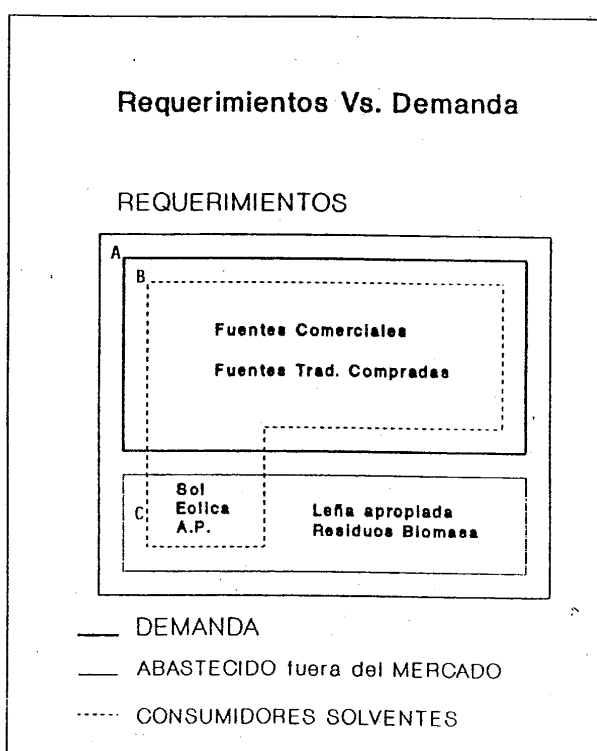
(18) Algunos autores plantean otras formas de medir la energía útil, considerando el concepto de energía útil relativa (toma una fuente energética como referencia y rendimiento 1 y rendimientos relativos de las otras fuentes a la de referencia) o desdoblado el rendimiento en dos partes: uno de transformación (del equipo) y otro de utilización (forma en que es utilizada). Ver respectivamente: B. Lapillonne "Le Concept D'Energie Utile Dans Medee-S". IEJE. Abril 1983 y CEE-PNUD-OLADE. "Metodología para la elaboración del balance de energía en términos de energía útil" QUITO. 1987.

Es decir que en términos absolutos los requerimientos pueden ser mayores o iguales que el consumo y éste, a su vez, mayor o igual a la demanda.

Esta relación es la que a menudo puede encontrarse en países en desarrollo, ya que es muy frecuente que la necesidad de abastecer un uso determinado - requerimiento - no sea abastecida en su totalidad -consumo- y con fuentes que necesariamente se presenten en un mercado - demanda-.

En las siguientes figuras, trataremos de graficar las diferentes situaciones que pueden presentarse, en relación a los tres conceptos.

En la figura siguiente se esquematizan los tres conceptos.



El rectángulo mayor (A) incluye la totalidad de los requerimientos mientras que la suma de los rectángulos (B) y (C) representará el consumo y siendo el (B) los energéticos que pasan a través del mercado y (C) los energéticos para los cuales no existe un mercado.

$$A > B + C > B$$

$$\text{Requerimientos} \geq \text{Consumo} \geq \text{Demanda}$$

La suma de las limitaciones ya mencionadas y la necesidad de incorporar los conceptos desarrollados más arriba ha dado lugar a un enfoque novedoso (llamado sistémico) para abordar el análisis del comportamiento de las unidades de consumo.

## 6. EL ANALISIS SISTEMICO APLICADO AL ESTUDIO DE LOS REQUERIMIENTOS

El enfoque sistémico se basa en un conjunto de principios, que guían la identificación de las estructuras de consumos en todos los sectores.

Los mismos son los siguientes:

a) Precisar las características de los consumos dentro de un análisis dinámico

Las relaciones causales o funcionales de los determinantes de los requerimientos energéticos pueden mostrar una mayor o menor variabilidad a lo largo del tiempo, así como también pueden mostrar una mayor o menor variabilidad los propios determinantes.

De esta forma, un análisis dinámico -definido como aquel que estudia los comportamientos de las variables en períodos anteriores y subsiguientes- parece adecuarse más a la problemática del estudio que nos ocupa, que el análisis estático -definido como la determinación de las relaciones o de los componentes sobre la base de un corte temporal-.

El problema que se plantea con esta distinción es el pasaje de un análisis estático de los determinantes y de la (o las) relación (es) que los ligan a los requerimientos a uno de tipo dinámico <sup>(19)</sup>, ya que por lo general (como veremos más adelante) la información (o conjunto de observaciones) sobre la que se apoyan los estudios con cierto grado de desagregación responde a un análisis por corte.

b) Variabilidad de los determinantes y de las relaciones en el corto o largo plazo

Los diferentes determinantes a considerar en las distintas funciones de requerimientos, para cada sector, muestran diferentes grados de variabilidad o evoluciones en el tiempo; algunos presentan un mayor grado de inercia (factores tecnológicos) que otros (precios). Desde un punto de vista más amplio sería conveniente considerar a los diferentes elementos (y sus variabilidades) que conforman al sistema económico, que diferencien al corto del largo plazo.

En general el corto plazo está contemplado, por la teoría económica, como aquel período de tiempo en el cual no se producen cambios sustanciales en ciertas componentes del sistema (tecnológicas, equipos); mientras que el largo plazo, es aquel período de tiempo en que sí se producen esos cambios.

Adaptando esta noción al tema particular del carácter de las relaciones y los determinantes de los requerimientos energéticos, será necesario entonces, tratar de separar determinantes de corto plazo de los de largo plazo. Es decir, estamos suponiendo la existencia de variables que no sufren modificaciones sustanciales dentro del corto plazo (cambios en los equipamientos, o tecnológicos de un proceso de producción) y variables que sí pueden presentar dichos cambios (precios de la energía).

---

(19) Ver Y. Mainguy, op. cit., págs. 79-83, que si bien lo plantea estrictamente dentro del esquema neoclásico, el problema es el mismo.



c) Necesidades sociales y requerimientos de energía útil

Las necesidades sociales que generan los requerimientos de energía útil física, son fundamentalmente las mismas en los diferentes países: necesidad de confort climático, que da lugar a una necesidad de calor o frío según las latitudes, necesidades de alimentación, que se traducen por requerimientos de calor para la cocción de los alimentos, requerimiento de energía mecánica para el abastecimiento de agua y la preparación de alimentos; necesidad de movilidad que genera los requerimientos de energía mecánica.

Al mismo tiempo estas necesidades primarias se expresan de formas muy diferentes y son de intensidades muy variables según el entorno geográfico, socio-cultural, económico y tecnológico en el cual está inserto el sistema en estudio, de ahí los requerimientos de energía útil tan disímiles que puedan observarse.

Los requerimientos de energía útil pueden evolucionar de acuerdo a dos grandes procesos de naturaleza socio-económica.

i) Las modificaciones en la expresión de las necesidades sociales, como resultado de las transformaciones estrechamente relacionadas con el entorno socio-cultural, tecnológico y económico, modifican también las relaciones entre los requerimientos de energía útil y esas necesidades sociales. Es necesario recalcar en este sentido la importancia que puede tener en esas transformaciones la difusión de una energía comercial y la tecnología asociada a ella; dos ejemplos pueden ayudar a visualizar esta problemática:

- La expansión del automóvil particular en los países industrializados de occidente ha duplicado las necesidades de movilidad en los últimos 30 años <sup>(20)</sup>.
- La penetración del GLP en ciertas zonas rurales de algunos países en desarrollo ha modificado los modos de alimentación y de cocción, por lo tanto también se han modificado los requerimientos de energía útil <sup>(19)</sup>.

ii) Las modificaciones de los niveles de satisfacción deseados de las necesidades sociales (intensidad de las necesidades), como consecuencia directa de las transformaciones del entorno económico (precio de la energía, ingreso familiar, precio relativo a los bienes), modifican proporcionalmente el volumen de los requerimientos de energía útil asociadas: por ejemplo duplicar la iluminación, calefaccionarse con 2° C suplementarios.

El juego combinado de las diferentes influencias i) y ii) puede ilustrarse a partir de la evolución de los requerimientos de energía en los países industrializados, para los cuales se han verificado entre otros, los siguientes procesos:

- Los requerimientos de energía para calefacción han aumentado en los últimos tres decenios en toda Europa Occidental de manera espectacular a pesar de los adelantos registrados en materia de aislación en la construcción. Esto se debe en parte a la expansión de los

---

(20) Ver B. Chateau y B. Lapillone "Energy Demand. Facts and Trends". Ed. Springer Verlag. Wien, New-York, 1982, 280 págs.

sistemas centralizados de calefacción, es decir generalizando al conjunto del habitat las temperaturas que otrora eran reservadas a la habitación principal, estas técnicas han contribuido a aumentar considerablemente los requerimientos de energía inducidos por la necesidad de confort térmico (cambiando de esta forma la intensidad y la expresión de la necesidad de confort). Los factores explicativos de estas transformaciones se deben al juego combinado de la elevación de los ingresos y a los bajos precios de los hidrocarburos de la época. La pregunta que cabe hacerse a esta altura es si el encarecimiento de los precios puede frenar la expansión de estos sistemas en los países en que aún no han penetrado o recién comienzan con estos sistemas.

- Un fenómeno similar se ha producido en dichos países con el agua caliente para la higiene personal o general de las familias, pero bajo el efecto de dos elementos diferentes: el primero surge con la expansión generalizada de la necesidad de agua caliente para fines sanitarios, el otro, cuyos efectos son cuantitativamente más importantes, obedece al equipamiento progresivo de las viviendas con salas de baño y duchas, equipamiento éste que se generaliza sistemáticamente para las construcciones nuevas a partir de los años 60. Es evidente que este fenómeno ha seguido a la elevación de los ingresos, pero poco tiene que ver con los precios de la energía. Por lo tanto esta transformación en los requerimientos energéticos para el calentamiento de agua es la traducción del desarrollo de una nueva necesidad social, probablemente ligada a un nuevo modo de vida urbano.
- Dos factores principales explican el desarrollo de los requerimientos de energía eléctrica en el sector residencial: la generalización de la iluminación eléctrica y el crecimiento substancial de equipos electrodomésticos tales como máquina de lavar, refrigeradoras. Si bien el primer elemento es de naturaleza puramente técnica, el segundo es una consecuencia directa del nivel de ingreso. Finalmente parece que los niveles y tendencias de los precios de la energía eléctrica han jugado un rol sólo marginal en la evolución de los requerimientos de energía eléctrica; es que existió una desproporción considerable entre los costos de los equipos electrodomésticos y los costos de la energía eléctrica asociados a su utilización.

d) Necesidad de desagregar las funciones de requerimiento

En la introducción se esbozó en forma genérica la necesidad de contemplar una cierta diferenciación sectorial. Si adelantáramos algunos elementos que se desarrollan con mayor profundidad en los puntos siguientes podremos comprender porqué es necesario una cierta desagregación y hasta dónde es necesario desagregar.

Desde el punto de vista sectorial, es obvio que existen marcadas diferencias en el comportamiento de un consumidor si éste se trata de un industrial, o una familia, o un productor primario, ya que el tipo de necesidades que la energía abastece en cada caso son distintas. También es obvio que los determinantes de los consumos y de los requerimientos se expresan de manera diferente según el sector.

Además resulta de gran relevancia la necesidad de analizar en cada sector clases o grupos de consumidores que presenten algún tipo de diferenciación entre ellos. De esta forma surgen distintos grupos (ramas del sector industrial; actividades del sector terciario; modalidades de transporte; grupos sociales del sector residencial) de un mismo sector a los cuales se les puede asociar una función de consumo determinada.

La consideración de distintos grupos dentro de un sector obedece a la búsqueda, identificación y posterior cuantificación, si es posible, de los determinantes. Así, la cantidad y calidad de energía utilizada por una familia de altos ingresos será diferente a la de bajos ingresos porque se abastecen necesidades diferentes, o porque la disponibilidad de energía puede ser diferente; otro ejemplo puede darse en que la cantidad y calidad y tipo de energía requerida por la industria siderúrgica (y aún dentro de ésta según su tecnología) será seguramente diferente a la requerida por la industria textil.

De este modo surge claramente que al ser la energía un bien no homogéneo, que abastece necesidades diferentes según un contexto económico, social, cultural y tecnológico determinado, los consumidores no presentarán un comportamiento homogéneo, a menos que se realice, dentro de cada sector, sub-sector o actividad, algún tipo de desagregación que tienda a dicha homogeneidad. Pero esta desagregación no es ilimitada. Los límites se observan cuando aparecen problemas de identificación de grupos heterogéneos, o sea cuando tal diferencia no existe; cuando la información en que se basa la cuantificación de las funciones no es confiable (obviamente a mayor desagregación corresponde un esfuerzo en la búsqueda de información superior al caso de la demanda agregada) o inexistente; cuando los objetivos del estudio no requieran dicha desagregación.

Este último límite, se refiere específicamente a si el instrumento de análisis es meramente descriptivo, explicativo y/o predictivo.

e) Definición de módulos homogéneos

La necesidad de estudiar la estructura interna de las unidades de consumos, traducidas por una función o modo de consumo, en un análisis dinámico que tenga en cuenta el corto y largo plazo, que trate a la energía como un bien no homogéneo requerida para abastecer necesidades en usos diferentes y, por otra parte, visto las limitaciones que el enfoque neoclásico de la teoría del consumidor presenta, nos lleva a plantear el concepto de módulo energético homogéneo como alternativa para la búsqueda, identificación y cuantificación de los determinantes de los requerimientos energéticos.

Un módulo energético homogéneo está definido por un conjunto de consumidores homogéneos agrupados sobre la base de uno o varios criterios: sociales, económicos, demográficos, climáticos, espaciales, tecnológicos, abastecido con o sin determinadas fuentes energéticas, abastecidos por sistemas centralizados o descentralizados de producción de energía.

Es decir, se trata de desagregar las unidades de consumos (familias, industrias, modos de transportes, sectores de la producción rural) de un sistema en diversas categorías que presenten cierta unicidad en los modos de consumo -entendiendo por modo de consumo la forma en que la energía es requerida cuantitativa y

cualitativamente- de manera de identificar y cuantificar los requerimientos energéticos a partir de una matriz por fuentes y por usos para el consumo total de energía útil de cada unidad de consumo.

De esta forma, se puede apreciar que la incidencia de los determinantes puede variar sensiblemente de un módulo a otro. A modo de ejemplo, un aumento de precios de la energía eléctrica de un x% afectará de forma muy diferente a la industria del aluminio (en la cual el gasto en energía eléctrica representa el 60% de los consumos intermedios) que a la industria alimenticia (para la cual representa el 6%).

Otra de las ventajas específicas que podemos asociar al concepto de módulo energético homogéneo es la posibilidad de percibir los fenómenos de sustitución entre fuentes energéticas, ya que es solamente a nivel de módulo energético homogéneo y para un uso determinado donde se plantea la problemática de elección entre fuentes energéticas para obtener una misma cantidad de energía útil requerida para satisfacer una determinada necesidad social <sup>(21)</sup>.

Es también sobre este concepto de módulo homogéneo que reposa la construcción y elaboración de los métodos y modelos analíticos de previsión de requerimientos <sup>(22)</sup>.

La cantidad de módulos a considerar en cada sector -lo que constituye la configuración de dicho sector- depende del sistema que se analice y la forma en que se estructuren las jerarquías entre los criterios adoptados para la desagregación del sector (21)

A modo de síntesis podemos tratar de expresar gráficamente la relación existente entre la demanda agregada de energía y el enfoque analítico a través de los módulos energéticos homogéneos.

En la Figura N° III.1, vemos que los requerimientos totales agregados y su evolución dinámica en el tiempo han sido descompuesta en una serie de módulos energéticos homogéneos que se diferencian entre sí por tener:

- a) un consumo de energía útil total diferente;
- b) una estructura por fuentes y por usos de dicho consumo que es diferente;
- c) rendimientos de utilización diferentes;
- d) dinámicas de evolución futura distintas.

Tanto en el año base como en un año horizonte determinado, los consumos de cada módulo pueden agregarse hasta obtener los requerimientos agregados totales y este último valor puede resultar similar al obtenido mediante un análisis global. La diferencia estará dada por la transparencia y detalle que se obtiene mediante el enfoque analítico.

Este adicionalmente permite definir políticas específicas para cada uno de los componentes del módulo energético homogéneo lo cual asegura de una forma más correcta la obtención de los resultados previstos.

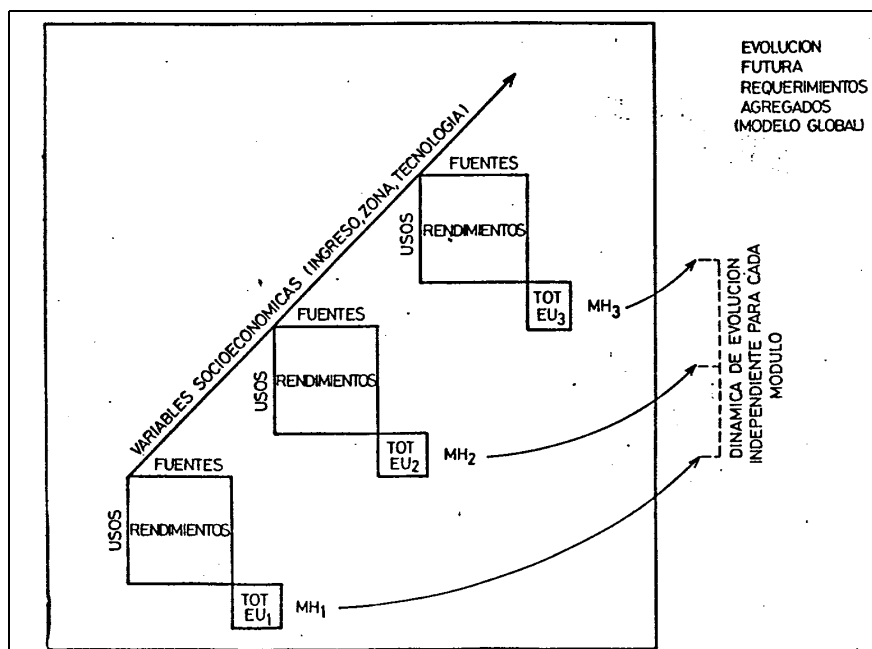
---

(21) Ver H. Altomonte "Apunte de Procesos de Sustitución" IDEE.

(22) Ver IDEE "Metodología para la Proyección de los Requerimientos Energéticos".

En el próximo punto describiremos de qué manera se puede realizar la caracterización y selección de los módulos homogéneos en los diversos sectores de actividad de un sistema socioeconómico.

Figura N° III.1



## 7. EL ANALISIS SECTORIAL

Los sectores de consumo considerados dentro del análisis sistémico son, en general, los siguientes:

1. Residencial
2. Industria Manufacturera
3. Productivo Rural
4. Transporte
5. Servicios

Veamos, ahora, cuales son las principales determinantes, variables explicativas, usos y fuentes que caracterizan el consumo de cada uno de ellos.

### 7.1. Sector Residencial

#### 7.1.1. Conformación de los módulos energéticos homogéneos

Dentro de las unidades familiares, la intensidad del consumo energético en cada uso y la forma de abastecerlo depende, como se expresó de una forma general, de determinantes económicos, sociales, culturales y ambientales.

Estas variables, algunas de las cuales son cualitativas, necesitan del agregado de una variable fundamental para la determinación de los módulos homogéneos de este sector: la distribución del ingreso.

La variable ingreso es básica para la clasificación de la población y su desagregación en módulos homogéneos, en la medida en que en países como los de América Latina, existen profundas diferencias entre los diferentes grupos sociales. Estas diferencias encontradas en el ingreso promedio per cápita de los diferentes grupos sociales traen aparejadas no sólo pautas de consumos diferentes, sino que dichos grupos observan diferentes grados de satisfacción de necesidades lo que a su vez define niveles de requerimientos y/o consumos energéticos también diferentes.

En países cuya población rural constituye una parte importante de la población total, el abastecimiento de necesidades está orientado a los usos básicos (cocción, iluminación) utilizando principalmente fuentes energéticas de apropiación directa (leña en particular), ocurriendo lo mismo con las poblaciones urbanas marginales.

La conformación en módulos energéticos homogéneos puede partir entonces, de la división de la población total en regiones ambientales (homogéneas al interior de dichas regiones, pero heterogéneas entre regiones); cada región en un área urbana y una rural; si es menester, considerar en cada área conglomerados demográficos distintos de acuerdo a tamaño y/o densidad y/o características de abastecimiento energético, y finalmente la división de acuerdo a la distribución de las familias por niveles de ingreso. De esta manera, la conformación de los módulos en el Sector Residencial sería:

		Urbana		Nivel	UC <sub>1</sub>
Región	Area		Conglomerado	de	UC <sub>2</sub>
		Rural	Demográfico	Ingreso	.
					UC <sub>i</sub>

donde los UC<sub>i</sub> serán las unidades de consumos a analizar (o sea los grupos de familias o habitantes que pertenecen a cada clase o módulo).

De esta forma se quiere poner de manifiesto que la cantidad de usos abastecidos, su intensidad, el tipo de equipamiento utilizado y las fuentes energéticas que participan para abastecer esos requerimientos presentan fuertes contrastes. En cuanto a las fuentes consumidas, quizá un criterio adicional que deba contemplarse en la conformación de los módulos, es la disponibilidad de las mismas, ya que de ello dependen las modalidades de satisfacción de las necesidades, los usos que puedan abastecerse y la magnitud o intensidad con que esos usos son satisfechos. Desde este punto de vista, el ejemplo más elocuente lo constituye la disponibilidad o no de energía eléctrica.

### 7.1.2. Determinantes o Variables Explicativas del Consumo

Se tratará de encontrar en este punto un esquema teórico sobre el funcionamiento de las variables o determinantes que expliquen el comportamiento de las unidades familiares acerca de qué fuentes, en cuáles usos y en cuánta cantidad consumen energía las familias de los diferentes estratos sociales.

Las variables utilizadas para caracterizar a los grupos sociales en módulos homogéneos juegan un rol diferente según se trate de variables cualitativas o cuantitativas.

Por otra parte, a dichas variables será necesario agregar otras de carácter más específico y que pueden ser cuantificadas, de modo tal de conformar un conjunto de factores explicativos sobre el comportamiento de las unidades consumidoras.

- i) El factor climático o ambiental, puede afectar la composición del consumo de energía en sus diferentes usos, ya que en zonas cálidas podrá existir una preponderancia del uso refrigeración de ambientes y en zonas frías el de calefacción. Asimismo, en ciertas regiones pueden presentarse consumos estacionales según los niveles de temperaturas alcanzados en cada estación del año.
- ii) La componente cultural puede afectar tanto la utilización de algunas fuentes, como la composición por usos del consumo total. En el primer caso, las reacciones culturales o los hábitos de vida determinan la imposibilidad de utilizar algunas fuentes: por ejemplo energía eléctrica y solar en cocción.

En el segundo, el consumo en el uso iluminación en ciertas áreas rurales puede ser significativamente bajo, debido a las horas en que esa población desarrolla sus actividades, otro ejemplo lo constituye el caso de bajos consumos en el uso cocción de alimentos, por el hábito que la población tiene de nutrirse con alimentos no cocidos.

- iii) Los factores de carácter social, básicamente el relacionado con la distribución de la población en área urbana y rural, tienen una incidencia en cuanto a las pautas de los consumos finales tanto en el hábitat como en otros sectores (transporte y servicios como se verá posteriormente). En lo que respecta al hábitat, esas pautas diferentes pueden manifestarse en las participaciones diferentes que los usos tienen en el consumo total según se trate de áreas urbanas o rurales aún considerando el mismo nivel de explicabilidad del resto de las variables.

Ahora bien, a estas variables es necesario agregar otras cuatro que son, en definitiva, las que tendrán una mayor influencia en las cantidades consumidas y por ende en la posibilidad que tienen las familias de satisfacer sus requerimientos energéticos. Esas variables son:

- el nivel de ingreso familiar
- el precio de las fuentes energéticas
- el precio de los equipos asociados a esas fuentes
- el tamaño de las familias

El tamaño de las familias influye en la medida que a mayor tamaño (habitantes por familia) corresponde un menor consumo per cápita.

Las magnitudes e importancias relativas de las fuentes y usos e incluso el consumo total es muy diferente si se considera la energía neta o la energía útil. Dicho de otra forma, la influencia de equipos con mayor o menor rendimiento, que están asociados a la posibilidad de disponer de los mismos y por lo tanto a los diferentes niveles de ingreso, determinan niveles de consumos diferentes para abastecer una misma necesidad.

### 7.1.3. Análisis de los usos, fuentes y equipos utilizados

Los usos que se consideran en este sector son: cocción, calentamiento de agua, calefacción, iluminación, aire acondicionado/ventilación, conservación de alimentos, artefactos electrodomésticos y bombeo de agua. Asimismo, para cada uso se consideraron una serie de equipos, así, para el uso cocción, por ejemplo, se pueden considerar: horno de barro, cocina económica, fogón, brasero, parrilla, cocina, calentador.

Las fuentes utilizadas podrían ser: leña, carbón vegetal, LPG, gas natural, kerosene, electricidad, alcohol, fuel oil, gas oil, nafta, etc.

La elección que haga un consumidor residencial, sobre la combinación de fuente-equipos para abastecer un uso depende básicamente de tres variables: el ingreso, el precio de la fuente y el precio del equipamiento.

El proceso de selección de uso fuente-equipos influye en el abastecimiento de los requerimientos energéticos a partir de una variable básica que antecede ese proceso de selección: la distribución del ingreso.

Para evaluar la influencia del nivel de ingreso sobre los consumos totales de energía de las familias, como en la participación de los usos y las fuentes, es necesario pasar del marco teórico a la praxis. Ello implica la adopción de ciertos arbitrios metodológicos (adopción de métodos) sobre los cuales nos extenderemos en el próximo punto.

### 7.1.4. Consumo y nivel de ingreso <sup>(23)</sup>

#### A) Problemas en la medición de la distribución del ingreso.

La información disponible sobre la distribución del ingreso en los P.V.D. es, en general, muy insuficiente y pocos esfuerzos se han realizado para mantener la coherencia de las series históricas.

De esta forma, se utilizan diferentes fuentes de datos; diferentes conceptos de ingreso que dificultan su medición empírica, o diferentes conceptos de la población que recibe un ingreso.

Esta laguna de datos es cubierta por encuestas que deben realizarse con motivo de algún estudio en particular y luego se hace la transposición al conjunto de la población de un país y/o región.

En el caso particular que nos interesa, el problema consiste en caracterizar grupos homogéneos a los que luego se asociarán los análisis correspondientes a qué, cómo y cuánta energía consumen.

Dicha caracterización consiste en determinar para cada estrato previamente definido cuántas personas pertenecen a los mismos, lo que origina una tabla de frecuencias o de distribución del ingreso.

---

(23) Aquí se presentan en forma resumida las principales características; para más detalle ver: H. Altomonte, "Energy and Income Distribution"; UNU-IDEE- 1984.



La construcción más comúnmente utilizada es la división de la población en deciles ordenados en forma decreciente de niveles de ingreso, es decir desde el 10% de la población que recibe los ingresos más altos hasta el 10% de la población que recibe los ingresos más bajos.

La determinación de la población que pertenece a cada estrato o nivel de ingreso se puede realizar de maneras diferentes:

- a) Definiendo tres grupos de población que reciben determinado porcentaje del ingreso global.
  - . bajo al porcentaje de la población que recibe el 25% de los ingresos totales, perteneciente a los niveles más bajos
  - . alto al porcentaje de la población que recibe el 25% de los ingresos totales, perteneciente a los niveles más altos
  - . medios al porcentaje de la población que recibe el 50% de los ingresos restantes, perteneciente a los niveles intermedios
- b) Definiendo grupos de población que tienen ingresos que son múltiplo de un valor básico (por ejemplo el salario mínimo).

En el Cuadro N° III.1 y Figura N° III.2, se ejemplifican los dos métodos antes mencionados para una distribución de ingreso similar.

En el caso del criterio a), no se definen previamente ingresos de corte entre los diferentes niveles (si bien se los puede calcular posteriormente), ya que esos cortes lo determinan las frecuencias acumuladas hasta el 25% y 75% de los ingresos totales. Dicho de otra forma, el ingreso de corte del nivel bajo, por ejemplo, estará determinado por el mayor de los ingresos más bajos (Y), cuya frecuencia acumulada sea el 25% de los ingresos totales  $f(Y) = 0,25 Y$ .

El problema de estratificar la población de esta manera radica en que, dadas dos o más regiones de un país, por un lado esos ingresos de corte pueden no coincidir y, por otro lado, el nivel absoluto del ingreso medio de cada uno de los tres estratos surge indirectamente. De esta forma se podrían presentar casos en que se asocien pautas de consumos similares a niveles de ingresos medios diferentes.

Vemos también que en el criterio a) se hace un promedio sobre todo el sector de bajos ingresos que representa los dos tercios de la población y se caracteriza en forma detallada el nivel de alto ingreso.

En el caso del criterio b) se da por el contrario, una mayor desagregación del grupo de bajos ingresos pero se mezcla al de medios y altos ingresos en un solo bloque, no pudiendo identificarse claramente al sector de alto ingreso. En este caso los ingresos medios y los ingresos de corte de cada grupo están predefinidos como múltiplos de un dato básico (salario mínimo). Este criterio tiene el inconveniente de que si se usa una misma escala de ingresos para diversas regiones o países, en algunos casos puede llegar a no haber ningún porcentaje de población en los niveles más elevados.

Por otra parte al prefijar el ingreso medio de cada grupo las participaciones de la Población sobre el total y del Ingreso sobre el total van a ser diferentes de un sistema a otro haciendo difícil su comparación.

Cuadro N° III.1  
Distribución de la población por nivel de ingreso-criterios A y B

**CRITERIO A)**

Nivel de Ingreso	Población		Ingreso		Ingreso Medio	
	(A) %	(B) % Ac.	(C) %	(D) % Ac.	(E) %	(F) u\$s
Bajo	66.0	66.0	25.0	25.0	37.9	113.7
Medio	31.0	97.0	50.0	75.0	161.3	483.9
Alto	3.0	100.0	25.0	100.0	833.3	2500.0
TOTAL	100.0		100.0		100.0	300.0

Donde:

$$(E) = (C)/(A)$$

La columna (F), que mide los ingresos medios de cada estrato, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{BAJO} = 300 \times 0.379 - \text{MEDIO} = 300 \times 1.613 - \text{ALTO} = 300 \times 8.333$$

**CRITERIO B)**

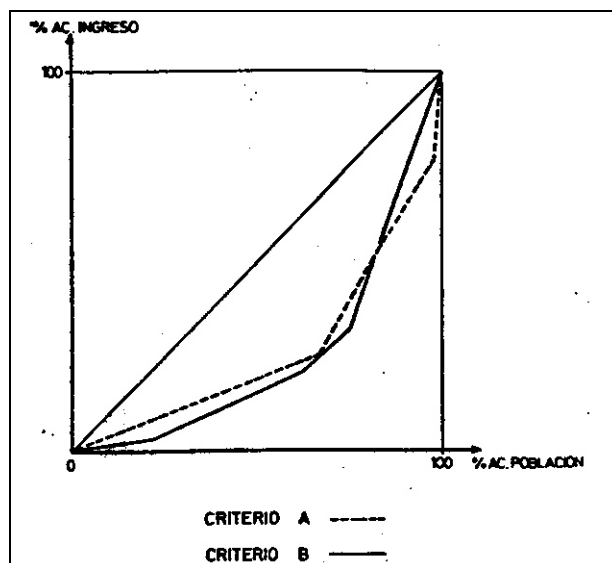
Nivel de Ingreso	Población		Ingreso		Ingreso Medio	
	(A) %	(B) % Ac.	(C) %	(D) % Ac.	(E) %	(F) u\$s
1	21.0	21.0	3.1	3.1	15.0	45.0
2	24.0	45.0	7.2	10.3	30.0	90.0
3	17.0	62.0	10.2	20.5	60.0	180.0
4	13.0	75.0	11.7	32.2	90.0	270.0
5	25.0	100.0	67.8	100.0	271.2	813.6
TOTAL	100.0		100.0		100.0	300.0

Donde:

$$(E) = (C)/(A)$$

(F) para estrato 1 es un salario mínimo, para el estrato 2 es dos salarios mínimos, ..., para el estrato 5 es más de cuatro salarios mínimos.

Figura N° III.2  
Comparación de las dos curvas de ingreso



B) Mediciones de consumos de energía para diferentes niveles de ingresos.

De acuerdo a lo expresado precedentemente, la estratificación de la población en grupos de ingresos heterogéneos debería conducir a observar comportamientos también heterogéneos en las características cuantitativas y cualitativas del consumo energético residencial.

Algunos estudios muestran esas diferencias que se pueden observar en los Cuadros N°s. III.2, III.3. Así, para América Latina y en el área urbana, las estimaciones efectuadas en tres zonas detectan que los altos ingresos consumen de 1,6 a 4 veces más que los bajos ingresos en términos de energía neta, cantidad éstas que pasan a 1,6 y 4,5 veces si se cuantifican los consumos en energía útil (Cuadro N° III.2).

Cuadro N° III.2  
Sector Doméstico Urbano, en América Latina  
para usos calóricos exclusivamente  
(kep/h/año)

Nivel de Ingreso	Zona Cálida		Zona Fría de Bajo Ingreso		Zona Fría de Alto Ingreso	
	Energía Neta	Energía Util	Energía Neta	Energía Util	Energía Neta	Energía Util
Bajo	60	23	133	40	230	90
Medio	75	32	166	70	520	234
Alto	100	38	450	180	920	405
Promedio		26	-	56	-	152

Fuente: Fundación Bariloche: "Estudios sobre ...", op.cit.

Cuadro N° III.3  
Consumo energético total ciudad de México BTU x 10<sup>5</sup>/fam/año

Nivel de Ingreso Dol/fam/año	Energía Neta	Energía Util
480	186	47
1.700	177	83
3.600	175	90
7.200	263	157
14.400	307	195

Fuente: "Patterns of Urban Household Energy Use in Developing Countries: The case of México City".  
G. Mc. Granahan y N. Taylor, IER-IIE, Institute for Energy Research - 1977.

Del mismo cuadro se desprende que hay pocas diferencias en los rendimientos promedios, ya que los mismos se podrían resumir, para los niveles de bajos y altos ingresos, de la siguiente forma:

Cuadro N° III.4  
Rendimientos de utilización

	Zona Cálida	Zona fría Bajo Ingreso	Zona fría Alto Ingreso
Bajo	0,38	0,30	0,39
Alto	0,38	0,40	0,44

Por otra parte, los altos ingresos de la zona cálida presentan consumos per cápita menores que los bajos ingresos de la zona fría de bajo ingreso. Esto estaría indicando, entre otras cosas, que las necesidades energéticas básicas de esas zonas son diferentes, que las fuentes consumidas y el equipamiento asociado también son distintos ya que los rendimientos son diferentes y, finalmente que al tratarse de una región muy amplia al tomarse la distribución del ingreso en sólo tres estratos, se podría tener grandes variabilidades intra-grupos.

En el Cuadro N° III.3 se presentan resultados obtenidos para la ciudad de México, observándose que:

- el nivel de ingreso más alto consume 1,6 y 4,1 veces más que el nivel de ingreso más bajo según se considere la energía neta o útil respectivamente;
- los rendimientos medios varían desde 0,25 para los ingresos más bajos hasta 0,64 para los ingresos más altos;
- teniendo en cuenta los cinco estratos definidos, al relacionar dos estratos se observa que los incrementos registrados en los ingresos no se acompañan de la misma forma en los consumos. Retomando los datos del Cuadro N° III.3 se tiene para las variaciones de ingreso y de energía útil:

Cuadro N° III.5  
Variaciones entre niveles y elasticidades resultantes

Niveles de Ingreso	Energía Util	Ingreso	Elasticidad
(II/I)	0,77	2,54	0,3
(III/II)	0,08	2,12	0,07
(IV/III)	0,74	1,00	0,74
(V/IV)	0,24	1,00	0,24

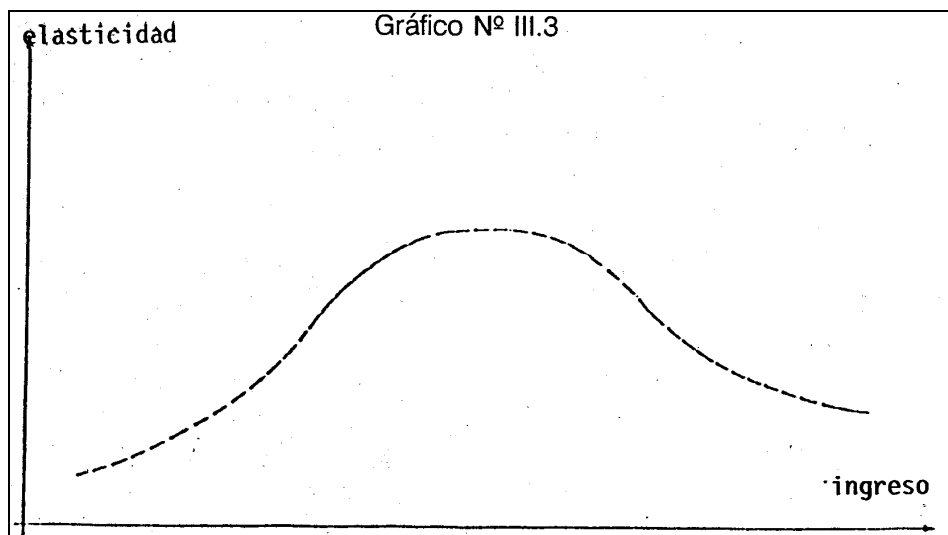
Comparando el estrato II con el I, se observa que a un incremento del ingreso de 3,5 veces (pasar de 480 dol/fam/año del estrato I a 1.700 dol/fam/año del estrato II) le corresponde un aumento del consumo energético útil del 77%, lo que implica una elasticidad consumo-ingreso de 0,5.

Si bien los ingresos se duplican a partir del estrato II, las elasticidades que se observan parecen indicar que el mayor impacto se produce al pasar del estrato III al IV ya que se obtiene la mayor elasticidad (0,9). Esto implicaría que las familias pasarían de consumir bienes esencialmente básicos o intermedios a consumir bienes intermedios o no básicos los que abastecen otro tipo de necesidades (o nuevos usos) para lo cual requieren mayor cantidad de energía útil. Finalmente, el pasaje del estrato IV al V con una elasticidad que decrece a 0,6 estaría indicando, en cierta medida, un fenómeno de saturación.

Estos valores confirmarían la tendencia de los cambios que se originan en los valores tomados por las elasticidades a medida que el ingreso crece, gráficamente sería:

O sea, la elasticidad es creciente hasta ciertos niveles de ingreso, luego toma valores prácticamente constantes para finalmente tomar valores decrecientes.

Anteriormente se mencionó que una de las variables explicativas del consumo de energía, junto al nivel de ingreso, era el tamaño de la familia. En el Cuadro N° III.6 se presentan algunos valores para el caso de Etiopía, observándose que existe un cierto fenómeno de economía de escala ya que, para un mismo nivel de ingreso, el consumo por habitante disminuye a medida que se incrementa el tamaño de la familia.



Estos tres ejemplos muestran, cuantitativamente, en qué forma se ve afectado el consumo energético para niveles de ingreso diferentes. Sin embargo, para confirmar las explicaciones avanzadas sobre ciertos cambios, o ciertas comparaciones tales como: niveles de saturación en los usos, pasajes de bienes básicos o no básicos, elasticidades mayores en ciertos tramos de ingresos que en otros o pautas de consumo, es necesario disponer para cada nivel de ingreso de mayor cantidad y mejor calidad de información que permita una desagregación más completa de los consumos por fuentes y usos por un lado y, por otro lado, que permita analizar el tipo de equipamiento asociado a esas fuentes en los usos correspondientes analizados.

Cuadro N° III.6  
Consumo de energía útil por habitante, nivel de ingreso mensual  
y tamaño de la familia. (Etiopía)  
(mcal/h/mes)

Nivel de Ingreso Birr/h:mes	Tamaño fam.	2p/fam.	5.5p/fam.	8p/fam.
9.1		-	3.9	-
13.6		-	18.2	-
18.8		-	-	15.1
25.0		17.8	-	-
43.8		-	-	14.8
63.6		-	21.9	-
75.0		26.6	-	-
100.0		-	-	17.4
145.5		-	32.9	-
175.0		31.5	-	-

Fuente: "Energía Domani" N° 31-32 pág. 56.

#### 7.1.5. Primeras Conclusiones

La problemática de la previsión de los requerimientos energéticos se plantea en cómo pasar de las relaciones (cuantitativas o cualitativas) encontradas en el pasado a las relaciones futuras, si para ello median cambios estructurales que modifiquen las pautas de consumos de la población y para lo cual será necesario prever todos sus impactos. Obviamente, el análisis de las características del consumo energético asociado a la distribución del ingreso contribuye a ello, al mismo tiempo que se sugiere profundizar en:

- a) Una clasificación u ordenamiento de las fuentes y usos energéticos desde el punto de vista económico, esto es determinar qué fuentes y qué usos pertenecen a categorías tales como: bienes inferiores y no inferiores, bienes no básicos inferiores y superiores o de lujo.

Dentro de la ecuación de ingreso de una familia de bajos ingresos, cuya propensión a consumir sea unitaria y de un país o región determinado, la categoría de bien básico inferior reviste particular importancia ya que ante cambios significativos del ingreso, tendrá acceso a otros bienes que pueden o no ser básicos. En el anexo se citan estudios de caso en los que se observan situaciones que pueden incluirse dentro de esta categoría.

Esta caracterización de fuentes y usos se verá reforzada ya que, para los diferentes niveles de ingreso, podrían estimarse y, a la vez ser explicados, los posibles cambios que sobre las pautas del consumo energético trae asociado un cambio cuantitativo en los ingresos. Es este tipo de cambios, quizá, la causa que explique lo comentado respecto a las variaciones de elasticidad para el caso de México a la vez que aporta más elementos de análisis que la simple medición de las elasticidades-ingreso consideradas. Es también este tipo de cambio, la causa que explica, los valores nulos de  $e_{A-M}$  y  $e_{B-M}$  para cocción e iluminación presentándose un fenómeno de saturación.

En definitiva, habría que jerarquizar  $i$  fuentes en  $j$  usos para los cuales será necesario definir una categoría, ya que una fuente puede considerarse como bien inferior en un estrato de ingreso y superior en otro.

Esta caracterización aportará elementos, finalmente, para estimar cuantitativa y cualitativamente los consumos futuros de energía asociados a los cambios en la distribución del ingreso, ya que el efecto ingreso es mayor al efecto sustitución para bienes básicos y bajos niveles de ingreso: en cambio el efecto sustitución es mayor al efecto ingreso para bienes no básicos, en los altos niveles de ingreso.

- b) La diferencia que pueda existir entre: el tipo de relación que evalúe al consumo de energía residencial en función de la distribución del ingreso personal y un estudio sobre la distribución funcional o regional del ingreso cuyas consecuencias se reflejan en los consumos de energía de las familias.

La diferencia básica radicaría en que: a) En el primer caso se refiere a la medición de los consumos directos de la población dentro de la residencia y b) En el segundo, por un lado trataría de medir los consumos indirectos principales y, por el otro incorporaría parcialmente algunos elementos desarrollados en el punto precedente.

Así por ejemplo, en un planteo como el segundo, se adicionaría el consumo energético del automóvil particular ligado estrechamente a una distribución determinada del ingreso; también podría tenerse debida cuenta de los alimentos que necesitan o no de cocción.

Obviamente sería necesario definir en el caso del segundo planteo, cuáles serían los consumos indirectos principales.

- c) La correcta utilización de las relaciones que puedan encontrarse que ligan al consumo de energía y al nivel de ingreso, y específicamente el correcto uso (y no abuso) del concepto y medición de la elasticidad-ingreso.

El problema que se quiere plantear apunta al siguiente interrogante: dada una medida de elasticidad ingreso, instantánea o de largo plazo, cómo puede ser utilizado su valor para prever consumos futuros.

De hecho existen valores diferenciales según los distintos niveles de ingreso, esto se ha constatado y se ha comentado anteriormente, por lo que alguna utilización debe tener.

La medición de cambios en los niveles de consumo ante cambios en los ingresos efectuados al interior de cada grupo da origen a la elasticidad instantánea; de esta forma, considerando por ejemplo  $n$  grupos de niveles de ingresos habrá  $n$  mediciones de elasticidades instantáneas  $e_1$  a  $e_n$ , elasticidades que tomadas cada una por separado darían cuenta de las variaciones en los consumos ante pequeños cambios en los ingresos, para un grupo homogéneo de población. Por lo tanto, estas elasticidades instantáneas no miden cambios estructurales del mercado (equipamiento) ni tampoco del ingreso.

En cambio, si se tomara al conjunto de las elasticidades y se procediera a analizar las variaciones en los ingresos que, como consecuencia de esos cambios no marginales reestructuran los grupos de ingresos, el conjunto de las  $n$  elasticidades podrían considerarse de largo plazo, ya que podrían incorporar los cambios en las condiciones estructurales del mercado (equipos) y cambios también estructurales en la distribución del ingreso.

Asimismo, suele asociarse el concepto de elasticidad de largo plazo al análisis de las relaciones consumo-ingreso medidos en series cronológicas, dado que teóricamente permitiría medir los cambios estructurales. Si esto fuera así, qué método empírico garantiza que realmente la elasticidad obtenida sea como consecuencia de una mayor intensidad de consumo de la población que tenía acceso a los consumos medidos y no sea un fenómeno de expansión o de oferta restringida, aunque dicho fenómeno de expansión pueda corregirse recalculando las tasas de penetración de las diferentes fuentes.

Estudios de caso muestran que las elasticidades-ingreso del consumo de energía útil varían entre 0,64 y 0,72 respectivamente para los grupos de bajos y medios ingresos. Supóngase que se esté planificando al sector y que la hipótesis de crecimiento del ingreso por habitante sea un aumento del 10% para el período en estudio: entonces la pregunta sería si el consumo de energía útil de los bajos y medios ingresos crecerán el 6,4% y 7,2% respecto del valor anterior?. Para responder, primero sería necesario redimensionar las estructuras de los niveles de ingreso, ya que por un lado habrá un porcentaje de la población que podrá pasar del estrato bajo al medio y de éste al alto, y por otro un porcentaje que quedará en cada clase. Una vez redimensionadas las clases la pregunta sigue siendo válida, ya que puede haber: una saturación de consumos en usos determinados, incorporación de equipos diferentes a pesar de pertenecer a la misma categoría que antes, nuevos usos a que se acceda, etc.

## **7.2. Sector Industria Manufacturera**

### *7.2.1. Conformación de módulos homogéneos*

La necesidad de desagregar los requerimientos energéticos del sector industrial por subsectores, ramas industriales o en productos es una etapa ampliamente justificada, a la vez que necesaria, ya que los determinantes y las formas en que éstos se expresan varían considerablemente según del tipo de industria que se trate.



Es frecuente observar en algunos análisis, una desagregación que obedece a la clasificación C.I.I.U. <sup>(24)</sup> a dos, tres, cuatro o cinco dígitos. A medida que se agregan dígitos se caracterizan las divisiones más finas de cada rama, y no hay razones teóricas para adoptar una u otra desagregación, sino que obedece a razones de carácter práctico o más bien de tipo de análisis más o menos global que se realice.

Así por ejemplo, si se trabaja a nivel de cinco dígitos, el grupo 31111 correspondiente a "Matanza de ganado y preparación y conservación de carnes" se acerca mucho más a la identificación de un producto que si se tomaran a nivel de dos dígitos, en este caso el grupo 31 corresponde a "Fabricación de productos alimenticios, bebidas y tabaco".

Por otra parte, aún teniendo una división a cinco dígitos, por caso la rama 31111 antes mencionada, es muy diferente la cantidad, los consumos específicos, los usos y eventualmente la participación de las fuentes según se trate de la producción de carnes frías (congeladas) o de la producción de conservas de carnes. En efecto, mientras en las primeras el uso principal es "frío de proceso" y la fuente correspondiente es energía eléctrica, en las segundas el uso principal es "vapor" y las fuentes pueden ser gas natural, fuel oil, carbón mineral, etc. De esta forma, si se quisiera responder a interrogantes del tipo: qué, cuánta y en qué usos se consume energía en el sector industrial, es evidente la necesidad de abordar el análisis a nivel de producto. Asimismo, será necesario considerar el tipo de tecnología utilizada ya que para un mismo producto, cemento por ejemplo, la producción por vía seca o vía húmeda (tecnologías diferentes) presenta diferencias sustanciales en los consumos específicos (kcal/tonelada de producto).

Finalmente, la disponibilidad de las fuentes energéticas en diferentes zonas o regiones afecta la cantidad consumida por unidad de producto aún para un mismo producto.

De esta forma la conformación de módulos homogéneos para el sector sería:

		Industria Artesanal			UC <sub>1</sub>
					UC <sub>2</sub>
Región o Area	Disponibilidad de fuentes		Producto	Tecnología	.
		Industria Manufacturera			.
					UC <sub>i</sub>

donde los UC<sub>i</sub> serán las unidades de consumos a analizar (o sea los productos o grupos de productos que pertenecen a cada módulo).

### 7.2.2. Determinantes de los requerimientos a nivel de módulo

Explicar el comportamiento de las unidades de consumos del sector industrial, implica contemplar una serie de factores que tienen mayor o menor incidencia según el producto, tecnología, etc. que se trate.

Estos factores, o determinantes se pueden sintetizar en dos grupos:

- costos de los equipamientos, cantidad producida (o nivel de actividad), y precios de la energía.

(24) Código Industrial Internacional Uniforme propuesto por Naciones Unidas.

- régimen de producción, tipo de proceso productivo, disponibilidad de las fuentes, producción y utilización de residuos, eficiencias de los equipos de producción y de utilización de energía.

Del primer grupo debe destacarse el nivel de actividad, dado que el consumo energético es determinado más por las cantidades producidas que por el precio de la energía y del equipamiento.

Anteriormente se afirmó que los determinantes pueden observar comportamientos e implicancias diferentes según el producto que se trate; dicha afirmación se basa en el análisis de los siguientes elementos:

a) Usos y tecnologías de producción

Los usos finales de energía en la industria son de una variedad tal que casi podría decirse que cada tecnología de fabricación se caracteriza por determinados procesos que llevan asociado un determinado patrón de uso de energía. Sin embargo, en una primera etapa es posible independizarse del proceso productivo, si en lugar de ocuparse del uso final se miran en cambio los usos intermedios.

Una primera clasificación podría agrupar a tres usos principales: calor de proceso, fuerza motriz e iluminación.

Sin embargo, esta clasificación merece ser desagregada, ya que no tiene en cuenta ciertas particularidades (procesos de sustitución entre fuentes por ejemplo) que son necesarias considerar en el análisis de los determinantes.

Un análisis más desagregado debe incorporar los usos: vapor, calor directo, fuerza motriz, fija y móvil, frío de proceso, iluminación, materia prima y electrólisis y transporte.

Estos usos expresan en forma más adecuada los requerimientos energéticos del usuario industrial. En efecto, la industria no requiere electricidad o fuel oil sino como un medio para la producción de fuerza motriz en motores o calor directo en hornos. Habrá entonces un requerimiento de vapor, de calor, de fuerza mecánica, de materia prima o de iluminación. Estos requerimientos por uso dependen básicamente de tres factores: el volumen producido, la tecnología de producción, y la alta o baja eficiencia de esa tecnología. Así, la cantidad de vapor que se emplea en los procesos de esterilización en la industria alimenticia dependerá del volumen producido y se podrá utilizar con mayor o menor eficiencia dependiendo del aislamiento de las tuberías y de los niveles de pérdida de carga en la red. El vapor es entonces un intermediario requerido por esa tecnología de esterilización y puede alterarse la forma de producirlo con distintas energías finales (sustitución, precios) o pueden emplearse de una manera más eficiente (conservación) pero su requerimiento en energía útil es propio de la tecnología utilizada. El mismo razonamiento puede seguirse con las otras formas útiles a las que podemos catalogar de verdaderos INVARIANTES TECNOLOGICOS (25).

---

(25) Ver "Metodología para la elaboración del Balance Energético en términos de energía útil" CEE-PNUD-OLADE. Quito, 1986/7.

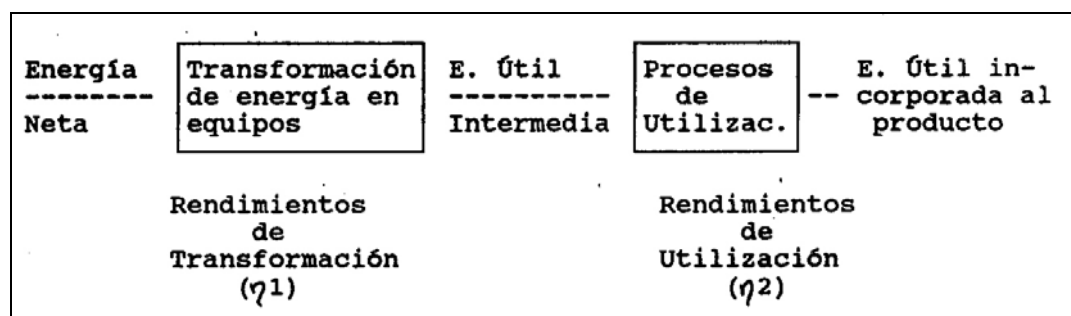
b) Energía útil y rendimientos

Si bien ya se mencionó la forma de contabilizar la energía útil, en este punto se cree necesario presentar las diferentes opciones que pueden observarse en el cálculo de la energía útil y por ende en la determinación de los rendimientos.

El requerimiento energético en la industria, atendiendo a la desagregación de los usos antes presentada, puede resumirse en dos etapas:

- i) producción de vapor, calor directo, fuerza motriz, etc. a partir de diferentes fuentes (medidas a nivel de energía neta);
- ii) Uso de vapor, calor, fuerza motriz, etc. en los procesos productivos.

De esta forma existirán, por un lado, una eficiencia o rendimiento de transformación (por ejemplo de fuel oil en vapor, de energía eléctrica en fuerza motriz) y, por otro lado, una eficiencia o rendimiento de utilización (por ejemplo utilización del vapor en tuberías, en turbinas). El esquema de esta diferenciación de rendimientos es el siguiente:



El rendimiento global resultará de multiplicar ambos rendimientos ( $\eta_1 \times \eta_2$ ), que no es más que el cociente entre la energía útil incorporada al producto y la energía neta que se utilizó como insumo.

Las dos formas de evaluar los rendimientos tienen connotaciones distintas ya que, mientras la primera ( $\eta_1$ ) es suficiente para especificar las características de las unidades consumidoras enfatizando los análisis de sustitución entre fuentes <sup>(26)</sup>, la segunda ( $\eta_2$ ) tiende a poner de manifiesto los mecanismos de conservación de energía con las consiguientes dificultades de medición en algunos usos (implicando necesariamente la realización de auditorías con costos más elevados que la primera forma de medición).

c) Producción y utilización de fuentes secundarias y residuos energéticos

Según el producto y la tecnología de producción que se trate, pueden observarse distintos casos que influyen los determinantes de los requerimientos energéticos.

Sabido es que:

(26) Es necesario recalcar lo expresado en el punto II.(a) anterior en cuanto a que es necesario el planteo de las unidades de consumos en términos dinámicos.

- i) uno de los usos del vapor es el destino para la autoproducción indirecta de energía eléctrica, pudiendo ésta ser consumida en el propio establecimiento o ser vendida a otros usuarios. Esta autoproducción indirecta (turbogeneradores de vapor), por lo general resulta insustituible por la energía eléctrica del servicio público, pues su existencia obedece a un aprovechamiento más integral de la producción de vapor, por ende a una mayor eficiencia del ciclo productivo; el caso contrario lo constituye la autoproducción térmica directa (generación diesel y turbina de gas) que puede obedecer a los precios relativos entre el costo de autogenerar un kwh y el precio del kwh del sector público, a razones de calidad del servicio público o disponibilidad de energía eléctrica del servicio público.
- ii) Hay plantas que producen determinados productos que generan residuos con contenido energético. Tales son los casos, entre otros, del licor negro y las vinazas de la industria del papel; el gas de alto horno de la industria siderúrgica; residuos vegetales en ciertas agroindustrias, por ejemplo en la industria de la elaboración y molienda del arroz, o el bagazo en la industria azucarera.
- d) Cantidad producida y capacidad de producción

Los requerimientos en energía útil por unidad física de producto (consumo específico) dependen fuertemente de como se haya utilizado la capacidad instalada de producción.

Sabido es que el consumo específico varía en forma no lineal con la capacidad de producción. Recientes estudios <sup>(27)</sup> demostraron este fenómeno a partir de evaluar los magros impactos de las medidas de conservación de energía en productos energointensivos tales como acero, cemento y vidrio, ya que a partir de implementarse políticas concretas en el área de conservación, los consumos específicos no disminuyeron siendo la real causa una considerable disminución en la utilización de la capacidad instalada (en algunos casos del 85% al 60%).

e) Precios de la energía

Los precios de la energía deben ser considerados como un conjunto de referencia para la comprensión de los factores, si no causales, al menos indicativos de los consumos energéticos del sector industrial.

Se les debe situar en el contexto determinado por la incidencia del gasto energético en los consumos intermedios de las diferentes ramas o productos industriales, ya que una mayor o menor participación de la energía en los costos de producción puede modificar el papel de los precios en la evolución de los requerimientos energéticos.

En el caso de Argentina <sup>(28)</sup>, se detectaron tres grupos en los cuales el gasto energético representa valores muy disímiles del consumo intermedio:

- un primer grupo constituido por productos de las ramas 32 y 33 (cuero e imprentas) con participaciones del gasto energético inferior al 1% del consumo intermedio.

---

(27) Ver estudios de la Agence Française pour les Economies de l'Énergie.

(28) Ver O. Guzmán y H. Altomonte "Perspectivas Energéticas y Crecimiento Económico en Argentina", Ed. El Colegio de México, Nov. 1982.

- el segundo grupo, con participaciones del orden del 10-15%, representados por ramas de los grupos 31, 32, 34, y 38.
- el último grupo, energointensivo y representando porcentajes del orden del 35-38%, constituido por productos de las ramas 35, 36 y 37.

Más que ser un determinante fundamental en la función de consumo, los precios o mejor dicho la política de precios debe ser considerada como una herramienta para la orientación de medidas a implementar en conservación de energía.

### 7.3. Sector productivo rural

#### 7.3.1. Introducción

El sector Productivo Rural considera los requerimientos energéticos vinculados a las actividades relacionadas con la producción de bienes de consumo y materias primas agrícolas destinadas a la alimentación humana y animal y de cultivos industriales; a la cría y engorde de especies animales y a la silvicultura, tanto a nivel de consumo como comercial.

El interés por el tratamiento del sector rural como consumidor de energías surge, entre otras, de la reunión realizada en 1967 en USA para analizar el problema mundial de los alimentos ante el cuestionamiento de la denominada "revolución verde" como solución al mismo <sup>(29)</sup>.

Por otra parte, numerosos estudios de varios organismos de las Naciones Unidas y de especialistas de renombre alertan sobre la "crisis energética de los pobres" e impulsan el análisis de la problemática energética del sector rural, con particular énfasis sobre los pobladores de menores ingresos <sup>(30) (31) (32) (33) (34) (35) (36) (37) (38)</sup>.

El IDEE por su parte ha desarrollado y aplicado una metodología que permite detectar los requerimientos energéticos del sector, tanto a nivel de las familias como de la producción primaria, por tipo de uso y fuente energética empleada <sup>(39) (40) (41) (42)</sup>.

- 
- (29) "The World Food Problem". A report of the President's Science Advisory Committee. The White House. Mayo 1967. US Government Printing Office. Washington DC.
- (30) Naciones Unidas. "Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables". Nairobi. 10-21 Agosto 1981.
- (31) FAO. "Energy and Agriculture". The State of Food and Agriculture 1975. UN-FAO, Roma, pág. 81-111.
- (32) Pimentel D. et al. "Food Production and the Energy Crisis" Science, Vol. 182, Noviembre 2, 1973.
- (33) Makihjani A. y Pool, A. "Energy and Agriculture in the Third World". Ballinger Publishing Co. 1975.
- (34) Parikh, J.K. "Planning of Rural Energy Systems: Issues and Perspectives in appropriate Industrial Technology for Energy for Rural Requirements" - UNIDO, 1979, Pág. 120-140.
- (35) Leach, G. "Energy and Food Production". Informe en International Institute for Environment and Development. Londres. Junio 1975.
- (36) Sachs, I. "Estrategias de desarrollo con requerimientos energéticos moderados. Problemas y Enfoques". En revista de CEPAL, Diciembre 1980, Pág. 107.
- (37) Stout, B.A. et al. "Energía para la Agricultura Mundial". Colección FAO. Agricultura. Roma. 1980.
- (38) Rappoport, R.A. "The Flow of Energy in an Agricultural Society". In Scientific American, 1971, 225, N° 3.
- (39) IDEE, Fundación Bariloche. "Estudio sobre Requerimientos Futuros de Fuentes no Convencionales de Energía en América Latina". (Proyecto RLA/74/030-PNUD). 1979. Tomo III. pág. 89-117.
- (40) IDEE. "Manual Metodológico para la realización de Estudios de Requerimientos de Energía Abastecibles por Fuentes de Energía Nuevas y Renovables". (Contrato 81/005-CEPAL), 1982. Tomo II, pág. V-57 a V-109.
- (41) Tito Murgia y Asociados. IDEE. "Planeamiento Energético Global de Largo Plazo. Provincia de Entre Ríos". CFI Argentina. 1981. Tomo 7. Pág. VII-166 a 213.
- (42) IDEE. Fundación Bariloche. "Metodología para la Evaluación de las necesidades energéticas de los países en vías de desarrollo". Proyecto CEE. Marzo 1982.

En general, la planificación energética en los países de América Latina, se ha preocupado fundamentalmente de los requerimientos del denominado sector "moderno" de la sociedad.

Esto ha ocurrido con los requerimientos energéticos del sector productivo agropecuario donde únicamente se consideran aquellos relacionados con el funcionamiento de equipos y maquinarias accionados con energía comercial. En consecuencia la principal preocupación del planificador ha sido determinar la existencia de tractores, cosechadoras y algún otro tipo de maquinaria móvil. Esta información, conjuntamente con las horas de utilización del equipamiento antes mencionado y con los respectivos consumos específicos medios, ha permitido deducir los requerimientos de combustibles comerciales.

En algunos casos, para proyectos específicos de desarrollo regional, y en el contexto de la electrificación rural, el planificador ha incluido otro tipo de usos tales como el bombeo para riego y el equipamiento para tambos y secaderos.

Ante este panorama de la planificación energética del sector productivo rural, el denominado sector "tradicional" de los productores agropecuarios latinoamericanos, cuya importancia no es nada despreciable (a mediados de los años 70 representaba algo más de la mitad de la población rural de la región, con el 36% de la superficie cultivable y el 44% del área cosechada) es dejado también completamente de lado. Este sector produce bienes para su propia subsistencia o materias primas para el sector moderno de la sociedad. Es un tipo de productor que no suele tener excedentes económicos que le permitan acceder a la adquisición o uso de maquinarias y equipos accionados con combustibles líquidos o electricidad. En otros casos, no tiene el conocimiento tecnológico requerido o trabaja en áreas cuya topografía y extensión le impide el empleo de aquel tipo de equipamiento. En consecuencia, debe recurrir a la potencia animal, a la fuerza de sus propios músculos, a la radiación solar directa, al viento y a la bioenergía, o sea a formas de energía captables en la propia explotación.

En consecuencia, la planificación del sector productivo rural, tal como se realiza normalmente, ignora el aporte de buena parte de la energía proveniente de las denominadas fuentes energéticas tradicionales (viento, radiación solar, bioenergías, fuerza hidráulica de microcentrales y ruedas). Esto es así porque el sector "tradicional" de los productores rurales, emplea un tipo de "tecnología" fundada en conocimientos empíricos transmitidos de generación en generación, y vinculados a la utilización preponderante de energías renovables, o sea internas a la unidad de explotación.

Este tipo de fuentes energéticas renovables, es empleado por los productores "tradicionales" en lugar de los combustibles convencionales y de la energía eléctrica en usos tales como las tareas culturales (arar, sembrar, cultivar, limpiar, cosechar); riego (preparación del terreno, acumulación, derivación y bombeo del agua); bombeo de agua para bebida animal y el secado de la producción.

Por esta razón, cuando los usos o actividades anteriores no se realizan con máquinas y equipos accionados con motores a explosión o eléctricos, el planificador energético no incluye un consumo energético vinculado a la ejecución de dichas actividades. En consecuencia, esos requerimientos de energía son ignorados y no se computa ningún tipo de inversión del sector público para satisfacerlos.

También se ha verificado en América Latina, la casi nula interrelación entre los planificadores del área rural y los energéticos. Aquellos intentan formular planes que implican cambios en el sistema productivo, (por ejemplo alto grado de mecanización y adopción de fertilización inorgánica) o en la ubicación de los asentamientos o en la forma de vida de los pobladores rurales, sin analizar los impactos, por ejemplo sobre los hábitos culturales o sobre el sistema energético o el medio ambiente.

Los planificadores energéticos por su parte no examinan la evolución previsible de los métodos de producción utilizados en el área rural y sus efectos sobre los requerimientos energéticos del poblador rural, de manera que sus estimaciones se basan como ya se indicó solamente en el equipamiento en artefactos, equipos y máquinas propios del sector moderno de la sociedad.

En otros casos, quizá ingenuamente, se hace de la energía o de las "tecnologías apropiadas" la panacea que mejorará las condiciones de vida del poblador rural.

A nuestro entender, un adecuado abastecimiento energético es condición necesaria pero no suficiente para asegurar un desarrollo rural integral.

Es decir que la planificación adecuada de los requerimientos energéticos del área rural (los domésticos y los productivos) exigirá analizar no solamente los métodos de producción o las formas actuales de consumo, sino fundamentalmente cuáles son las variables sociales, culturales, económicas y ecológicas que de alguna forma condicionan los hábitos de vida y la adopción de tecnologías del poblador rural y que luego se reflejarán en sus requerimientos energéticos de todo tipo.

### *7.3.2. Conformación de los módulos homogéneos*

Se definen considerando una serie de variables sociales, culturales, económicas y ambientales.

El hombre en sociedad ha demostrado históricamente que puede modificar, incluso en forma irreversible, el equilibrio del medio natural.

Si bien en el largo plazo el medio social es más dinámico y determinante que el medio natural, en el corto plazo los elementos de este último o los instrumentos materiales pueden llegar a condicionar el medio social.

Así, en el "largo plazo" las variables sociales condicionan o determinan la relación métodos de producción - consumo de energía; mientras que en el "corto plazo" la existencia o la incorporación de una tecnología dada, puede condicionar a su vez las cualidades de las variables sociales.

Además, las variables sociales, económicas y culturales, no son independientes entre sí y generalmente alguna de ellas, en los casos particulares, prevalece sobre las restantes.

En consecuencia, los consumos de energía del aparato productivo rural, dado el bien a producir y la zona donde se desarrollará la actividad, estarán ligados estrechamente a los métodos de producción o "tecnologías" utilizadas, que a su vez, en la mayoría de

los casos, dependerán del contexto social, económico y cultural donde están inmersas las unidades de producción. Por lo tanto, pueden destacarse los elementos que entrarán en juego para definir los módulos homogéneos energéticos de este sector.

Ellos son:

- las características biogeográficas de la zona en que se desarrolla la actividad
- el producto obtenido
- la "tecnología" utilizada
- la infraestructura zonal
- el tipo de unidad de producción
- la tenencia de la tierra
- la asistencia a la producción
- la asociación de los productores
- el medio ambiente

i) Las características biogeográficas, tal cual se mencionara para el sector doméstico, influyen en la capacidad de uso de los suelos para aceptar o no determinados métodos de producción y en consecuencia, afectan los requerimientos energéticos de la unidad de producción. Desde este punto de vista, se puede clasificar a los suelos según su capacidad potencial para desarrollar vegetación perenne y susceptibilidad a la degradación (por ejemplo a la erosión). Así habrá suelos capaces, mediante un buen manejo, de posibilitar el desarrollo de plantas adaptadas (árboles forestales, pastizales, cultivos y pasturas artificiales), es decir, cualquier uso productivo.

Otros tipos de suelos sólo serán aptos para desarrollar pastizales o especies forestales con restricciones muy fuertes para realizar cultivos anuales, salvo por aplicación de técnicas de manejo muy intensivo.

Por fin, ciertos suelos, desde el punto de vista económico, no posibilitarán usos en cultivos anuales, pastos o aprovechamientos forestales continuos.

También debe destacarse aquí la disponibilidad local de recursos energéticos renovables (hidráulicos, eólicos, solares y de biomasa) que pueden orientar la adopción de actividades productivas o decidir el uso de ciertas tecnologías.

ii) El tipo de producto obtenido, influye en cuanto no es lo mismo producir caña de azúcar, que maíz, o criar ganado. En los tres casos las tareas que deben efectuarse implicarán usos diferentes de energía por unidad producida e incluso estructuras diferentes en cuanto a las fuentes energéticas requeridas.

Pero en aquellas unidades de producción donde existan actividades múltiples, será necesario determinar cuál es el producto principal que en definitiva regirá la estrategia del productor, llevando desde el punto de vista energético a la necesidad de apropiar consumos energéticos comunes.

La importancia del producto puede deducirse del análisis de cuatro factores: el volumen producido; la superficie afectada; la inversión necesaria y los ingresos por ventas obtenidos.



- iii) Los "métodos de producción" o "tecnologías" empleadas que pueden diferir para el mismo producto y afectarán la magnitud y tipo de energía utilizada.
- iv) La infraestructura zonal, describe el nivel de desarrollo del área estudiada respecto de la nacional.

Se supone que la presencia o ausencia de infraestructura (redes de electrificación; caminos; vías férreas y frecuencia de los medios de transporte), así como su estado de conservación y la seguridad de utilizarlas, influyen sobre las actividades e incluso el tipo de "tecnología" que puede aplicarse en las unidades de producción, y en consecuencia, sobre sus requerimientos energéticos. Desde el punto de vista económico, es muy probable que las unidades de mayor nivel se encontrarán concentradas en subzonas de mayor desarrollo de la infraestructura que las unidades campesinas.

- v) El tipo de unidad de producción es sin duda la variable de mayor relevancia en el sector productivo rural.

La tipificación de estas unidades debe hacerse por zona biogeográfica y método de producción, teniendo en cuenta aspectos tales como su relación de tamaño con la unidad económica; la posibilidad de acumular capital; el origen familiar o externo de la mano de obra; la existencia o no de asalariados; el nivel de ingreso obtenido y su distribución; el sistema económico al que pertenecen, es decir, si producen para el mercado o para autoconsumo; su relación con el mercado; su influencia sobre el mercado; su dependencia de terceros para comercializar la producción o proveerse de insumos; su acceso a fuentes financieras.

En base a estos aspectos, se puede dividir a las unidades de producción en minifundios, empresas familiares capitalizadas y empresas.

De los aspectos señalados la situación socio-económica mejora partiendo desde el minifundio, pasando por la empresa familiar capitalizada y llegando a la empresa.

Como parece obvio, el sentido anterior será también el que orientará, en general, el método de producción utilizado, en cuanto a la diversificación y magnitud de las fuentes energéticas requeridas.

La importancia relativa de un tipo de unidad en una zona y para un método de producción, se determinará de acuerdo a la superficie; el volumen de producción y la cantidad de unidades de dicho tipo con relación al total de la zona.

- vi) La tenencia de la tierra, vincula a los productores (o sea los que trabajan la unidad) con la posesión y el uso de la tierra.

Así, una tenencia consolidada será aquella que en los hechos coincida con el poder atribuido a la propiedad privada de la tierra. Por el contrario, una tenencia precaria, en el otro extremo, será aquella que manifieste lapsos muy breves e irregulares de uso o posesión.

Por supuesto, que la forma de explotación, el tipo de producto y las tecnologías empleadas estarán claramente influenciadas por el tipo de tenencia y en consecuencia también los requerimientos energéticos.

- vii) La asistencia a la producción registra la influencia por parte de agentes externos al productor en cuanto a prestarle ayuda en su actividad.

La asistencia puede ser crediticia (facilidades financieras en cuanto a montos, plazos y alcances) y técnica (extensión rural, profesional, mantenimiento de equipos).

Muy distintas serán las posibilidades de los productores según la existencia o no de este tipo de asistencias y en consecuencia la adopción de tecnologías y su consecuente consumo energético.

- viii) La asociación de los productores, se tiene en cuenta, ya que se asume que las actitudes de los productores diferirán según que actúen en forma individual o colectiva, frente a los medios locales y externos.

Así, las cooperativas de pequeños productores pueden hacer posible el uso de tractores o cosechadoras o la contratación de agrónomos, que posibilitarán la adopción de determinadas tecnologías a las que no accederían por sí solos.

Como también a mejorar sus relaciones con el mercado donde colocan sus productos o adquieren sus insumos.

- ix) Si bien los aspectos ambientales deberían considerarse especialmente en el análisis de los efectos de la aplicación de los métodos de producción, el caso por ejemplo de técnicas que afecten la productividad del suelo en el mediano plazo, sí puede implicar una modificación en los consumos energéticos. Esto es válido para suelos salinizados por exceso de riego, o erosionados por excesiva roturación, que plantean problemas de recuperación y que exigen cambios en los patrones de uso energético para la producción.

De este conjunto de variables del sistema social, económico y cultural que influye sobre el sector productivo rural, se pueden seleccionar las cuatro siguientes para la caracterización de los módulos homogéneos:

- características biogeográficas de la zona
- tipo de producto obtenido
- tipo de unidad de producción o sistema económico dentro del cual se desarrolla la actividad: sea el comercial o el de subsistencia
- tecnología empleada en la producción

El sector Productivo Rural, independientemente del caso de las plantaciones con fines específicamente energéticos (por ejemplo la caña de azúcar; eucaliptus; leucaena leucocephala, etc.) genera distintos tipos de residuos, denominados rastrojos, de uso energético potencial. Las características del proceso productivo determinan el tipo de uso al que se destinan tales residuos que generalmente suelen incorporarse como mejoradores orgánicos a la capa húmica del suelo, por degradación natural.

La tecnología empleada en cada proceso productivo define no solamente los requerimientos energéticos, sino también los de otros insumos productivos, considerados como requerimientos energéticos indirectos del sector (por ejemplo, fertilizantes y otros agroquímicos; maquinarias y equipos; semillas; etc.) así como los de factores de producción (trabajo, tierra, etc.).

### 7.3.3. Usos, Equipos y Fuentes a considerar

La desagregación del consumo energético para cada módulo, con el objeto de evaluar la energía útil por usos y por fuentes, lleva a plantear en este punto las características no sólo de los usos y las fuentes, sino también del equipamiento que puede ser utilizado en cada etapa del proceso productivo.

Para la desagregación por usos es necesario desagregar las diferentes tareas realizadas en la producción agrícola, pecuaria y forestal según el siguiente detalle:

- a) Tareas culturales: comprenden las correspondientes a la preparación del suelo (arar, carpir, rastrear), siembra o plantación, limpieza, conducción, protección y cosecha. Según los métodos de producción utilizados, las tareas pueden realizarse empleando exclusivamente mano de obra, combinando mano de obra y animales de trabajo, o mano de obra y maquinaria agrícola, o maquinaria agrícola, mano de obra y animales de trabajo.  
El tipo de equipamiento incluye tractores, cosechadoras y sembradoras, o sea fundamentalmente la maquinaria agrícola móvil consumidora de la mayor parte de los combustibles convencionales.
- b) Riego: el uso de agua (proveniente de fuentes superficiales o subterráneas) en el riego puede efectuarse a través de motobombardos accionados con combustibles o electricidad, molinos de viento, bombas manuales, fuerza animal, ruedas hidráulicas, o simplemente por gravitación.
- c) Bombeo de agua: para bebida de ganado. Los medios de uso alternativo son los explicitados en b).
- d) Actividades pecuarias, y en talleres e iluminación: se refieren a la cría y engorde de ganado en instalaciones específicas, así como a la extracción, enfriamiento y tratamientos de la leche previos a su comercialización o industrialización doméstica; y a la reparación de la maquinaria y herramientas en la unidad de producción. Estas actividades pueden requerir consumos energéticos directos en motores y equipos específicos, y en la iluminación de las instalaciones.
- e) Transporte de apoyo a la producción: se trata del que requiere el proceso productivo. Puede realizarse mediante automotores; tracción animal o trabajo humano.
- f) Transporte de apoyo a la comercialización: es el efectuado desde la unidad de producción hasta los centros de acopio o venta. Puede realizarse mediante automotores y tracción animal.

- g) Fertilización inorgánica: es la incorporación de nutrientes inorgánicos a los suelos. Los consumos energéticos de esta actividad están incluidos en a) y e).
- h) Mejoradores orgánicos: es la materia orgánica que se incorpora a los suelos a través de los residuos de las cosechas y de los excrementos de los animales. Los residuos y los excrementos pueden provenir de los cultivos y existencias pecuarias de la parcela en cuyos suelos son incorporados. En este caso, los consumos energéticos para la incorporación (el arado, por ejemplo) están incluidos en a) y por lo tanto no debe agregarse ningún consumo energético.
- i) Tratamiento con agroquímicos: es el uso de pesticidas, herbicidas, insecticidas, etc., en pre y post siembras, en plantaciones, y a las existencias pecuarias. Los consumos energéticos están incluidos en a) excepto los relacionados con la fumigación aérea realizada por el propio establecimiento.

De este modo, los usos asociados a estas tareas serían:

- Fuerza Mecánica Móvil(Tractores y Maquinaria Agrícola)
- Fuerza Mecánica Fija (Motores Fijos)
- Riego
- Bombeo de Agua
- Refrigeración
- Calóricos
- . Calefacción
- . Calentamiento Agua
- . Secado
- Iluminación
- Transporte

En cuanto a las fuentes energéticas normalmente utilizadas en los diferentes usos incluyen leña, residuos de biomasa, energía eólica, kerosene, electricidad, alcohol, fuel oil, gas oil, gasolina.

De esta forma se podrán considerar los diferentes rendimientos en cada equipo de la fuente consumida en un uso determinado, para determinar la energía útil a nivel de rendimientos de producción.

En el caso de este sector, en la mayoría de los países el uso dominante es el de la fuerza motriz (sea en maquinaria fija o móvil, bombeo o riego) representando aproximadamente un 80 a 85% de la energía útil requerida <sup>(43)</sup>. Por esto, al tratar de evaluar los rendimientos de utilización, nos encontramos con que los mismos dependen básicamente de las condiciones del suelo, siendo estas condiciones poco modificables y no susceptibles de implementación alguna en lo que a conservación de la energía se refiere <sup>(44)</sup>.

En puntos anteriores, se presentaron cuatro variables cualitativas para la definición de los módulos homogéneos (características biogeográficas, producto, tipo de unidad de producción - comercial o subsistencia - y tecnología). Para la determinación de las

---

(43) Ver a) IDEE "Balance Energético de la Provincia de Entre Ríos" Sector Productivo Rural.  
b) CEE-PNUD-OLADE op. cit. ejemplo de Colombia.

(44) Ver CEE-PNUD-OLADE op. cit., Sector Agro-Pesca-Minería, Subsector Agricultura.

cantidades consumidas para cada módulo es necesario agregar las siguientes variables cuantitativas:

- nivel de actividad
- superficie sembrada y cosechada

que tienen una influencia mayor sobre los consumos energéticos que el precio de las fuentes.

En efecto, en condiciones normales de producción y una vez que el productor agropecuario haya adoptado el tipo de tecnología o un cierto grado de mecanización (para lo cual intervinieron otras variables como el precio del equipamiento, el precio del bien producido, las políticas de financiamiento, etc.), el consumo energético estará directamente ligado a la cantidad producida (o nivel de actividad) y al grado de utilización del equipamiento (que será función de la superficie sembrada y cosechada) independientemente del precio de la energía.

## **7.4. Sector Transporte**

### *7.4.1. Conformación de módulos homogéneos*

En este sector se analizarán los distintos medios generalmente utilizados para el movimiento de personas y mercancías dentro de las fronteras de un país, dando origen al tratamiento del transporte terrestre -carretero y ferroviario-, aéreo, fluvial y marítimo, y en cada caso considerando los diferentes medios.

A diferencia del resto de sectores, en el caso del transporte es necesario tener presente que la sustitución entre fuentes energéticas puede obedecer ya sea a la sustitución directa de una fuente por otra para un medio determinado (gasolinas por alcohol en el transporte individual de personas, gas oil por energía eléctrica en ferrocarril), o a sustituciones indirectas originadas por la sustitución entre medios (ferrocarril que sustituye al ómnibus o camión) lo cual puede generar, a su vez, una sustitución entre fuentes.

Una primera desagregación que se debe considerar en este sector es la referente al transporte de personas y cargas, ya que los determinantes de los requerimientos energéticos en cada caso son sustancialmente diferentes.

A su vez, en el transporte de personas será necesario considerar las siguientes desagregaciones:

- transporte individual y transporte colectivo
- para ambos la distinción de áreas urbanas e interurbanas
- para las áreas urbanas puede ser importante la diferenciación según el tamaño de las localidades
- finalmente, la consideración de los diferentes medios utilizados en cada caso.

Por otra parte, para el transporte de cargas se deberán distinguir:

- la corta de la larga distancia
- para carga en corta distancia puede ser importante la diferenciación entre tamaño de las ciudades
- finalmente, los medios utilizados en cada caso.

En ciertos casos, la diferenciación entre transporte de carga y transporte de personas no es tan nítida como a priori puede parecer. En efecto, es común observar en zonas rurales de ciertos países de A. Latina, camiones que transportan pasajeros encima de los bultos y autobuses que conjuntamente con los pasajeros llevan cantidades no despreciables de carga. Esto llevaría a considerar, en caso de ser necesario, una apertura adicional que es la consideración del transporte en zonas rurales.

Finalmente, es necesario precisar el tratamiento que se le debe asignar al transporte internacional. Anteriormente se dijo que se trataría aquí del movimiento de personas y cargas dentro de las fronteras de un país, sin embargo en muchos casos el consumo de energía originado por el transporte internacional puede ser sumamente importante, en cuyo caso se presentará como módulo independiente del resto.

#### *7.4.2. Usos, Fuentes y Equipos utilizados en el Sector*

Desde un punto de vista físico la energía útil correspondiente al sector transporte es fuerza mecánica, con lo cual el uso único será el de fuerza motriz.

No se tomarán en cuenta usos marginales tales como iluminación, aire acondicionado y calefacción del vehículo por ser de escasa magnitud frente a la energía mecánica y porque en definitiva son suministrados a partir de dicha fuerza mecánica.

Sí es importante considerar el tipo de máquina que produce la fuerza mecánica, dado que al analizar las posibilidades de sustitución entre fuentes energéticas y/o medios de transporte, las eficiencias de las máquinas son considerablemente disímiles.

Un primer listado de las máquinas que producen energía mecánica en el transporte son:

- motores de combustión interna
- motores a inyección
- motores eléctricos
- máquinas a vapor
- motores diesel-eléctricos
- turbinas

Los diferentes medios de transporte que pueden considerarse incluyen: automotores con motores otto o diesel, motocicletas, ómnibus, tranvías, trolleybus, subterráneo, ferrocarril, taxis, aviones, barcos y camiones. Es necesario remarcar aquí que al cruzar la información de las fuentes energéticas consideradas para cada medio surge casi unívocamente el tipo de máquina o motor utilizado. Por ejemplo, en el caso del ferrocarril al considerar la leña, el carbón o el fuel oil, se estará en presencia de máquinas a vapor, en el caso del automóvil particular al considerar la gasolina y/o el alcohol se tratará de motores de combustión interna.

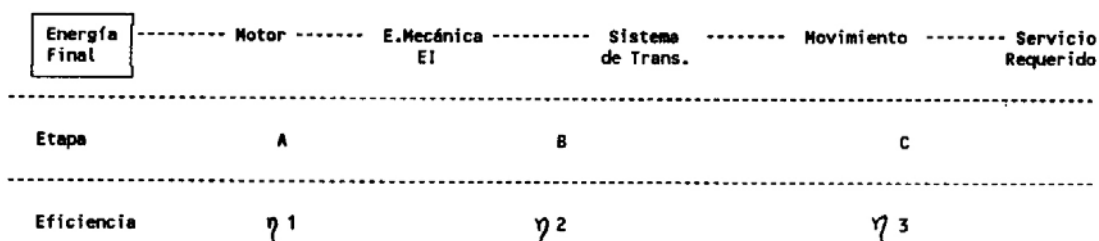
Esto no quiere decir que las eficiencias sean las mismas, ya que obviamente los rendimientos dependen tanto del tipo de motor o máquina como de la fuente utilizada.

El tratamiento de la energía útil en el caso del sector transporte, cualquiera sea el medio utilizado, merece ser analizado con detenimiento. En efecto, como se dijo para el caso del sector industrial, la existencia de pérdidas tanto de transformación (las originadas por el equipo que convierte una forma de energía en otra), como de utilización (las originadas por los procesos de utilización posteriores a la transformación en una forma útil de energía), adquieren particular importancia en este sector.

En cuanto a la consideración del equipamiento para medir la eficiencia de transformación, son varios los casos que pueden presentarse por lo que será necesario que cada medio y fuente considerados (módulo), tengan una clara definición del equipamiento respectivo.

Si se toma el caso de un automóvil cuyo objetivo es transportar una persona durante una cierta distancia, la energía útil sería la consecuencia de tomar en cuenta una serie de rendimientos que se producen desde la primera conversión de energía hasta la satisfacción de la necesidad, en este caso el desplazamiento de la persona en una distancia determinada.

El siguiente esquema trata de resumir las diferentes etapas, con sus respectivas eficiencias, a considerar:



El motor de combustión interna produce energía mecánica con una cierta eficiencia (1). En A se produce la primera y única conversión de energía química en mecánica.

En B y C no hay conversión de energía, sin embargo se producen pérdidas, por lo tanto hay eficiencias a contemplar para el cálculo de la energía útil. En este caso, si se adoptara al conjunto del automóvil como "equipo" la eficiencia de producción será  $\eta_1 \times \eta_2$  (donde  $\eta_1$  es la eficiencia de la conversión, y  $\eta_2$  la eficiencia de "Otros Procesos", menor a la sola eficiencia de conversión normalmente utilizada). En cambio  $\eta_3$  determina la eficiencia de uso.

La importancia de contemplar este tipo de mediciones radica en la posibilidad de discriminar los orígenes de considerables pérdidas que ocurren luego de la primera conversión de la energía. Esto constituye una base elemental para cualquier tipo de política en conservación de energía que se desee implementar.

Estas mediciones se han realizado no sólo en ciertos países de Europa, sino también en algunos países de América Latina (Colombia y Perú) <sup>(45)</sup>.

#### 7.4.3. *Determinantes de los Requerimientos Energéticos*

Los determinantes de los requerimientos energéticos deben ser analizados para cada módulo, ya que como se dijo anteriormente, los mismos están ligados tanto a la "competencia" entre medios de transportes, como a la combinación fuente-medio de transporte.

En primer lugar es necesario separar el caso del transporte internacional, tanto de personas como de mercancías, el cual está estrechamente ligado al contexto internacional y por lo tanto debe separarse de los módulos usados para analizar el transporte interno.

Asimismo, el transporte internacional aéreo está basado esencialmente en las personas, el transporte internacional marítimo o fluvial está ligado a cargas. En el primer caso, el tráfico internacional de personas por vía aérea se ha desarrollado rápidamente desde la década de los setenta, debido a dos causas principales: la política de turismo y el crecimiento económico interno; en el segundo caso, en la mayoría de los países, el principal determinante es el nivel de transacciones realizadas en el comercio exterior.

También es frecuente encontrar en la mayoría de los países que los consumos asociados al tráfico internacional, tanto de personas como de mercancías, son computados como "bunker".

En todos los casos del transporte interior, es decir en el análisis de los módulos homogéneos dentro de las fronteras de un país, el consumo energético responde a la ecuación:

$$CE = A \times B \times C$$

donde:

CE es el consumo energético total

A es el parque (medido en unidades)

B es el kilometraje recorrido (kilómetros al año)

C es el consumo específico (litros, o Kcal/kilómetro)

Esta forma de cálculo se refiere a la "oferta" del sector, medida en Vehículos-Kilómetros (A x B). Asimismo, puede calcularse el consumo a partir de la "demanda del sector", o sea a partir de los pasajeros-kilómetro o toneladas-kilómetros, lo cual sería más próximo al concepto de necesidad de transportar -sean personas o mercancías-. Sin embargo se prefiere el cálculo a partir de la oferta, para lo cual se parte de la demanda y se calcula la oferta en función de otras variables (coeficiente de ocupación, capacidad útil por vehículo), ya que es en realidad el vehículo-kilómetro el que explica el consumo de energía.

---

(45) Ver valores de rendimientos para el caso de Colombia en "Metodología para la elaboración del Balance Energético en términos de Energía Util" CEE-PNUD-OLADE, op. cit. Sector Transporte.



De esta forma, al presentar el sector transporte un solo USO ENERGETICO, los determinantes de los requerimientos energéticos serán propios de cada una de estas variables, tanto de la oferta como de la demanda, en cada módulo homogéneo.

Así, en el transporte individual, mientras que el parque de vehículos es función de la política de ingresos (e industrial si el país es productor de vehículos), el kilometraje recorrido es función del precio de la gasolina y de la política sobre el transporte colectivo. En efecto, en el primer caso, la tasa de motorización (medida como la relación vehículos/habitantes) es directamente proporcional a la distribución del ingreso, ya que a distribuciones más igualitarias del ingreso se observa una mayor tasa de motorización; en el segundo caso, mientras el precio de la energía es un determinante de corto plazo (ante una suba sustancial de los precios menor es el kilometraje recorrido por vehículo), la política sobre el transporte colectivo hará disminuir o aumentar, en el mediano o largo plazo, el kilometraje medio recorrido <sup>(46)</sup>.

Respecto de la tercera variable, es decir el consumo específico, los determinantes están íntimamente ligados a la evolución tecnológica, como así también el estado del motor-carburador, el estado del sistema auxiliar (encendido-inyección), el sistema de transmisión, el diseño de las llantas y el diseño aerodinámico del vehículo. Pero también estará ligado a condiciones de tránsito, de aquí la importancia de considerar en la apertura de los módulos al tamaño y/o localización de las ciudades <sup>(47)</sup>.

En cambio, en el caso del transporte colectivo, a diferencia del caso anterior, los determinantes son otros. En efecto, el parque de cada módulo depende fundamentalmente de la política de transporte público, (de la oferta de unidades volcadas a la satisfacción de las necesidades de desplazamiento, por ejemplo la política sobre sustitución entre medios (caso del ferrocarril o subte versus el ómnibus), el kilometraje recorrido es función de los coeficientes de utilización (por ende de las plazas-kilómetros ofrecidas) y no del precio de la energía.

En cuanto al transporte de carga de corta distancia, los determinantes, tanto del parque como del kilometraje, al no existir medios competitivos (únicamente es utilizado el camión, ya que los "pipes" o distribuciones por redes fijas no han penetrado por el momento) dependen de la actividad económica en su conjunto, en particular del desarrollo de las actividades secundarias y terciarias de la economía.

En el transporte de cargas de larga distancia, intervienen otros determinantes. En primer lugar el parque depende de una política sobre los diferentes medios, ferrocarril-camión-barco, seguidamente el kilometraje recorrido depende tanto de actividades esencialmente secundarias como primarias, y de los coeficientes de ocupación, como así también de las condiciones geográficas en que se realiza dicho transporte. Sabido es el caso de muchos países que concentran una gran parte de la población en la metrópolis, y aún disponiendo de infraestructura ferroviaria utilizan al camión como medio para el transporte de mercancías de larga distancia, con consumos específicos por tonelada-kilómetro muy superiores al del ferrocarril y con coeficientes de utilización cercanos al 50%. Otro ejemplo, se puede dar en el caso argentino, en que la casi totalidad de la madera producida en zonas ribereñas, con infraestructura portuaria para

---

(46) Ver B.CHATEAU y B. LAPILLONNE, "Energy, ...." op cit.

(47) Ver MINISTERE DES TRANSPORTS DE FRANCE. "Les consommation dans le secteur transport", ed. La Documentation Française. Paris 1982.

canalizar la producción hacia los lugares de consumo por vía fluvial, la misma se realiza por medio del camión.

## 7.5. Sector Servicios

### 7.5.1. Desagregación en módulos homogéneos

Dentro del sector Servicios se incluye una variedad de actividades comerciales, de servicios y de la actividad pública, en las cuales las características del consumo energético son sustancialmente diferentes.

La desagregación del sector en un conjunto de subsectores cuyas actividades sean relativamente homogéneas, tanto en lo que se refiere a su requerimiento energético como a la evolución de su nivel de actividad, resulta imprescindible.

La heterogeneidad de este sector, implica que la definición de los subsectores debe estar necesariamente ligada a la organización de la información macroeconómica, dado que cualquier análisis de requerimientos energéticos, como se verá más adelante, se basa en la vinculación de los consumos energéticos y el nivel de actividad de la rama que se trate.

En el Cuadro N° III.7, se detallan las actividades incluidas en las grandes Divisiones 4, 6, 7, 8 y 9 de la Clasificación CIIU-Rev. 2, que en líneas generales constituyen el sector Servicios.

De la Gran División 4, sólo la División 42 (obras hidráulicas y suministro de agua) se considerará formando parte del sector, ya que la División 41 (Electricidad, Gas y Suministro de Vapor y Agua Caliente) debe ser tratada dentro de las actividades productoras de energía.

Si bien esta clasificación cubre la amplia gama de actividades que constituyen el sector, es necesario puntualizar que la información normalmente registrada en los sistemas estadísticos (tanto energéticos como socioeconómicos) se circunscribe a los servicios formalmente establecidos y no cubre las actividades informales, que en algunos países de la Región pueden ser relevantes.

La conformación en módulos homogéneos puede partir entonces, de la consideración de las distintas regiones ambientales; cada región en área urbana y rural; seguidamente el tipo de actividad perteneciente a cada subsector; y finalmente, la consideración de las especificidades de cada tipo de actividad. De esta manera, la conformación de los módulos en el Sector Servicios sería:

Región	Area	Rural	Tipos de Actividad	Especific. de cada Actividad	UC <sub>1</sub>
Ambiental		Urbana			
					.
					UC <sub>i</sub>

Si bien desde el punto de vista energético los perfiles de consumos son diferentes según el tipo de actividad, es necesario reducir el número de actividades (pasaje de la teoría al método), para lo cual se deben fijar ciertos criterios sobre la base de:

- lograr una relativa homogeneidad en cuanto al tipo de uso energético en cada subsector.
- desagregar aquellas actividades cuya evolución relativa al sector puede variar sustancialmente según el tipo de política que se aplique.

A título de ejemplo puede mencionarse un agrupamiento de las mismas en los siguientes subsectores:

- Servicios Públicos Básicos
- Educación
- Salud
- Comercios
- Resto del Sector

Que el nivel de desagregación propuesto resulte suficiente o no para un buen análisis del comportamiento de los consumos, dependerá del grado de complejidad del Sector en los países, de la importancia que el sector tenga en el consumo energético total del país <sup>(48)</sup>, así como de la variedad de actividades y sus especificidades que se incluyen en cada subsector. En efecto:

**Cuadro N°III.7**  
**Clasificación CIIU del Sector Comercial, Servicios y Público**

División	Agrupación	Grupo	Actividad
41	410		Electricidad, Gas y Agua
42	420	4200	Obras hidráulicas y suministro de agua
61	610	6100	Comercio al por Mayor
62	620	6200	Comercio al por Menor
63	631	6310	Restaurantes y Hoteles
			Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas
	632	6320	Hoteles, casas de huéspedes, campamentos y otros
71			Transporte y almacenamiento
72			Comunicaciones
81	810		Establecimientos financieros
82	820	8200	Seguros
83	831	8310	Bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas
	832		Bienes inmuebles
			Servicios prestados a las empresas, exceptuando alquiler y arrendamiento de maquinaria y equipo
	833	8330	Alquiler y arrendamiento de maquinaria y equipo
91	910	9100	Administración pública y defensa
92	920	9200	Servicios de saneamiento y similares
93			Servicios sociales y otros servicios comunales conexos
	931	9310	Instrucción pública
	932	9320	Institutos de investigaciones y científicos
	933		Servicios médicos y odontológicos y otros serv. De veterinaria
	934	9340	Instituciones de asistencia social
	935	9350	Asociaciones comerciales, profesionales y laborales
	939		Otros servicios sociales y servicios comunales conexos
94	941		Servicios de diversión y otros servicios de esparcimiento
	942	9420	Películas cinematográficas y otros serv. De esparcimiento
			Bibliotecas, museos, jardines botánicos y zoológicos y otros servicios culturales, nep
	949	9490	Servicios de diversión y esparcimiento
95	951		Servicios personales y de los hogares
	952	9520	Servicios de reparación
	959		Lavanderías y servicios de lavandería, establecimientos de limpieza y teñido
			Servicios personales directos
96	960	9600	Organizaciones internacionales y otros organismos extraterritoriales

(48) Ver "Metodología para la elaboración del Balance Energético en términos de Energía Util" CEE-PNUD-OLADE, op. cit. Sector Comercial, Servicios y Público.

- Dentro del subsector Servicios Públicos Básicos, se incluye al alumbrado público, al abastecimiento de agua potable y los desagües sanitarios. Desde el punto de vista de los usos energéticos, la primer actividad define el uso: iluminación, en cambio en las otras dos el uso principal es la fuerza motriz.
- En la educación, quizá sea importante separar las escuelas con comedor de las que no lo tienen (lo que determinará participaciones de usos sustancialmente distintas).
- En salud, puede ser menester desagregar los establecimientos sanitarios con y sin internación.
- Los comercios, desagregarlos en minoristas, mayoristas, restaurantes, hoteles.
- En el resto del sector se engloban una serie de actividades, como oficinas públicas, servicios personales, actividades financieras, etc. que presentan en general usos similares.

Pero quizá lo más importante de la necesidad de esta desagregación y contemplar las especificidades de cada actividad, radique en la determinación de la variables explicativas y/o determinante de los requerimientos.

#### *7.5.2. Análisis de los Usos, Fuentes y Equipos Utilizados*

Las actividades que se consideran en cada uno de los subsectores presentan desde el punto de vista energético usos muy diferentes, que van, por ejemplo, de un predominio de usos calóricos (cocción, calentamiento de agua) correspondientes a actividades tales como Restaurantes y Hoteles, a un predominio de usos tales como la iluminación y aire acondicionado en los grupos actividades tales como Comercios, Establecimientos Financieros y Administración Pública. Asimismo, hay actividades que presentan un único uso y una única fuente como es el caso del Alumbrado Público.

Los usos o propósitos para los cuales se emplea la energía en el sector son similares a los del sector Residencial, que se puede sintetizar en los siguientes:

- Calefacción
- Cocción
- Calentamiento de Agua
- Aire Acondicionado-Ventilación
- Ventilación
- Refrigeración
- Fuerza Mecánica
- Otros Usos

En el caso del sector Comercial, Servicios y Público las características y el tipo de equipamiento empleado en la categoría Otros Usos presenta una enorme diversidad entre las diferentes actividades que conforman el sector.

En la mayoría de los casos se tratará fundamentalmente de usos calóricos tales como secado en tintorerías, en actividades como el servicio de salud pública (hospitales) de

esterilizaciones, etc., usos éstos que pueden tener diferentes tipos de equipos asociados.

Los equipos y las fuentes que confluyen a este sector suelen ser similares a las observadas en el sector residencial.

En algunos casos el equipamiento puede ser común para más de un propósito o uso energético: por ejemplo la utilización de una única caldera para la calefacción y el calentamiento de agua con fines sanitarios.

Esta es una situación similar a la planteada en el sector Industrial con la producción de vapor en una caldera con diferentes propósitos o usos finales (abastecer las necesidades de vapor del proceso productivo, autoproducción eléctrica, fuerza mecánica).

### *7.5.3. Variables explicativas o determinantes de los consumos energéticos*

Al igual que en los otros sectores, a las variables de carácter cualitativo que sirvieron para la conformación de los módulos homogéneos, deben agregarse otras de carácter cuantitativo que aportarán a la explicabilidad del consumo energético. Desde este punto de vista, tres son las variables a considerar: nivel de actividad, precio del equipamiento, y precio de las fuentes.

Este es un sector especialmente difícil para determinar la variable indicativa del nivel de actividad que mejor explica las características del consumo energético, precisamente por la diversidad de actividades que engloba.

De esta forma, en el método, se debe optar por ciertas variables que determinan el nivel de actividad según el subsector que se trate:

- personas servidas en Servicios Públicos Básicos.
- número de camas en hospitales con internación.
- número de plazas en hoteles.
- personal ocupado en comercios y resto del sector.
- número de alumnos en educación.
- monto de ventas en comercios (en general para estos establecimientos no se dispone de información sobre el valor agregado por establecimiento, aunque sí a nivel subsectorial).

Por otra parte, a diferencia de los sectores Productivos, donde el requerimiento energético del usuario está siempre determinado por el proceso de producción y el nivel de actividad, en el caso del sector Servicios los requerimientos del usuario estarán asociados en muchos casos, aparte del nivel de actividad, al nivel de confort y/o de mecanización existentes en las diferentes actividades.

Es decir, que de la misma forma que en el sector industrial se incluyó a la tecnología como característica importante de los consumos por usos, en el sector Servicios será necesario incluir al nivel de confort y/o mecanización.

Este nivel de mecanización y/o confort implica la existencia de un equipamiento, por lo que el precio del equipamiento pasa a ser otra de las variables explicativas.

El precio de las fuentes energéticas aparece como la última, pero no menos importante, de las variables explicativas que según la actividad que se trate puede jugar un rol principal, en otros casos jugará un rol para las posibilidades de sustitución entre fuentes.

## ANEXO

### 1. "Analysis of Profiles of Income Distribution and Energy Consumption in the Residential Sector" (COPPE-UFRJ)<sup>(49)</sup>

#### 1.1. Principales conclusiones

Este importante trabajo responde a varios de los interrogantes antes planteados, considerando las diferentes fuentes en distintos usos para cinco niveles de ingreso y siete regiones de Brasil, lo que constituye un avance para el conocimiento de la problemática energética de este país.

Las principales conclusiones a las que se llega en este documento se pueden sintetizar en:

- a) La energía utilizada en cocción representa alrededor del 70% del consumo total útil del sector según puede observarse en el Cuadro Resumen N° III.A.1. Esta participación aumenta al 94% si se considera el consumo medido en energía neta.  
Asimismo, en el nivel más bajo de ingreso la cocción representa el 98,7% y 94,3% de la energía total neta y útil respectivamente, mientras que en el nivel más alto de ingreso dichas participaciones son del 84% y 53%.
- b) Si bien el consumo neto por familia de los ingresos más bajos (I y II) son superiores a los del resto, no ocurre lo mismo con el consumo útil por familia. En efecto, los altos ingresos consumen entre 2 y 2,5 veces más que el nivel bajo. Estas diferencias son más notables si se consideran usos tales como calentamiento de agua y artefactos electrodomésticos donde las diferencias entre el nivel más alto y más bajo es de 55 y 30 veces respectivamente; en cuanto a iluminación y cocción las diferencias son de 3,1 y 1,6 veces.
- c) Del total de la energía eléctrica consumida, el 73,6% está concentrado en los ingresos más altos (IV y V), el 24% en los niveles (II y III) y sólo el 2,4% en el nivel más bajo<sup>(50)</sup>.

Asimismo, sólo tres usos representan el 82,5% del total de energía eléctrica: conservación de alimentos 31,7%, calentamiento de agua 26,2% e iluminación el 24,6%. Es necesario precisar que sólo el 48% de las viviendas está electrificada, presentando el área urbana una electrificación de prácticamente el 100% y el área rural sólo del 2%<sup>(51)</sup>.

---

(49) COPPE-UNU; Analysis of Profiles of Income Distribution and Energy Consumption in the Residential Sector", Brasil, 1984.

(50) Ver COPPE, op. cit., Cuadro N° 7, pág. 30.

(51) Ver COPPE, op. cit. Cuadro N° 6. pág. 29; Cuadro N° 9, págs. 32 y 45.

Cuadro N° III.A.1  
Consumo útil total del sector residual de Brasil  
según usos y niveles de ingreso  
(10<sup>6</sup> Mcal)

	I	II	III	IV	V	TOTAL	
						106 Mcal	%
Esparcimiento	45.9	121.1	149.7	158.7	420.0	895.5	2.8
Servicios	123.3	539.9	768.5	891.2	2563.7	4886.6	15.1
Aire acondicionado	1.9	10.3	24.8	30.7	192.1	259.8	0.8
Cal de Agua	50.8	286.0	471.9	617.7	1911.2	3337.6	10.3
Iluminación	1171.1	80.4	212.8	74.3	248.4	733.0	2.2
Cocción	5708.0	5110.0	2820.7	2578.1	6111.0	22327.8	68.8
106Mcal	6047.0	6147.8	4448.4	4350.7	11446.4	32440.3	
TOTAL							
%	18.6	19.0	13.7	13.4	35.3		100.0
Consumo/flia Ener- gía Neta	16856.0	18697.0	11654.0	12269.0	11429.0	14872.0	
(Mcal/flia)E.Útil	976.0	1492.0	1741.0	2143.0	2704.0	1691.0	

Fuente: Elaborado a partir de COPPE - op. cit. - Cuadro N° 14, pág. 43.

- d) En el Cuadro N° III.A.2 se resumen las participaciones de las fuentes medidas en energía neta y útil por nivel de ingreso y en el total de las familias. La leña representa, tanto en energía neta como en energía útil, los porcentajes más elevados (86,7% y 38,1%), luego el GLP con (7,5% y 30,5%) y finalmente la energía eléctrica (4,3% y 28,7%), siendo marginales las participaciones del kerosene y el gas distribuido. Los niveles bajos (I y II) de ingreso presentan una alta participación de la leña tanto en energía neta como útil explicada por lo expresado precedentemente en el parágrafo a) respecto a la cocción. En cambio en los niveles altos (IV y V), teniendo en cuenta la energía útil, las altas participaciones de la energía eléctrica y el GLP son explicadas porque justamente esos niveles de ingreso tienen acceso al equipamiento necesario para utilizar dichas fuentes y, por otra parte, porque gran parte de la cocción es realizada con GLP <sup>(52)</sup>.
- e) Si bien el consumo eléctrico en esparcimiento es relativamente bajo respecto al total de energía eléctrica consumida, en los bajos ingresos muestra una participación considerable lo que muestra una tendencia de las familias pobres a comprar un equipo de T.V. antes de comprar otro tipo de equipamiento <sup>(53)</sup>.

(52) Ver estudio detallado sobre cocción en COPPE, op. cit., pág. 73.

(53) Ver COPPE, op. cit. pág. 42.



Cuadro N° III.A.2  
Participación de las distintas fuentes en cada nivel de ingreso  
en energía neta y energía útil  
(%)

		I	II	III	IV	V	TOTAL
Leña	EN	97.3	93.4	81.2	75.0	63.0	86.7
	EU	84.1	58.5	27.2	21.5	13.3	38.1
LPG	EN	1.3	4.4	11.9	14.0	20.0	7.5
	EU	10.3	24.6	35.8	36.9	38.5	30.5
Gas distribuido	EN	-	-	0.1	1.1	1.5	0.4
	EU	-	-	0.5	3.3	3.3	1.7
Kerosene	EN	1.1	0.8	1.1	1.7	1.7	1.1
	EU	1.8	1.0	0.7	0.9	0.7	1.0
Ener.Eléctrica	EN	0.3	1.4	5.7	8.2	13.8	4.3
	EU	3.8	15.9	35.8	37.7	44.2	28.7
TOTAL	EN	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	EU	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

(\*) Cifras entre paréntesis expresada en Energía Util.

Fuente: Elaborado a partir de COPPE, op. cit. Cuadro N° 15, pág. 44

- f) Las diferencias climáticas se manifiestan como un factor relevante a tener en cuenta ya que por ejemplo Río de Janeiro a pesar de tener casi la mitad de hogares que San Pablo, cuenta con 15.000 equipos de aire acondicionado más que San Pablo.

En resumen, estas son las principales conclusiones a que arriba dicho trabajo. Las mismas se basan en un trabajo metodológico que liga las características de los consumos a los diferentes niveles de ingreso, teniendo en cuenta el tipo de equipamiento, horas de consumo y consumos específicos de cada equipo.

### Curvas de desigualdad de los consumos por grupos

Si bien en el estudio citado se analizan los consumos por familias para cada nivel de ingreso por fuentes y usos, se considera de importancia analizar cuál es la participación de cada estrato social en el consumo total energético útil y en qué forma participan las fuentes en cada nivel de ingreso, para lo cual se elaboraron los Cuadros, antes mencionados, observándose que:

- Los ingresos bajos (I y II) participan en partes iguales, 19% cada uno, en el consumo total de energía útil, los ingresos más altos V absorben el 35,3% y los grupos III y IV participan con 13% cada uno.
- Excepto en cocción e iluminación, en el resto de usos, el nivel de ingreso más elevado concentra más del 50% del consumo total.
- Del consumo total útil del grupo I, las principales fuentes consumidas son la leña (84%) y en menor medida el GLP (10%) siendo el resto marginal. En cambio, en el grupo V, la energía eléctrica (44,2%), y el GLP (38,5%) son las fuentes preponderantes. Si bien la leña presenta una participación relativamente baja

(13,3%) con respecto a los niveles I y II, la misma es significativa, siendo marginal la importancia del resto de las fuentes.

Aparte de las conclusiones avanzadas en el punto anterior, se sugiere el análisis de las desigualdades registradas en los consumos totales y de las fuentes según los niveles de ingresos considerados. Los valores para dichas apreciaciones se vuelcan en el Cuadro N° III.A.4 y se obtuvieron de la información suministrada en el trabajo de base, excepto para la distribución del ingreso.

Para obtener valores de los ingresos medios de cada estrato y la distribución correspondiente, se procedió de la siguiente forma:

- a) Para los grupos II, III y IV se tomó la media de cada intervalo.
- b) Para el grupo I, se supuso un ingreso medio de un salario mínimo.
- c) Para el grupo V, se estimó el ingreso medio a partir de los datos suministrados por dos trabajos <sup>(54)</sup> en los que el 20% de la población que recibe los mayores ingresos concentra el 62,3% del ingreso total. De esta forma se supuso que el 23% de la población perteneciente al estrato V percibía el 64% del ingreso total, obteniéndose así un ingreso medio para el grupo V de 18 salarios mínimos.

A partir de la información obtenida en los Cuadros N° III.A.3 y III.A.4 se construyó la Figura N° III.A.1 donde se puede observar que:

- a) La curva de mayor desigualdad es la de distribución del ingreso, representada por la curva 8.
- b) La energía eléctrica es la que presenta un mayor grado de desigualdad entre las fuentes energéticas.
- c) La leña y en menor medida el kerosene pueden ser considerados dentro de la categoría de bienes básicos inferiores, ya que la curva correspondiente está por encima de la equidistribución. Dicho de otra forma, la población de bajos ingresos concentra la mayor parte de los consumos de leña y kerosene.
- d) Lo expresado en c) y el hecho que la leña representa el 86,7% de los consumos de energía neta son las causales que la curva del consumo neto total (curva 2) presente una distribución por encima de la equidistribución, es decir, que los bajos ingresos concentran gran parte del consumo de energía neta total, lo cual obviamente no refleja la situación respecto a la satisfacción de las necesidades energéticas de cada nivel de ingreso. La ubicación en esta figura de las curvas de energía neta y de energía útil muestra la importancia de utilizar este último concepto en el análisis.
- e) La curva del consumo energético útil (curva 5) merece ser explicada detenidamente. Pareciera que existe muy poca desigualdad en la distribución del consumo de energía útil de los diferentes estratos, ya que la curva

---

(54) Carlos Langoni: "Distribuição Da Renda E Desenvolvimento Economico Do Brasil", Ed. Expressao E Cultura, R. Janeiro, 1973, página 64.  
Marcia C. Tabares: "Da Substituição De Importações Ao Capitalismo Financeiro", Ed. Zahar, R. Janeiro, 1974.

correspondiente se aproxima bastante a la de equidistribución. Por lo tanto, podría afirmarse que, cualquiera sea la distribución del ingreso no existiría una gran desigualdad en la distribución del consumo de energía útil; es decir, que la población consume "equitativamente" la energía necesaria para abastecer sus necesidades.

**Cuadro N° III.A.3.**  
Estructura de las familias en cada región por nivel de ingreso (%)

	I	II	III	IV	V	TOTAL	TOTAL REGION
Río de Janeiro	12.7	20.3	17.9	15.4	33.7	100	11.3
San Pablo	11.6	18.6	16.7	15.5	37.6	100	21.8
MG/ES	38.1	23.9	12.2	8.8	17.0	100	13.5
Sur	20.8	25.4	16.8	13.3	23.7	100	18.5
Distrito Federal	8.1	14.8	17.0	15.6	43.7	100	0.7
Norte	19.8	25.1	16.8	12.6	25.8	100	3.9
Noreste	61.4	20.4	7.1	4.1	7.0	100	30.3
Brasil	32.4	21.5	13.3	10.6	22.1	100	100.0

**Cuadro N° III.A.4.**  
Distribución de los consumos por niveles de ingresos para varias fuentes y el total

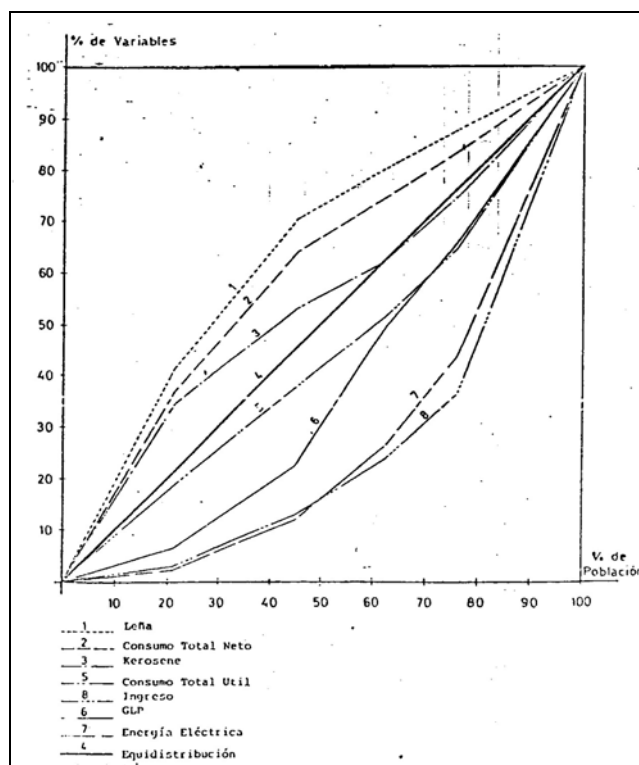
CARACTERÍSTICAS	POBLACION		INGRESO(*)		CONSUMO TOT ENERG UTIL		ENERGIA ELECTRIC.		KEROSENE		GLP		LEÑA		CONSUMO NETO TOTAL	
	%	% Ac	%	% Ac	%	% Ac	%	Ac	%	Ac	%	Ac	%	Ac	%	Ac
I	21.1	21.2	3.1	3.1	18.6	18.6	2.4	2.4	34.2	34.2	6.6	6.6	41.2	41.2	36.7	36.7
II	23.8	44.9	9.7	12.8	19.0	37.6	9.7	12.1	18.4	52.6	16.0	22.6	29.1	70.3	27.1	63.8
III	17.4	62.3	11.0	23.8	13.7	51.3	14.3	26.4	9.3	61.9	16.9	49.5	9.8	80.1	10.5	74.3
IV	13.8	76.1	12.2	36.0	13.4	64.6	17.2	43.6	12.7	74.6	15.9	65.4	7.6	87.7	8.8	83.1
V	23.0	100	64.0	100	35.3	100	55.4	100	25.4	100.0	44.6	100.0	12.3	100.0	16.9	100.0
TOTAL	100		100		100		100		100		100		100		100	

(\*) Ver aclaración en texto.

Fuente: Elaborado a partir de COPPE, op. cit., Cuadros N° 7, 10, 12, 13, 14 y 15 y Cuadro N° 6 del presente trabajo.

Sin embargo, la cocción representa el 68,8% de la energía útil total consumida por una parte y, por otra parte, la población de los ingresos I y II concentra el 50% del consumo registrado en cocción. Por lo tanto, el 45% de la población de más bajos ingresos, que consume el 37,6% del consumo total de energía útil, destina el 91% del total de energía útil consumida a satisfacer una necesidad básica (cocción) abasteciéndola con un bien inferior también básico (leña). Por el contrario estos dos grupos sólo consumen el 4,6% del consumo correspondiente a acondicionamiento de aire. Este tipo de análisis debería profundizarse para los demás usos y fuentes y en cada una de las regiones.

Figura N° III.A.1.



## 2. "A REGIONAL ENERGY SYSTEM, THE ENTRE RÍOS PROVINCE (ARGENTINA)" (IDEE)

### 2.1. Introducción

De este trabajo sólo comentaremos la parte conectada a la determinación de las relaciones existentes entre el consumo de energía y algunas de sus variables explicativas ligada a la distribución del ingreso.

La información de base se obtuvo de encuestas realizadas tanto para el área rural como urbana, dividiéndose a la población en tres niveles de ingresos. Asimismo, para cada nivel de ingreso se analiza la participación de las fuentes y usos en el consumo total, midiéndose éste a nivel de energía neta y útil <sup>(55)</sup>.

Por otra parte, se analiza la penetración de los diferentes equipos para cada nivel de ingreso y en cada uso, de tal forma que se posee de una amplia información cuyo análisis se efectuó por corte y no en serie cronológica por no contar con información histórica con el grado de desagregación requerido.

De esta forma, las relaciones establecidas se efectuaron entre el consumo energético, ingreso y tamaño de familia, tanto a nivel urbano como rural y contabilizando los consumos en energía neta y útil.

(55) Es necesario aclarar que no se detallará la metodología seguida, ya que existe un Balance Energético Provincial, elaborado por los autores y que sirvió de base para el presente estudio.

También se analizan por niveles de ingreso los procesos de penetración en el mercado de los distintos usos y de todos los equipos identificados en las encuestas.

## 2.2. Modelos analizados

Las relaciones estudiadas, fueron:

$$E = KI^a \quad (i)$$

$$E = KI^a F^b \quad (ii)$$

donde

E = consumo de energía (neta y útil) por habitante I = ingreso monetario por habitante

F = número de personas por familia

a = elasticidad-ingreso

b = elasticidad tamaño de familia

= constante

Los modelos se analizaron para:

- Area Urbana, Area Rural y Total de la Provincia.
- Alto, Medio y Bajo Ingreso. Total Población.
- Consumo total, Consumo eléctrico y Consumo de combustibles, medidos estos tres consumos tanto en energía neta como útil.

Obteniéndose un total de 144 ajustes, cuyos principales resultados se pasan a comentar.

En el Cuadro N° III.A.5., se presentan algunos valores de elasticidad ingreso obtenidos a partir del modelo (i).

- a) En el caso de la energía eléctrica, se observa que las elasticidades del área urbana son, en general, superiores a las del área rural salvo para los altos ingresos. Tanto a nivel de energía neta como útil, se observan valores opuestos en las dos áreas ya que, en el área urbana la elasticidad crece de los altos ingresos (0,5 y 0,56) a los bajos ingresos (1,53 y 1,41), en cambio en el área rural la elasticidad decrece de los altos ingresos (0,66 y 0,75) a los bajos ingresos (0,7 y 0,4).

Este proceso se explicaría para el área urbana cuando existe una tendencia a la saturación de los equipos y en la intensidad de los usos por una parte y, por otra parte, cuando no hay grandes restricciones en la oferta. En el área rural, el proceso se explicaría por una oferta restrictiva y porque la difusión y penetración de los equipos que producen un incremento significativo del consumo sea lenta.

- b) Para el total energético las elasticidades, tanto en el área urbana como rural son sensiblemente menores en energía neta que en energía útil. Teniendo en cuenta la energía útil, decrece de los bajos ingresos (0,64%) a los altos ingresos (0,38), en cambio en el área rural crece de los bajos ingresos (0,41) a los altos ingresos (0,65).

Para explicar estas variaciones, se recurre a variables tales como la saturación, sustitución entre fuentes <sup>(56)</sup>, diferencias regionales entre Norte y Sur de la Provincia, etc., aunque no siempre se pueda presentar valores en cada caso. La influencia del tamaño de las familias, se analizó a partir del modelo (ii), cuyos resultados se presentan en el Cuadro N° III.A.6.

Cuadro N° III.A.5  
Elasticidad ingreso de los consumos residenciales

	Ingresos	URBANO		RURAL	
		En. Eléctrica	TOTAL	En. Eléctrica	Total
Energía Neta	Alto	0.50	0.40	0.66	0.42
	Medio	0.69	0.64	0.60	0.32
	Bajo	1.53	0.17	0.70	0.25
	TOTAL	0.97	0.25	1.14	0.16
Energía Util	Alto	0.56	0.38	0.75	0.65
	Medio	0.67	0.72	0.63	0.55
	Bajo	1.41	0.64	0.40	0.41
	TOTAL	0.96	0.50	0.53	0.35

Fuente: IDEE, op. cit. Report N° 2, pág. 35-36.

Como se dijera anteriormente, el consumo por habitante puede disminuir a medida que crece el tamaño de la familia, dado que para ciertos equipos, el consumo no depende particularmente de la intensidad de uso como por ejemplo: la heladera. En cambio, hay otros usos para los cuales el tamaño de familia si bien no incide directamente en el consumo sí lo hace indirectamente como en el caso de la T.V. en que si bien el consumo no depende de la cantidad de personas que la miran, a medida que aumentan las personas por familia pueden aumentar las horas de uso.

Por otra parte, como se comprobó en algunos países <sup>(57)</sup>, el consumo de energía por habitante en algunos usos como cocción disminuye en forma no lineal a medida que aumenta la cantidad de comidas-días efectuadas.

Observando el Cuadro N° III.A.6., se visualiza en general que los valores de  $\beta$  son casi todos negativos, excepto para los altos ingresos del total provincial y del área rural. También puede observarse que existen algunos valores de la elasticidad-ingreso negativos, pero sus valores son prácticamente nulos.

Por otra parte, los valores de  $\beta$  positivos se explican por existir una mayor intensidad de uso y esto ocurre en general con la energía eléctrica en algunos usos tales como refrigeración, calefacción y calentamiento de agua. En cambio, en el caso de los combustibles, los valores de  $\beta$  son por lo general negativos, produciéndose un fenómeno de economías de escala en algunos usos básicos como el caso de cocción.

Completando este análisis se estudian las penetraciones de los equipos de acuerdo a los niveles de ingreso. Para ello se analizan las elasticidades de penetración en relación a la modificación del ingreso medio familiar, o sea el incremento en el porcentaje de penetración se relacionó con el incremento porcentual del ingreso entre

(56) En el trabajo se muestran las bajas elasticidades ingreso en el consumo de combustibles, lo que se explica por una sustitución o mayor penetración de la energía eléctrica.

(57) Ver OLADE, Balances Energéticos, op. cit.

el nivel bajo y nivel medio por un lado, y entre el nivel medio y el nivel alto por otro lado.

Los valores  $e_{M-B}$  y  $e_{A-M}$  que figuran en el Cuadro N° III.A.7., muestran que para cocción, calentamiento de agua (de medios a altos ingresos) e iluminación, las elasticidades son nulas, lo que implica que la penetración es completa. Esto no quiere decir que la calidad o que la intensidad con que estos usos son satisfechos no se modifiquen con el ingreso. En general se observa que las elasticidades entre el nivel bajo y el nivel medio de ingresos es mayor que las obtenidas entre el nivel medio y el nivel alto lo que significa el alto grado de penetración alcanzado a partir de los ingresos medios.

En general las elasticidades de los equipos en los niveles bajo-medio son altas en aquellos equipamientos cuyos destinos son acondicionamiento del aire (ventilación y refrigeración), movilidad personal (automotor) para los cuales la  $e_{M-B}$  es 1,125 y decae fuertemente a  $e_{A-M} = 0,317$ . Los casos en que para los equipos las elasticidades sean negativas indican que al pasar de un ingreso menor a uno mayor el equipo en cuestión deja de utilizarse total o parcialmente.

Dicho de otro modo, los cambios en los niveles de ingreso provocan cambios en los bienes consumidos pasando de bienes básicos inferiores a bienes básicos no inferiores o bienes no básicos dependiendo de la magnitud del cambio en el ingreso.

Finalmente, los autores señalan que las elasticidades al ser obtenidas por corte y no por serie cronológica, son elasticidades de corto plazo, ya que no incorporan el elemento temporal y el resto de variables que influyen los cambios o variaciones medidos por las elasticidades no son incorporadas (condición Ceteris-paribus).

Sin embargo, tiene la ventaja de considerar precios de energía homogéneos y constantes lo que sería muy difícil de obtener para los PVD mediante el análisis en series cronológicas debido a la alta tasa de inflación y la dificultad de encontrar buenos correctores para llevar los precios de una serie a moneda constante.

Cuadro N° III.A.6.  
Elasticidad ingreso ( $\alpha$ ) y tamaño familiar ( $\beta$ )  
en el Sector Doméstico  
ENERGIA UTIL

AREA URBANA	ENERGIA ELEC.		COMBUSTIBLES		TOTAL	
Ingreso						
A	0.63*	0.14*	-0.21*	-0.72*	0.24*	-0.27*
M	0.27	-0.79	0.38	-0.60	0.68	0.01
B	1.54	0.21	0.23	-0.49	0.44	-0.44
T	0.91	-0.24	0.21	0.59	0.40	-0.45
AREA RURAL	ENERGIA ELEC.		COMBUSTIBLES		TOTAL	
Ingreso						
A	0.82	0.43	0.71	0.59	0.74	0.52
M	0.27	-0.58	-0.16	-0.92	-0.06	-0.87
B	1.09	1.62	-0.07	-0.99	-0.03	-0.94
T	1.30	0.51	0.06	-0.72	-0.15	-0.65
TOTAL PROVINC.	ENERGIA ELEC.		COMBUSTIBLES		TOTAL	
Ingreso						
A	0.83	0.13	-0.44*	-0.44*	0.60	0.33
M	0.67	-0.14	0.005	-0.94	0.25	-0.57
B	1.79	0.81	0.87	-0.65	0.25	-0.63
T	1.05	0.13	0.13	-0.62	0.30	-0.52

\* Valores no significativos para un nivel del 50%.

Cuadro N° III.A.7.  
Sector Doméstico Urbano  
Elasticidad - Penetración de Artefactos  
 $e_{M-B}$   $e_{M-A}$

Cocina Gas licuado	0.087	-
Radio	-	-0.092
Lámpara incandescente	0.092	0.019
Plancha eléctrica	0.144	0.019
Heladera eléctrica	0.209	0.019
Televisión	0.395	0.098
Ventilador	0.308	-0.263
Máquina de lavar	0.667	0.208
Tocadisco	0.674	0.249
Parrilla	0.287	0.374
Calefón eléctrico	0.293	-0.374
Automóvil	1.255	0.289
Lámpara fluorescente	-0.045	-0.319
Cocina eléctrica	1.001	-0.941
Velas	0.775	0.702
Aspiradora	0.866	0.556
Calefón a gas licuado	0.878	-0.071
Licuada	0.917	0.429
Cocina a gas licuado	0.540	0.243
Sol de noche a gas licuado	1.435	0.208



## **CAPITULO IV**

### **1. INTRODUCCION**

De la misma manera que hemos realizado una descripción general de las características de la demanda y de los requerimientos de energía vamos a analizar ahora las principales características del sistema de oferta y abastecimiento de energía y vamos a presentar algunos problemas energético-económicos que son genéricos para todas o varias de las fuentes energéticas que más adelante estudiaremos en particular.

Los temas a abordar serán los siguientes:

- El enfoque de la Economía Industrial
- El Costo de agotamiento
- Oferta y abastecimiento
- La cadena productiva energética
- La renta de los recursos naturales

Estos temas van a reaparecer con frecuencia más adelante y el conjunto de conceptos a desarrollar ahora nos servirán de lenguaje común para el resto de las presentaciones.

### **2. EL ENFOQUE DE LA ECONOMIA INDUSTRIAL**

"La llave para una asignación eficiente de los recursos reposa en la forma en que se fijan los precios de los energéticos. En cualquier momento, el precio de un energético debe reflejar los costos marginales sociales. Esto implica que cualquier divergencia entre los costos sociales y los privados, producto de externalidades u otros efectos debe corregirse internalizando tales costos externos. Para asegurar la equivalencia de precios y costos marginales, se requiere el marco de un mercado competitivo. Los elementos monopólicos deben ser eliminados si los precios deben ser iguales a los costos marginales.

La aplicación del análisis del bienestar permite al analista político cuantificar la pérdida de bienestar asociada a distorsiones del mercado. Esto posibilita que las políticas se focalicen en las distorsiones que, si pueden ser remediadas, tienen la posibilidad de incrementar la eficiencia. Los cambios políticos para mejorar la asignación de recursos no son fácilmente implementables ya que si bien puede mejorarse el bienestar colectivo, ciertos grupos sufrirán un deterioro en sus ingresos, producto de los efectos redistributivos.

Nuestra posición es que las consideraciones de eficiencia y equidad son separables; sin embargo deben ser consideradas simultáneamente fijando impuestos y un sistema social que compense las cargas impuestas a los pobres como consecuencia de un cambio político orientado a la búsqueda de una mayor eficiencia".<sup>(58)</sup>

---

(58) Griffin y Steele - "Energy, Economics and Policy"- Academic Press Inc., 1986 - pág. 64.

"Si lo que se desea es la asignación eficiente de los recursos en el tiempo, es además necesario, que el costo de uso u oportunidad de vender un recurso en algún momento futuro debe adicionarse al costo marginal social. A pesar de que tal costo de uso no constituye un costo erogable tal como un costo de producción, refleja el costo real del uso alternativo de un recurso en el futuro.

Vemos que la definición económica de conservación, en vez de implicar una simple reducción en la tasa de explotación de recursos, implica que el costo de uso de un recurso debe incrementarse en el tiempo a la tasa de descuento social. Por lo tanto los precios deben crecer para reflejar tales cambios en el costo de uso. Si no ocurre así, la asignación de recursos no será eficiente en el tiempo" <sup>(59)</sup>.

La afirmación anterior es clara, la óptica de la economía industrial apunta exclusivamente a la asignación óptima de recursos, optimización que debe lograrse a nivel de los consumidores, productores y entre consumidores y productores.

Los consumidores hallarán la canasta óptima de energéticos cuando las utilidades marginales del último peso gastado en cada uno de ellos se iguale.

La canasta óptima de oferta de productos estará determinada por la tangencia de alguna curva de indiferencia social y la frontera de producción de bienes energéticos. En tal punto estará garantizado, que las tasas marginales de transformación de todos los energéticos se igualen y la productividad marginal del último peso gastado en cada insumo sea la misma.

La óptima relación entre productores y consumidores se logra cuando la tasa marginal de sustitución en el consumo se iguala con la tasa marginal de transformación de la producción.

La aplicación de este enfoque al abastecimiento energético tiene las siguientes características.

Tradicionalmente el análisis del abastecimiento energético se lo ha encarado desde la perspectiva de las empresas proveedoras, y ligado a la definición de obras.

Por lo general y aún cuando una empresa abastecedora pueda abarcar más de una cadena energética, los métodos de análisis suelen aplicarse a cada cadena considerada individualmente.

El planteo genérico consiste en representar las alternativas para cada tipo de equipamiento y los flujos energéticos mediante variables de decisión, ligadas por tres tipos de restricciones:

- a) Restricciones técnicas, aquellas que permiten representar las características técnicas de los procesos y actividades en los que intervienen las variables de decisión.
- b) Limitación de recursos, aquellas restricciones que establecen que el uso de un determinado recurso no puede superar su disponibilidad.

---

(59) Griffin y Steele - Op.cit.- pág. 92.

- c) Restricciones de borde, aquellas restricciones que expresan conceptos que en un análisis más amplio constituirían también variables de decisión.

Un caso típico de restricciones de borde lo constituye la demanda de energía neta de la fuente considerada que, en un enfoque más abarcador del abastecimiento, está sujeta a la decisión de sustitución por otras fuentes.

Otro ejemplo sería la limitación en el uso de una determinada fuente energética en una cadena (por ejemplo carbón mineral en la cadena eléctrica). Evidentemente si se analizara todo el sistema energético, la cantidad a utilizar de esa fuente sería una de las variables de decisión.

En lo que se refiere al criterio de decisión utilizado para resolver el problema, en todos los casos ha correspondido a la búsqueda de la alternativa más conveniente, evaluada en función de un único atributo.

La definición de un único criterio de decisión o de preferencia válido para la toma de decisiones en toda la cadena energética, presupone la existencia de un único decisor a lo largo de la cadena (único actor), o bien la existencia de un poder regulador que tenga la fuerza suficiente para imponer a los diferentes actores las decisiones "óptimas para el conjunto", dado que el consenso absoluto entre los diferentes actores es prácticamente imposible.

En consecuencia este enfoque ignora los conflictos de intereses que suelen presentarse dentro de una cadena energética.

Cuando el análisis se efectúa desde la óptica de una empresa estatal, el objetivo se plantea usualmente bajo la forma de minimización del costo en términos de los recursos utilizados para abastecer la demanda, que se toma como dato. Se pretende de este modo que el planteo sea coherente con una asignación óptima de los recursos desde la perspectiva global del sistema socioeconómico.

Dentro de este enfoque para garantizar la condición de óptimo para la cadena completa, incluyendo el subsistema de consumo, este análisis se continúa con la tarificación marginal, esto es la fijación de las tarifas iguales a su costo marginal de largo plazo. De esta manera se intenta corregir las imperfecciones del mercado definiendo un sistema de precios supuestamente eficiente para inducir a los consumidores a contribuir a la asignación óptima de los recursos.

El precio así obtenido es el que permitiría ajustar los niveles de demanda de la fuente, expresada como una función del precio, y comenzar un proceso iterativo de ajustes sucesivos hasta la obtención del precio de equilibrio entre oferta y demanda de la fuente.

Este equilibrio es buscado exclusivamente a través del precio de la fuente, sin que en el análisis intervengan los otros costos en los que debe incurrir el usuario para utilizar tal fuente (equipamiento e instalaciones). De esta manera se ignoran las conductas que provocan desvíos respecto de los precios de eficiencia implícitos en esos costos. Esto es así salvo que se recurra al uso del teorema del 2do. Mejor. Pero aún el uso de

este teorema tampoco asegura un procedimiento convergente para la obtención de una solución.

Los planteos clásicos sobre tarificación marginal no intentaban medir los impactos que tales precios producen en la calidad de vida de los usuarios, y mucho menos los impactos diferenciales sobre los diferentes grupos sociales. Sin embargo, a partir de la década del 70 y luego de la crisis petrolera, este planteo incorpora la preocupación por el tema de equidad dentro de los criterios de tarificación.

Este tipo de análisis independiente de cada cadena energética, supone cortar todos los lazos que muestran las interacciones entre las diferentes cadenas.

Aún suponiendo la validez del objetivo de minimización de costos para todo el sistema energético, la condición para que la agregación de los óptimos de cada cadena energética coincida con el óptimo global del sistema, es que en cada cadena se valoricen las otras fuentes insumidas a su respectivo costo marginal.

Dado que este costo marginal debería obtenerse de un proceso de optimización posterior, necesariamente deberá plantearse un proceso iterativo de ajustes sucesivos, que rara vez se hace y cuya convergencia no está garantizada porque no es independiente del valor de partida.

En este tipo de método la evolución del sistema energético surge por agregación de las decisiones tomadas en cada cadena energética. A lo sumo se tiene el cuidado de definir el orden en el que se analizan las diferentes cadenas, a fin de tener en cuenta los flujos resultantes de una cadena para analizar los de otra cadena vinculada a ella. Normalmente las vinculaciones están bien representadas en lo que hace a los flujos físicos, pero no ocurre lo mismo respecto de las relaciones económicas.

Precisamente estas consideraciones sobre la debilidad del análisis parcial por fuente, condujeron al planteo de métodos para analizar simultáneamente, y en forma conjunta, todas las cadenas que componen el sistema energético.

Surgieron así distintos tipos de modelos energéticos en los que es posible representar los flujos de cada cadena energética y sus vinculaciones.

El planteo general es similar al detallado para los modelos parciales por fuente:

- Representación de las alternativas de equipamiento y flujos energéticos como variables de decisión.
- Planteo de las restricciones técnicas que representan las características de las actividades y procesos energéticos en los que intervienen las variables de decisión.
- Explicitación de la limitación de recursos a ser empleados por el sistema energético.
- Definición de las restricciones de borde.

La mayoría de los modelos de este tipo analiza los impactos ambientales de las actividades energéticas e impone la condición de que las emisiones de ciertos productos contaminantes se mantengan por debajo de cierto nivel máximo aceptable. La consideración de estos aspectos puede hacerse mediante restricciones del tipo de las mencionadas, o bien incorporándolas como objetivo en el proceso de selección.

En lo que hace a la utilización de recursos naturales no renovables, en todos los casos los modelos controlan que el uso dentro del período analizado no exceda las reservas iniciales. Dado que las actividades de exploración no están representadas en el modelo, estas reservas iniciales no se ven incrementadas por nuevos descubrimientos.

En lo referente al criterio de decisión, la práctica corriente es la minimización de costos, al igual que en los modelos de optimización parcial por fuente. Sin embargo en la mayoría de ellos es posible definir otra función alternativa: minimización de importaciones energéticas, minimización del impacto ambiental, etc.

La utilización generalizada de la minimización de los costos se fundamenta también en la intención de contribuir a la asignación óptima de los recursos en todo el sistema socioeconómico. Pero aún admitiendo la validez de la utilización de un sistema de "precios de eficiencia" para determinar la asignación óptima de recursos en el largo plazo, ese objetivo sólo será alcanzado si los precios de los insumos y de los factores de producción que se incluyen en el cálculo de los costos a minimizar (mano de obra, bienes de capital, divisas, etc.), responden a su escasez relativa. Vale decir, si se utilizan sus respectivos precios de sombra y no los valores de mercado.

Esto plantea un problema casi insoluble, ya que su cálculo debería surgir de una optimización conjunta de todo el sistema socioeconómico, imposible de realizar.

En consecuencia, la práctica corriente es la utilización de los precios de mercado o una combinación de precios de cuenta y de mercado, dependiendo de los insumos y factores de los que se trate.

Y por lo tanto cabría preguntarse a qué objetivo real responde la minimización de costos así calculados.

Más allá de los problemas prácticos de implementación, parece oportuno detenerse en los fundamentos teóricos de esta regla de asignación óptima de los recursos.

Esta regla se basa en la utilización de "precios de eficiencia" que reflejen adecuadamente sus escaseces relativas, para valorizar los insumos y factores de producción, sistema de precios que se deriva del patrón ideal de la Economía del Bienestar.

Evidentemente este sistema de precios de eficiencia está "fuertemente influido por los datos que caracterizan la situación de partida, pudiendo ser de alguna utilidad sólo dentro de un entorno marginal respecto de ese punto, pero resulta inadecuado como guía de las decisiones que forman parte del proceso de planificación cuyo objetivo sea la modificación de esa situación de partida. Las decisiones de inversión que se tomen en el presente habrán de influir marcadamente sobre las disponibilidades de recursos en el futuro. Salvo en el caso de los recursos que no son reproducibles, el

acrecentamiento futuro de la dotación de los restantes recursos depende esencialmente de las decisiones que se tomen en el presente.

En consecuencia las decisiones que se formulen teniendo en cuenta las "escaseces" presentes, en base a un sistema de "precios de eficiencia" que las refleje, pueden resultar totalmente inadecuadas cuando se las juzga dentro de un horizonte de largo plazo."

Podríamos agregar que aún en el caso de los recursos no renovables, su "dotación actual" depende del nivel de conocimiento que se tenga sobre tales recursos. En consecuencia, también es posible su acrecentamiento futuro dependiendo de las decisiones que se tomen respecto de prospección y exploración.

No obstante estas observaciones respecto de la pertinencia del criterio de decisión normalmente utilizado, la consideración conjunta de todas las cadenas energéticas permite analizar las consecuencias que tiene el uso de cada fuente energética sobre el objetivo planteado, a partir de los impactos que su utilización produce en las restantes cadenas energéticas.

En el óptimo, siempre que lo permitan la disponibilidad de recursos y las restricciones de borde, cada fuente será utilizada hasta la igualación de sus contribuciones marginales al valor de la función objetivo.

Es decir que, salvo que las restricciones en los recursos y/o las restricciones de borde sean activas, las contribuciones marginales al objetivo considerado de las fuentes en el óptimo son iguales. En el caso en que el objetivo sea la minimización del costo total, las fuentes que compiten en un nodo de la cadena energética, en el óptimo, tendrán la participación que surja de la igualación de sus costos marginales.

Lo expresado al analizar los modelos de optimización por fuente respecto de la unicidad del criterio de decisión a lo largo de toda la cadena, también tiene validez tratándose de la optimización conjunta del sistema. En este caso, la situación es aún más crítica, debido a que se incrementa la cantidad de actores involucrados y en algunos casos intervienen empresas privadas sobre las cuales la capacidad del ente regulador del sistema para imponer las decisiones "globalmente óptimas" es reducida.

Generalmente este tipo de modelos utiliza como restricción de borde la demanda de energía neta de cada una de las fuentes energéticas, que son tomadas como dato exógeno del cual parte el análisis del abastecimiento.

En consecuencia, sólo se analiza el proceso de sustitución entre fuentes en el consumo intermedio de los centros de transformación.

Cuando con este esquema el objetivo utilizado es la minimización del costo total del abastecimiento, los únicos costos considerados son aquellos en los que incurre el subsistema de abastecimiento, ignorando los costos que debe afrontar el usuario para utilizar cada fuente.

Se trató de superar estas limitaciones en el análisis del sistema incorporando en la representación la última etapa de transformación de cada cadena energética: la realizada por los usuarios para convertir la energía neta adquirida en energía útil.

Lo que se pretende incorporar al análisis es la decisión del usuario respecto de qué fuente utilizar para satisfacer sus requerimientos de energía útil, esto es, el análisis de sustitución entre fuentes a nivel de consumo final y no solamente en los centros de transformación intermedios.

Para ello es necesario identificar, en cada tipo de usuario y en cada uso, las fuentes alternativas, las relaciones de conversión (rendimientos de utilización) y la contribución de cada una de ellas al objetivo general planteado (por ejemplo costo del proceso de transformación).

De esta última representación se eliminan los usos específicos de cada fuente. Cabe aclarar que la especificidad de los usos en relación con las fuentes no puede definirse en forma general para todos los sistemas energéticos, sino que surgen de las características de cada sistema en particular. Por ejemplo, en sistemas en los que la cobertura del servicio eléctrico es muy amplia la iluminación o la fuerza motriz suelen considerarse como usos específicos eléctricos. Pero en sistemas en los que la cobertura del servicio es deficiente hay otras fuentes alternativas para satisfacer tales usos. De la misma manera, puede haber condicionantes culturales que afectan la definición de usos específicos.

Con este enfoque más amplio del subsistema de abastecimiento, la solución óptima dependiente del objetivo planteado, indicaría qué fuentes y en qué proporciones es conveniente utilizar.

Como ya se ha dicho, las proporciones resultantes serán aquellas que igualen las contribuciones marginales de cada fuente al valor de la función objetivo, por lo general igualación de costos marginales.

El carácter normativo del planteo de este tipo de modelos, al mantener un único criterio de decisión para todos los actores intervinientes, aparece como más crítico en esta ampliación del análisis del abastecimiento, ya que al mismo tiempo se están incorporando decisiones muy descentralizadas (las realizadas por un gran número de usuarios).

Por lo tanto este tipo de análisis sólo indica hacia dónde preferiría, el único decisor representado en el modelo, que tendiera el sistema.

### **3. EL COSTO DE AGOTAMIENTO**

En el caso de los recursos no renovables su explotación da lugar a un costo adicional: el costo de uso o de agotamiento del recurso. Conceptualmente este costo puede ser definido como el mayor costo que deberán afrontar las generaciones futuras para reemplazar el recurso a partir del tiempo de su agotamiento. Por supuesto, el tiempo de agotamiento depende de la disponibilidad del recurso y de su ritmo de explotación o uso en el presente.

En la medida en que estos recursos están bajo el dominio del Estado (son de propiedad social), el costo de agotamiento del recurso no constituye un costo empresario. Se da así la paradoja de que las empresas (públicas o privadas) costean normalmente las inversiones a través del concepto de depreciación con el objeto de

reponer la capacidad que es obviamente improductiva si no se asocia con las reservas del recurso. Por otra parte, el ente energético que, en principio, se supone depositario de ese recurso, en general no realiza costeo alguno que permita fijar el valor de las reservas recuperables remanentes y en consecuencia tampoco realiza una provisión para financiar el reemplazo de las mismas. Se da así la incongruencia entre el propósito explícito de retener la propiedad de los recursos y la no asignación de un valor a éstos.

En algunos países de Latinoamérica la legislación establece el pago de regalías para la explotación de los recursos energéticos agotables. Estas regalías suelen justificarse como una compensación por el uso del recurso agotable. Aún cuando no queda claro como se relaciona el uso de esa compensación con el mayor costo que deberán afrontar las generaciones futuras debido al agotamiento del recurso, esas regalías responden a un concepto semejante del costo de uso.

Si bien resulta claro que la explotación de un recurso natural no renovable origina un costo de uso o de agotamiento que debe adicionarse a los otros costos para obtener el costo unitario de producción de la fuente primaria, la determinación de su nivel plantea serios problemas conceptuales y metodológicos.

Dentro de la discusión de este problema es ya clásico el trabajo de H. Hotelling donde se establecen las condiciones óptimas de explotación de un yacimiento y el precio de "eficiencia" del recurso en el marco de competencia perfecta y el perfecto conocimiento del comportamiento futuro de los mercados. El teorema de Hotelling establece que, en el caso en que la demanda de la fuente considerada supera el stock disponible del recurso correspondiente dentro del horizonte de referencia, el costo de agotamiento o de uso del recurso ( $cu$ ) crece a una tasa igual a la tasa social de descuento ( $r$ ). Es decir

$$cu_t = cu_0 e^{rt} \quad 0 < t < T$$

donde  $cu_0$  es el costo de agotamiento en el año 0 y  $T$  el horizonte de referencia.

Sin embargo, los equilibrios instantáneos de la competencia perfecta no aseguran una asignación eficiente de este tipo de recursos; en particular puede ocurrir que el nivel inicial del costo de uso ( $cu_0$ ) sea tal que induzca a un agotamiento o una conservación excesivos. Sólo mediante un perfecto conocimiento de los mercados futuros o por medio de una planificación con perfecta previsión del futuro podría evitarse esa dificultad.

Por supuesto, la competencia perfecta y el pleno conocimiento del comportamiento futuro de los mercados distan de las condiciones de los sistemas socioeconómicos concretos y por tanto la pretensión de encontrar una solución óptima al problema de la determinación del costo de uso de un recurso es totalmente ilusoria.

Sin embargo, aun siendo conscientes de este hecho, es necesario disponer de alguna solución operativa para la determinación del costo de uso compatible con cierto tipo de racionalidad.

De la definición que se ha dado sobre el costo de uso de los recursos se desprende que su determinación requiere de decisiones previas sobre cierto conjunto de



parámetros o variables. En primer lugar hay que decidir de qué manera se estima el mayor costo en que deberán incurrir las generaciones futuras como consecuencia del agotamiento del recurso considerado. A este respecto pueden plantearse varias alternativas. Una de ellas, aplicable en el caso de las fuentes comercializables, consiste en tomar la diferencia entre el precio de importación de la fuente considerada en el punto de agotamiento y el costo de largo plazo para la producción local de esa fuente. Esta solución continúa planteando el problema de incertidumbre acerca de cuál habrá de ser el precio de importación de ese recurso en el tiempo de agotamiento. El comportamiento de los precios internacionales del petróleo en los últimos quince años muestra con toda claridad las dificultades que supone la formulación de escenarios sobre este tipo de precios.

Una segunda alternativa, aplicable, se trate o no de fuentes comercializables, consiste en considerar en lugar del precio de frontera de la misma fuente, el precio o costo de un sustituto. En el caso de una fuente no comercializable ese sustituto puede ser otra fuente que se obtiene a través de la importación. Por otra parte, se trate o no de una fuente comercializable, puede considerarse el costo de producción de largo plazo de una fuente sustituta local. De este modo, si el sustituto es una fuente importada la situación se asemeja a la alternativa anterior. Si en cambio el sustituto es una fuente producida internamente y se trata de otro recurso agotable se cae en un circuito vicioso debido a que previamente se requiere conocer el costo de agotamiento de este último.

Una tercera alternativa es considerar que la fuente sustituta habrá de resultar de un desarrollo tecnológico que supone un costo para la sociedad, de modo tal que el mayor costo para las generaciones futuras está representado por la diferencia entre el que habrá de generar el uso de esa nueva tecnología y el costo de largo plazo de la fuente considerada. Por supuesto, también en este caso se plantea el problema de la incertidumbre acerca del comportamiento futuro de ciertos precios.

En segundo lugar, la determinación del costo de uso supone el conocimiento del tiempo  $T$  de agotamiento del recurso. Pero, este parámetro depende por una parte de la disponibilidad presente del recurso (reservas remanentes) y por otra del ritmo de explotación del mismo de acuerdo con los requerimientos del consumo interno y, eventualmente, de la exportación. Puesto que esto último depende, al menos en parte, de la política energética y en particular de la política de precios, queda claro que ese parámetro depende en última instancia de un juicio de valor político. Por otra parte, utilizando el criterio del costo marginal (que debe incluir necesariamente el costo de uso del recurso) se plantea un problema de simultaneidad entre la determinación de  $T$  y del costo, que deberá resolverse por medio de un proceso iterativo.

En tercer término es necesario discutir de qué manera se reparte el costo de agotamiento de un recurso entre las diferentes generaciones (presentes y futuras). Esto equivale a definir una tasa de descuento ( $r$ ) que debería reflejar las preferencias de la sociedad a ese respecto. Sin embargo, en la práctica esa tasa también resulta necesariamente de un juicio de valor político o del poder de negociación de actores sociales que tengan intereses contrapuestos acerca del valor del recurso.

En consecuencia queda claro que, además de los señalados problemas de incertidumbre que plantea la estimación del mayor costo que el agotamiento del recurso genera a las generaciones futuras, la determinación del costo de agotamiento

depende necesariamente de decisiones políticas o juicios de valor, cualquiera sea el procedimiento que para ello se utilice.

En particular esto puede observarse en el procedimiento donde se propone determinar el costo de uso en cada período  $t$  ( $cu_{(m)t}$ ) por unidad de recurso extraído como el valor actualizado, a ese punto en el tiempo, del mayor costo que deben afrontar las generaciones futuras. Es decir

$$cu_{(m)t} = (p^s_T - c^i_T) (1 + r)^{t-T} \quad 0 < t < T$$

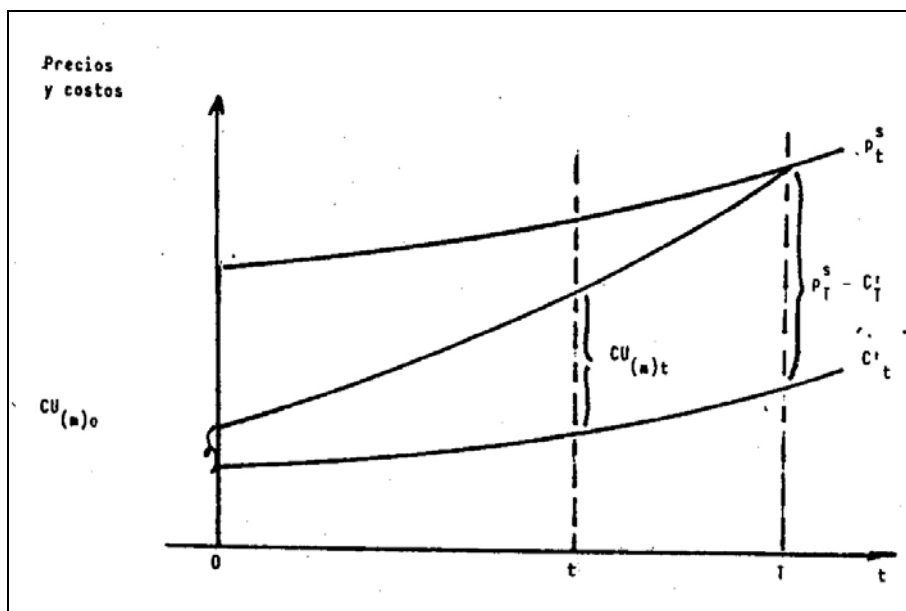
donde  $p^s_T$  puede ser el precio de frontera (CIF) de la misma fuente o el precio de frontera de un sustituto, en el tiempo  $T$  de agotamiento, y  $c^i_T$  es el costo incremental medio de largo plazo. (Ver Fig. IV.1).

En consecuencia el valor  $V^{(m)}_0$  de las reservas recuperables en el tiempo será

$$V^{(m)}_0 = \sum_{t=0}^T cu_{(m)t} Q_t (1+r)^{-t}$$

donde  $Q_t$ : es la producción del recurso.

Figura N° IV.1  
Costo de agotamiento de un recurso no renovable  
por unidad extraída



Reemplazando la expresión de  $cu_{(m)t}$  se tendrá que

$$V^{(m)}_0 = (p^s_T - c^i_T) (1+r)^{-T} \sum_{t=0}^T Q_t = (p^s_T - c^i_T) (1+r)^{-T} RP$$

donde RP son las reservas recuperables en el tiempo 0.

Podría afirmarse que desde el punto de vista de la determinación del costo de uso como elemento del costo a tomar en cuenta para la fijación de los precios internos, la solución de Munasinghe resulta aceptable, especialmente en el caso de un país que cuenta con reservas abundantes en relación a la demanda.

Lo cierto es que el valor del costo de agotamiento depende de  $T$  y  $r$  cuya determinación requiere de decisiones de carácter político.

Por supuesto, el procedimiento planteado no es el único que pueden utilizarse para determinar el valor o el costo de uso de los recursos agotables. Pero, de acuerdo con lo expresado, no existen argumentos teóricos, compatibles con las condiciones vigentes en los sistemas socioeconómicos concretos, que sustenten una solución óptima de validez general.

Sin embargo, tal como se dijo no cabe duda acerca de la existencia del costo de uso y de que, por tanto, alguna estimación del mismo debe ser incorporada al costo total unitario de producción del recurso. En el caso de los países donde se fijan regalías para la explotación de los recursos energéticos agotables, puede admitirse que ellas constituyen una estimación del costo de uso de tales recursos. En cada situación concreta probablemente no sería muy difícil reconciliar el nivel de esas regalías con alguna de las expresiones anteriores, considerando valores razonables para  $p^s_T$ ,  $r$  y  $T$ .

#### **4. OFERTA Y ABASTECIMIENTO**

De la misma manera que hemos hecho la distinción entre demanda y requerimientos de energía es necesario aquí hacer la distinción entre el concepto clásico de oferta y el concepto de abastecimiento.

El primero se refiere exclusivamente a aquellos productos energéticos que han pasado por un mercado formal en el cual a consumidores dispuestos a comprar se enfrentan con productores dispuestos a vender en determinadas condiciones y a un precio que dependerá de esas condiciones (monopolio, oligopolio, precio regulado por el estado).

Pero sabemos perfectamente que en nuestros países hay una porción importante del sistema energético en el cual existe un abastecimiento o recolección de energía que no pasa formalmente por un mercado.

Nos referimos en particular a los sistemas de subsistencia en el área rural, donde casi la totalidad de la energía consumida es directamente recolectada o captada de la naturaleza por el mismo consumidor no existiendo una distinción entre productor y consumidor.

En menor medida que en el área rural esta situación se presenta también en áreas urbanas marginales, en las cuales también se verifican otros fenómenos como el robo masivo de energía eléctrica.

En la medida que se difundan sistemas autónomos de captación de energía como podrían ser los calefones solares o los sistemas fotovoltaicos, la coincidencia productor-consumidor va a ir ocupando porciones mayores del sistema energético y

por lo tanto va a ser más importante la distinción entre oferta y abastecimiento de energía.

Por otra parte en nuestros países existe frecuentemente un cierto volumen de energía que, por diferentes causas, es producida y no es utilizada efectivamente.

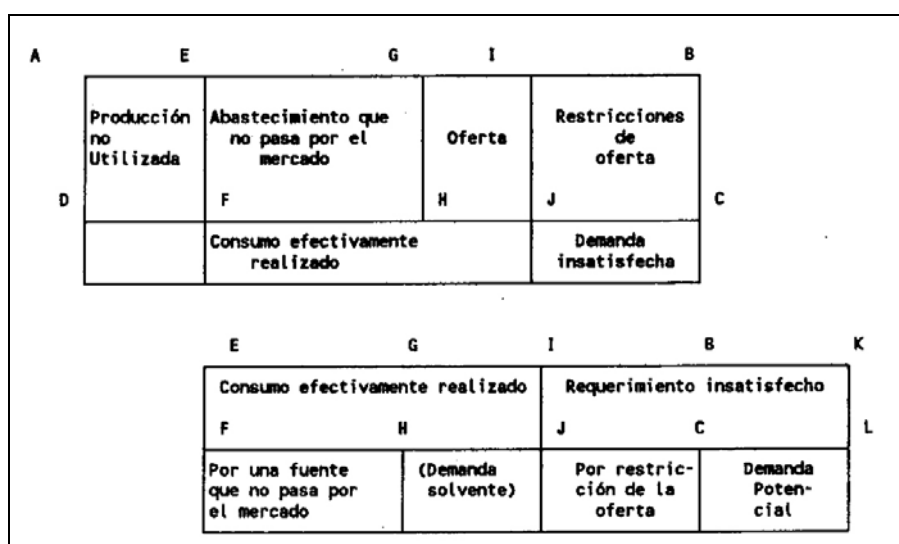
Es decir que el concepto de abastecimiento es más amplio que el de oferta e intenta captar todos aquellos flujos de energía que, pasando o no por un mercado formal, contribuyen a satisfacer los requerimientos energéticos de un sistema socio-económico.

Este concepto más amplio permite también superar ciertas restricciones formales o legales que aparecen en el estudio o diagnóstico de un sistema energético cuando alguna actividad se encuentra prohibida y por lo tanto se la ignora, a pesar de que se sabe que la misma existe. Es el caso frecuente de la producción y distribución de carbón vegetal que alcanza niveles elevados de actividad en muchos sistemas a pesar de estar formalmente prohibida.

Esta distinción tiene importancia no solo desde el punto de vista conceptual sino también desde el punto de vista estadístico o de sistemas de información, en relación con los métodos y modelos de análisis y previsión de los requerimientos y del abastecimiento y en relación con el diseño de políticas. Esto lo iremos viendo al tratar cada uno de estos temas en particular.

La Figura N° IV.2 representa la relación entre abastecimiento, consumo y oferta y su equivalencia con los conceptos de requerimiento y demanda.

Figura N° IV.2



El área ABCD es el abastecimiento teórico total (AT) que se conforma con: a) la oferta (COF) de aquellas formas de energía que se canalizan a través de un mercado (área GHIJ); b) la de aquellas que son de apropiación directa (área EFGH); c) el abastecimiento que no se ha efectivizado por restricciones a la oferta (área IJBC), y d) el abastecimiento potencial correspondiente a la producción no utilizada (área ADEF).

Los conceptos indicados con a), b) y d) constituyen la producción efectivamente realizada (área AIJD). En este caso tenemos que  $AT > P > C > OF$ .

siendo P: Producción y C: Consumo efectivamente realizado.

## 5. LA CADENA PRODUCTIVA ENERGETICA

Una simple descripción de las actividades energéticas tomadas individualmente o del sistema energético en su conjunto bajo una óptica microeconómica o macroeconómica respectivamente no es suficiente para mostrar la organización de las diferentes actividades, ni para proceder a su explicación.

En efecto, desde un punto de vista microeconómico el abastecimiento energético puede ser visto como la resultante de actividades de las empresas energéticas, reagrupadas por ramas económicas, organizadas en base a fuentes de energía primaria y secundaria. Esta clasificación que incluiría los subsectores petróleo, gas, carbón, electricidad, en lo referente a las energías convencionales, deja de lado las actividades que no se relacionan con los mercados y de las cuales, muchas veces, no se conocen los valores físicos ni los económicos. Este es el caso, por ejemplo, de las energías renovables y de las llamadas tradicionales.

La descripción de las unidades de producción, sus procesos técnicos, su situación económica y financiera, política de gestión y de inversiones, estructura del capital, eficiencia técnica y económica, forman parte de la información necesaria para conocer la organización del sistema energético. Sin embargo, información de estas características sólo se puede obtener para las ramas energéticas "convencionales".

Es necesario, también, poner en evidencia las transacciones energéticas y económicas entre ramas. Las primeras aparecen en los balances energéticos, de una manera muy agregada, las segundas en las matrices de intercambio interindustriales.

Todos estos elementos caracterizan un tipo de organización de las actividades energéticas, pero sólo de una parte de ellas, porque el abastecimiento energético de un país incluye otros actores económicos. Por ejemplo, distribuidores que no necesariamente se incluyen en las ramas anteriores y cuyo comportamiento difiere sustancialmente del de las industrias.

El punto de vista sectorial macroeconómico ofrece otras posibilidades de investigación, muchas de ellas complementarias con las precedentes. Efectivamente, la integración de subsectores forma al sector energético, para el cual se puede recurrir a métodos e instrumentos de la contabilidad nacional: cálculo de agregados sectoriales (valor agregado, formación de capital, importaciones (exportaciones, empleo, etc.) y relaciones con otros sectores, en particular con los sectores de bienes intermedios y de equipamientos. De igual modo se puede precisar la organización administrativa del sector: ministerios, secretarías, comisiones, etc.

Estos diferentes niveles -la empresa, la rama, el sector- dan un interesante punto de vista de la descripción de las actividades energéticas y constituyen una base de información necesaria. Sin embargo la explicación del abastecimiento energético a este nivel resulta insuficiente, por las siguientes razones:

- no toma en cuenta la totalidad de las actividades ligadas al abastecimiento de energía,
- no pone en evidencia las articulaciones entre estas actividades y las otras actividades económicas,
- no muestra en forma explícita cuál es el lugar y el rol de los actores presentes,
- no permite explicar la dinámica de evolución del sistema energético resultante de cambios en las condiciones de producción, de reestructuración de las empresas y las ramas, de modificaciones en las formas de competencia entre usos y fuentes energéticas,
- no da herramientas para relacionar el consumo de energía con el abastecimiento, salvo por medio del vector de demanda final.

Este último punto constituye una limitación importante ya que uno de los objetivos centrales del análisis energético es precisamente el de pronosticar las interacciones entre las dos componentes mencionadas, como punto de partida necesario para ulteriores trabajos de modelización, y para la fase decisional del proceso de planificación energética.

Por estas razones se considera que la problemática del abastecimiento debe encararse a otro nivel.

El nivel propuesto se inspira en los métodos de la economía industrial y privilegia una noción considerada relevante, la de Cadena Productiva, con especial análisis de los mercados. Ella presenta la ventaja de estructurar las actividades energéticas de una forma acorde con los objetivos de los diversos actores intervinientes y de las características de sus actividades.

Si bien la noción de mercado es bien conocida, la de Cadena Productiva lo es menos y es necesario presentarla brevemente en su contexto original antes de examinar su uso en el análisis del sistema energético.

### **La noción de Cadena Productiva en la economía industrial**

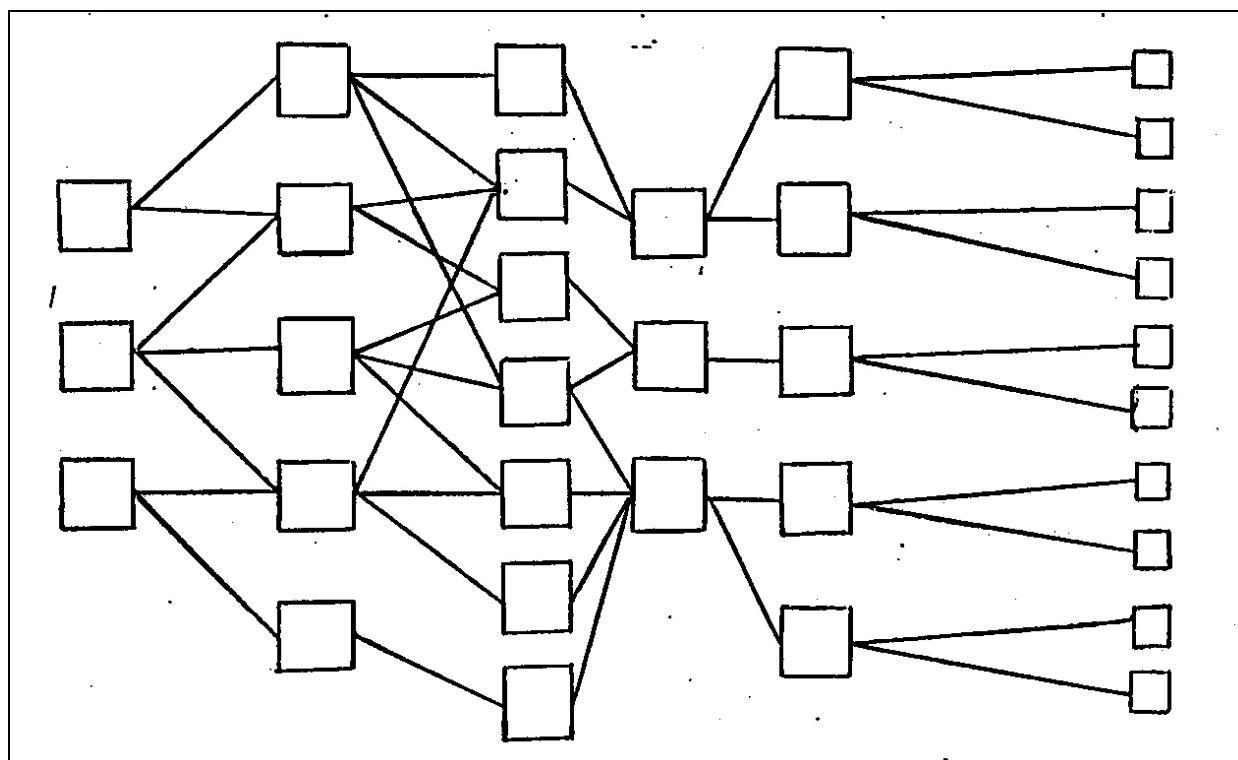
La noción de Cadena Productiva se introduce hace aproximadamente 15 años, pero su origen se remonta a trabajos anteriores sobre los efectos dominación, triangulación y arrastre. Esta noción está presente en las concepciones del sistema industrial en las que se inspiraron los trabajos mencionados, y fue progresivamente explicitándose, y constituyendo un concepto analítico.

Se han propuesto muchas definiciones para este denominador común cuya idea se centra en procesos de producción en los que participan diversas unidades o agentes entrelazados entre sí en términos tecnológicos, de mercado y de capitales.

Puede definirse entonces que: "una Cadena Productiva es un conjunto articulado de actividades técnicas, económicas y financieras, integradas en el interior de un proceso o la prestación de un servicio".

Cada Cadena Productiva constituye un eslabonamiento de actividades representado en un esquema del siguiente tipo:

Materias Primas                  Bienes Intermedios                  Producción transporte                  Distribución



Esta cadena productiva se descompone en segmentos, también llamados etapas o niveles.

Así un segmento puede ser la industria de materias primas, industrias extractivas, otro segmento será la distribución y segmentos intermedios agruparán las actividades de transformación, transporte, etc.

Como resulta evidente la noción de Cadena Productiva incluye diferentes facetas y es susceptible de ser analizada desde distintos ángulos. Sin embargo aquí se pondrá el acento, sobre la capacidad para tratar el problema de estrategia industrial desde una óptica micro-económica y macro-económica:

- microeconómica; en relación a las características del aparato productivo y las interdependencias que existen entre los segmentos de las Cadenas Productivas y las estrategias de las firmas, (especialmente para las grandes corporaciones);
- macro-económica; considerar los objetivos de la política industrial en reemplazo de las estrategias empresariales, de modo de plasmar una "coherencia nacional" de las Cadenas Productivas, y promover o mantener ciertas actividades nacionales.

### Nivel microeconómico

El estudio del comportamiento de las empresas generalmente se encara con referencia de la naturaleza de los mercados en los cuales comercializan sus productos (Mercado de productos) y se abastecen de sus insumos (Mercados de Factores). En

este contexto interesa especialmente la configuración y la distribución del mercado, las condiciones de entrada, las prácticas de diversificación y diferenciación y la política de precios vigente.

Este primer análisis de funcionamiento interno de la firma y de sus relaciones con el contexto puede extenderse hasta el análisis de las estrategias de la firma dentro de la cadena productiva en la que se ubica. Se trata de determinar las relaciones de interdependencia vertical entre los diversos segmentos de la cadena productiva, tanto desde el punto de vista de las condiciones técnicas de producción (relación insumos/Productos o compras/ventas), como desde el punto de vista económico y financiero. La posición de las empresas sobre uno o varios segmentos permite localizar los fenómenos de dependencia, de dominación y control de la demanda productiva, además de explicitar las estrategias de especialización entre ramas o entre productos y las estrategias de integración vertical tanto hacia atrás como hacia adelante en la Cadena Productiva.

Resulta relevante destacar la magnitud de la cadena productiva y la dinámica de integración, de concentración y de especialización. El comportamiento de las empresas varía porque pueden tender a dominar los segmentos superiores (producción) o los segmentos inferiores (distribución) asegurándose el abastecimiento en el primer caso (o las utilidades) ubicándose en el segmento donde los beneficios son máximos. La investigación de las situaciones de monopolio o de posición dominante se opera en ciertos puntos estratégicos de la cadena productiva que pueden cambiar a medida que el producto pierde interés.

La localización geográfica de las actividades, teniendo en cuenta las ventajas comparativas de los países, es también un aspecto de la dinámica de estructuración a escala internacional, especialmente para las firmas cuyo ámbito estratégico es el mercado mundial. Los desplazamientos continuos sobre los segmentos de la cadena productiva se explican por las exigencias de movilidad en las estrategias de control y por la voluntad de acceder a posiciones favorables sobre los diferentes mercados. Numerosos ejemplos de cadenas productivas industriales muestran estas articulaciones entre la reacción de las firmas, los tipos de mercado y los estados sucesivos de la producción de bienes: materias primas, productos semielaborados, partes para ensamble, productos finales y comercializables. Citemos por ejemplo, el caso de productos muy específicos tales como las fibras textiles artificiales o el aluminio o productos muy complejos como componentes electrónicos, papel, acero laminado, e incluso la fabricación de automóviles.

### **Nivel macroeconómico**

Si nos ubicamos desde el punto de vista macroeconómico, la naturaleza de las cadenas productivas consideradas tiende a ampliarse y se habla entonces de las cadenas productivas textiles, las cadenas productivas electrónicas, las cadenas productivas de industrias metal-mecánicas o la cadena productiva alimentaria.

Este tipo de estructuración del sistema productivo define un cuadro apropiado de elaboración de la política industrial de un país. Sobre muchos puntos, es posible pasar, en el análisis, del nivel de la firma al de la nación y examinar las cadenas productivas desde un ángulo tal como el grado de especialización o la integración al mercado



internacional o las performances técnicas o la capacidad de innovación en diferentes segmentos.

Desde una óptica más normativa, se puede tratar de verificar la "coherencia nacional de la cadena productiva" y la forma de constituir una trama industrial que, de ser posible, responda a las necesidades socio-económicas.

Por otra parte la identificación de los niveles estratégicos permite fijar los puntos claves donde la intervención del poder público debe ser prioritario. Así el reforzamiento, el control o la defensa de ciertos segmentos o de la cadena productiva puede formar parte de los objetivos del Estado.

### **Las cadenas productivas energéticas**

La noción de cadena productiva está presente en muchos trabajos concernientes al abastecimiento energético.

En una forma menos elaborada y con una acepción un tanto distinta, la idea general de cadena productiva es utilizada en las múltiples representaciones existentes -grafos, estructuras arbóreas, vectores- para describir los flujos energéticos en un sistema y su tránsito en una sucesión de operaciones en las cuales los flujos son producidos, transformados, transportados y distribuidos. Este esquema sirve para diseñar las grandes cadenas productivas que estructuran el sistema energético, con sus segmentos respectivos, con el detalle de los procesos que aparecen en cada estadio del proceso productivo y con los diferentes mercados intermedios y finales.

En ciertos trabajos, el objetivo no es solamente representar, sino que se orienta a cuantificar los flujos que circulan dentro de cada vector y llegan a cada nodo. Ciertas bases de información están organizadas con referencia a este esquema, registran las cantidades de energía que circulan anualmente por los diferentes vectores y representan los elementos característicos de los equipamientos utilizados en los diversos procesos. Otra extensión posible es la modelización de las cantidades precedentes en base a las variables a proyectar, y a las características de los equipamientos (rendimientos, costos, ...), en tanto que los parámetros y el esquema de flujos sirve para determinar cuáles son las relaciones entre variables y parámetros.

La imagen del flujo de energía como una corriente en la topografía del sistema energético ha contribuido a introducir el concepto de cadena productiva en la representación de tal sistema. La sucesión de fases de producción que está en el análisis de los procesos industriales tiene una analogía evidente con el proceso energético. Así el balance energético reposa sobre la propiedad de integrar en un mismo cuadro contable las operaciones de producción y consumo.

Sin embargo no podemos identificar a las cadenas productivas energéticas con los flujos de energía. El estudio de la cadena productiva de la leña, por ejemplo, no se resume a describir la forma en que la leña circula desde su origen hasta el consumo final. Además de la componente física, deben tenerse en cuenta los aspectos tecnológicos, económicos y sociales.

Es, precisamente, la combinación de estas componentes lo que constituye el interés esencial de la noción de cadena productiva y no es por casualidad que su desarrollo dentro del campo energético está íntimamente ligado al concepto de planificación. La planificación puede definirse, como la búsqueda de una articulación satisfactoria entre las cadenas productivas.

En este sentido la utilización del concepto, en el dominio de la energía, se refiere a la óptica macro-económica, ya explicada a propósito de las cadenas productivas industriales.

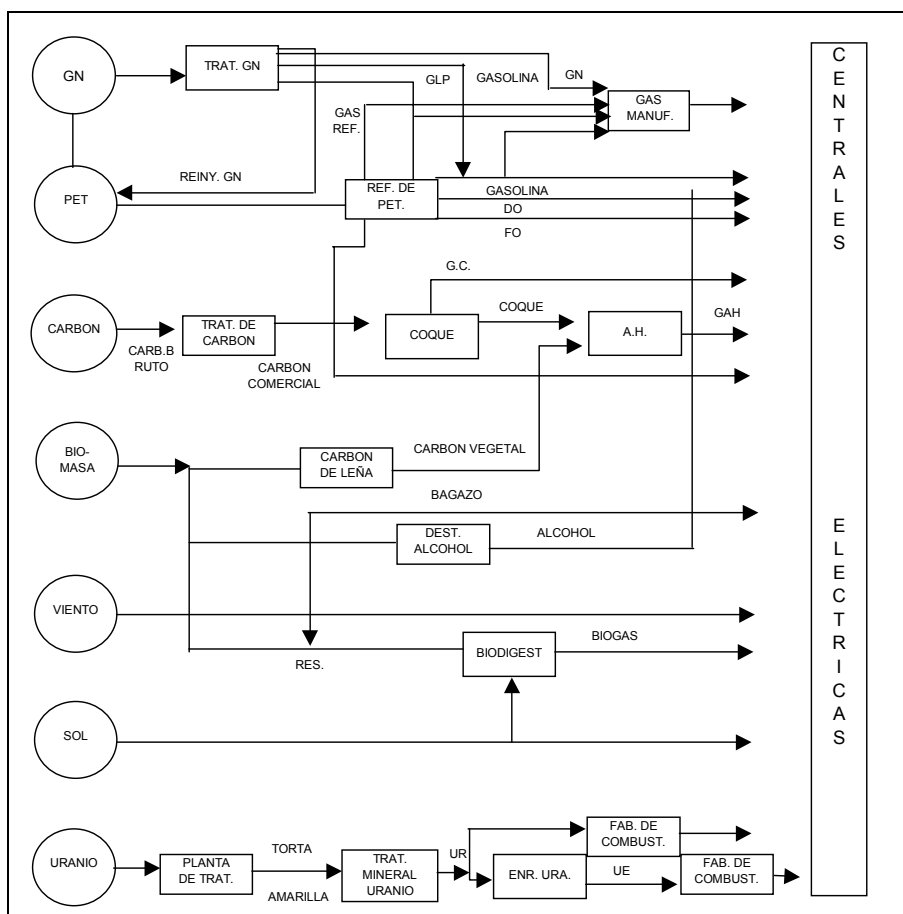
La noción de cadena productiva constituye un elemento necesario junto a los otros elementos que constituyen el esqueleto del sistema energético. Da una noción suplementaria al análisis efectuado sobre la base de una descomposición en ramas.

El primer punto consiste en identificar cuáles son las cadenas productivas energéticas existentes en un sistema energético dado. Ello se corresponde con la utilización de la cadena productiva como instrumento de análisis estructural por medio del cual se puede precisar la configuración general del abastecimiento energético. En este punto se debe precisar la diferencia entre cadena física y cadena productiva energética e introducir diferentes niveles en la configuración de las cadenas productivas.

El otro modo de utilización del concepto de cadena productiva es el de instrumento de análisis de los fenómenos energéticos y su asociación a los mercados para mostrar como las articulaciones mutuas permiten explicitar los aspectos más relevantes del comportamiento de los actores y sus estrategias.

Como indicador de la complejidad de la tarea propuesta el Esquema N° IV.3 indica los múltiples orígenes de las fuentes energéticas utilizadas para producir energía eléctrica.

Esquema N° IV.3



### 5.1. Las cadenas productivas energéticas como instrumento de análisis estructural del sistema de abastecimiento energético

La disposición de los datos energéticos en tablas que representan las diferentes etapas de los flujos y sobre todo su presentación en gráficos permiten visualizar la circulación de la energía y estructurar el sistema de abastecimiento energético. Se pueden predecir, por ejemplo, los cambios posibles en los flujos finales ante cambios en la producción de recursos primarios, mostrando las múltiples interconexiones entre los flujos.

El interés de estos grafos es el de especificar el tipo de organización interna del sistema de abastecimiento. El número de puntos iniciales y terminales, así como la densidad de las ramificaciones indica el grado de complejidad de esta organización.

Los flujos representados en los grafos materializan la circulación física de las fuentes de energía. Son las diferentes vías seguidas por la energía al ingresar al sistema energético, (a través de la producción nacional o importación), hasta la salida del sistema. Es decir la degradación de la energía producto de su utilización en los usos finales. En este sentido, las cadenas energéticas constituyen una transposición a la energía del concepto de cadena productiva -definido en economía industrial. Pero con una propiedad adicional y distintiva: el producto "energía" sigue manteniendo la misma naturaleza desde el comienzo hasta el final de la cadena, a pesar de las sucesivas

transformaciones que modifican sus propiedades físico-químicas. Por ejemplo el petróleo crudo es un "energético primario" al inicio de la cadena y al final puede llegar al consumidor como diesel-oil, que también es un energético, pero "secundario". En cambio en una cadena industrial entran los mismos (por ejemplo chapas de hierro y acero, plásticos, gomas, etc), y salen automóviles, que son productos de naturaleza distinta a los mismos con los que fueron producidos. Esta particularidad permite mantener para todas las cadenas energéticas un modo de análisis único y, por generalización, hablar de partes constitutivas de las cadenas productivas.

Así se puede hablar de tres etapas:

### ENERGIA PRIMARIA / ENERGIA FINAL / ENERGIA UTIL

donde la noción de cadena energética física simboliza la sucesión.

Este término es empleado en forma genérica, para especificar el principio de organización general de las cadenas productivas en los estados sucesivos seguidos por los flujos de energía al interior del sistema energético. Se hace referencia, por ejemplo, a esto cuando se explica que los procesos de planificación energética reproducen en cada una de las etapas la descomposición en partes de la cadena física energética.

Por extensión, se utiliza también para precisar la idea de circulación de la energía. Se habla así de cadenas energéticas físicas para designar todas las líneas elementales que forman el grafo de flujos. Hay tantas cadenas energéticas físicas como caminos posibles entre un punto inicial y un punto final del grafo. Estas cadenas energéticas físicas, obtenidas por combinación de vectores y nodos, dan una imagen de la organización del sistema energético.

Constituyen un instrumento de descripción muy sugestivo de la circulación de la energía y aportan un elemento de visualización que está ausente en el balance energético. Ellas son, en realidad, una esquematización en la medida en que resultaría muy complicado representar absolutamente todas las cadenas energéticas físicas existentes en la realidad. De la misma manera que para las filas y columnas de los balances energéticos, en el caso de los flujos se deben realizar agregados y limitar el nivel de desagregación de los mismos, ya que se trata de trazar los caminos principales, diseñar las arterias y no los vasos capilares.

Las cadenas energéticas físicas sólo proponen una representación esencialmente física de los flujos de energía, en el sentido de la sucesión de las tres etapas mencionadas. Los aspectos técnicos correspondientes a los equipamientos de transformación, transporte y distribución son, en general, considerados de una forma sumaria y tales equipamientos figuran como los nodos de los grafos (refinerías, centrales térmicas, centrales hidráulicas, etc.) sin que ellos puedan ser totalmente caracterizados. En lo referente a los aspectos económicos, sociales, financieros, los mismos no se transparentan, salvo en lo referente a la identificación de los operadores (empresas de producción, de transporte, de distribución) presentes en las diversas etapas de la circulación de energía.

Es por eso que la noción de cadena productiva no puede estar identificada con la de cadena física y el análisis estructural no puede calcarse sobre el esquema de

organización de flujos de energía. El análisis de los fenómenos energéticos basados sólo en las cadenas físicas y los modelos resultantes derivados, no toman en cuenta aspectos importantes y llevan a simplificaciones demasiado fuertes. El sistema energético es visto como un sistema físico constituido por muchos procesos interconectados, susceptibles de ser descritos por algunos parámetros (rendimientos, capacidad,...) y de ser configurados de una manera óptima por medio de un modelo. Esta reducción se puede admitir para las partes elementales del sistema y para los procesos tomados aisladamente (refinación, producción de electricidad) pero no para el sistema en su conjunto. Es evidente, que el sistema energético no es sólo un sistema físico y su estructura no es revelada solamente por la configuración de los flujos de energía.

El interés de la noción de cadena productiva es que adicionalmente a la componente física, simbolizada por la noción de cadena física, se incluyen otros elementos que enriquecen la representación y aseguran una explicación más amplia de la realidad observada. En particular los siguientes:

la componente técnica: tipos de equipamientos o de instalaciones utilizadas, edad, vida útil y renovación de equipos, componente local e importada, investigación tecnológica, relaciones con el desarrollo industrial

la componente económica: costos de abastecimiento, costos de producción, precios al productor y precios finales, aspectos fiscales, inversiones

la componente social: naturaleza y volumen de empleo de mano de obra en las diferentes etapas de producción, transformación y distribución de energía, y costos sociales asociados a cada tecnología

la componente financiera: la disponibilidad de capital, la capacidad de financiamiento, la incidencia del endeudamiento energético sobre la deuda externa.

Las características de los mercados: cantidad de oferentes, naturaleza de los mismos; formación de los precios.

El rol y el lugar de los actores constituye otra dimensión del análisis, por así decir transversal a las componentes precedentes. Así deben explicitarse los actores intervinientes en las diversas actividades y sus comportamientos, estrategias y medios de acción particulares. La posición relativa de unos y otros de acuerdo a la situación del mercado, al tipo de concurrencia y al grado de integración de cada actividad. Al igual que en el análisis de los requerimientos energéticos, no se pueden establecer los elementos de un diagnóstico energético sin examinar de que forma los actores y sus acciones contribuyen a la realización de las actividades energéticas.

En resumen y teniendo en cuenta lo anterior, es conveniente definir una cadena productiva energética como el conjunto de cadenas físicas, con sus componentes técnicos, económicos, sociales, financieros, institucionales y normativos, que conducen a un producto energético dado desde la producción hasta el mercado de utilización final. Se habla así de la cadena productiva de la leña, del alcohol, del gas-oil, del GLP o de la cadena productiva eléctrica.

Este modo de construcción de las cadenas productivas es muy próximo a lo que motivó su utilización en la economía industrial sobre la base de productos, ramas y su disposición en la matriz insumo-producto de la contabilidad nacional. El origen es análogo y se orienta a estructurar el sistema productivo en dos categorías propicias para posteriores trabajos de análisis.

A continuación precisaremos cuales son los niveles comunes a las diferentes cadenas productivas energéticas, transfiriendo así a la energía el procedimiento habitual en la economía industrial de dividir el análisis en segmentos superiores, intermedios y finales. Procederemos igualmente al estudio de las principales cadenas productivas constituidas en base a los aspectos mencionados y examinaremos la ubicación de los mercados energéticos en cada uno de los segmentos.

Pero antes es necesario dar algunas precisiones adicionales, tales como:

1. La naturaleza y el número de cadenas productivas a ser consideradas depende por sobre todo de un conjunto de características técnicas concernientes al ciclo de transformación sufrido por la energía, al tipo de equipamientos utilizados, y a las condiciones sociales y económicas de la producción. Por ejemplo en el caso de una empresa petrolera que operara solamente en un país y que fuera a la vez productora, importadora y distribuidora de todos los productos petroleros, las cadenas productivas correspondientes probablemente serían muy similares. Por el contrario, con una multiplicidad de empresas, aún si ellas hubieran acordado partes o zonas del mercado, cada cadena productiva podría tener su identidad propia.

La importancia de una cadena productiva no debe ser considerada solamente en función del volumen del consumo final de productos, es decir desde un punto estrictamente cuantitativo. Una cadena productiva puede presentar un interés muy especial a causa de efectos muy directos que ella tiene sobre las condiciones de vida de la población, la actividad profesional de ciertos grupos sociales o el medio ambiente natural. Se piensa, por ejemplo, en la cadena productiva del carbón de leña que implica muchos tipos de operadores (leñadores, carboneros, transportistas, mayoristas, revendedores) y que asegura el ingreso monetario de un gran número de familias; o la cadena o cadenas de residuos de biomasa, en razón de la competencia entre los usos energéticos y la utilización para el abono del suelo o la nutrición de animales.

2. El grado de detalle en la constitución de cadenas productivas depende: de los objetivos perseguidos, del sistema energético considerado y de la información disponible. Nosotros podemos, por ejemplo, considerar alternativamente una sola cadena productiva para el fuel-oil o muchas cadenas productivas si el grado de diversidad por ejemplo de las empresas distribuidoras es muy grande. Del mismo modo se puede distinguir una cadena productiva para la electricidad en el medio urbano y otra para el medio rural. Los cortes no son únicos, ni inmodificables, y se procura conservar un margen de libertad en el nivel de detalle buscado.

3. Las cadenas productivas energéticas no están aisladas. Existen frecuentemente entre ellas puntos de contacto y de interconexión en los diversos segmentos, tanto de naturaleza técnica (los productos ligados en la etapa de refinación, la distribución de productos petroleros) como de naturaleza económica (relaciones de compra/venta entre las ramas petroleras y eléctrica). Estas articulaciones entre cadenas productivas

y las relaciones de dependencia contribuyen a comprobar que el sistema energético no es la yuxtaposición de conjuntos completamente separados, por lo menos los que tienen un cierto grado de complejidad.

4. Las cadenas productivas energéticas y las cadenas de producción de equipamientos energéticos. Hasta aquí no hemos presentado la cadena productiva energética como una noción amplia que incorpora los segmentos relativos a la fabricación de equipamientos utilizados para la producción y uso de la energía: cocinas, motores, centrales eléctricas, fabricación de ductos, etc. Esta orientación presenta la ventaja de establecer todas las relaciones posibles entre las cadenas industriales. Como contraparte, ella complica en forma considerable la representación y hemos optado por la cadena-producto antes que por la cadena-uso analizada al tratar los requerimientos donde el proceso de fabricación de equipamientos deberían tener naturalmente un lugar. Ellos son obviamente una componente importante en el análisis del funcionamiento del sistema energético y deben formar parte de un diagnóstico energético, pero no deben formar parte de las cadenas productivas energéticas que aquí se toman en cuenta.

En la práctica es conveniente elaborar las cadenas físicas energéticas que van desde los recursos primarios hasta la utilización final e identificar las cadenas productivas que constituyen el sistema de abastecimiento energético. En este trabajo de estructuración, deben aprovecharse todos los conocimientos disponibles sobre el funcionamiento del sistema, dando una importancia particular a los elementos que tienen una ubicación central en la configuración de las cadenas físicas y de las cadenas productivas. Por ejemplo los puntos iniciales y los nodos de interconexión, en los que en la situación inicial del análisis se creen dificultades o problemas específicos.

## **5.2. Las cadenas productivas como instrumento de análisis de los fenómenos energéticos**

La capacidad de análisis que brinda la utilización del concepto de cadena productiva se mencionó con anterioridad a propósito de los fenómenos industriales, y su transposición a los fenómenos energéticos resultando por lo tanto superfluo exponerlos nuevamente. Mencionemos simplemente las principales ventajas que ofrece el empleo de cada cadena productiva tomada por separado:

- las cadenas productivas energéticas ofrecen un medio de describir con detalle la organización de las actividades energéticas y de interpretar sus múltiples componentes
- permiten situar los actores económicos y sociales en las diferentes etapas en que se insertan entre la producción y la utilización de las fuentes de energía
- posibilitan estudiar el comportamiento de estos actores y precisar las relaciones que existen entre ellos en el contexto de dependencia, dominación, especialización, estrategias de control y de integración vertical, que se verifican en cada uno de los segmentos de la cadena.

- Dan la posibilidad de identificar los mercados de energía, explicitar las confrontaciones entre categorías de actores, los intercambios de productos y la formación de los precios, por lo menos para cada una de las fuentes de energía.

A otro nivel, el enfoque revela: las formas de articulación entre las cadenas productivas energéticas, y su coherencia; su dominio por los entes nacionales y el grado relativo de dependencia respecto de los mercados internacionales. Adicionalmente permiten apreciar las vinculaciones con las cadenas no energéticas (cadenas productivas de bienes industriales, de equipamientos energéticos, cadenas agrícolas, etc).

### **5.3. Los mercados energéticos, como elemento esencial en la cadena productiva**

La estructuración del sistema de abastecimiento energético en cadenas productivas: pone en evidencia, como ya se dijo, las interdependencias verticales entre los diferentes segmentos que lo componen; muestra las articulaciones entre los segmentos sucesivos de la exploración y la producción de fuentes energéticas, su transporte y su distribución, en las diversas dimensiones físicas y técnicas. Esto lo hace por medio de la descomposición de las cadenas productivas en cadenas físicas, pero también teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales y financieros en la medida que los mismos son integrados en la descripción y en el análisis de los operadores y los usuarios. Desde las etapas superiores de las cadenas productivas a las inferiores, los actores desarrollan estrategias particulares y expresan sus intereses, en relación con su lugar en el sistema energético y en una dependencia estrecha con la situación general en la que ellos se encuentran. Es decir que todos los fenómenos son en los hechos, el producto y el reflejo de una sociedad, aquella de los países en vías de desarrollo, a la que el diagnóstico energético debe incorporar las características esenciales para apreciar su impacto sobre el funcionamiento del sistema energético.

Desde este punto de vista, el análisis específico de los mercados contribuye a situar más completamente a los productores y a los usuarios de la energía en su medio ambiente real. Nos referimos aquí a las transacciones múltiples y permanentes de compra y venta de energía y a los efectos económicos que existen entre ellos y que se manifiesta desde el abastecimiento hasta el consumo.

A lo largo de toda la cadena productiva, se intercalan los mercados. En los segmentos inferiores, se ubican los mercados de productos finales destinados a las diversas categorías de usuarios. En los segmentos superiores, los recursos y los bienes producidos por unos se traducen en la demanda de otros: mercados de materias primas, de recursos primarios, de productos intermedios, de productos semi-elaborados. Estos mercados energéticos están asimismo relacionados con otros mercados: mercados de aparatos, mercados de bienes de equipamiento, mercados de empleo, mercados de capitales, etc.

En el caso de una cadena productiva energética completamente integrada, los recursos y los productos pasan por diferentes estados de producción o acondicionamiento para el mercado. La integración, cuando ella se produce, es frecuentemente el resultado de un control progresivo de la cadena productiva por el o los actores: sea para asegurarse contra la aleatoriedad de ciertos mercados o para



evitar movimientos de precios erráticos (por ejemplo, el caso de abastecimiento petrolero); sea para adquirir una posición de monopolio para controlar segmentos estratégicos e imponer condiciones de precios cada vez más estrictas a empresas abastecedoras o demandantes más dispersas y en situación de concurrencia. Las transacciones realizadas a través del mercado son en este caso internalizadas en la misma empresa o negociadas con actores en condición de dependencia.

En el pasado, es el ejemplo de la Standard Oil de Rockefeller que progresivamente fue absorbiendo las empresas de producción y las empresas situadas en segmentos inferiores (refinación y distribución) a partir de una posición dominante en el transporte de petróleo crudo por ferrocarril y oleoductos.

Actualmente es el caso de las numerosas empresas energéticas nacionales que disponen de un monopolio sobre uno o muchos segmentos, o aún sobre la cadena productiva en su conjunto, y para las cuales las transacciones internas han reemplazado al mercado y los precios de transferencia o de cesión han reemplazado a los precios de competencia. Las empresas eléctricas son los ejemplos más frecuentes de esta situación: su monopolio se extiende tanto hacia arriba como hacia abajo y el mercado energético no interviene más que en el abastecimiento de combustibles primarios. El caso de las empresas petroleras es variable; monopolios completos, monopolios parciales o régimen de concurrencia entre muchas empresas, con diversas modalidades de organización que en cada caso van desde la centralización completa a la constitución de unidades independientes (producción, refinación, distribución) que disponen de un amplio margen de autonomía.

Se pueden mencionar también las coquerías y los altos hornos, refiriéndonos a la cadena productiva del carbón y a la cadena productiva del coque; y con referencia a los mercados al abastecimiento de carbón o coque. Aún los grandes consumidores de energía (aluminio, cemento,...) realizan convenios de largo plazo para no estar sujetos a las fluctuaciones del mercado.

Todos estos casos tienden a mostrar que la estructuración interna de las cadenas productivas energéticas influyen de una manera directa sobre la disposición de los mercados en los diversos estadios de abastecimiento y consumo y modelan fuertemente la organización del conjunto del sistema energético, con situaciones muy diversas.

Para una gran parte de las fuentes de energía, coexisten muchos tipos de mercado, a nivel mayorista, intermediario y de detalle, y su número indica la complejidad de una cadena productiva. La descripción completa y su análisis implica señalar aquellos mercados donde se efectúan transacciones muy fragmentadas. La leña y el carbón de leña son los ejemplos más conocidos, pero en ciertos países se pueden encontrar situaciones similares para los productos petroleros, en particular para el GLP y el Kerosene que son vendidos a los hogares a través de circuitos de distribución donde los operadores intermediarios son igualmente numerosos.

La identificación de los mercados, el análisis de sus características y de su funcionamiento constituye una parte esencial del análisis de la cadena productiva y del diagnóstico energético. Así hay que contestar preguntas como las siguientes: ¿Cómo están constituidos e inclusive cómo nacen? ¿Cómo una fuente de energía llega a una ciudad o pueblo? ¿Dónde se encuentran espacialmente? ¿Los mercados tienen una

realidad física concreta o abstracta? ¿En qué segmentos de la cadena productiva estamos? ¿Cuáles son las interacciones que hay entre ellos y cuáles son los actores presentes? ¿Cuáles son las condiciones de competencia y cuáles son los poderes de intervención del Estado en el mercado? (dado que la mayor parte de los mercados son del tipo administrado) ¿Cómo operan en uno y otro caso los mecanismos de formación de los precios?

Estas son algunas de las preguntas a investigar, sabiendo sin embargo que no hay un punto de partida. Cualquiera sea el segmento donde se sitúan las empresas energéticas disponen en efecto de un conocimiento muy detallado de su mercado, tomado aquí en el sentido del conjunto de sus clientes, reales y potenciales, y no en el sentido económico anterior. Los servicios comerciales establecen las cifras de venta por cliente, por categoría de cliente o usuario a partir de la facturación. Los sistemas de gestión automatizados facilitan aún más la extracción de toda esta información y su presentación en tablas apropiadas.

Sobre los mercados finales, estas categorías pueden eventualmente coincidir con las particiones en grupos de consumidores que puedan haber sido introducidas en la parte de diagnóstico concerniente a los consumos de energía y definidos sobre la base de criterios de localización de la rama de actividad o del tipo de empresa. Si este es el caso, podemos aprovechar la complementariedad entre estas fuentes diversas de información y proceder a una mejor identificación de los mercados.

La tarea del diagnóstico es unificar los datos de diferentes orígenes, que son a menudo presentados de una manera particular en cada empresa de producción, (naturaleza de la información, clasificación de las actividades, lista de clientes y abastecedores), y establecer una síntesis para estar en condiciones de obtener la organización general del mercado de la energía y de comprender su funcionamiento.

Esto implica pasar de una realidad descrita en términos de actividades comerciales de cada una de las empresas energéticas a una realidad captada por una visión sectorial y en términos económicos.

En particular, la noción de mercado que se obtiene no está ya definida en relación a los clientes de las empresas y a su distribución en varias categorías. Se adopta por el contrario, un punto de vista más transversal y en este contexto se busca determinar cuáles son las partes del mercado tomadas por cada empresa antes que las partes de cada categoría de clientes sobre el mercado de la empresa. La demanda del mercado es la suma de las demandas dirigidas a las empresas incluyendo el caso límite del monopolio donde esta suma está reducida a un solo elemento.

A menudo en los países en vías de desarrollo estos mercados están fragmentados. No hay homogeneidad de mercado. Por supuesto no hay uniformidad en las acepciones, las significaciones o las interpretaciones de la misma palabra mercado. El mismo término puede referirse a realidades diferentes según la óptica con que se mire la situación analizada o el segmento de cadena productiva considerado. Es por lo tanto sumamente útil precisar con claridad el sentido que se da al mercado energético, aunque sea desde el punto de vista económico establecido, antes de pasar a las características estructurales y a los modos de funcionamiento. Estas precisiones se refieren únicamente a los mercados nacionales y excluyen los mercados

internacionales para los cuales es necesario hacer consideraciones bastante diferentes.

### 5.3.1. Mercados de productos y mercado de usos energéticos

Paralelamente a la clasificación que brinda la economía, útil para especificar las características de forma, tipo y dimensión de los mercados, en el caso de la energía se puede introducir:

- una distinción principal entre mercados de productos y mercados de usos energéticos.
- una distinción secundaria entre mercados competitivos y mercados cautivos o específicos.

Por mercados de productos, se entiende los mercados de fuentes de energía en uno u otro de los estados sucesivos de su producción o de su transformación de productos primarios en productos finales. Se habla en este sentido del mercado de petróleo, de nafta, de gas oil, de fuel oil, de coque, de gas natural, de leña, de carbón de leña, pero también de electricidad en alta tensión, media tensión y baja tensión, de corte petroquímico y aún del mercado de vapor. Es el sentido más corrientemente utilizado en la práctica: relación abstracta de confrontación, entre la oferta y la demanda. Los mercados de productos pueden descomponerse en muchos submercados en función de situaciones particulares de cada país y de subdivisiones que es posible encontrar en la gama o tipos de productos (las diversas variedades de nafta, fuel oil y aún de leña), de acuerdo a la localización (nacionales, regionales, locales) y a la categoría de usuarios.

La designación de mercados de productos está definida en razón de la ventaja que posee el sistema energético con una nómina de productos relativamente limitada, bien codificada y regulada por normas internacionales. Las posibilidades de diferenciaciones son mucho más débiles para la energía que para los otros bienes.

Una cuestión ya mencionada a propósito de las energías tradicionales es la referente a transacciones fuera del mercado. Sabemos en efecto que para estas energías los consumos no son consecuencia de una compra y que el intercambio no se expresa necesariamente en términos monetarios. El abastecimiento puede producirse de diferentes maneras:

- la recolección libre de leña en bosques públicos o privados situados en la proximidad de explotaciones agrícolas,
- la poda de árboles a efectos de recolección de ramas,
- la apropiación sobre la base de un precio convenido en intercambio por otros productos o por la prestación de servicios domésticos o agrícolas,
- la captación directa y gratuita del recurso (a excepción de los costos del equipamiento) como en el caso de la energía solar o de la energía eólica.

Estos modos de abastecimiento son característicos de las cadena productivas pequeñas (ausencia de intermediarios entre el productor y el usuario) y son practicadas por una proporción importante de las poblaciones rurales. En un número

creciente de países, se observa una tendencia a su disminución como consecuencia del efecto monetarizador del intercambio, lo cual no excluye situaciones inversas donde las crisis económicas y la disminución correlativa de los ingresos lleva al retorno al abastecimiento fuera del mercado, con una sustitución de las energías "comerciales" por energías "no comerciales". Este fenómeno se puede constatar en ciertas regiones de Brasil durante los años 1982-1983.

Por otra parte en regiones muy aisladas o con gran cobertura de recursos forestales (Africa Ecuatorial, por ejemplo), las soluciones de auto-abastecimiento no eliminan completamente la existencia de mercados, mercados muy simples o embrionarios, operando a escala de un pequeño pueblo, al cual los usuarios recurren esporádicamente en caso de disponibilidad monetaria o en caso de penuria. Pueden citarse como ejemplo las transacciones de estiércol de animales en las villas indias en las cuales otros recursos energéticos son notablemente insuficientes.

Como ya se ha establecido, la naturaleza del mercado depende del tipo de cadena productiva y es particularmente útil desde este punto de vista para examinar el paso progresivo desde este pequeño mercado puntual a los mercados más complejos y mejor organizados, a medida que las cadenas productivas se diversifican y se produce el desarrollo económico. Pero ¿cuáles son los elementos internos o externos que explican la transición? ¿Cuáles son las categorías de usuarios que generan la extensión de estos mercados y cuáles son los operadores que se encargan del abastecimiento en una escala mayor? ¿Cuáles son las diferencias entre las cadenas productivas de la biomasa y la de las energías convencionales?

Los mercados de usos energéticos proceden de un corte diferente al de los productos. Por razones técnicas y económicas, los mercados particulares se constituyen al interior de un sistema energético sobre la base de los usos energéticos de diversas categorías de usuarios. Se habla en este sentido del mercado de cocción y de calefacción para los hogares, del mercado de calor y de vapor para la industria, del mercado de aire acondicionado en los sectores terciarios. Estos mercados delimitados, son el espacio de competencia privilegiada entre las fuentes de energía e indirectamente entre las empresas energéticas. Son espacios en los que pueden entrar en competencia muchas soluciones técnicas referidas a una misma fuente de energía, como la electricidad en el caso del aire acondicionado asegurada alternativamente por instalaciones integrales o equipamientos fraccionados.

Los mercados de este tipo se constituyen generalmente sobre un uso que representa un mercado importante para las fuentes energéticas involucradas. Los procesos presentan competencias extremas introduciendo una dinámica de exclusión de alguna de las fuentes inicialmente involucradas. El efecto de una especialización progresiva, (incentivada por la complejidad creciente del sistema energético por los cambios en los modos de vida y en las condiciones de producción, y por el juego combinado de rendimientos energéticos entre fuentes) se traduce en el desplazamiento de alguna de las fuentes en algunos usos o a su utilización en otros usos donde son más competitivas. El número de energías susceptibles de ser utilizadas en un uso dado tiende a reducirse, delimitándose más el campo de competitividad, hasta que una nueva necesidad, una nueva tecnología, un nuevo equipamiento modifica el statu quo existente y reconfigura el espacio inicial.

Son este doble efecto de especialización y exclusión sobre la evolución de las condiciones socio-económicas y sobre los cambios técnicos los que aportan un interés principal para distinguir los mercados energéticos de los usos. Así ¿para qué tipos de usos aparecen? ¿Cómo se transforman y a qué ritmo? ¿Cuáles son las fuentes energéticas que entran y que salen? Por ejemplo la leña, energía polivalente de las sociedades rurales es poco a poco abandonada en la utilización artesanal o industrial ya que no puede competir con las energías convencionales, circunscribiéndose, salvo excepciones, a la utilización doméstica, para los usos más limitados. E incluso está siendo excluida poco a poco de esos usos por el carbón vegetal, el GLP y el Kerosene. Asimismo, la electricidad elimina todas las fuentes alternativas en el uso iluminación en la medida que penetra. Los usos calefacción de locales también conocen este fenómeno de especialización al punto tal que en ciertos países el mercado se limita, en las instalaciones modernas, a la competencia entre gas natural y electricidad.

Se pueden considerar estos mercados energéticos como segmentaciones particulares introducidas al interior del mercado de productos porque los mismos no son eliminados por el solo hecho de proceder a su corte horizontal. Es sobre todo desde el punto de vista analítico que se manifiesta el interés de conservar la dimensión del uso porque ella sugiere una interpretación más rica que la realizable a través del mercado de productos. El concepto de uso, dentro de la segmentación, está ubicado a un nivel más elevado que el de fuente, dado que puede identificarse globalmente un mercado de uso antes de estimar su participación posterior en el mercado de productos. Es más, el rol de los precios en la competencia entre productos es percibido en esta óptica de una forma particular porque se constata que después de un período inicial la especialización tiende a atenuar la variación de los precios y a acentuar las ventajas externas (facilidades de uso, etc,...) en la competencia entre fuentes llegando incluso a regular el mercado.

Esta forma de estructuración del mercado, con sus ventajas propias, se prolonga en el análisis del desplazamiento de las fuentes de energía entre los diversos usos y da una visión complementaria a la establecida a través de los productos. Una razón particular es que esta última se aplica a todos los productos primarios, intermedios y finales, mientras que la primera tiene un interés práctico sobre todo en los usos finales.

Las diferencias entre una y otra deben ser vistas a partir de la tradicional alternativa de mercados competitivos y mercados cautivos.

Mercados competitivos: mercados correspondientes a usos para los cuales muchas fuentes de energía pueden utilizarse alternativamente.

Mercados cautivos y específicos: mercados correspondientes a aquellos usos para los cuales una fuente de energía se utiliza prioritariamente o excluyentemente.

La distinción entre estos dos tipos de mercado reposa esencialmente sobre el carácter de sustituibilidad entre las fuentes de energía para un uso dado. Ello depende del estado de la tecnología, la naturaleza del proceso y la disponibilidad de fuentes de energía para cada uso. Ello varía en gran medida en el tiempo y en el espacio; por ejemplo, la iluminación es un mercado cautivo de la electricidad en la gran mayoría de zonas urbanas mientras que sigue siendo un mercado competitivo en las áreas rurales

aún poco electrificadas. Lo mismo para usos industriales, los cambios permanentes que se producen entre mercados competitivos y mercados cautivos a medida que aparecen nuevas técnicas de producción o desaparecen técnicas antiguas que exigen cualidades particulares de la energía. El crecimiento del gas natural y la electricidad se explica por sobre todo por su penetración en los usos en los que tienen ventajas decisivas sobre las otras fuentes de energía.

Esta segunda distinción entre los mercados no cubre más que parcialmente la distinción precedente. Sobre todo, si ella es de naturaleza más metodológica por la referencia que se hace a la sustituibilidad. Los mercados de usos se forman más bien sobre mercados competitivos (cocción, calor industrial) que sobre mercados específicos (iluminación en zona urbana, aire acondicionado). Los usos de transporte de larga distancia fueron durante largo tiempo mercados específicos de los derivados de petróleo. En el caso de vehículos individuales, al menos, se transforma poco a poco en un uso competitivo en razón de la sustitución posible entre nafta, diesel oil, GLP, alcohol o GNC.

Esta doble distinción efectuada sobre el mercado de la energía tiene la consecuencia práctica para la realización del diagnóstico que permite identificar las categorías de mercados presentes en un sistema energético dado y a posicionarlo dentro de la cadena productiva.

Sobre los segmentos superiores e intermedios, la estructuración en mercado de productos es generalmente preferible. Sea por ejemplo:

- el mercado de carbón vapor destinado a centrales térmicas, a productores de gas manufacturado, a grandes usuarios (química, cementeras).
- el mercado de carbón de coque y coque destinado a siderurgia.
- el mercado de fuel oil destinado a centrales térmicas, a transporte marítimo y a ciertos grandes usuarios servidos directamente desde refinerías y beneficiarios de contratos especiales de abastecimiento.
- el mercado de nafta destinado a petroquímica.
- el mercado de electricidad de alta tensión destinado a empresas energéticas y a usuarios industriales (siderurgia, química, aluminio).
- el mercado de leña y de carbón de leña destinado a los mayoristas.

Sobre los segmentos inferiores, la elección puede hacerse entre la prolongación de los mercados precedentes hasta los mercados finales (mercado de carbón-vapor para los usuarios domésticos e industriales, mercado de fuel oil, de gas oil, de nafta, de GLP, de electricidad en media y baja tensión, de leña y carbón de leña, de desechos vegetales, etc.) en la descomposición en mercados de usos (cocción, agua caliente, calefacción, calor industrial, transporte, aire acondicionado, etc.

La solución adoptada depende fuertemente del sistema energético, de su grado de complejidad, de la variedad de usos y de usuarios, de los problemas que hay que poner en evidencia y también de la disponibilidad de datos. En el medio rural por ejemplo, la estructuración por usos es generalmente preferida y así lo atestiguan la mayor parte de los estudios, con la aclaración correspondiente respecto de qué se entiende por mercado energético. Así ¿se puede hablar de un mercado de irrigación donde entrarán a competir el gas oil, la nafta y la electricidad o de un mercado de cocción con la leña, el carbón de leña, el GLP y el kerosene?

Las condiciones de acceso de los recursos energéticos y la naturaleza de los operadores que abastecen el mercado influyen directamente la respuesta.

Del mismo modo puede ser interesante individualizar los mercados de iluminación y de aire acondicionado. ¿Pero se disponen de encuestas de los usuarios que permitan hacer la distinción entre los consumos de electricidad para uno y otro uso? Si la respuesta es afirmativa se podrá estudiar cuales son las condiciones favorables para desarrollar un mercado, especialmente las condiciones tarifarias propuestas para las empresas eléctricas. Si es negativa, se tratará de identificar solamente el mercado de electricidad de baja tensión, subdividido en muchos submercados en función de la localización y del cuadro tarifario, pero en forma independiente de los usos concernientes.

Debe hacerse notar que los mercados de usos se sitúan en los puntos de convergencia entre muchas cadenas productivas y no pasan por una sola cadena productiva como para los mercados de productos. La posición de los mercados energéticos sobre las cadenas productivas tiene un sentido diferente según una u otra solución. En la práctica, los mercados energéticos de usos se reencuentran sobre todo en los segmentos inferiores de la cadena productiva, lo cual no quiere decir que no puedan aparecer en los segmentos superiores de la misma. Por ejemplo en la producción de electricidad en las centrales térmicas, considerando esta producción como un uso "primario" del sistema energético.

La elección caso por caso que se puede hacer entre mercado de productos y mercado de usos depende finalmente de la óptica que más conviene al análisis de la situación: óptica de oferta u óptica de demanda. En función del desarrollo socioeconómico, de la complejidad creciente del sistema energético, de la multiplicidad de usos energéticos y de la especialización de fuentes de energía en ciertos usos, las relaciones se modifican entre los productores y los consumidores, las restricciones se desplazan y las fuerzas de impulsión del crecimiento de los mercados pasan de un lado a otro. El tipo y la naturaleza de los mercados energéticos evoluciona, y conduce a adaptar los procedimientos de análisis a configuraciones observadas en la realidad.

Las transacciones energéticas se operan en base a modalidades diferentes, para el caso de numerosos mercados en formas y contornos muy variables. El diagnóstico energético debe tender a explicar la organización del conjunto, debe considerar las características estructurales de cada uno y analizar su funcionamiento desde el punto de vista de las condiciones de la competencia y la formación de los precios.

### *5.3.2. Las características estructurales de los mercados energéticos*

Como los demás mercados, los mercados de la energía presentan características que permiten especificarlos desde diversos ángulos: características de forma, dimensión espacial, periodicidad o tipo.

Las enumeraremos brevemente, insistiendo sobre aquéllas que presentan un mayor interés desde el punto de vista energético.

- Formas de mercados. Las diferenciaciones introducidas primeramente son las propuestas por la teoría económica en relación con el número de compradores y de vendedores presentes en el mercado y con las condiciones de la competencia.
- Competencia perfecta, monopolio (en sus distintas formas), oligopolio, monopsonio, etc. Se pueden incluir en este rubro las especificaciones relacionadas con el ejercicio del control público y con el régimen fiscal: mercado libre, administrado, protegido, bajo control aduanero, libre de impuestos, subvencionado, etc.
- La dimensión espacial. Esta característica está referida al ámbito o la extensión del mercado: mercado local, regional, nacional, internacional.
- La periodicidad. Esta característica toma en cuenta la dimensión temporal del mercado: mercado permanente, estacional, temporario, intermitente. Dichas distinciones son importantes para las fuentes de energía renovables en razón del ciclo anual de los cultivos (residuos vegetales, caña de azúcar, etc.), de las variaciones climáticas y del régimen pluvial, que impiden el transporte terrestre y requieren la utilización de fuentes sustitutas en algunas estaciones. Así hay mercado estacional de los combustibles para calefacción (fuel oil y gas licuado de petróleo) en el hemisferio norte.
- Tipos de mercado. Se deben aquí distinguir los mercados en función de su ubicación en las cadenas productivas y por el volumen de las transacciones a que dan lugar: mercado mayorista, semi mayorista, minorista, a granel, etc.

Los mercados de productos y usos que han sido standarizados, como así también los sub-mercados resultantes de ulteriores desagregaciones realizadas en base a diferentes criterios (localización, tipos de mercados), se encuentran así caracterizados según varios componentes estructurales que contribuyen a evidenciar su importancia económica y su ubicación dentro del sistema energético. Todas estas clasificaciones y todos los elementos señalados deben ser agrupados en algunos cuadros de síntesis que permitan una mejor comprensión de su organización.

En este campo no existen procedimientos standarizados que deban necesariamente aplicarse. Las circunstancias particulares de la situación en estudio juegan un importante rol, y las coincidencias o intersecciones que se establezcan dependen fundamentalmente de los fenómenos que se desee resaltar. A título ilustrativo se proponen tres tipos de cuadros que pueden aclarar la orientación de la metodología adoptada hasta ese punto y la naturaleza de las informaciones que es útil detectar en el análisis de los mercados energéticos.



Cuadro N° IV.1.  
 Mercados de productos energéticos: las características de los mercados según  
 localización y tipo

<b>Regiones geográficas o administrativas</b>				
	1	2	.....	n
Mercados mayoristas				
Mercados Intermedios			Características de cada mercado: . número de oferentes . tamaño del mercado . localización física	
Mercados de productos finales				
Porcentaje de abastecimiento en cada mercado				

Cuadro N° IV.2.  
 Mercados de productos energéticos: participación en el mercado  
 por empresa y tipo de mercado

	Contrato Directos	Mercados administ.	Mercados mayoristas	Mercados intermedios	Mercados finales
Empresa 1					
,					
,					
Empresa n			% del mercado		

Cuadro N° IV.3.  
 Mercado de usos energéticos: participación de las empresas  
 por fuente de energía

<b>Fuente energética</b>	
	1 ..... n
Empresa 1	
,	
,	% del mercado
Empresa n	

Estos cuadros, y todos aquellos que se puedan imaginar para describir la organización de los mercados energéticos, ya sea en búsqueda de una visión de conjunto, ya sea por el contrario yendo al detalle de la estructuración, pueden interpretarse como una desagregación o una redistribución de los datos contenidos en el balance energético. Como ya fuera destacado en otras ocasiones, la división en operaciones utilizada en el balance otorga prioridad a ciertos aspectos particulares de la circulación de los flujos en el sistema energético: la naturaleza de los abastecimientos (producciones, importaciones, etc.) en el bloque de disponibilidades, independientemente de su origen geográfico y de la categoría de los operadores implicados en dichas actividades (empresas nacionales, multinacionales, públicas o privadas); el valor de los insumos y de los productos en las diferentes instalaciones de transformación, sin indicar entre las ramas operadoras (industrias del petróleo, del gas, del carbón, etc.) la ubicación de las empresas que participan en dichas informaciones y sus interrelaciones; finalmente, la distribución del consumo final entre las categorías de usuarios, independientemente de toda preocupación relativa a su comportamiento efectivo y su entorno socio-económico.

En sus diferentes etapas y valiéndose de diversos instrumentos, el diagnóstico energético intenta superar estas limitaciones, tomar en cuenta otros aspectos e introducir categorías menos agregadas. La disposición en tipo de mercados energéticos, que escapa también al marco del balance, y su ubicación en los diferentes segmentos de las cadenas productivas, es decir en los diferentes bloques del balance, forman parte de las orientaciones adoptadas en este sentido.

Otra ventaja del diagnóstico energético es la de permitir captar mejor el significado del equilibrio en términos físicos que constituye la característica primordial del balance. Un balance es, por construcción, equilibrado, pero se trata de un equilibrio global entre los recursos y los usos que describe una situación concreta, que puede ser buena o mala. El real funcionamiento del sistema energético puede quedar oculto si nos limitamos a este primer nivel, tanto sea en los análisis retrospectivos como en los prospectivos. La excesiva importancia otorgada a menudo en la práctica de la planificación energética a este equilibrio físico, al punto de ocultar los equilibrios económicos, financieros o presupuestarios, conlleva evidentes riesgos ya que a partir de allí entra en funcionamiento la fase de identificación, evaluación y selección de los proyectos que deberán implementarse para equilibrar las partes relativas a consumos, transformaciones y disponibilidades del balance energético. El atractivo que presentan aún los modelos de optimización global de la oferta de energía y la posibilidad que éstos ofrecen de construir desde un principio un balance previsional completo, han afianzado la idea de que este equilibrio era fundamental para la elaboración de soluciones, cuando no es más que una etapa dentro de un proceso mucho más vasto.

El balance obtenido por estos modelos indica sólo una coherencia posible, entre otras, entre los flujos de energía, debiéndose aún detectar detrás del equilibrio físico que éste traduce, los puntos de desequilibrio en otros ámbitos.

Es necesario también analizar los mercados energéticos de funcionamiento que no necesariamente aparecen cuando nos limitamos al estudio del mercado energético. Los datos del balance necesitan ser desagregados y situados en otros marcos en los cuales los fenómenos puedan ser examinados desde un ángulo diferente. La multiplicidad de mercados y la diversidad de sus características constituyen un hecho que no debe ser desdeñado. Los análisis de la oferta y la demanda de energía por

medio de los métodos habituales (cálculo de coeficientes de elasticidad, ajustes estadísticos, modelización, etc.) conservan su utilidad en la medida en que se realicen las diferenciaciones necesarias. El mercado de la leña o el del gas-oil en sí mismos son, en muchos países en vías de desarrollo, meras abstracciones, y deben ser divididos en varios sub-mercados antes de considerar el empleo de técnicas cuantitativas para definir las características de los mismos.

### 5.3.3. *Funcionamiento de los mercados energéticos*

El análisis del funcionamiento de los mercados energéticos puede ser considerado desde una doble óptica:

- analizar las condiciones de la competencia y las modalidades de intervención del Estado para incentivarla, controlarla, e incluso suprimirla, como en el caso de mercados totalmente reglamentados por el establecimiento de cupos o la imposición de precios fijos;
- estudiar la formación de los precios en el mercado, teniendo en cuenta las condiciones precedentes.

El primer ítem está referido a la vez a los aspectos económicos e institucionales de la organización de los mercados. Nos limitaremos a indicar algunas de las direcciones en que se debe profundizar, puesto que aquí llegamos a los límites fijados en el diagnóstico, cuyo objetivo es ante todo proceder a la síntesis de los diversos elementos disponibles e indicar los aspectos que merecen un análisis más exhaustivo. Las investigaciones podrían orientarse hacia los puntos considerados por los análisis económicos habituales sobre el funcionamiento de los mercados:

- el grado de concentración (número de compradores y vendedores) y el cálculo de los índices correspondientes,
- las prácticas de diferenciación y diversificación,
- los procedimientos de regulación y control instituidos por organizaciones profesionales o los poderes públicos,
- el otorgamiento de concesiones, zonas de exclusividad, monopolios, los ámbitos de intervención de las administraciones locales, regionales, nacionales.

La formación de los precios en los mercados de la energía y el rol preeminente de los poderes públicos en la fijación de esos precios plantean asimismo una multitud de interrogantes cuya simple presentación excede el alcance del presente capítulo. La formación de los precios y la fijación de los mismos, entendiéndose por ello las modalidades establecidas por el Estado, la administración pública o los organismos de control para la determinación de los niveles de precios o de sus elementos constituyentes (impuestos, márgenes, etc.), no pueden, por otra parte, analizarse separadamente en razón misma del funcionamiento y la organización de los mercados energéticos, rara vez libres, a menudo controlados, frecuentemente administrados. Esto es válido tanto para los mercados de recursos primarios, (a través de los precios impuestos a las energías nacionales o a través de cláusulas fijadas en los contratos de importación), como para los mercados de energía final sometida a una reglamentación muy estricta en materia de cuadros tarifarios, con pedido de autorización previa para

todo tipo de modificación deseada por las empresas o incluso con fijación por vía autoritaria.

Estos dos aspectos, teóricamente disociados pero muy imbricados en la práctica, plantean dos grandes categorías de interrogantes:

- la primera está referida a la determinación del sistema de precios: régimen fiscal, subvenciones, tarificación, relación entre precios internos y precios internacionales, relación entre las estructuras de precios y las de costos,
- la segunda está referida a la apreciación de los efectos o de las acciones de dichos precios sobre: la política de financiamiento de las empresas energéticas, los equilibrios externos, el presupuesto del Estado, el poder adquisitivo de las familias y los costos de producción de las empresas industriales, y el stock de recursos disponibles.

Toda política de precios es el resultado difícil, a veces imposible, de conflictos entre varios objetivos y de antagonismos entre los agentes económicos o entre los grupos sociales en un contexto en el que las limitaciones y la rigidez son generalmente muy fuertes. La voluntad de dominar el desarrollo energético lleva también a los Estados a controlar más estrechamente la evolución de los precios nacionales, ya sea a través de una política activa de diversificación a partir de los recursos nacionales, o bien a través de una política defensiva tendiente a separar los precios nacionales de las fluctuaciones observadas en los mercados internacionales.

El análisis retrospectivo de las políticas de precios en su sucesión de acciones correctivas de los "efectos perversos" y de anticipaciones incorrectas y de ajustes continuos, (unos y otros tanto más rápidos como contradictorios), son los objetivos y forman parte integrante de los análisis que deberán encararse sobre el sistema energético.

El rol del diagnóstico en este ámbito es el de efectuar el trabajo preparatorio, es decir reunir las informaciones disponibles, establecer con precisión los niveles en que se miden dichos precios y efectuar análisis que permitan detectar estructuras de precios comunes para los diferentes mercados energéticos.

La característica más evidente de los precios energéticos es su extremada diversidad: variedad considerable de los precios en vigor (tablas, tarifas, precios internos, precios de mercado, precios exhibidos, etc.), múltiples niveles en que dichos precios se calculan o establecen (precios iniciales de producción, precios de importación, precios a la entrada en los centros de transformación, precios al consumidor final, etc.), elevado número de elementos constitutivos de estos precios (costos asumidos por los operadores en cada estadio de la producción, de la transformación, el transporte y la distribución de los productos energéticos, retenciones efectuadas por las compañías, el Estado, etc.).

Los niveles y las estructuras de precios pueden ser determinados en referencia a las nociones de cadenas productivas y cadenas físicas energéticas. En efecto, éstas constituyen un medio sumamente útil para realizar la desagregación de los precios de costo de la energía en cada estadio del proceso de producción en función de los costos de cada operación elemental. Se trata entonces de establecer en las cuentas

de explotación de las empresas los elementos constitutivos de los precios y la manera en que se producen las agregaciones sucesivas a lo largo del sistema energético. Dentro de una orientación esta vez más bien económica que contable, el análisis de la formación de los precios conduce paralelamente a examinar la naturaleza de las retenciones (en sentido amplio, es decir positivas o negativas) efectuadas por cada uno de los agentes del sistema energético, y las modalidades de aplicación: rentas, márgenes, excedentes, transferencias, tributos fiscales, subvenciones, etc.

Siguiendo una práctica actualmente bien establecida, se distinguen tres niveles principales de precios:

- el precio de abastecimiento (producción nacional e importación), correspondiente en general al precio de la energía primaria medido a la entrada del sistema energético nacional;
- el precio después de la transformación intermediaria (fundamentalmente las refinerías, centrales eléctricas y procedimientos de transformación de la biomasa), es decir el precio de la energía secundaria a su egreso de las centrales de producción;
- el precio de entrega al consumidor, o sea el precio de la energía secundaria tal como se recibe en los diversos mercados de consumo.

Cabe destacar que en el caso de los dos primeros niveles debe efectuarse una distinción suplementaria según que las fuentes de energía, primarias o secundarias, puedan o no ser objeto de un comercio internacional importante. Por una parte están todos los combustibles fósiles (carbón, hidrocarburos), por la otra la energía eléctrica y los productos de la biomasa. En el caso de los primeros existe efectivamente un precio internacional (o varios) que fija en gran medida el valor de las importaciones y sirve de punto de comparación con el precio del mercado nacional. En el caso de los segundos no existe dicha referencia al mercado internacional, no al menos en la misma escala. Esta diferenciación presenta una influencia decisiva en la política de precios puesto que los Estados no tienen el mismo grado de dominio sobre los precios nacionales que sobre los internacionales, y además porque las fluctuaciones en el tiempo obedecen a lógicas totalmente diferentes.

La medición de los precios a niveles en lo posible comunes para todas las fuentes de energía lleva a la definición de estructuras de precios cuya comparación es sumamente útil para detectar cuales han sido o son las orientaciones generales de la política de precios, especialmente desde el punto de vista del fisco. Se pueden considerar dos modos de estructuración:

1. estructura de precios a cada nivel: es la desagregación del precio obtenido a cada nivel entre los diferentes elementos constitutivos de dicho precio, es decir entre los diferentes costos y las diferentes retenciones;
2. estructura de precios por niveles: la desagregación se efectúa en base a precios medidos en cada nivel. En la práctica, este cálculo de estructura se efectúa más bien para el precio al consumidor final, precio que se intenta desglosar entonces entre el precio de abastecimiento y el precio después de la transformación intermediaria.

Se puede evidentemente aislar en la desagregación otros elementos de real importancia económica, como por ejemplo el costo de distribución o el régimen tributario. Lo esencial es sobre todo encontrar un principio común de desagregación que permita comparar entre sí las cadenas energéticas a pesar de los diferentes modos de formación de los precios.

Cuadro N° IV.4.  
Ejemplo de estructura del precio de abastecimiento

	Origen de los abastecimientos				Media nacional
	1	2	.....	r	
Costo de producción					
Retenciones de la empresa					
Costo del transporte					
Subvención					
Precio					

Cuadro N° IV.5.  
Ejemplo de estructura del precio a consumidor final

	Fuente de energía			
	1	2	.....	r
Precio de abastecimiento				
Costo de transformación				
Costo de distribución				
Tributos fiscales				
Retenciones y márgenes de las empresas				
Precio de entrega				

#### 5.4. Consideraciones finales sobre las cadenas productivas

Hemos expuesto las grandes líneas del diagnóstico energético referido a la parte de los abastecimientos energéticos, sus principales orientaciones y los instrumentos de análisis que se pueden implementar. Con modalidades naturalmente diferentes, el procedimiento de conjunto es muy similar al desarrollado para la parte de los consumos de energía: comprender los fenómenos bajo la acción de diferentes componentes y en sus recíprocas relaciones; articular los fenómenos energéticos con los fenómenos técnicos y socio-económicos presentes en los países en vías de desarrollo, captar simultáneamente las actividades que dan forma al sistema energético y los agentes que en él están implicados. En un sentido negativo, se trata de no fragmentar los problemas y de evitar reducir el funcionamiento del sistema energético al juego de algunos mecanismos.

En consecuencia, la fase analítica sólo puede comenzar cuando se han definido conceptos suficientemente globales y "estructurales" para representar y hacer propia esta compleja realidad. Los desgloses, desagregaciones y clasificaciones que

inevitablemente se introducen en esta fase adquieren mayor justificación si provienen de un enfoque global que si derivan de una lectura directa y superficial de los hechos observados. Es a partir de esta óptica que hemos adoptado los conceptos de cadenas productivas aún sabiendo que éstas no explican por sí mismas la totalidad de los fenómenos. Infaliblemente los simplifican y resumen su interpretación. El concepto de cadena productiva, transposición del concepto de cadena industrial, traduce las relaciones de interdependencia vertical entre los diversos segmentos, desde el punto de vista de la sucesión de las etapas seguidas por los flujos energéticos y de las condiciones físicas de producción, transporte, distribución y uso, pero también desde el punto de vista económico, social y financiero. Establece a lo largo de dichas cadenas productivas diferentes puntos de intercambio, reales o virtuales, de los productos energéticos, o bien marca en el segmento de los usos espacios especiales llamados mercados de usos.

Ya en varias oportunidades hemos explicado como este concepto permite, con las reservas precedentes y al salir de la fase analítica, proceder a una síntesis de las condiciones en las cuales se efectúan los abastecimientos energéticos en un país. Se trata de una síntesis parcial o provisoria, opuesta a una síntesis más global que consistirá posteriormente en analizar si las estructuras de las cadenas productivas y el modo de organización y de funcionamiento de los mercados guardan relación con la constitución de los grupos de usuarios, con la naturaleza de los requerimientos energéticos ligados a la realización de actividades domésticas o actividades productivas.

El alto grado de desagregación utilizado tanto para la estimación de los requerimientos como para la definición del abastecimiento, permite que todos los análisis antes mencionados puedan realizarse con el mismo grado de detalle para posteriormente agrupar los valores elementales según diferentes criterios (área biogeográfica, sectores de consumo o de producción, tipo de tecnología, por subsistema centralizado o descentralizado).

## **6. LAS RENTAS DE LOS RECURSOS NATURALES**

Al desarrollar la materia Economía se hizo referencia a la renta como una categoría de ingresos debidos a la propiedad de los recursos naturales. Así, se afirmó que la renta constituye, en mayor o menor medida, una parte del precio de las mercancías. Esta parte será tanto más importante cuanto mayor sea el uso de los recursos naturales en la producción de las mismas. De este modo, la naturaleza y el nivel de la renta desempeña un rol esencial en el análisis de la determinación de los precios de las mercancías más directamente relacionadas con el uso de los recursos naturales.

Puesto que los productos del sector energético constituyen un caso típico de esta clase de mercancías, es pertinente realizar en estas notas algunas precisiones sobre la naturaleza de la renta de los recursos naturales.

La teoría de la renta que recibió gran atención en las obras de los economistas clásicos (Smith, Ricardo y Marx), ocupó un lugar marginal dentro de los desarrollos posteriores de la teoría económica. La preocupación por la economía de los recursos naturales y las discusiones sobre la naturaleza de la renta ha recobrado vigencia sólo a partir de los primeros años de la última década.

Este hecho, lejos de ser casual, responde a dos momentos históricos del desarrollo del sistema capitalista en los que la disponibilidad de los recursos naturales desempeña un rol de crucial importancia. En el caso de los economistas clásicos que teorizaron sobre la realidad de la Inglaterra de principios del siglo XIX (especialmente Ricardo) la atención dedicada a la renta responde a la preocupación por la contradicción que significa para el orden burgués naciente los intereses de la clase terrateniente.

En la última década, la preocupación de los economistas por el tema de los recursos naturales se deriva de la limitación que la disponibilidad de los recursos naturales fósiles impone al ritmo de acumulación capitalista.

Cualquiera sea el origen que motiva el estudio de la renta resulta necesario discutir cual es la naturaleza de la aparición de la renta.

La esencia de la renta aparece a partir de la especificidad de los recursos naturales y para ello es necesario definir que se entiende por mercancía.

La primer definición esbozada definía como mercancía a todos los bienes producidos para ser vendidos en el mercado. Sin embargo, esta definición es insuficiente, debe agregarse que los productos deben ser susceptibles de ser reproducidos en grandes cantidades.

La noción de reproducción es ajustada. Un bien es efectivamente reproducible si sus cualidades físicas y sus cantidades físicas pueden reproducirse por la intervención del trabajo y el capital. Desde el punto de vista del mercado, las cantidades físicas de los recursos fósiles pueden ser adecuadamente y globalmente reconstruidos por las inversiones apropiadas en exploración. La noción de reserva es dinámica; hablamos a este fin de reproductividad económica de las industrias mineras.

Por el contrario, las cualidades físicas de las materias primas no son reproducibles. Se entiende por cualidades físicas, el conjunto de factores determinantes de las características endógenas de un yacimiento o una materia prima, tales como la profundidad, situación geográfica, composición química. Estos factores preexistentes a la acción del capital, pueden ser modificados pero no producidos. En consecuencia los recursos naturales no son mercancías ya que su reproducibilidad es parcial.

Así, la posesión de una parcela de tierra constituye un monopolio porque ella no puede ser reproducida por el proceso combinatorio capital-trabajo. La esencia de la barrera no es la propiedad privada o la existencia de una clase propietaria, sino la imposibilidad para el conjunto de los productores individuales de acceder libremente a los medios de producción que pueden calificarse de "raros".

La rareza no está definida en función de la demanda sino en función de un producto que el trabajo no puede fabricar y que no puede ser reproducido por una asignación determinada de capital. En una economía donde las condiciones capitalistas de producción dominan enteramente, aparece un hecho excepcional: la particularidad de los medios de producción naturales, que como productos del trabajo de la naturaleza, se oponen a la universalidad de la penetración del capital.

La naturaleza es por lo tanto fuente de valor de uso como el trabajo, pero la fuerza de trabajo es, contrariamente a los recursos naturales, "libre" y "reproducible". Esta



distinción fundamental explica porqué el capital que explota bienes naturales es imperfectamente reproducible y sujeto a pautas de producción diferentes de los prevalecientes en las otras actividades industriales.

Paralelamente a esta especificidad de la tierra y otros recursos naturales, es conveniente llevar a cabo un análisis particular de las condiciones en que interviene el capital, la formación de beneficios, de superbeneficios y de precios en la esfera de los recursos naturales.

Existen diferentes tipos de rentas, la suma de todas ellas constituye el excedente del oferente. Veremos a continuación como se constituyen y que incorporan cada una de ellas.

### **6.1. La renta diferencial**

Aunque la existencia de la renta como categoría específica de ingreso fue reconocida y discutida por algunos economistas anteriores, fue David Ricardo quien formuló en primer término un desarrollo teórico riguroso y sistemático sobre su naturaleza y determinación. Ricardo presentó a la renta como una característica del fenómeno de distribución del producto por cuanto se refiere a la "compensación por el uso de las cualidades originarias e indestructibles del suelo" <sup>(60)</sup>.

Dentro de la concepción de Ricardo, la renta surge como consecuencia del carácter limitado de las tierras y, especialmente, debido a las características diferenciales (en cuanto a calidad, accesibilidad y situación geográfica) de las mismas.

Considerando el ejemplo más simple, referido a las diferencias en la calidad de las tierras, la teoría de la renta de Ricardo puede exponerse del siguiente modo:

- Supóngase que en un momento dado se encuentran en explotación tierras de diferente grado de fertilidad cuya producción conjunta es necesaria para abastecer la demanda de productos agrícolas.
- La fuerza de trabajo que se emplea en el cultivo de las tierras es remunerada con un salario uniforme equivalente al mínimo indispensable para su subsistencia y reproducción.
- La competencia entre los capitalistas que contratan el uso de las tierras con los terratenientes hace que los capitales reciban en todas las explotaciones la misma tasa de ganancia.
- Puesto que la explotación de la tierra menos fértil es necesaria, junto a todas las demás, para abastecer la demanda de productos agrícolas, el precio de éstos debe permitir, en esa tierra, solventar la remuneración de la fuerza de trabajo y obtener la tasa uniforme de ganancia.
- El precio de cada producto agrícola se sitúa exactamente en el nivel del "costo de producción" (valor de las materias primas + salarios + tasa uniforme de ganancia) en la tierra menos fértil. Esto es así puesto que si fuera mayor (por presión de la

---

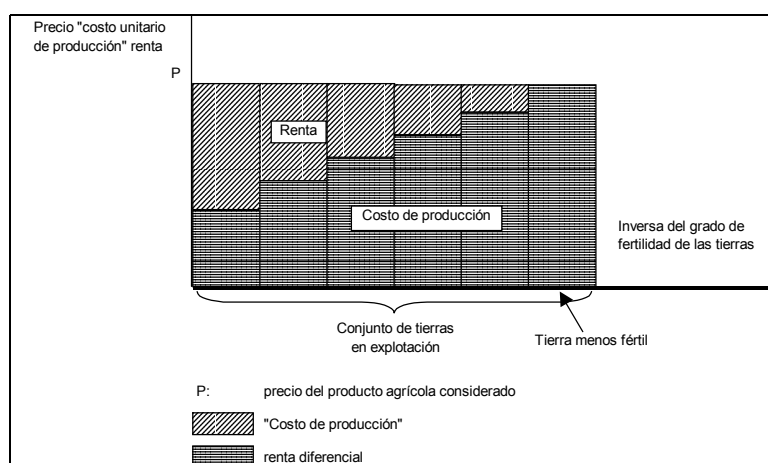
(60) "Principles of Political Economy". D. Ricardo, Londres, 1917.

demanda) se pondrían en explotación tierras aún menos fértiles que permitieran obtener la tasa uniforme de ganancia y el presente razonamiento sería válido para estas últimas.

- Siendo que el precio de mercado es uniforme para cada productor agrícola, cualquiera sea su procedencia, en las tierras más fértiles que la marginal el "costo de producción" será menor que el precio. Esta diferencia entre precio y "costo de producción" es el nivel de la renta que reciben los propietarios de las tierras más fértiles.
- El nivel de la renta será tanto más alto cuanto mayor sea la diferencia de calidad de una tierra con referencia a la menos fértil que se encuentra en explotación. De allí, la naturaleza diferencial de la renta dentro del esquema teórico desarrollado por Ricardo.

Lo expuesto puede explicarse gráficamente del siguiente modo:

Gráfico N° IV.4



Este concepto de renta diferencial que se ha expuesto en base a las distintas calidades de los suelos puede aplicarse también a las diferencias debidas a la situación geográfica de las tierras. Puesto que el precio de mercado de un producto debe cubrir, además del costo de producción, el costo de transporte, las tierras situadas más cerca de los centros de consumo, aunque presenten la misma fertilidad que el resto de las tierras, tendrán un costo unitario menor. Con el mismo razonamiento que se utilizó en el caso de las diferencias de fertilidad puede deducirse que las tierras más cercanas a los centros de consumo tendrán una renta diferencial de situación.

La renta aparece entonces debido a las características diferenciales que presentan las tierras en explotación y su nivel para cada explotación particular depende del nivel del precio de los productos agrícolas. De este modo, no es el precio quien depende del nivel de la renta sino que ésta, como categoría diferencial es determinada por el precio.

Aunque Ricardo afirmó que su teoría de la renta diferencial, referida esencialmente a la tierra agrícola, puede extenderse a la explotación de los recursos naturales de

origen minero no profundizó su análisis de este último tipo de recursos de carácter no renovable que, por esta condición, pueden dar lugar a la aparición de rentas de naturaleza diversa de la renta diferencial.

## 6.2. La renta absoluta

Marx retoma la categoría de renta diferencial de Ricardo, sin embargo cuestiona el razonamiento de éste en lo que se refiere a la inexistencia de renta en las tierras marginales. Según Marx resulta difícil imaginar que un propietario de recursos naturales ceda en explotación su propiedad sin reivindicar compensación alguna a cambio. Para remediar esta situación irrealista Marx define un segundo tipo de renta: la renta absoluta y las nociones de superbeneficio.

De tales conceptos sólo interesa, por el momento rescatar el de Renta absoluta.

Tal como mencionábamos del análisis Ricardiano puede deducirse que el propietario del yacimiento menos productivo no recibirá ningún tipo de renta diferencial. Es difícil imaginar que un propietario pondrá en explotación su patrimonio sin obtener un beneficio. Para remediar esta situación irrealista Marx aísla un segundo tipo de renta: la renta absoluta.

Marx afirma: "la propiedad puramente jurídica de la tierra no da lugar a la renta fundiaria al propietario, pero le confiere el poder de no poner en explotación su tierra en tanto las condiciones económicas no permitan fijarle un valor que le reporte un excedente".

La propiedad fundiaria se convierte en un factor de monopolización de los recursos naturales dando a todos los poseedores de tierras el poder de exigir un tributo para su explotación. La utilidad percibida por el propietario del suelo no es una renta diferencial de producción. En estas condiciones el excedente no está justificado por la diversidad y las condiciones de producción de las materias primas, sino por el status jurídico a que están sometidas. La propiedad fundiaria juega un rol activo en la creación del excedente: es la causa directa.

A causa de la barrera creada por la propiedad fundiaria, el precio de mercado debe alcanzar un valor que permita obtener un excedente sobre el precio de producción, es decir generar una renta. La barrera a la entrada impuesta por la propiedad del capital justifica el carácter de renta del tributo.

La esencia de la renta fundiaria absoluta consiste en un acaparamiento del propietario de una parte de la plusvalía que de otro modo formaría parte de los fondos de igualación de la tasa general de beneficio.

El análisis es, en muchos aspectos ambiguo:

- El carácter de renta o excedente no está claramente diferenciado.
- La misma se justifica desde un punto de vista teórico pero sin que se pueda dar al concepto un valor operativo. Una misma acción de dos propietarios fundiarios ejerce una Presión sobre el precio producto de dos interpretaciones teóricas

diferentes. Si uno destina la tierra a la agricultura y el otro a la extracción de hidrocarburos que ella contiene; las actividades agrícolas suponen una relación capital/trabajo más bajo que la media y el propietario puede obtener una renta absoluta. Por el contrario la industria de los hidrocarburos tiene una intensidad del capital elevada y el propietario creará un precio de monopolio que le permitirá percibir una renta cuya naturaleza no está especificada por Marx.

- La aceptación del precio de monopolio empleado por Marx en su desarrollo de la renta absoluta difiere del concepto utilizado generalmente. En general, existe un precio de monopolio cuando el precio de mercado sobrepasa el valor-trabajo de la mercancía. El valor es por lo tanto el criterio para definir el precio de monopolio únicamente para las actividades regidas por recursos naturales y donde la composición orgánica es débil. Esta discriminación arbitraria no está justificada.
- El proceso de creación real de la renta no tiene unidad con el proceso de creación teórica. El propietario no funda su estrategia sobre el valor, como lo supone Marx, sino sobre el precio. Su objetivo no es maximizar la renta absoluta con relación al valor-trabajo de la mercancía, sino maximizar sus ingresos con relación a las condiciones del mercado.

En definitiva, para Marx el concepto se funda sobre el hecho que el propietario puede, cuando la composición orgánica del capital es inferior a la media, absorber plusvalía generada en el interior del sector: esta situación es normal. Por el contrario, existen propietarios que absorben plusvalía de otros sectores, es el caso cuando la composición orgánica del capital es superior a la media y se trata de una situación anormal. Este segundo caso da lugar a un precio de monopolio. La distinción teórica es fundamental y justifica el origen intra o extra sectorial de la plusvalía.

Las interpretaciones posteriores de la renta absoluta y su aplicación al caso petrolero dan lugar a diferentes explicaciones. Por una parte se sostiene que, dado que la composición orgánica del capital en la industria petrolera es superior a la media no puede en teoría existir una renta, sin embargo la renta existe. Los propietarios de los campos petrolíferos están en condiciones de exigir un tributo para lograr cierto nivel de producción.

Otros autores niegan directamente la existencia de una renta absoluta, en el caso del petróleo.

### **6.3. Consideraciones finales**

Es decir, que las dificultades de determinación del costo de uso hacen que puedan distinguirse dentro del precio las componentes:

- Rentas diferenciales
- (61) - Costo de uso + renta absoluta
- Costos de diferentes etapas de producción, transporte y distribución

---

(61) "Natural resources" en A. Eichner. "A Guide to Post-keynesian Economics". Véase P. Davidson N. York, 1979.

Teniendo en cuenta los costos para cada etapa (incluyendo una tasa normal de beneficio), los precios de transferencia correspondiente (si es que existen) y el precio final, se puede determinar la distribución del agregado <sup>(62)</sup> entre los actores de la cadena producción - transporte - distribución - consumo del energético considerado.

Desde una perspectiva la decisión de utilizar recursos naturales no renovables es visualizada de manera análoga a una desinversión en equipo de capital mientras que la búsqueda de nuevas fuentes de recursos naturales como un equivalente de inversión. Estas actividades de inversión, positiva o negativa dependen de las expectativas de los empresarios. En tal sentido resulta ajustada la afirmación de Keynes en el sentido de que "no hay clara evidencia de que la política de inversiones más ventajosa desde el punto de vista social coincida con aquélla que es más rentable desde el punto de vista privado".

De cualquier modo, el uso de los recursos naturales no renovables del mismo modo que la actividad de inversión, genera patrones específicos de crecimiento, empleo y distribución del ingreso.

En efecto, el nivel de precios de las materias primas derivadas de la explotación de los recursos naturales no renovables, que influye sobre el nivel de la "renta minera", incide de manera más o menos significativa sobre el ritmo de uso de dichos recursos. Estos tres aspectos, nivel de precios, nivel de rentas y ritmo de uso tienen sobre el resto del sistema económico-social múltiples repercusiones tanto en el corto como en el largo plazo. Así por ejemplo, un aumento en los niveles de precios y rentas, compatible con un ritmo menor en el uso del recurso, tiende a provocar de manera general, entre otros, los siguientes efectos:

- a) Un aumento en los precios de los bienes finales que utilizan directa o indirectamente esos recursos como insumos.
- b) Una disminución en la participación de los asalariados en el producto social.
- c) Como consecuencia de a) y b), una disminución en el nivel del gasto y por tanto en el nivel de actividad en el corto y mediano plazo y, de acuerdo con las características del sistema socio-económico, un mayor ritmo de inflación.
- d) Una mayor conservación del recurso y un incentivo de inversión para la búsqueda de sustitutos.
- e) Un mayor sacrificio de las generaciones presentes en favor de las futuras.
- f) El efecto del incremento del excedente derivado del incremento en el nivel de la renta minera depende de su apropiación y uso.

De este modo, el uso de los recursos no renovables y la determinación del nivel de la renta (por medio de la fijación de los precios), dentro de un proceso de planificación debe tomar en cuenta sus repercusiones dentro del sistema con referencia a los objetivos planteados.

---

(62) "Natural resources" en A. Eichner. "A Guide to Post-keynesian Economics". Véase P. Davidson N. York, 1979.

En el caso de los recursos energéticos no renovables (petróleo, gas natural, carbón) se presenta una gran diversidad de rentas debido a diferencias de productividad, de localización y de calidad.

Pero la existencia de importantes rentas, en particular en el sector petróleo, no se debe sólo a factores naturales sino que también inciden factores económicos, políticos e institucionales.

Así tenemos por ejemplo que a nivel del mercado internacional del petróleo se han generado importantes rentas de este tipo.

Por ejemplo la existencia de naciones independientes y su deseo de tener una cierta seguridad de abastecimiento y asegurar el desarrollo económico local ha llevado a la explotación de yacimientos marginales de alto costo (Mar del Norte) con lo cual, en un mercado fuertemente oligopólico, se definen precios muy elevados por encima de los costos de producción de las reservas más abundantes (Medio Oriente) generándose así una renta adicional que incrementa la "ineficiencia" puramente económica del sistema.

Otro ejemplo similar se produjo durante muchos años en Estados Unidos donde la presión política de los pequeños productores de petróleo llevó a que interviniera el estado con un sistema de cuotas de importación que mantuvo el precio interno del petróleo por encima del precio internacional, posibilitando la supervivencia de los productores marginales y generando fuertes rentas para las grandes compañías multinacionales a expensas del consumidor local.

Sólo cuando el problema anterior de nivel internacional llevó a una suba del precio a los niveles de costos del Mar del Norte fue posible eliminar el sistema de importación en Estados Unidos sin afectar a los productores marginales.

Además o a posteriori de la aparición de una renta cualquiera, se plantea el tema de la apropiación de dicha renta por los diferentes actores sociales.

Así vemos que, en el mercado internacional, la renta petrolera, antes de 1973, era absorbida fundamentalmente por los países importadores mediante impuestos internos y por las multinacionales a través de sus ganancias.

Después de 1973 la suba de los precios internacionales FOB del petróleo permitió que una mayor proporción de la renta quedara en manos de los países productores, esta situación se ha vuelto a invertir a partir 1983 y en particular en 1986.

A nivel nacional en caso de existir una renta petrolera pueden plantearse dos esquemas de apropiación de la misma. El primero ampliamente utilizado en los países productores de América Latina es mantener precios internos bajos, vinculados a los reales costos de producción locales con lo cual la renta se distribuye en forma difundida entre todos los consumidores de derivados de petróleo. El segundo consiste en elevar los precios internos hasta el nivel internacional mediante impuestos, captando de esa forma de una manera directa y visible la renta diferencial y la renta absoluta. Según como se utilicen esos fondos será la distribución de la renta entre diferentes sectores sociales. Si la suba de precios no se da mediante impuestos sino directamente, se beneficiarán las empresas productoras.

## **CAPITULO V**

### **1. EL PLANEAMIENTO**

El planeamiento de un sistema, cualquiera sea éste, consiste en el análisis de sus características actuales, de su dinámica de funcionamiento y de su posible evolución futura, con la intención de actuar sobre él para controlar su trayectoria.

Esta definición general supone dos etapas bien diferenciadas: una correspondiente a la conceptualización del sistema en su estructura y funcionamiento pasado y presente, (aspecto que se corresponde con el diagnóstico); y la otra referida al análisis prospectivo.

La intención explícita de actuar sobre el sistema para controlar su trayectoria requiere:

1. Un juicio de valor sobre las trayectorias alternativas, que permita distinguir entre aquellas deseables y las no deseables, comúnmente identificados como los objetivos del plan.
2. La disponibilidad de instrumentos de control sobre la dinámica de funcionamiento del sistema.

La forma en que estos aspectos son concebidos y utilizados marca los diferentes paradigmas desde los cuales se puede analizar y planificar un sistema.

Así, en el caso de los sistemas económicos, podrían distinguirse tres concepciones bien diferenciadas:

- a) El liberalismo, que propugna la autorregulación o autocontrol de los sistemas económicos, mediante el libre juego de los mecanismos del mercado. Lo cual conduce a que el planeamiento sea considerado innecesario.
- b) La centralización total del poder, que requiere del planeamiento para definir los niveles de actividad de los diferentes sectores económicos, dando origen al planeamiento normativo.
- c) El reconocimiento del poder compartido en las economías mixtas, que requiere un proceso de concertación entre los diferentes actores sociales para acordar trayectorias deseables del sistema y conduce a un planeamiento estratégico.

El sistema energético, como parte del sistema socioeconómico, se ve afectado también por estas diferentes concepciones teóricas sobre el tipo de planeamiento y las técnicas utilizadas para llevarlo a cabo.

Sin embargo las características del sistema energético imponen algunas particularidades especiales al planeamiento derivado de cada una de estas concepciones.

Dentro de las características salientes del sistema energético podemos mencionar:

1. Difusión del uso de la energía en todas las actividades humanas.

2. El carácter oligopólico/monopólico de las actividades vinculadas con el abastecimiento de energía.
3. El requerimiento de una infraestructura física caracterizada por ser altamente intensiva en capital y con un período de maduración relativamente largo de las inversiones requeridas para asegurar el normal abastecimiento de los productos energéticos.
4. Los impactos de los precios y tarifas de la energía en el funcionamiento del sistema socioeconómico.
5. El hecho de que el abastecimiento de los productos energéticos compromete la utilización de recursos naturales, en algunos casos no renovables.
6. La magnitud de la renta generada como consecuencia de la utilización de dichos recursos naturales y la discusión sobre su apropiación.

Estos elementos distintivos han provocado que, aún dentro de concepciones teóricas diferentes, se acepte la necesidad del planeamiento para prever la evolución del sistema energético.

## **2. EL PLANEAMIENTO ENERGETICO**

### **2.1. El enfoque como rama industrial**

Dentro de la concepción neoclásica se considera al sistema energético como una rama industrial más del sistema económico, para la cual es aplicable la teoría microeconómica. De esta forma el planeamiento energético se reduce a un análisis de la demanda y de la oferta de cada energético.

En lo que se refiere al análisis de la demanda éste se reduce a la determinación de las curvas de demanda de cada fuente que expresan la maximización de las respectivas funciones de utilidad de los consumidores. En este sentido no cabe una intervención para modificar las elecciones de los consumidores más allá de las señales enviadas por los precios y tarifas a las cuales los energéticos están disponibles en el mercado.

Con respecto a la problemática de la oferta, el análisis se corresponde con la asignación óptima de recursos escasos frente a requerimientos ilimitados que son autónomamente determinados por los consumidores. Dentro de esta concepción se propugna que la asignación debe hacerse sobre la base de los principios de la Economía del Bienestar. Esto es, minimizando el costo del abastecimiento en términos de los recursos empleados.

Estas prescripciones respecto del manejo de la oferta energética requieren para conducir efectivamente al sistema a una condición de óptimo, que los consumidores reciban las señales apropiadas para ajustar sus elecciones a tal trayectoria óptima. Esto se logra fijando los precios y tarifas de los productos energéticos a sus respectivos costos marginales de largo plazo.



Esta concepción origina entonces una planificación normativa del sistema energético ya que se reduce a la determinación de un conjunto de prescripciones de política que supuestamente conducirán al sistema a una particular condición de óptimo, sin formular hipótesis explicativas acerca del funcionamiento de dicho sistema.

En este sentido las técnicas utilizadas para la planificación de la oferta coinciden con las empleadas en los casos de concentración de poder, aún cuando el sistema al cual son aplicadas, y por lo tanto sus efectos, sean absolutamente diferentes.

Sin entrar a hacer un análisis detallado de las implicancias sociales, políticas y económicas de los conceptos teóricos sobre los cuales se basa esta concepción, la consecuencia de este tipo de planeamiento energético, al igual que para el sistema económico, es la producción de un "plan libro" cuyas previsiones distan de la verdadera evolución del sistema observable en un análisis ex-post.

Las causas de esta situación no están tanto en el tipo de técnicas empleadas sino fundamentalmente en la conceptualización del funcionamiento del sistema.

En este sentido es necesario analizar críticamente los supuestos subyacentes en el enfoque.

En primer lugar la representación del subsistema de consumo a través de las curvas de demanda en función del precio de los productos energéticos, no explica los mecanismos de formación del consumo de energía, deja fuera a aquellos consumidores que no participan de los mercados energéticos y sólo considera parcialmente los determinantes de las decisiones de los usuarios. De esta forma es imposible comprender y prever los efectos de la aplicación de instrumentos de política diferentes del tarifario.

En segundo lugar la articulación del subsistema de consumo con el de abastecimiento, reducida a la expresión soberana de las preferencias de los usuarios en el mercado de los productos energéticos como respuesta a los precios y tarifas a los que estos productos son ofrecidos, supone la independencia en la toma de decisiones de los diferentes actores intervinientes en el sistema, lo cual habilita a hacer a su vez un análisis independiente y secuencia de ambos subsistemas. Sin embargo la decisión de los abastecedores de poner a disposición de los usuarios determinadas fuentes, los costos de los equipamientos requeridos para su uso final, el acceso al financiamiento para las inversiones en instalaciones y equipos y cierto tipo de reglamentaciones tienen una influencia mayor que el precio del energético en las características y magnitudes de los consumos.

En realidad podría afirmarse que las decisiones de los consumidores son una respuesta a las condiciones que les imponen los restantes decisores intervinientes en el sistema.

Esta interdependencia en la toma de decisiones hace más difuso el límite entre ambos subsistemas de lo que supone este tipo de planeamiento.

En lo que se refiere al análisis de la oferta pueden hacerse varias observaciones de fondo respecto del sustento teórico y de la viabilidad práctica. Respecto del sustento teórico cabe preguntarse si la utilización de un sistema de "precios de eficiencia", a

nivel del sistema socioeconómico en el largo plazo como base para la toma de decisiones, garantiza la asignación óptima de los recursos disponibles por la sociedad. La clave de la respuesta está precisamente en cuales son los recursos disponibles y si estos constituyen una limitación invariante a lo largo del tiempo. Es evidentemente que la dotación inicial de recursos constituye una limitación en el corto plazo, pero esta limitación no es extensiva al largo plazo en la medida que las decisiones pueden alterar la disponibilidad futura de los recursos.

Adicionalmente debe mencionarse que esta regla de derivación de la asignación "óptima" de los recursos está basada en el óptimo Paretiano y por lo tanto no cuestiona ni se propone modificar la distribución inicial de la riqueza dentro de la sociedad, y por lo tanto no es aplicable en la medida que uno de los objetivos del planeamiento sea precisamente la modificación de esta distribución.

Respecto de la viabilidad práctica se presentan dos tipos de problemas de características bien diferenciadas. La primera está asociada con un requerimiento teórico. Aún admitiendo que la dotación de recursos sea efectivamente constante en el tiempo y que no se cuestione la distribución inicial de la riqueza, un análisis parcial del sistema económico, como es el energético, sólo contribuirá a la asignación óptima de los recursos de la sociedad en la medida que todos los insumos y factores de producción intervinientes en el subsistema energético sean valorizados según su escasez relativa. Esto es si se utilizan sus respectivos precios sombra.

Esto plantea desde el punto de vista práctico un problema casi insoluble, ya que el cálculo de los precios sombra debería surgir de una optimización conjunta de todo el sistema socioeconómico, imposible de realizar. Por lo tanto en la práctica se utiliza una combinación de precios de cuenta y de mercado, dependiente de los insumos y factores de los que se trate, pero en definitiva este procedimiento le quita sustento teórico a los resultados así obtenidos.

Otro aspecto importante y que ha condicionado notablemente el éxito en la implementación de planes energéticos realizados con esta concepción, está vinculado con la predisposición de los actores intervinientes en el sistema energético a ajustar sus conductas y decisiones a las prescripciones de un óptimo global para la sociedad.

Evidentemente la importancia de esta limitación depende fuertemente de la organización institucional del subsistema de abastecimiento. En la medida que existan varias empresas, ya sea públicas o privadas, es difícil presuponer la existencia de consenso de objetivos e intereses. En este caso sólo la presencia de un actor con poder suficiente para imponerse a los demás garantizaría la implementación del plan. Por lo tanto una planificación normativa del sistema energético sólo servirá para controlar su evolución en la medida en que las decisiones estén absolutamente centralizadas.

## **2.2. El enfoque sistémico**

Este enfoque aborda el problema planteando la necesidad de definir un método de análisis que permita tomar decisiones apropiadas para encuadrar la evolución del sistema energético en la estrategia global de desarrollo del país o de la región analizada.

Desde esta perspectiva es necesario caracterizar el problema de decisión en los siguientes aspectos:

- a) rol del sistema energético en el contexto socioeconómico.
- b) comprensión del funcionamiento del sistema energético.
- c) decisores involucrados.
- d) condiciones de contorno en las cuales se tomará la decisión.

Los dos primeros aspectos están vinculados fundamentalmente con la representación de los elementos dinámicos del sistema energético sobre el cual se pretende actuar. Mientras que los dos últimos están más fuertemente vinculados con la representación del proceso de decisión, aún cuando también se relacionan con la dinámica del sistema.

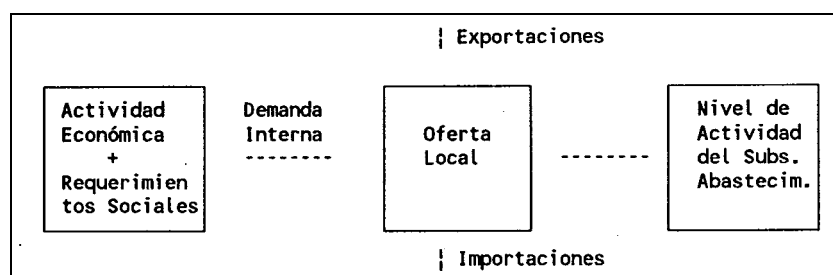
### 2.2.1. Aspectos del problema de decisión

#### a) Rol del Sistema Energético en el contexto Socioeconómico

El primer problema consiste en determinar, en la etapa de diagnóstico, el rol que le cabe al sistema energético en dicha estrategia global de desarrollo.

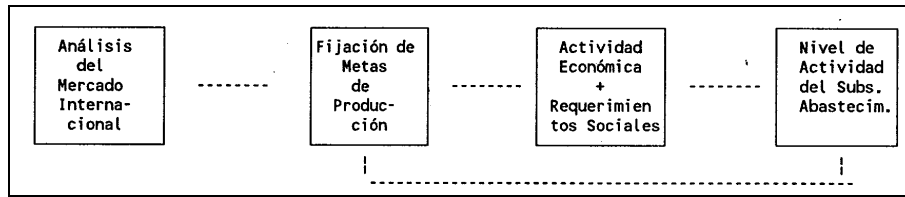
Los enfoques más usuales de la planificación energética analizan el funcionamiento del sistema energético concebido como un proveedor de servicios para garantizar la actividad económica del país y la calidad de vida de su población.

Dentro de esta concepción el análisis comienza con la proyección de la actividad económica y los requerimientos sociales, que determinan la demanda interna. Este valor junto con los saldos netos del comercio exterior definen el nivel de actividad del subsistema local de abastecimiento. Es decir el esquema sería el que se muestra en la siguiente figura.



Este esquema, que puede ser aplicado a países netamente importadores o simplemente autoabastecidos, ya no es válido para países fuertemente exportadores en los cuales el impacto de las actividades energéticas sobre el resto del sistema socioeconómico es muy grande y donde las actividades energéticas actúan como elemento dinamizador del nivel de actividad económica del país.

Para estos casos el esquema de análisis debería ser el que se muestra en la siguiente figura.



El sistema energético forma parte del aparato productivo del país y como tal tiene un impacto sobre el contexto socioeconómico cuya magnitud depende de los niveles de integración de las cadenas productivas.

La consideración y valorización de estos impactos depende de los criterios de decisión. Esto es, de los objetivos planteados para la definición de la estrategia de desarrollo global.

### b) Funcionamiento del Sistema Energético

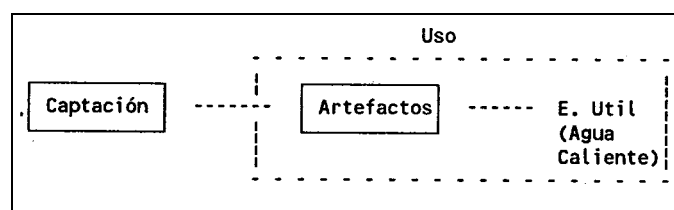
La comprensión del funcionamiento del sistema incluye tanto la detección de los vínculos físicos entre los flujos energéticos, como las relaciones organizativas e institucionales que le imprimen características propias al sistema analizado.

Si bien este tema ha sido tratado con cierto detalle en capítulos anteriores, consideramos importante profundizar algunos aspectos que resultan relevantes tanto para la comprensión de los métodos tradicionalmente aplicados, como para la formulación de un método alternativo.

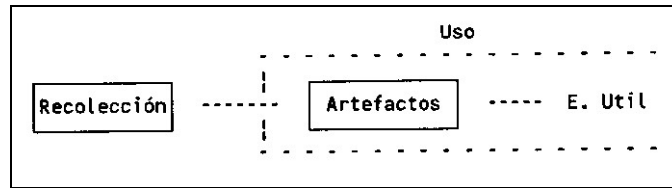
En lo que se refiere a la representación física, en un sentido amplio, el subsistema de abastecimiento estaría compuesto por todas las tareas y acciones necesarias para asegurar el aprovisionamiento de los requerimientos de energía del sistema socioeconómico.

La cantidad y complejidad de estas acciones o tareas, denominadas generalmente cadena energética (cadena-producto en la nomenclatura usada en esta materia), es muy variable y depende fuertemente del tipo de fuente energética de la que se trate.

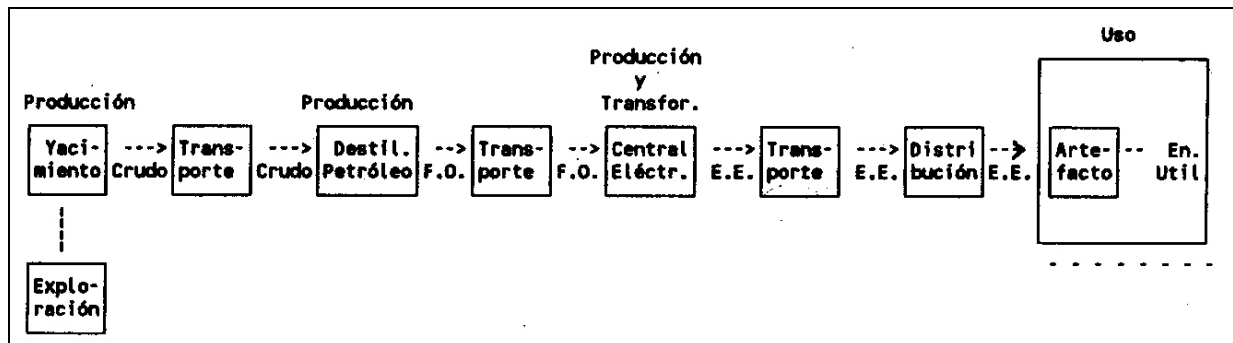
Por ejemplo para la energía solar, cuando es utilizada para el calentamiento de agua, la cadena energética correspondiente se reduce a su mínima expresión, estando representada por



Una situación semejante se presenta en el caso de la leña no comercial, cuya cadena energética podría representarse con el siguiente esquema:



Por el contrario, para ciertas fuentes energéticas de alta calidad, como por ejemplo la energía eléctrica, la cadena hasta llegar al usuario suele ser mucho más compleja, tal como se muestra en la siguiente figura



Estas cadenas energéticas son las que se representan, en forma simplificada, a través de los Balances Energéticos. En los Balances sólo se especifican los flujos físicos de productos energéticos resultantes de las actividades que componen cada una de las cadenas energéticas de un sistema.

En general estas actividades son realizadas por entes o actores diferentes. En los ejemplos dados para la energía solar y la leña existe un único actor: el usuario, que es a su vez el encargado de autoabastecerse.

En el caso de la EE la cantidad de actores depende de la organización institucional del sistema analizado, pero en general podrán encontrarse por lo menos tres actores bien diferenciados:

- Usuario
- Productor de Energía Eléctrica
- Productor de Petróleo y Derivados

Evidentemente el número de actores participantes en esta cadena podría ser mayor si el productor de Energía Eléctrica fuera diferente del ente distribuidor o si el Productor de crudo no fuera el mismo ente que opera la destilería de petróleo.

Estos actores que participan de la cadena energética pueden ser clasificados en tres grandes categorías según su rol dentro del sistema energético: usuarios, productores y entes reguladores.

Adicionalmente pueden definirse subcategorías según el rol social que desempeñan los actores energéticos. Así por ejemplo, el comportamiento de los usuarios será muy diferente si se trata de usuarios residenciales o de empresas productoras de bienes o servicios no energéticos.

De la misma manera los actores productores de energía podrán tener diferentes características, según sean empresas privadas, cooperativas, empresas nacionales, regionales, etc.

Como veremos más adelante esta distinción entre los actores energéticos será muy importante para comprender mejor el funcionamiento del sistema energético y para la realización de un planeamiento energético efectivo y seguirá siendo necesaria aún cuando la producción de energía se encuentre centralizada en empresas del estado ya que estas tienen generalmente un cierto grado de autonomía respecto de los entes reguladores del sistema energético.

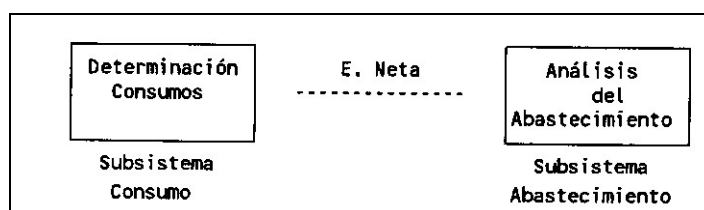
Las conductas y decisiones de estos actores no son independientes unas de otras. Por el contrario cada uno de ellos está influenciado por las decisiones de los demás.

Por lo tanto, el usuario al elegir una determinada fuente para la satisfacción de un requerimiento energético, (por ejemplo gas licuado para la cocción), está fuertemente condicionado por las características del subsistema de abastecimiento. En consecuencia su decisión no es autónoma, ni puede ser considerada un punto de partida fijo para la determinación del abastecimiento energético.

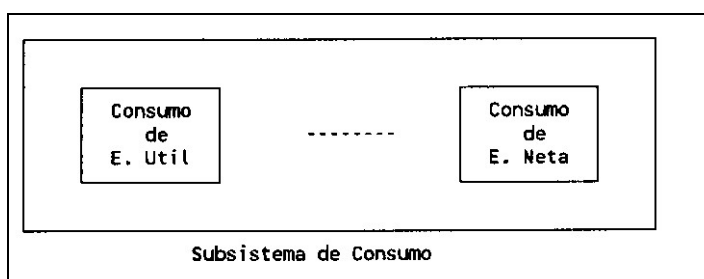
De la misma manera cuando el usuario se autoabastece, recolectando leña o captando energía solar, pasa a integrar el subsistema de abastecimiento.

Esto hace que los límites entre el subsistema de abastecimiento y del de consumo sean más difusos de lo que se supone generalmente al analizar el abastecimiento del sistema energético partiendo de los consumos netos por fuente.

El esquema clásicamente aplicado al planeamiento del sistema energético puede representarse por el siguiente diagrama de bloques:



En el análisis del subsistema de consumo se sigue este mismo esquema, pero aportando elementos de juicio para un análisis posterior más abarcador del subsistema de abastecimiento. El proceso que sigue el enfoque analítico de los requerimientos podríamos representarlo por el siguiente diagrama de bloques:



El pasaje del consumo de E. Útil a la correspondiente E. Neta lleva implícito una serie de decisiones tomadas por los usuarios en un determinado contexto que incluye:

- Disponibilidad de fuentes
- Precios y tarifas de las fuentes
- Regulaciones
- Precios de los artefactos e instalaciones
- Acceso al financiamiento
- etc.

Es claro que algunos de estos elementos que condicionan las decisiones de los usuarios, sólo son definidos al analizar el abastecimiento del sistema.

En el enfoque clásico o tradicional del análisis del abastecimiento se supone una "autonomía absoluta" en la resolución del subsistema de consumo, expresada a través de los consumos de energía neta que constituyen el punto de partida del análisis del abastecimiento.

Como hemos dicho, la interdependencia de las decisiones de los diferentes actores energéticos obliga a buscar el punto de partida del análisis del abastecimiento en una etapa anterior del subsistema de consumo, esto es, en la determinación de los consumos de energía útil. Ya que las decisiones del usuario (elección de la fuente a utilizar) no son otra cosa que su respuesta a las acciones de los entes abastecedores y a las políticas implementadas por la autoridad reguladora del sistema.

Precisamente en la medida que el análisis del abastecimiento se oriente a la toma de decisiones (tanto de ejecución de obras como de implementación de políticas) será necesario considerar en toda su amplitud el subsistema de abastecimiento.

### c) Identificación de los Decisores

En mayor o menor medida y dependiendo de la estructura institucional del sistema analizado, su evolución real será la resultante de la interacción de un conjunto de actores.

Estos actores pueden participar activamente o no en la toma de decisiones vinculadas al planeamiento, dependiendo del tipo de proceso de planeamiento que se instrumente.

Desde este punto de vista se denomina decisores a todos aquellos actores que participan efectivamente en la determinación de acciones a seguir.

De esta forma en un proceso de planeamiento participativo, el problema a resolver es el de la toma de decisiones colectivas, sobre cuyas características nos detendremos más adelante. El recurrir a un planeamiento no participativo modifica el status de los actores involucrados en el funcionamiento del sistema, que evidentemente no desaparecen ni pierden su influencia por el sólo hecho de que no participen colectivamente en el proceso de toma de decisiones.

Su existencia, su influencia sobre el funcionamiento del sistema, su poder de presión sobre los decisores considerados y sus reacciones frente a las políticas que se definan, deberán ser analizadas como elementos que restringen la libertad de elección de los decisores representados. En este caso constituyen condiciones de contorno para el proceso de toma de decisiones.

La identificación de los decisores participantes en este proceso, así como su modalidad de interacción, cuando hay más de un decisor, son elementos fundamentales en la elección de los métodos para el planeamiento energético.

#### d) Condiciones de Contorno en la Toma de Decisiones

Como ya hemos dicho, el primer tipo de condiciones de contorno del proceso decisorio es el que surge de la conducta de todos aquellos actores que no participan colectivamente en la toma de decisiones.

Otra categoría importante de condiciones de contorno es la derivada de los niveles de incertidumbre de los decisores sobre el sistema sobre el cual pretenden actuar.

La incertidumbre es una consecuencia natural de la falta de conocimiento o de previsibilidad sobre situaciones futuras que pueden presentarse y que afectan los resultados esperados de las decisiones actuales.

En la teoría clásica de la decisión la existencia de incertidumbre sobre el medio se expresa en la elección del criterio de decisión, tipificando la conducta del decisor respecto del riesgo (aversión al riesgo - criterio maximin o pesimista; inclinación al riesgo - criterio maximax u optimista; acotación del riesgo - regla de Hurwics; etc.).

Sin embargo estos métodos son normalmente utilizados para el análisis de sistemas sencillos, donde las respuestas del sistema a las acciones alternativas del decisor son fácilmente previsibles a priori, sin necesidad de un análisis profundo.

En el caso de sistemas complejos, como el energético, pareciera más interesante tratar los elementos inciertos mediante juegos de escenarios contrastados. De esta forma es posible clasificar las decisiones en robustas (aquellas que mantienen su conveniencia en diferentes condiciones de contorno) y sensibles (aquellas que dependen fuertemente de las condiciones de contorno).

En la medida que las decisiones sensibles estén alejadas en el horizonte temporal (cuando la incertidumbre es mayor), esto permitirá un cierto tiempo para reanalizarlas antes de su implementación efectiva. Por el contrario si fueran decisiones inmediatas, el elemento fundamental en la toma de decisiones será la reacción del decisor frente al riesgo.

#### 2.2.2. *Objetivos básicos del enfoque sistémico*

En el marco de las consideraciones anteriores el enfoque sistémico tiene tres objetivos básicos:



- integrar el sistema energético en el contexto del sistema socioeconómico.
- aportar "racionalidad" a la toma de decisiones.
- incrementar la operatividad de la planificación energética.

El primer objetivo tiende a considerar a la energía "como un bien que puede contribuir, en combinación con otros bienes y servicios, a la satisfacción de las necesidades del hombre que vive en sociedad" <sup>(63)</sup>.

El segundo objetivo está vinculado con la representación efectiva de aquellos elementos fundamentales que intervienen en la toma real de decisiones, e intenta superar el actual divorcio entre las soluciones técnica y económicamente óptimas y las decisiones "políticas".

El tercer objetivo es aún más ambicioso e intenta reducir en lo posible, la amplia brecha que generalmente existe entre las previsiones del planeamiento y la evolución real de los sistemas.

En los párrafos siguientes se expondrán los lineamientos generales que, a nuestro juicio, debería seguir tal enfoque alternativo.

Estos lineamientos responden a la orientación en la que estamos investigando para mejorar las herramientas utilizadas en la planificación energética y de ninguna manera pueden ser interpretados como la exposición de técnicas ya probadas y disponibles para su uso.

### 2.2.3. *Lineamientos generales del enfoque sistémico*

#### a) Representación del Sistema Energético. Su integración con el Sistema Socioeconómico

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.

Estos aspectos deberán tenerse especialmente en cuenta en la representación y análisis del sistema energético de los países en vías de desarrollo, si lo que se busca es que el sistema energético se ensamble en una estrategia apropiada de desarrollo económico y social.

---

(63) Ver "Energía y Desarrollo. Desafíos y Métodos", Síntesis y Conclusiones, Capítulo III, Página 25. Editorial de la Patagonia, 1985. Publicado por Fundación Bariloche para la Comisión de Comunidades Europeas.

Para responder a este enfoque, la representación de cada sistema energético analizado deberá ajustarse a sus características propias, detectadas en el correspondiente diagnóstico energético. Sin embargo parece importante explicitar al menos algunos aspectos de tal representación.

## **Representación Física**

La representación física del sistema puede efectuarse detallando todas las cadenas energéticas desde los usos de la energía hasta los recursos disponibles.

Esta descripción física, que deberá incluir tanto a los sistemas centralizados como a los descentralizados, generalmente asociados al desarrollo de fuentes nuevas y/o tradicionales, surgirá en parte del diagnóstico y en parte de las opciones futuras del sistema.

Dado que esta representación es la realizada comúnmente en los estudios de abastecimiento, no abundaremos en detalles sobre sus características, sino que centraremos nuestra atención sobre extensiones de esta representación, generalmente no tenidas en cuenta, y que resultan esenciales para reflejar sus estrechas vinculaciones con el sistema socioeconómico.

Una de estas extensiones corresponde precisamente a la representación de las "líneas energéticas" consideradas relevantes, mediante la incorporación de las actividades económicas vinculadas a la provisión de equipos e insumos de la cadena. Esto de ninguna manera significa que todas las cadenas deban ser transformadas en líneas energéticas.

En cualquier caso, deberían analizarse los impactos que tienen las decisiones alternativas en el campo energético sobre tales actividades económicas (por ejemplo la que afecta directamente a las industrias de bienes de capital).

La consideración de estos impactos tiene básicamente dos dimensiones diferentes:

- Modificación de su nivel de actividad, con su correspondiente repercusión sobre los objetivos del desarrollo económico y social.
- Modificación de sus requerimientos energéticos, derivados del nuevo nivel de actividad.

El primero de estos impactos está asociado fundamentalmente con los criterios de decisión, mientras que el segundo puede ser incluido en la representación física, en la medida que modifica los flujos que atraviesan la cadena.

## **Representación "funcional"**

Como ya se ha dicho la representación física debe ser completada con la identificación de los principales actores que intervienen en cada cadena energética, el rol que desempeñan y los nodos o puntos de la cadena en la cual se produce su interacción.

Estos nodos están caracterizados por el hecho de que en todos ellos algún o algunos de los actores deben tomar decisiones, cuyo resultado afecta los flujos que atraviesan las cadenas a partir de dicho nodo.

Es por esta característica que nos referiremos a ellos como nodos decisionales.

En rigor la interacción entre varios actores en un nodo decisional implica que los mismos toman decisiones, en dicho punto, que se ven condicionadas y a la vez condicionan a los restantes actores.

Según la óptica desde la que se analice el sistema así representado y siempre que no se encare la representación de procesos de decisión colectiva, cada uno de los actores pasará a ser el "decisor principal", mientras que los restantes actuarán como "condicionantes" de sus decisiones, acotando su capacidad de elección.

### **Medición de Impactos**

La representación del sistema debe completarse con el establecimiento de funciones que permitan medir las consecuencias energéticas y no energéticas de cada posible evolución del sistema energético.

La medición de estas consecuencias puede realizarse con dos fines. El primero vinculado con los criterios de preferencias del o de los decisores, respecto de la contribución de cada alternativa al cumplimiento de sus objetivos (funciones de performance). El segundo asociado al control de los posibles condicionantes a sus decisiones (funciones de impacto).

En cada caso deberá determinarse la cantidad y características de las funciones de cada tipo que deberán ser consideradas. Pero la evaluación de cada alternativa de funcionamiento del sistema energético (en su performance e impacto) deberá hacerse teniendo en cuenta el sistema en su conjunto.

#### **b) Racionalidad de las Decisiones - Criterios de Decisión**

Cualquier método que esté orientado a la toma de decisiones debe partir identificando al o a los decisores involucrados.

De todos los actores intervinientes en el sistema energético nos ubicaremos, para este análisis, en la óptica del ente regulador del sistema energético, sin que esto signifique ignorar la existencia de los otros decisores.

Su función específica es la de definir políticas y fijar condiciones que orienten las acciones de los diferentes actores intervinientes en el sistema, controlando que su evolución responda a las políticas generales de desarrollo económico y social.

No discutiremos aquí la validez del supuesto de homogeneidad en la fijación de estas políticas, aún dentro de la estructura del Estado, simplemente supondremos que el ente regulador del sistema es capaz de expresarlas.

Evidentemente la capacidad real del ente para regular la evolución del sistema y las acciones de los diferentes actores depende fundamentalmente de las características socioeconómicas e institucionales del sistema que se analice.

Estas características son precisamente las que deben estar fielmente representadas en la técnica que se utilice para arribar a una decisión colectiva.

Esta solución de compromiso será aceptable para todos los actores en la medida en que responda a sus estructuras de preferencias.

El punto de partida del análisis debería ser, entonces, la determinación de los reales objetivos perseguidos por el o los decisores.

Cada objetivo deberá ser traducido en alguna función cuantitativa que permita medir los impactos que las diferentes decisiones (variables de decisión) tienen sobre el objetivo considerado, que constituirá una de las funciones de performance.

De esta forma cada alternativa de evolución del sistema tendrá asociado un conjunto de valores (es decir un vector) que representa su importancia respecto del conjunto de objetivos planteados.

Queda por definir cómo se generan las alternativas a evaluar con estos criterios y cómo se toma la decisión.

### c) Operatividad del Planeamiento

La operatividad del planeamiento está asociada a la posibilidad de arribar a una solución aceptable y de implementar las decisiones adoptadas. Esto es, la posibilidad de superar la normatividad del enfoque con que generalmente se efectúa la planificación.

## **3. CONCLUSIONES**

Estas observaciones muestran que dado un determinado sistema energético o socioeconómico no es posible independizar los tres aspectos que están íntimamente asociados al planeamiento del sistema:

- 1.- La conceptualización teórica de las características y funcionamiento del sistema, incluyendo la interrelación entre los agentes sociales y su poder relativo de control.
- 2.- Un juicio de valor sobre sus reglas de funcionamiento, sus desajustes actuales y su evolución deseable.
- 3.- Las técnicas empleadas para analizar el sistema y tomar decisiones que afectarán su evolución futura.

En este sentido deberá asegurarse una consistencia entre estos aspectos para que el planeamiento sirva a los fines propuestos: controlar la trayectoria del sistema.

## **BIBLIOGRAFIA**

AEEMTREC. "Preliminary paper for AEEMTRC project on Price behaviors of electricity demand", 1988.

ALTOMONTE, H. "Procesos de sustitución entre fuentes energéticas". IDEE. 1987.

BOUILLE, D., PISTONESI, H.. "Elementos de Economía para Ingenieros". IDEE. 1989.

CZAKANSKI, M. "Política Energética". Konrad Adenauer Stiftung. 1982.

CHEVALLIER, J.M. y otros. "Economie del'Energie". Presses de la Fondation Nationale de Science Politique. 1986.

DASGUPTA, P., HEAL, G.M. "Economic Theory and Exhaustible Resources". Cambridge Economic Book. 1979.

DEUSTCHE SHELL AG. "Energie. Unterrichtsmodell". R. Oldembourg. 1981.

FIGUEROA, F., PISTONESI, H. "Políticas de Precios de la Energía: Esquema teórico-metodológico para su análisis y evolución". IDEE. 1989.

GIROD, J. "Le diagnostic du Systeme Energetique dans les pays en developpement". IEJE. 1986.

GOLDEMBERG, J. y otros. "Energy for a sustainable world". Wiley Eastern Limited. 1988.

GRIFFIN, J., STEELE, H. "Energy, Economies and Policy". Academic Press College Division. 1986.

GUTIERREZ, L., WESTLEY, G. "Economic Analysis of Electricity Supply Projects". IDB. 1979.

HASSON, G., PISTONESI, H. "Análisis y modelización del abastecimiento energético". IDEE. 1988.

IAEA. "Expansion planning for electrical generation systems". 1984.

IDEE. "Elementos de termotecnia y unidades energéticas". 1989.

LEBRE LA ROVERE, E. y otros. "Energía". FINEP. 1985.

MAINGUY, Y. "L'economie de l'energie". DUNOD. 1967.

MEYER-ABICH, K. "Energie". Carl Hanser Verlag. 1979.

ONTARIO Hydro's Plan. "Providing the balance of Power". 1990.

SIMON, A. "Energy Resources". Pergamon Press. 1975.

UNIPEDE. "Medium and long term electricity consumption forecasting methods". 1972.

WESTLEY, G. "The demand for electricity in Latin America: A survey and Analysis". IDE. 1989.

WESTLEY, G. "Pronosticando la demanda por electricidad. Un enfoque general y un estudio de caso en la República Dominicana. BID". 1984.