



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO EN REGULACIÓN Y OPERACIÓN ENERGÉTICA

MOD. VII

PROSPECTIVA DEL SECTOR ENERGÉTICO EN
EL NUEVO MILENIO

Del 14 al 30 de enero de 2002

APUNTES GENERALES

Ing. Martiniano Aguilar Rodríguez
Secretaría de Energía
E n e r o /2002

DIPLOMADO EN POLÍTICA, REGULACIÓN Y OPERACIÓN ENERGÉTICA

MÓDULO VII- PROSPECTIVA DEL SECTOR ENERGÉTICO EN EL NUEVO MILENIO

CONTENIDO:

- 1. IMPORTANCIA DE LA PROGNOSIS EN ENERGÉTICA**
- 2. MÉTODOS DE PROGNOSIS BASADOS EN EXTRAPOLACIÓN**
 - 2.1. Extrapolación Elemental
 - 2.2. Extrapolación lineal
 - 2.3. Extrapolación exponencial
 - 2.4. Extrapolación logística
- 3. MODELO CONDICIONAL (DE CORRELACIÓN) DE PROGNOSIS**
- 4. MÉTODO ANALÍTICO**
- 5. MÉTODO DE DIALOGO ENTRE ESPECIALISTAS**
- 6. LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA**
- 7. SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CONVERSIÓN Y ALMACENAMIENTO**
- 8. H₂ LOS TRANSPORTADORES DE ENERGÍA DEL SIGLO XXI**
- 9. EL PLANTEAMIENTO DEL IMP.**
- 10. RESUMEN Y CONCLUSIONES**
- 11. ANEXO I- MODELO PARA EL DESARROLLO DE LA PROSPECTIVA IMP.**

DIPLOMADO EN POLÍTICA, REGULACIÓN Y OPERACIÓN ENERGÉTICA

MÓDULO VII- PROSPECTIVA DEL SECTOR ENERGÉTICO EN EL NUEVO MILENIO

1. IMPORTANCIA DE LA PROSPECTIVA DEL SECTOR EN EL NUEVO MILENIO

La preocupación para prever sobre una base científica el desarrollo futuro se ha extendido considerablemente durante los últimos años.

La simple extrapolación del ritmo actual de crecimiento de la población y la necesidad de alimentación, materia prima, energía, etc., ha puesto en evidencia el problema difícil y complejo al que se va a enfrentar la humanidad en etapas venideras.

Este aspecto ha movilizó una amplia fuerza científica, constituyendo centros de investigación, teniendo como objetivo el estudio futuro y promover que se aborde el complejo y completo problema fundamental que va a enfrentar la humanidad.

La experiencia acumulada en el desarrollo industrial y de la sociedad ha demostrado en el estudio del crecimiento futuro, una necesidad de energía que debe estar correlacionada con los efectos sobre el ambiente.

Cualquier curva de la variación de la evolución del consumo de energía, como el de la figura VII-I, con todo el carácter orientativo de prevención pone en evidencia el complejo problema resultante por el carácter limitado de recursos energéticos clásicos que deben componerse por la introducción de nuevas tecnologías de protección de energía o por atraer nuevos recursos no valorados, total o parcialmente, hasta el presente.

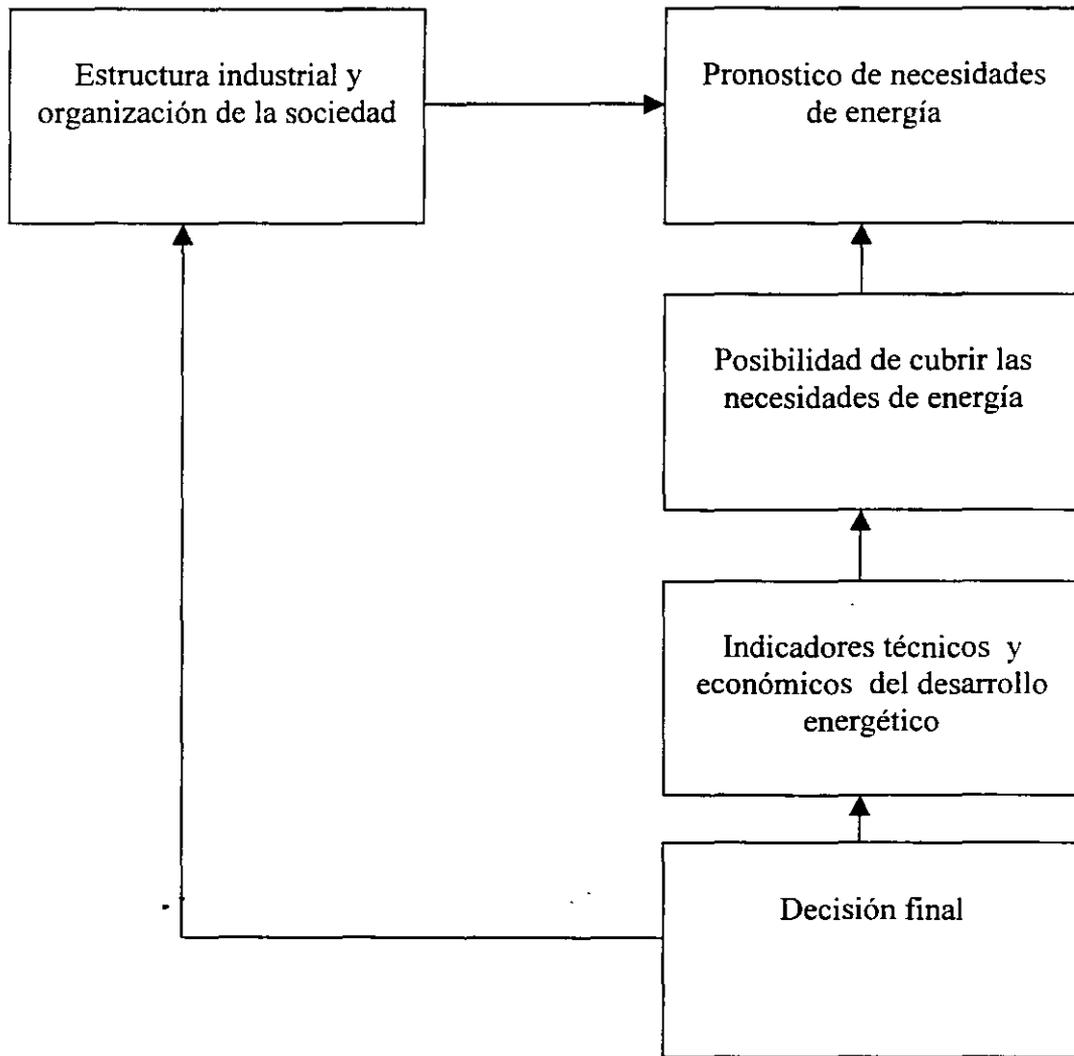


FIG. VII-2 .- ESQUEMA LÓGICO DE UN PRONÓSTICO DE ENERGÍA

Es evidente que el pronóstico que se obtiene del estudio de un cierto sistema, está correlacionado entre el sistema elegido y el sistema existente y hay una ligadura entre los subsistemas elegidos. Si se anota el tiempo t , entonces en una precisión van a existir tres (3) funciones:

A (t)- Propiedad ambiental en función de t .

S (t)- Propiedad del sistema en función de t .

V (t)- Finalidad y valor relevante en función de t .

Con la ayuda de estas tres funciones se define el ejemplo de prognosis y el pronóstico normativo mostrado en la fig. VII-3.

En la exploración de l futuro, una prognosis y planeación incluyen incertidumbre, que no obliga a determinar el grado de precisión del pronóstico.

El origen de los factores no previsibles, en proporción mayor sin una serie de fuentes relativamente clasificables:

Del ambiente.- El desarrollo futuro no se conoce en el ensamble, pero algunos aspectos si pueden ser previstos con cierta exactitud.

Del sistema.- En el funcionamiento del sistema están supuestas acciones de algunos factores perturbadores.

Del domino de la finalidad y valores relevantes.- En el recorrido se puede cambiar el orden preferencia del subsistema.

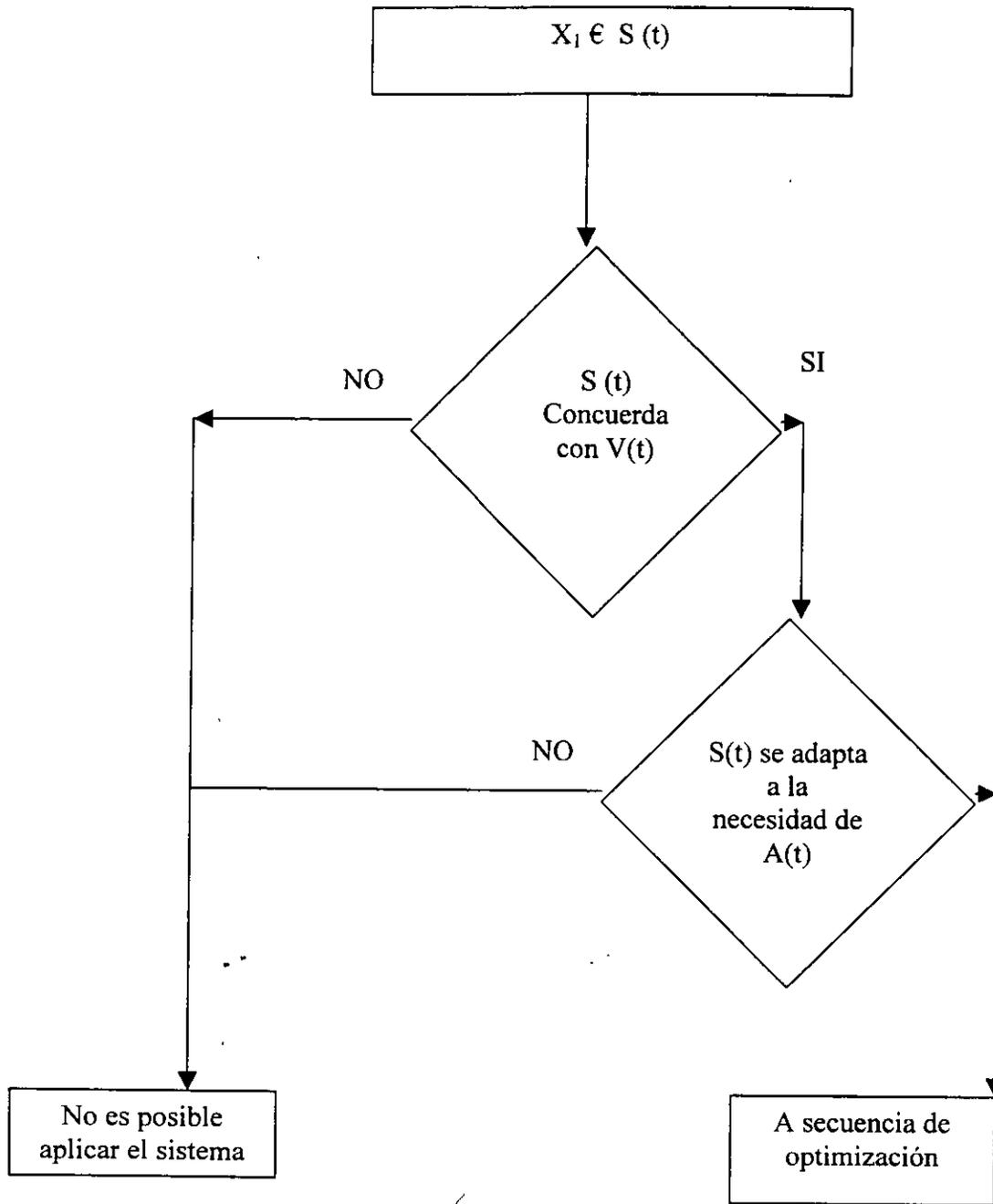


FIG. VII-3.- ESQUEMA LÓGICO DE UN PRONÓSTICO NORMATIVO

Dado el carácter probabilístico de la prognosis, se recomienda seguir las siguientes reglas:

1ª condición: Una previsión tiene sentido si, y solo si, se refiere a acontecimientos que van a tener lugar después de enunciados.

2ª condición: La previsión puede ser elaborada solo si se basa en leyes verdaderas, es decir, si...

P(A) verdadera \Rightarrow P(B) es posible

3ª condición: Una previsión segura es posible si, y solo si, todas las condiciones relevantes para la aparición del acontecimiento se transforman de una manera previsible.

El término prognosis prospectiva recibe varias interpretaciones pero el uso más adecuado es como término de “previsión científica”.

12. MÉTODOS DE PROGNOSIS BASADOS EN EXTRAPOLACIÓN

Los datos estadísticos que prevén el consumo de energía se recolectan y manejan en diferentes países y por organismos internacionalmente especializados que muestran el consumo de energía en periodos de tiempo largos, conforme a ciertas leyes.

Así, en algunos países el desarrollo tiene un carácter de ley que duplica la producción de energía eléctrica cada 10 o 15 años. El sistema electroenergético se beneficia con la capacidad de autogeneración para el crecimiento y fundamentalmente por esta posibilidad usan métodos autónomos de prognosis, por ejemplo el método de extrapolación.

2.1. Método de Extrapolación Elemental

Este proceso es el más simple y consta de una representación gráfica de datos estadísticos para el periodo en que se disponen; de esta forma se continua la curva para el intervalo de tiempo para el que interesa la prospectiva. El proceso permite identificar la tendencia del consumo futuro sin permitir obtener una precisión relativa.

2.2. Método de Extrapolación lineal

Este método puede ejemplificarse con un modelo lineal de regresión simple.

Se consideran dos variables (X, Y) entre las que una (por ejemplo Y) es una variable aleatoria. La teoría de regresión hace abstracción del hecho si la otra variable (X) es asimismo una variable aleatoria.

Para cada valor atribuido a X, la distribución de la variable aleatoria Y es desde luego una función de aquel valor y de otros parámetros que la caracterizan, siendo denominada distribución de Y condicionada de X. Esta distribución condicionada tiene una medida $M(Y, X)$, que es asimismo una función de X.

Como consecuencia, tanto la distribución condicionada como la media condicionada son función de la variable X.- $M(Y/X)$ se denomina función de regresión de Y sobre X; la gráfica de esta función lleva el nombre de curva de regresión.

Si las variables Y, X son independientes, resulta:

$$M(Y/X) = M(Y)$$

Es decir, que la curva de regresión es paralela al eje OX

La regresión Y sobre X, expresa la ley de variación media de Y, en función del valor de X. En el caso, cuando esta ley es lineal, la regresión se denomina lineal, y entonces:

$$M(Y/X) = aX + b$$

Y la curva de regresión es una recta

Sustituyendo:

$$Y = M(Y/X)$$

La ecuación de la recta de regresión se escribe:

$$Y = aX + b$$

En donde Y puede señalar el consumo de energía en el año X en relación directa con consideraciones energéticas posteriores, se estudia la dependencia de la variable aleatoria y de la variable X , del tipo...

$$Y = aX + b + e$$

En donde:

a, b = coeficientes desconocidos

e = error aleatorio que significa el efecto de factores que escapan a la observación estadística, que tienen influencia sobre la medida Y .

Por consiguiente, la ecuación anterior expresa que Y es una medida aleatoria de e ; la distribución está afectada por e , pero depende más de X . En otras palabras, la ecuación mencionada especifica la ley de probabilidad condicionada de la variable Y , para cada valor dado de X ; ésta ley depende de los parámetros a, b , se estiman de la observación estadística sobre el par (Y, X) , ésta estimación estadística tiene su fundamento en los estudios de estadística.

2.3. Método de Extrapolación exponencial

La solución del problema consiste en determinar la tendencia de desarrollo del fenómeno en el período considerado, tendencia experimentada en el ritmo medio de crecimiento de la serie dinámica respectiva. El ritmo medio de crecimiento corresponde a la intensidad media de acumulación, que constituye el fundamento del método de cálculo utilizado.

Se considera la producción de energía eléctrica en el momento t como una función $w(t)$ continua y derivable con relación al tiempo. Se hace $n(t) dt$ como la verificación de la producción unitaria en el intervalo de tiempo elemental $(t, t + dt)$.

Por consiguiente, la variación $n(t)$ está considerada como una función del tiempo, significando la intensidad de acumulación en el momento t .

Observando que $dw(t)$ es la variación de la producción de energía eléctrica en el intervalo $(t, t + dt)$, resulta la relación:

$$dw(t) = w(t) n(t) dt$$

es decir:

$$w(t) = w(t_0) e^{\int_{t_0}^t n(m) dm}$$

en donde :

n = Valor medio de la función $n(t)$ en el intervalo (t_0, t) , la relación expresa el hecho que $w(t)$ es una función exponencial en cualquier intervalo en que $n(t)$ conserva un valor constante. Para determinar el valor medio de n , se toma en consideración que la producción de energía eléctrica en el intervalo (t_0, t) , es válida la ecuación:

$$W(t_0, t) = \int_{t_0}^t w(u) du$$

Esta ecuación puede explicitarse como:

$$W(t_0, t) = w(t_0) \frac{e^{n(t-t_0)} - 1}{n}$$

En la gráfica de la fig. VII-4 se muestra la forma de extrapolación exponencial.

2.4. Extrapolación logística

El método de extrapolación exponencial no toma en cuenta ciertos fenómenos de saturación que pueden intervenir en la evolución del fenómeno respectivo.

Las curvas logísticas del tipo S las marcas utilizadas en el dominio de elaboración de prognosis, debido a que introducen un coeficiente de aplastamiento de la curva, específicamente en periodos de saturación en el consumo de energía, ya sea que siga una mutación en el dominio tecnológico,

sea un aumento en el costo de la energía necesaria para la sociedad, que puede ser descrita por la relación:

$$w = \frac{K}{1 + \alpha e^{-bt}}$$

en donde

W = consumo en el año t

α = coeficiente que depende de la posición originada en el tiempo ($\alpha = 1$ si t_0 coincide con el punto de inflexión de la curva "S")

b= tasa de crecimiento medio anual

k= nivel de saturación del fenómeno

En la fig. VII-5 se presenta una gráfica de curva logística del tipo mencionado

La tasa de crecimiento anual del consumo en una función lineal descendente.

Esta relación puede ser representada en la forma:

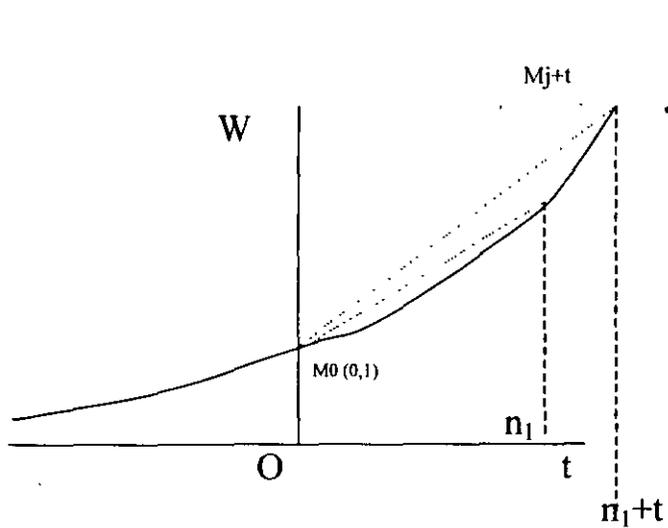


Fig. VII-4- evolución de las necesidades de energía

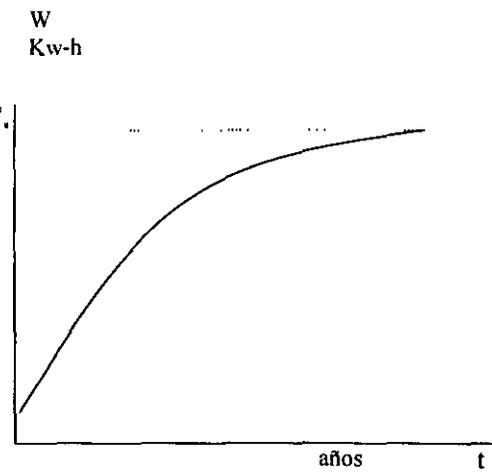


Fig. VII-5- curva logística de necesidades de energía

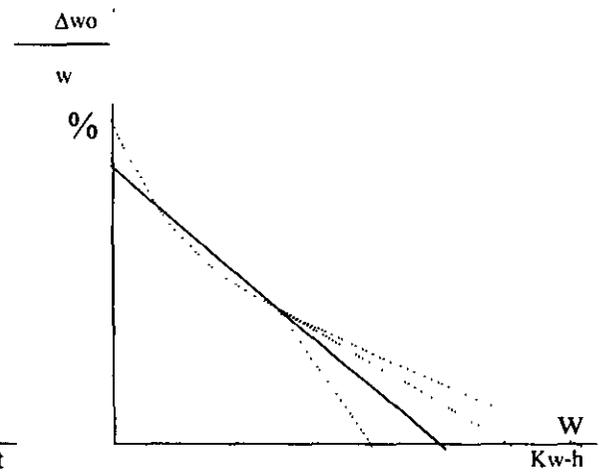


Fig. VII-6- correlación entre aumento y consumo de energía eléctrica.

$$W = \frac{w_t - w_{t-1}}{w_{t-1}} = (e-b-1) \left(1 - \frac{W_t}{k}\right)$$

La curva "S" representada en la fig. VII-5 se transforma en una recta con pendiente negativa como se muestra en la fig. VII-6; el punto de intersección de esta recta con el eje de las abscisas corresponde a valores de consumo que tienen en cuenta el factor de saturación.

3. MODELO CONDICIONAL (DE CORRELACIÓN) DE PROGNOSIS

El método basado en la extrapolación tiene su base en la hipótesis de crecimiento del consumo de energía eléctrica o de energía como de un fenómeno autónomo, conducido con leyes propias, independiente del resto de la economía. Evidentemente que este método introduce a priori particularidades pasadas y no toma en consideración en forma sistemática el progreso específico del periodo moderno, el cambio cualitativo que puede intervenir en el proceso tecnológico, en la organización de la sociedad.

Comparando los diferentes periodos históricos por los que han pasado diferentes sociedades, así como de económicas nacionales de estructuras diferentes, se constata que el desarrollo energético está condicionado a la estructura económica adoptada.

Una economía nacional basada imponderantemente en la industria manufacturera con procesos intensivos de energía, va a conducir a consumos de energía superiores a una economía en que son preponderantes ramas con producción altamente tecnificada, como la industria electrónica, industria mecánica fina, fabricación de máquinas, etc.

De esta consideración se impone, en primer lugar, optimizar la estructura de la economía, con lo que se deduce en forma lógica las necesidades de materia

prima, alimentos , energía, etc., y se determina sobre esta base la producción global industrial, el ingreso nacional, volumen de inversión, etc.

El ritmo de crecimiento del consumo de energía, con respecto a la energía eléctrica, no representa un fin en sí mismo, sino que debe correlacionarse con el desarrollo económico general y el ingreso nacional.

Un ejemplo del costo de la energía en relación al valor de producción son las siguientes industrias:

- Aluminio – 40%
- Siderurgia -21%
- Metal no ferrosa – 8%
- Química – 7%

Al mismo tiempo, el consumo de energía, en especial energía eléctrica, condicionada a la introducción de procesos tecnológicos de alto comportamiento técnico y económico, modernización y automatización de la producción y servicios, medios de comunicación, etc.

La relación directa que existe entre el consumo de energía y el desarrollo económico y social de una sociedad lleva a correlacionar el consumo de energía con el crecimiento de la población y a considerar indicadores como *kw-h/habitante* como un índice de desarrollo social y económico. El indicador de *kw-h/PIB/habitante* se utiliza para reflejar en mayor medida la estructura de producción

MÉTODO ANALÍTICO

El método analítico de prognosis requiere un conocimiento detallado de la evolución de la producción y consumo específico de la energía en diversos sectores y ramas de la economía nacional, en base a relaciones del tipo:

$$W_{RS} = \sum_i \sum_j V_{ji} W_{ji}$$

En donde:

W_{RS} = consumo de energía en la rama sector "S"

W_{jl} = consumo específico de energía, de producción característica J y proceso tecnológico de característica l en el marco de la rama considerada

V_{jl} = volumen de producción, correspondiente a la producción con consumo específico W_j en el marco de esta rama

El consumo total de energía se obtiene de acuerdo con la formula:

$$W = \sum_S \sum_R W_{RS}$$

El método analítico se basa en el conocimiento del desarrollo de cada rama de la economía nacional y un consumo específico de la energía.

El método reclama precisión que puede llevarse con el conocimiento de la evolución cuantitativa y cualitativa, con base en la mutación previsible dentro del horizonte de prognosis aceptada

En método analítico se olvida del pasado y usa las condiciones para que participen conjuntamente especialistas en energía y especialistas en la rama básica de la economía nacional

5. MÉTODO DE DIALOGO ENTRE ESPECIALISTAS

Con mucha frecuencia la sociedad confronta problemas en cuya solución no puede usar información recolectada de experiencias anteriores. En esta situación, con frecuencia se recurre a especialistas con mucha preparación científica, que pueden emitir hipótesis y alternativas de solución basadas en sus propias experiencias de abordar y resolver problemas técnico- científicos.

Con este propósito, se ha perfeccionado el "método de pesquisas" conocido con la denominación de método Delphi, "Método de razonamiento" que usa técnicas procesales, etc.

Al mismo tiempo, la práctica ha demostrado que personas que no tienen ninguna relación en el dominio que se estudió pueden dar respuestas

interesantes. Así, ha nacido otra técnica denominada “Método de espontaneidad cerebral” y que consta de escuchar la opinión de un círculo grande de sujetos sobre un tema dado. Las respuestas se graban, se manipulan y se seleccionan las más interesantes.

Esta forma ha evolucionado a “Tormenta de ideas”, método que consta de una consulta interactiva con expertos, por intermedio de un cuestionario elaborado colectivamente para conducir la pesquisa. Cada iteración asume conclusiones de otras anteriores y lleva a confrontar puntos de vista tendiendo hacia la convergencia de opinión que se llega al final. La técnica sumamente elástica permite realizar un equilibrio dinámico entre el consenso original, entre la intuición y el control científico de verosimilitud, y se continua perfeccionando y adaptando en los más diversos dominios de investigación.

La técnica Delphi, creada por Olaf Helsner, cuya aplicación se ha mejorado, data del año de 1964, se ha convertido en un método de mucha utilización.

6. LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Las medidas de conservación de energía, se consideran de suma importancia como el incremento de las fuentes de energía; la conservación de la energía puede lograrse mediante acciones bien planeadas e integradas, siendo posible obtener un porcentaje importante de reducción en el consumo de energía. Básicamente, existen cuatro métodos para la conservación de la energía, que son:

- Eliminación de desperdicios.- Incluye medidas simples como: eliminación de fugas de agua caliente, ventanas rotas, apagado de luces que no se usan, etc., además de la corrección de diseños que no funcionan bien y mal estado de mantenimiento y reparaciones.
- Cambio a procesos menos intensivos de energía.- En esta parte pueden citarse, como ejemplos, la transportación masiva de personas, el reciclado de materiales, el caminar o usar bicicleta en lugar de automóvil, compartir el coche, etc.
- Reducción de actividades consumidoras de energía.- Esencialmente, implica cambios en los estilos de vida como el depender menos del coche, aviones, cajas con aire acondicionado, restringir las ventas en almacenes a 5 días de la semana, reducir la publicidad exterior luminosa, eliminación de actividades deportivas nocturnas, etc.

- Mejoramiento de la eficiencia de actividades consumidoras de energía. Comprende mejoramiento en los sistemas de calentamiento y enfriamiento, así como en los procesos industriales.

Un plan de conservación de energía, deberá incluir las siguientes fuentes de ahorro de energía, incluyendo los valores fijados como metas.

- Conversión de materiales de desecho
- Mejoramiento en la eficiencia de conversión a electricidad
- Transmisión y distribución de potencia eléctrica
- Transportación eléctrica
- Mejoramiento en la eficiencia de transportación
- Eficiencia en energía industrial
- Conservación de edificios
- Productos de consumo

Los esquemas de conservación de energía, deben contener los aspectos siguientes:

a.- Residencial

- Aislamiento
- Aire acondicionado
- Alumbrado, accesorios
- Calentamiento solar

b.- Industria

- Vapor de proceso
- Reciclado de materiales
- Esquema total de energía

c.- Transportación

- Transporte masivo
- Automóviles pequeños más eficientes
- Cambio de parte de pasajeros de carga a carga a trenes

d.- Comercial

- Aire acondicionado
- Calentamiento solar
- Diseño de edificios

Energía y estándar de vida: A pesar de la relación entre la energía usada y el PIB, un programa de conservación de energía, no necesariamente implica una reducción en el estándar de vida y no representa diferencia entre los patrones de vida culturales, económicos y físicos de las naciones. Así, algunos países de Europa que tiene sistemas de trenes mas efectivos, automóviles más ligeros, etc., y que tienen estándares de vida similares a EUA, requieren cerca de la mitad de energía por dólar de PIB, que los EUA.

Eficiencia energética en la industria: La industria consume cerca del 30% del total de energía, normalmente, en la industria s trata de minimizar los costos de energía, mano de obra y materiales, para producir económicamente bienes y servicios, siendo posible reciclar materiales de desecho y energía, como se muestra en la figura

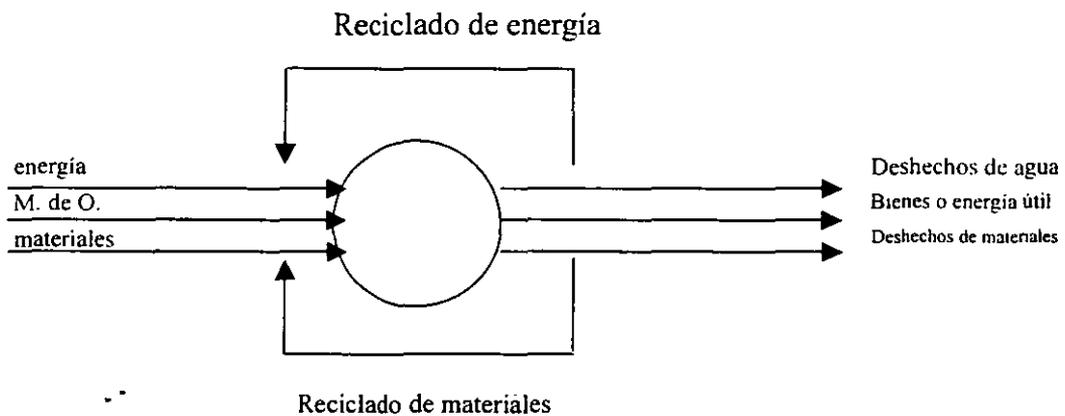


Fig. Procesos industriales

Las eficiencias de varios procesos, son las siguientes:

*	Generador eléctrico	98%
*	Motor eléctrico	90%
*	Caldera de vapor	88%
*	Estufa de gas domestica	85%
*	Quemadores de aceite doméstico	65%
*	Planta de ciclo combinado	58%
*	Planta eléctrica de vapor	40%
*	Máquina diesel	38%
*	Motores de automóviles	25%
*	Lámparas fluorescentes	20%

* Celda fotovoltaica	10%
* Lámpara incandescente	5%

El uso primario de energía en el sector industrial es el siguiente:

* Calor de proceso	54%
* Calentamiento directo	35%
* Transmisión eléctrica (motores)	9%
* Procesos eléctricos	2%

Se estima que siete industrias (químicas, de hierro y acero, procesamiento de alimento y campo, refinación de petróleo, papel, cemento y aluminio), utilizan más de 2/3 partes del total de la energía consumida por la industria.

La intensidad energética de algunos procesos industriales, en 10^6 joules/dólar (1998), es la siguiente:

Aluminio primario-----	273
Plásticos-----	153
Fibras sintéticas-----	143
Aviones-----	133
Fábricas de papel-----	125
Fertilizantes-----	122
Vidrio-----	73
Productos metálicos manufacturados-----	65
Vehículos de motor-----	47
Ropa-----	35
Computadoras-----	25

En promedio, la industria gasta solo el 5% aproximadamente de sus gastos totales en energía; conforme se incrementa el precio de la energía, se establecen en las empresas programas de gestión de energía, que se enfocan a:

- monitorear y controlar los procesos de vapor
- Recuperar calor de desecho
- Sustitución de combustible
- Agregar aislamiento
- Reemplazo y mantenimiento de equipo

En la industria del aluminio, los costos de energía son del 25% del costo de producción; el proceso de Bayer – hall, para producir aluminio a partir del mineral de Bauxita, requería en 1939, 2634 KW-h/Kg de aluminio, pero anualmente es de 15.4 KW-h. Un nuevo proceso, que usa cloro combinado con óxido de aluminio, recuperado de la bauxita para hacer polvo de cloruro de aluminio, que se disuelve en un vectrolito, se estima que necesita 10KW-h/kg de aluminio producido. La sustitución de madera, hierro, etc., por aluminio, resulta en una economía más intensiva de energía.

Para procesar cobre, a partir de mineral de sulfato o sulfuros conteniendo 0.7% de cobre, se requieren 130×10^9 joules/t (7×10^6 kcal/t).

Para procesar mineral de hierro y producir lingotes de acero, por el método de corazón abierto, se requieren 130×10^9 joules /t (7×10^6 kcal/t). Se estima que en la industria del acero mundial consume el 10% del total de energía consumida en el mundo, aunque con el reciclado podrían tener ahorros sustanciales de energía.

Transportación.- El 30% de la energía consumida, se usa en transportación, utilizando modas más eficientes, se podrían tener ahorros hasta de un 30%. Algunos ejemplos de intensidad de energía en transportación, son los siguientes:

- La intensidad de energía de un automóvil, es del doble a la de un autobús, en energía /t –km
- La intensidad de energía de carga de camiones, es cerca de cuatro veces mayor que en ferrocarril.
- Caminar requiere 270×10^3 joules/persona-km
- En bicicleta, se requieren 60×10^3 joules / pasajero – km
- En transportación masiva, se requieren 450×10^3 joules / pasajero – km

El aumento de la velocidad de 80 a 100 km/h incrementa el consumo de la gasolina en un 11%.

Conservación de la electricidad.- la conservación de la energía en el uso de electricidad, tiene un potencial importante, en donde son posibles las siguientes reducciones:

- En conjuntos de TV, 50% de la potencia

- Refrigeradores, 40%
- Aire acondicionado de cuartos, 20%
- Otros dispositivos como fibras ópticas (reemplazo de conductores de cobre), dispositivos de estado sólido de baja potencia, bombas de calor eléctricas y eficiencia en el alumbrado eléctrico que tiene los rendimientos siguientes:
 - Sodio baja presión 180 lumens / walt
 - Sodio alta presión 130 lumens / walt
 - Metal halide 100 lumens / walt
 - Fluorescente 80 lumens / walt
 - Vapor de mercurio 26 lumens / walt
 - Incandescente 23 lumens / walt

El alumbrado consume cerca del 20 % de l total de energía eléctrica y cerca de 5% del total de energía; 2/3 son de lámparas incandescentes y 1/3 de lámparas de vapor fluorescentes.

Los accesorios eléctricos, representan el 4% del total de energía usada; los refrigeradores usan el 10% de la electricidad residencial y 3% del consumo de electricidad.

Los requerimientos de energía, de los aparatos eléctricos, son en general los siguientes.

EQUIPO	POI. PROMEDIO	CONS. PROM. ANUAL
Calentador de agua	2500 wats	5,000 kw-h
Refrigerador (14 pies ³) Sin congelador	215 wats	1,800 kw-h
Congelador (15 pies ³)	341 wats	1,200 kw-h
Lavavajillas	1200 wats	360 kw-h
TV color	200 wats	440 kw-h
Aire acondicionado de cuarto	860 wats	800 Kw-h

Un refrigerador sin congelador, requiere cerca de 14 wats/pie³; con objeto de reducir los requerimientos de energía y potencia, es necesario:

- Aumento en el aislamiento
- Mejorar la eficiencia del motor
- Agrandar la superficie del evaporador
- Mejorar el diseño del condensador

Un aire acondicionado típico moderno, remueve 1250 Kcal (5000 Btu)/ h, con una potencia de 860 wats, es decir, tiene una relación de eficiencia de energía de 1.5 Kcal/wat-h, ésta relación, normalmente sería de 1.254 a 3.0.

Conservación de la energía con el diseño de edificios.- los estándares que deben emitir, para establecer niveles adecuados de eficiencia térmica en edificios, son:

- Cubierta del edificio
- Sistemas y componentes de ventilación, calefacción y enfriamiento
- Sistema de agua caliente
- Uso de energía para iluminación
- Sistemas de distribución eléctricos

En general, las medidas para ahorros de energía, son las siguientes:

- Pared norte fuertemente aislada, sin ventanas
- Ventanas de doble vidrio
- Baja relación de ventanas a pared
- Aislamiento incrementado de pisos, techos y paredes
- Ventanas hacia el sur, para calentamiento solar

Los edificios son éstas características, cuestan un 10% más que los edificios típicos, pero consumen cuando mucho la mitad de la energía.

Reciclado.- La energía y materiales de deshecho de los procesos industriales y comerciales, pueden reciclarse para la conservación de recursos; la energía típica contenida en algunos materiales y productos manufacturados, es la de la tabla siguiente.

La energía necesaria para la obtención de materiales y su reciclado, se muestran en la tabla.

METALES		
ACERO	40	0.3
ALUMINIO	100	0.4
COBRE	30	0.05
MAGNESIO	90	0.1
PRODUCTOS		
BOTELLAS DE VIDRIO	40	0.3
PLÁSTICOS	10	0.04
PAPEL	25	0.3
QUÍMICOS INORGÁNICOS	12	0.2

Tabla.-Energía típica en metales y productos

MATERIAL	PUNTO DE IMPACTO	kw-h/t	
		Material Virgen	Reciclado
Acero	Acero fundado	13,680	6,636
Aluminio	Aluminio fundido	65,780	2,400
Plástico	Polímero fundido	13,238	586
Cartón	Pulpa	1,923	970
Vidrio	Transportación	2,287	2,287

Tabla.- energía para obtención y reciclado de materiales

Para el reciclado de acero, los principales problemas son los costos de transportación, el agotamiento permisible de materiales crudos y la oposición de los fabricantes.

Para el reciclado de aluminio y cartón, el principal problema es el proceso de separación manual, que es costoso.

En el caso de los plásticos, se requiere separar cada tipo, debido a que la densidad y otras propiedades físicas de varios polímeros se traslapan mucho.

Sistemas de energía total.- los sistemas de energía total, co-generación o generación conjunta, tienen también un buen potencial de conservación de energía, existiendo varios esquemas de aplicación, básicamente, se refiere a la utilización de calor para procesos o calentamiento, simultáneamente con la generación de electricidad, lo cual aumenta la eficiencia en la conversión de energía de las PTE, de un 33% a más de 50%.

Economía y conservación.- La eficiencia económica de varios procesos, se mide comparando el costo total de utilización de energía; los gastos para energía, requieren de 1 a 3 x 10⁵ Kcal / dólar. Este mismo dólar empleado en conservación de energía, requiere únicamente 3 a 4 x 10⁴ kcal / dólar.

Algunas estrategias de conservación de energía, como el aislamiento en refrigeración y calentamiento de agua, regresan en unos meses el incremento inicial de inversión, mientras que otros, como las técnicas industriales, aislamiento de edificios y sistemas más eficientes de calentamiento / enfriamiento, requieren periodos mas largos; normalmente, es menos caro que los usuarios conviertan en eficiencias más altas, que las compañías eléctricas inviertan en capacidad extra de potencia.

Las estrategias para conservación de energía, sustituyen capital, materiales, mano de obra, tecnología, (Know how) y habilidades de gestión, por energía, es decir, se trata de invertir la tendencia de procesos automáticos intensivos de energía, por mano de obra.

En la industria en general el costo del combustible o energía es de cerca del 5% y en la aerolíneas es de aproximadamente 20%.

La relación de costos de mano de obra a energía se ha incrementado, mientras que la relación de costo de mano de obra a costo de capital, se ha mantenido constante. Lo anterior, promueve un cambio de sistemas de producción intensivos de energía, tendencias que se definen debido a altas tasas de interés y al costo del capital. La intensidad de energía, de varias industrias, es la que se muestra en la tabla siguiente:

Industria	Intensidad de energía
Química	3.5×10^{15} Kcal / empleado
Automóviles	2.0×10^{15} Kcal / empleado
Papel	1.9×10^{15} Kcal / empleado
Alimentos	0.7×10^{15} Kcal / empleado
Construcción	0.7×10^{15} Kcal / empleado
Eléctrica	0.7×10^{15} Kcal / empleado
madera	0.5×10^{15} Kcal / empleado

Además del racionamiento, un método para promover la conservación de la energía, es la aplicación de impuestos o bien instituir créditos de impuestos, para la adopción de métodos de conservación aprobados. La tasa de recuperación de capital R , puede expresarse como:

$$R = \frac{P}{c}$$

En donde p es la utilidad y c el capital invertido. R tiene un valor de 10 % para la industria y 5% para hogares.

Plan de conservación.- Un plan de conservación debe incluir como mínimo las siguientes partes, además de los porcentajes de ahorro y el año para lograrlo.

- Uso de desechos para reciclado y generación de energía.
- Mejoramiento en la conversión eléctrica y eficiencia de transmisión.
- Uso de calor de deshecho de plantas eléctricas, para calentamiento.
- Etiquetado de eficiencias y mejoramiento de eficiencias de dispositivos y aires acondicionados de cuarto.
- Automóviles nuevos con promedio de 20 Km / litro, cuando menos.
- Mejoramiento de la eficiencia energética industrial.
- Conservación de calentamiento y enfriamiento de edificios.
- Revisión de esquemas de precios de cargas pico, de compañías eléctricas.

7.- SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CONVERSIÓN Y ALMACENAMIENTO

Las alternativas de conversión de energía, que deben estar en funcionamiento comercial en 10 o 20 años son los siguientes:

- Biomasa
- Celdas de combustible
- Magnetohidrodinámica

La biomasa, son los materiales biológicos orgánicos que sirven como fuente de combustible, como cosechas agrícolas, que crecen específicamente para servir como entradas para ser convertidos a metano, hidrógeno, electricidad u otro transportador de energía. El mecanismo para transformar la energía solar, a la forma de materia de plantas, es la fotosíntesis; una vez convertida la energía solar en materia orgánica de plantas, puede ser convertido directamente a calor o a un combustible económicamente transportable, por procesos químicos, termoquímicos o biológicos.

La eficiencia de conversión de energía solar a materia orgánica de plantas, es de 3 a 5%, con un límite superior obtenible de 11%; la productividad de cosechas, varía de acuerdo con la localización geográfica y otros factores. Algunos de estos rendimientos son los siguientes:

- | | |
|----------------------|--------------|
| • Caña de azúcar | 75 t/ha |
| • Monte de coníferas | 30 t/ha |
| • Maíz | 20 t/ha |
| • Monte tropical | 59 t/ha |
| • Algas | 50 a 70 t/ha |
| • Mandioca | 20 t/ha |

Las selvas o montes, pueden dar de 25 a 50 t/ha por año, en periodos de 20 a 50 años. En superficies de 100 a 500 Km² de campos de árboles, pueden instalarse controles eléctricos enfriados con aire. Las ventajas de usar maderas como combustible, son las siguientes:

- Los árboles, mejoran el balance de oxígeno – Bióxido de carbono en la atmósfera.

- Reduce el arrastre o erosión de suelos y mejoran la claridad y corrientes de ríos.
- Son renovables.
- La ceniza de madera, de las centrales de potencia, son un buen fertilizante.
- La energía se almacena en los árboles y está disponible en forma usable.
- El combustible contiene menos de 0.1% de azufre.
- Las implicaciones ecológicas a largo plazo son mínimas.
- La tecnología de plantas de potencia para quemar madera está disponible.

Se requieren aproximadamente 2.25 Km² de campos de árboles, para producir 1 MW de planta generadora de electricidad; el costo de la electricidad producida, sería de unos US dólares \$ 18/ 10⁶ Kcal (el petróleo a \$ 15 dólares / barril, cuesta 10 dólares / 10⁶ kcal) y el costo del desarrollo de un campo de árboles, con procesos mecanizados, asociado a una planta de potencia eléctrica, podría ser de unos \$ 1,500 dólares /kw.

Algas y plantas.- Las algas, hierbas o pastos tropicales, así como otras plantas tropicales, también pueden utilizarse como combustible para centrales eléctricas de potencia; estas plantas orgánicas pueden producir metano o gas natural a un costo de unos \$ 15 dólares / 10⁶ kcal. En condiciones de crecimiento controlado, éstas plantas orgánicas, pueden producir varios cientos de toneladas por hectárea (t/Ha).

Una posibilidad, es utilizar el calor de deshecho de las plantas de potencia, para calentar un estanque recubierto con plástico y “sembrado” de algas , en donde estas se reproducen aceleradamente y podrían servir , ya sea directamente para producir combustible o bien como semilla para otros sitios.

Magnetohidrodinámica (MHD).- La MHD, es el estudio y aprovechamiento directo del calor de un fluido conductor en un campo magnético, para producir electricidad. Hasta ahora, solo se han constituido plantas prototipo (y una piloto que duró solo unas horas) y aún quedan importantes problemas de materiales sin resolver, al trabajar con temperaturas de 2500 °C. de gas ionizado. La eficiencia teórica que puede alcanzarse es de 80%, esperándose en la práctica 60%.

Celdas o pilas de combustible.-

Una celda de combustible sencilla, es un conjunto de dos electrodos

Hidrógeno

unidos por un electrolito,

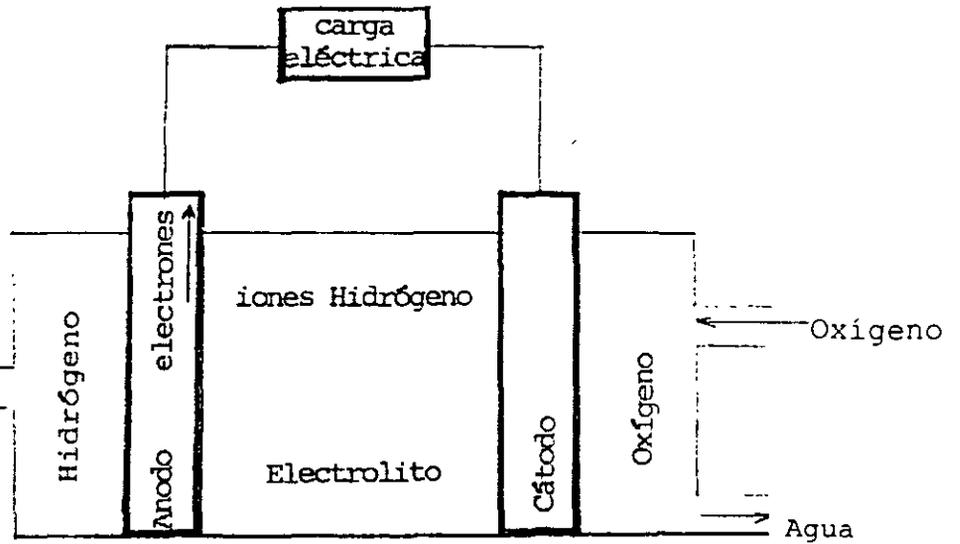


FIG. ESQUEMA DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE DE HIDROGENO y OXIGENO

que conduce la carga entre los electrodos a un circuito externo; uno es el electrodo de combustible o ánodo y el otro, es el electrodo oxidante o de aire (cátodo), como se muestra

en la figura.

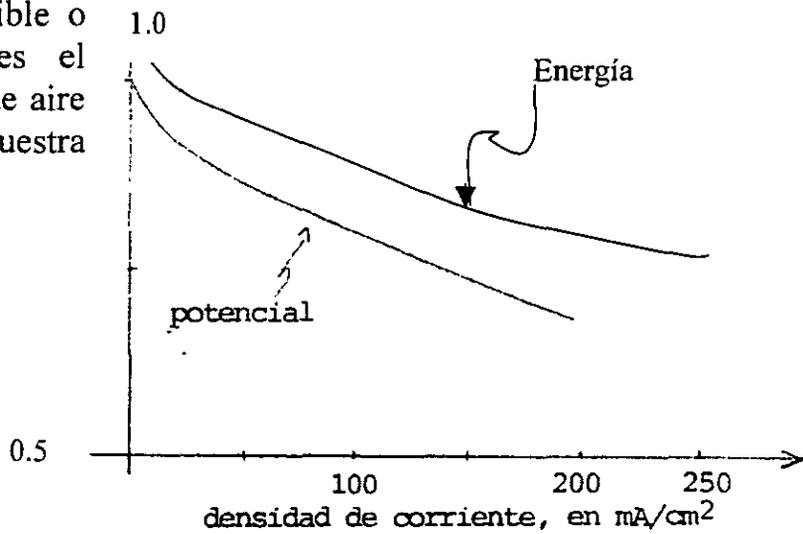


Fig. Variación de voltaje y rendimiento energético de una pila de combustible.

La primera celda de combustible, fue construida en el año de 1842 por Sir William Grove pero fue necesario progreso tecnológico para construirlas en forma económica, con densidades de corriente aceptable y explotación segura, lo cual se ha logrado en los últimos 25 años.

El rendimiento magnético es algo menor debido a las pérdidas de calor en la pila, a la resistencia eléctrica interna y a la oxidación incompleta del combustible; el rendimiento energético, tiene valores comprendidos entre 50 y 70%.

A diferencia de las máquinas energéticas rotativas, en las pilas de combustible, el rendimiento aumenta a cargas parciales y disminuye a plena carga, tal como se muestra en la figura.

La diferencia de potencial de cada celda sencilla, es de 1 volt; para obtener mayores voltajes, se deben conectar varias en serie un arreglo de 1000 celdas en serie (1000 volts), con una sección de $5 / m^2$ en cada celda, puede dar una potencia de 10 MW o sea 10,000 KW.

Los únicos productos de deshecho de las celdas de combustible, son agua y calor, por lo que se tiene un impacto ambiental mínimo. También es posible usar gas natural como combustible, en lugar de hidrógeno.

Las celdas de combustible, son particularmente apropiadas como fuentes de energía locales.

Actualmente, el costo del capital de una celda de combustible, es del orden de \$ 600 dólares/KW, sin embargo, para hacerlas atractivas a las compañías eléctricas, es necesario disminuir este costo, así como los de combustible y operación, además de aumentar su vida útil.

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

El almacenamiento de energía incluye la recolección y retención de energía ya disponible, para uso posterior. La energía disponible en periodos de baja demanda, debe ser almacenada, para el tiempo de demanda pico, puede ser el doble del nivel de demanda mínima. Los conceptos y dispositivos de almacenamiento de energía, son principalmente los siguientes:

- Plantas hidroeléctricas de almacenamiento – bombeo
- Producción y almacenamiento de hidrógeno
- Baterías o acumuladores de almacenamiento
- Aire comprimido
- Volantes (energía inercial)

El primero fue tratado anteriormente y el segundo (hidrógeno), se trata en la sección 7 siguiente.

Baterías o acumuladores de almacenamiento.- Las baterías o acumuladores, pueden acumular energía, con la ventaja de que tiene mínimos problemas de sitios y pueden ser colocados cerca de la carga anticipada, reduciendo los costos de transmisión; los requerimientos básicos, para su utilización comercial son:

- Energía específica, mayor de 220 watts – hora /kg
- Potencia específica, mayor de 55 watts / kg
- Vida útil, 4 años o mayor
- 1000 ciclos de vida (mínimo)
- eficiencia de almacenamiento y descarga, mayor de 70%

la baterías de plomo-ácido, usadas en los automóviles, tienen una vida corta bajo los rígidos requerimientos de ciclos de carga (300 ciclos de carga) y pueden almacenar solamente de 22 a 33 watts – hora / kg.

Otras baterías, como las de níquel – hierro, níquel – cadmio, plata – zinc y plata – cadmio, que se han estudiado, tiene problemas de costos altos y de número limitado de ciclos; las de zinc – aire, son potencialmente económicas de fabricar. Las baterías de electrolito orgánico, de litio – azufre, que operan a temperatura alta (370 °C), tiene buen comportamiento de ciclos de carga (1500) y de vida útil de más de 5 años.

Las baterías de sodio – azufre, que también operan a alta temperatura (300 °C) y que utilizan como electrolito un material cerámico sólido, también tienen buen comportamiento (200 a 400 watts – horas / kg y 220 watts / kg) y se pueden producir a unos \$ 6 o 30 dólares / kw- h de energía almacenada.

Aire comprimido.- Estos sistemas, utilizan un compresor de aire para almacenar el aire en cavernas bajo tierra o en tanques de almacenamiento; cuando se requiere la energía almacenada, el aire comprimido se usa para accionar una turbina y un generador eléctrico. El aire, puede ser almacenado en cavernas de minas, campos de gas agotados, domos de sales, acuíferos o minas abandonadas. La eficiencia total de un sistema de almacenamiento de aire comprimido

Almacenamiento de energía inercial (volantes).- Los volantes, ofrecen potencial para almacenar energía en gran escala, para manejar cargas de pico de compañías eléctricas o para vehículos de potencia eléctrica; la energía mecánica almacenada, es proporcionada a la masa del volante y a la velocidad con que gira. La máxima energía almacenada, depende del volumen del volante de materiales con alta resistencia y baja densidad, por ejemplo: fibra de vidrio. La tecnología de fabricación de estos volantes, se encuentra actualmente en desarrollo.

Un volante de almacenamiento de energía, para una compañía eléctrica, podría ser de 4.5 m. de diámetro y un peso de 100 a 200 t; cada unidad, podría almacenar 10 MW-h de energía, a una velocidad de 3500 rpm, siendo capaz de dar una potencia de 3MW, con una eficiencia de más de 90%, a un costo de capital de \$ 150 dólares / kw

SISTEMA DE ENERGÍA TOTAL

Estos sistemas de energía total o integrados, mencionados en la sección 6 anterior de conservación de energía, se refiere a plantas procesadoras combinadas, que generan electricidad y usan la energía residual reciclándola para calentamiento para calentamiento, aire acondicionado, tratamiento de agua, procesos de desechos sólidos y líquidos, etc. con éstos sistemas pueden obtenerse eficiencias de conservación de energía del 60 al 80%.

Los sistemas de energía total o integrado, pueden suministrar servicios necesarios para el desarrollo de una comunidad, entre los que se encuentran los siguientes:

- Electricidad
- Acondicionamiento ambiental
- Procesamiento de desechos sólidos
- Procesamiento de desechos líquidos
- Agua de servicio municipal

Los objetos de los sistemas de energía total son:

- Conservación de recursos naturales
- Reducción del consumo de energía

El potencial de ahorro de energía, que existe en México, en las diferentes industrias, por el uso de éstos sistemas, se estima en $x 10^{12}$ kcal / año.

8. H₂ LOS TRANSPORTADORES DE ENERGÍA DEL SIGLO XXI

A pesar de las muchas ventajas que tiene la electricidad, su generación, transmisión y distribución, crea algunos problemas difíciles entre los que se encuentran los siguientes:

- Es difícil y costoso almacenar la electricidad para los periodos de demanda pico.
- La conversión de energía solar, fósil, del viento, geotérmica y nuclear, es un proceso de baja eficiencia.

Debido a lo anterior, se requiere desarrollar en las próximas décadas, otros medios de almacenamiento y transporte de la energía; las características deseables, de un transportador de energía son:

- Alta eficiencia de conversión, de la fuente original, al transportador de energía.
- Disponibilidad de un método de transportación y distribución del transportador de energía, con bajas pérdidas y bajos costos por unidad de distancia.

- Disponibilidad de un método de almacenamiento del transportador de energía, por periodos de tiempo relativamente largos y a bajo costo.
- Disponibilidad de varios métodos de utilización del transportador de energía, en la industria y el transporte.
- Seguridad en el manejo y almacenamiento.

Lo que se requiere, para un transportador de energía, es un transportador líquido o gaseoso, que pueda ser obtenido de un recurso abundante; este transportador, debe ser capaz de regresar rápidamente la energía en forma de calor, en la etapa final del consumo, sin introducir contaminación ambiental significativa. El hidrógeno (H_2), tiene estas propiedades necesarias y puede satisfacer el papel de un transportador de energía, que puede ser obtenido de una fuente abundante: agua. Esta forma de energía, fue descrita en el año de 1847 por Julio Verne, en su novela "La Isla Misteriosa".

Adicionalmente, el H_2 puede ser sustituto del petróleo y carbón, en casi todos los procesos industriales que requieren un agente reductor, como en la fabricación de acero y otras operaciones metalúrgicas, además de que puede ser fácilmente convertido a una variedad de formas de combustible, como metanol, amoniaco hidraza e incluso propano; en uso de H_2 como combustible, podría permitir al establecimiento industrial, retener su presente estructura.

Como transportador de energía el H_2 puede ser comparado favorablemente a la electricidad, como se observa en la tabla siguiente:

TRANSPORTADOR CARACTERÍSTICA	ELECTRICIDAD	HIDROGENO
1. Eficiencia de conversión al transportador	-35 a 40 %	-35 a 50%
2. Transmisión y distribución	-más costoso	-menos costo
3. Almacenamiento	-costo alto	-costo bajo
4. Métodos de usar el transportador	-bueno en industria, malo en transporte	-bueno en la industria y en el transporte
5. Seguridad	-seguridad probada	-algunos riesgos

Actualmente, hay dos métodos empleados para descomponer el agua u obtener H₂:

- Electrólisis, que usa la electricidad para descomponer el agua en H₂ y O.
- Descomposición termoquímica, que usa calor de alta temperatura, para descomponer directamente el agua.

Los costos de producir, almacenar y transportar H₂, a niveles de producción comercial, son difíciles de valorar, puesto que a gran escala, los sistemas pueden dar reducciones favorables de costos, sobre los métodos presentes; actualmente, el costo de producción de H₂, por medio del proceso de electrólisis, es de \$ 6.25 dólares / 10⁶ kcal, incluyendo el costo del combustible.

El costo de transmisión de H₂ vía tubería, puede estimarse en dólares \$ 0.002 / KW-h (\$1.80/ 10⁶ Kcal), en 1600 Km de tubería; a una distancia promedio de 320 KM, puede esperarse que la transmisión y distribución sea de \$.6 dólares / 10⁶ Kcal, que se compara favorablemente con la electricidad, que es de \$ 17.5 dólares / 10⁶ Kcal.

El hidrógeno, puede ser transmitido y distribuido en forma líquida o gaseosa; en forma gaseosa, puede hacerse igual que el gas natural. El costo estimado de transmisión a 160 Km (100 millas) de distancia, de 10⁶ Kcal, incluidos para comparación el metano y la electricidad, es el siguiente:

Metano por tubería	\$ 0.182 dólares / 10 ⁶ Kcal
Hidrógeno por tubería	\$ 0.202 dólares / 10 ⁶ Kcal
Electricidad, en LT aéreas de alto voltaje	\$ 1.279 dólares / 10 ⁶ Kcal

El H₂ como transportador de energía, puede ser almacenado, en forma gaseosa en espacios bajo tierra, y en forma líquida a temperaturas criogénicas o bien como un hidruro metálico. Actualmente, se emplean acuíferos y formaciones rocosas bajo la tierra, para almacenar gas natural, que pueden usarse para el almacenamiento de H₂, a pesar de que con éste último, los problemas asociados con la permeabilidad de las rocas es mucho más serio. El costo de

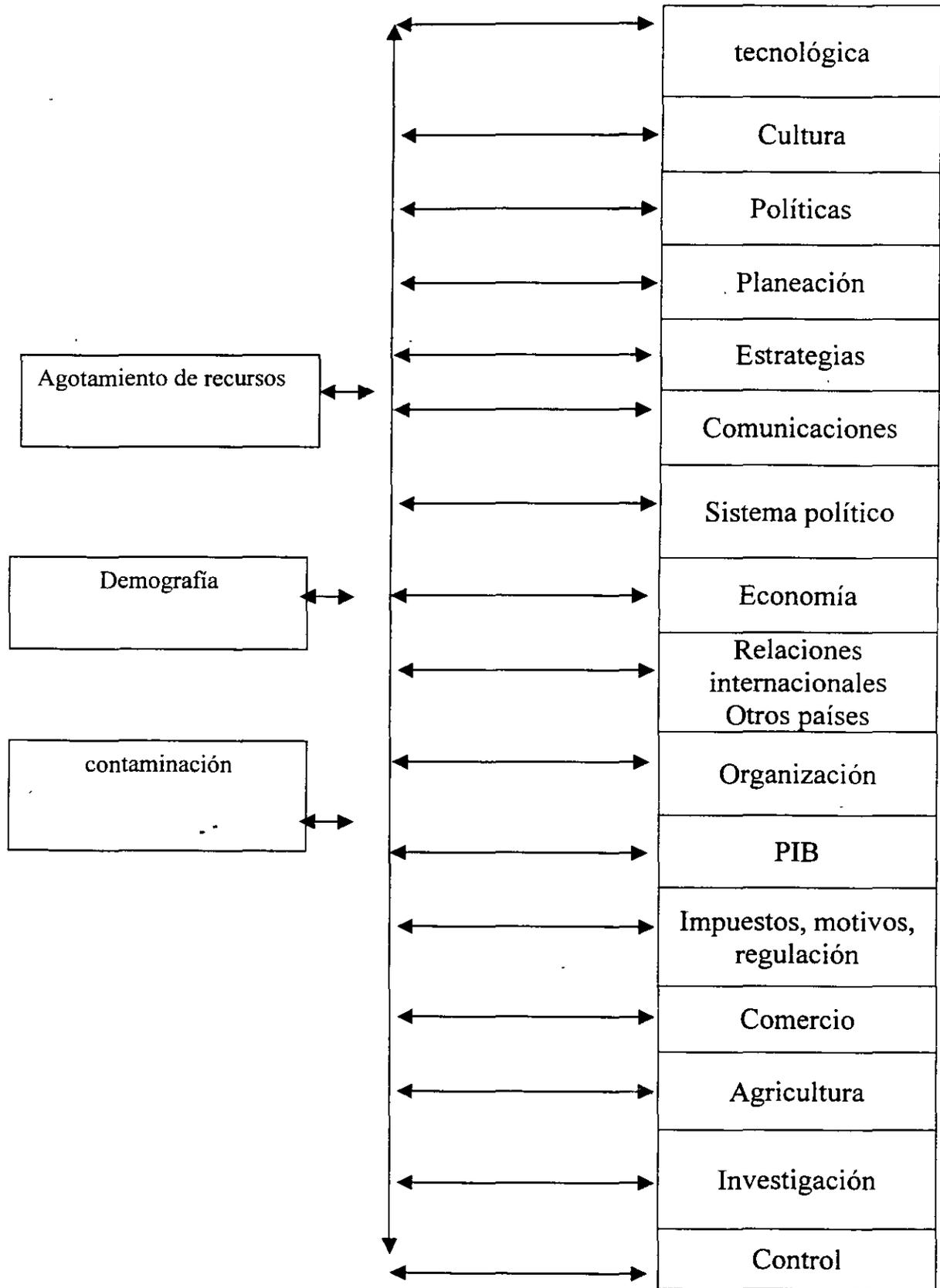
una facilidad de almacenamiento para 10^9 kcal, sería de alrededor de \$ 3.000,000 y \$ 500,000 dólares, para las formas líquidas y gaseosa respectivamente.

El H_2 , puede ser usado directamente para calentamiento de espacios, quemándose sin productos de escape nocivos y también se puede usar para combustión catalítica; puede usarse también en la reducción química del mineral de óxido de hierro a hierro metálico.

El amoniaco, que sirve como un transportador de N_2 en fertilizante, se fabrica por reacción del N_2 con el H_2 , en presencia de catalizadores; el 80% del costo de la fabricación del N_2 , es el costo del H_2 . Adicionalmente, existen otros usos del H_2 , como por ejemplo, las celdas de combustible, en los vehículos de transporte, etc.

La seguridad en el manejo del H_2 presenta retos de tecnología, para desarrollar los métodos necesarios de trabajo y utilizarlo en el comercio, hogar y transporte. En espacios abiertos y lugares bien ventilados, las fugas o derrames se difunden tan rápidamente, que el riesgo de ignición o propagación de flamas, es menor que la de la gasolina. Los requerimientos básicos, para el manejo del H_2 son:

- Adecuada ventilación
- Prevención de fugas
- Eliminación de fuentes extrañas de ignición



ESPECTRO DE INTERRELACIONES DE PROBLEMAS (BÁSICOS) CON SOCIEDAD TECNOLÓGICA

1. Introducción

El ejercicio de visión estratégica de largo plazo emprendido por el IMP para el sector petrolero fue desarrollado con base en el conocimiento, la experiencia y el criterio de un grupo de expertos en diferentes especialidades, quienes realizaron talleres en los que se discutieron y definieron los esquemas, visiones y objetivos que conformaron el escenario desarrollado en este estudio. La metodología utilizada en este ejercicio de planeación se inicia con la creación de tres escenarios al año 2025 (tendencial, pesimista y optimista). Se eligió el más probable, denominado optimista (véase anexo 1), debido a que para los especialistas este escenario refleja de mejor manera el desarrollo de la economía mundial y nacional, en un marco de agudización de la integración del país al mundo y de las mejores condiciones económico-sociales de la población con menor crecimiento demográfico, y mejores perspectivas de ingreso per cápita. Sobre todo, porque en este escenario el IMP tendrá una aportación apreciable en el desarrollo tecnológico, con presencia en mercados internacionales de tecnología.

Una vez definido el marco macro, se elaboró un escenario para el sector energético nacional, empleando tres modelos matemáticos, basados en el siguiente proceso: Se estimaron los consumos de energía en la economía mediante el modelo de simulación denominado MODGPE. Una vez calculadas las demandas, se empleó el Markal para determinar los niveles de producción, déficit o excedente necesarios para satisfacerlas. Los resultados obtenidos se relacionaron con los ejercicios desarrollados en el Modelo de Energía IMP para obtener congruencia y consistencia, como se muestra esquemáticamente en la figura 1.

2. Visión

2.1. Prospectiva internacional

Con la entrada del siglo XXI la humanidad se encuentra en un proceso de cambio. El conocimiento y la información están tomando notables impulsos que han generado cambios en las formas de operar y actuar de los distintos entes económicos. En este proceso de cambio, la humanidad tendrá como reto preservar los equilibrios sociales y económicos que permitan su desarrollo armónico y suficiente.

Para los años venideros, será necesario definir cuál será la nueva concepción que se desea para México en el escenario mundial. Esto implica precisar claramente los objetivos nacionales y elaborar un diagnóstico adecuado de los retos y oportunidades, que permitan contar con una sociedad más justa y equitativa.

A continuación se desarrollan las líneas generales de un marco esperado para la economía internacional y nacional, con el que se construyó el escenario al año 2025.

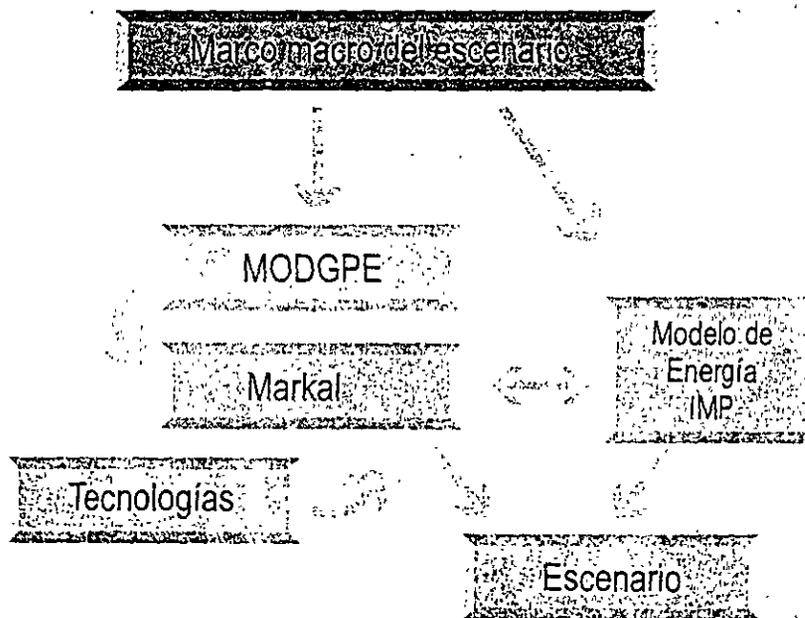


Figura 1. Metodología para la definición del escenario energético

2.1.1. Economía internacional

Se espera que en los próximos 25 años la economía mundial mantenga un ritmo de crecimiento sostenido en el largo plazo a una tasa de alrededor de 3% anual.

Los factores que impulsarán el crecimiento de la economía mundial serán: una notable expansión del comercio internacional; una mayor movilidad en el intercambio de los factores (capital y trabajo) y la incorporación de la tecnología en la producción de bienes y servicios.

La libre movilidad de los capitales, tanto de portafolio como de inversión directa, permitirá asegurar una asignación más adecuada de las actividades económicas en el mundo. Las ventajas comparativas que cada nación o región ofrece en términos de su contribución al valor agregado mundial serán los factores críticos de éxito en las distintas sociedades. Para algunos especialistas la importancia de la productividad en las empresas y en la economía en general, será uno de los elementos que influya en la asignación de los factores de la producción mundial.

2.1.2. Tecnología

Debido a que la generación de riqueza descansa cada vez más en los factores tecnológicos, la capacidad de las empresas y gobiernos para adaptar y desarrollar tecnología será un factor esencial de éxito en el futuro. Las inversiones en investigación y desarrollo continuarán dando la pauta para que las empresas obtengan elevados desempeños en materia de rentabilidad y capacidad de generación de satisfactores adecuados a las necesidades de cada país.

Las actividades que darán impulso a la economía en los próximos 25 años serán las vinculadas con la tecnología; por ejemplo, la agrobiotecnología, la genómica, la computación, las telecomunicaciones, el transporte y los nuevos materiales. Los avances en algunas áreas como la teleinformática dirigirán su desarrollo hacia la programación en las interfases hombre-máquina. Pero, indudablemente, el sector energía continuará siendo uno de los indispensables por su amplia relación con todas las actividades de la economía.

La automatización de procesos y las tecnologías de desarrollo de infraestructura continuarán siendo elementos clave en el crecimiento económico de las empresas.

El manejo adecuado de los recursos humanos en los campos de investigación y desarrollo tecnológico implicará mejorar la producción de bienes y servicios. Temas como la administración de cartera de proyectos de investigación tecnológica, monitoreo tecnológico, y formación y desarrollo de recursos humanos, continuarán siendo elementos cruciales en materia de investigación en los próximos 25 años.

El mapa de distribución de las aportaciones tecnológicas en el mundo seguirá concentrándose en las naciones industrializadas. Es importante para las naciones menos desarrolladas encontrar espacios para disminuir su dependencia tecnológica.

2.1.3. Política y sociedad

En el contexto de política internacional, los países habrán consolidado sistemas cada vez más abiertos, basados en la democracia como elemento catalizador de las presiones sociales. A ello contribuirá el proceso de integración de cada nación a la economía mundial, así como el mejor nivel educativo de su población. La velocidad y las condiciones en que cada nación logre integrarse a este proceso influirán en su potencial de desarrollo.

Paulatinamente, la tendencia de las políticas económicas de un país estarán coordinadas con las que se realicen en otros países o regiones, tal como sucede en Europa.

En materia legal, se habrán de constituir marcos que vayan de acuerdo con la dinámica mundial de crecimiento del intercambio de bienes y servicios. Ello deberá replantear el papel del Estado en la economía de cada nación, enfocándolo a actividades menos relacionadas con la producción y más con la justicia y la distribución de la riqueza.

En el aspecto social, la población continuará aumentando. Se estima que para el año 2025, el total de seres humanos en el mundo se multiplicará por 1.4 veces en relación con la cifra actual. En los países industrializados la tasa de crecimiento poblacional tenderá a disminuir, y las naciones más pobres continuarán manteniendo tasas de crecimiento demográficas elevadas. Esta situación colocará a las últimas como potenciales expulsoras de mano de obra hacia países desarrollados.

Es probable que la esperanza de vida de la población siga aumentando en promedio en las naciones industrializadas,

como resultado de los mejores sistemas de seguridad social. Ello también se observará en los países en desarrollo, aunque en éstos el reto será contar con la capacidad económica para apoyar a la creciente población adulta inactiva. Particular conflicto podría derivarse de las personas mayores que trabajaron en la economía informal, pues no estarán sujetas a ningún tipo de beneficio laboral.

Indudablemente que las naciones más pobres podrían agudizar sus desequilibrios sociales si no se crean mejores condiciones de distribución del producto mundial.

2.1.4. Medio ambiente

La conciencia ecologista en el mundo continuará aumentando en los próximos años, como efecto de los problemas ambientales que se han acumulado a lo largo del tiempo.

La preocupación de los grupos ambientalistas, principalmente en las naciones más industrializadas, propiciará la introducción de normas cada vez más estrictas en la actividad económica y la incorporación constante de desarrollos tecnológicos más limpios. Asimismo, se emplearán intensivamente los medios de comunicación para la difusión internacional de las preocupaciones sociales en relación con el tema.

La existencia de regulaciones ambientalistas más estrictas en los países desarrollados podría implicar el movimiento de las inversiones hacia el resto de las naciones. Sin embargo, en el largo plazo, los países menos desarrollados habrán de asumir las normas ecológicas de las naciones industrializadas.

Es muy probable que se generen leyes o normas supranacionales que obligue a los países a alcanzar ciertos límites en materia de contaminación y de emisiones.

El desigual crecimiento de la población mundial y el cambio climático podrían ocasionar presiones sobre el uso de los recursos locales, sobre todo del agua, el suelo y el aire. En los países menos desarrollados, la explotación irracional de los recursos naturales podría generar desastres y condiciones poco propicias para la vida de los seres humanos.

El manejo, control y tratamiento de los contaminantes y de los desechos tóxicos se mantendrá como una actividad que demande crecientes recursos para la investigación y el desarrollo, particularmente en lo rela-

tivo a los desechos originados por la energía nuclear y por el manejo del agua.

Se crearán procesos limpios y productos ecológicamente viables, esto es, de bajo impacto sobre el medio ambiente. Es posible que, paulatinamente, se desarrollen programas de calidad de productos y certificaciones de emisión, que lleven en un futuro a una normatividad orientada a emisiones y descargas cero.

El fomento de una cultura ecológica en la población generará un mayor aprovechamiento de recursos con fines de reutilización y reciclamiento de materiales y residuos incorporados en los procesos.

Según algunos expertos, para el 2010 se crearán sistemas inteligentes de información ambiental regional. Éstos permitirán el establecimiento de programas integrales en áreas y/o regiones con características estratégicas para la ecología de ciertos países.

Es probable que se profundice la realización de los estudios para asegurar la calidad del agua, aire y suelo. Particular importancia cobrará en la segunda década del siglo XXI el uso de bioprocesos para el tratamiento de agua y suelo, por sus características y potencialidades. Lo mismo ocurrirá con los estudios de vulnerabilidad y biodiversidad de los ecosistemas.

La remediación y saneamiento *in situ*; el desarrollo de biosensores de contaminantes; los sistemas de disminución; la reutilización de gases invernadero (CO_2 y CH_4), así como el control inteligente y automático de procesos y contaminantes, también serán herramientas empleadas para abatir la contaminación antes del 2010.

La preponderancia de los autos accionados por hidrocarburos se mantendrá en los próximos diez años, pues se requerirá un prolongado lapso para desplazar el parque vehicular actual. Es posible que a partir del 2010 se consolide la venta masiva de autos impulsados por una fuente distinta, tales como los eléctricos y los híbridos. De cualquier forma, el parque vehicular continuará creciendo.

Se generalizará el uso de combustibles con bajo contenido de azufre hacia el 2010 y se avanzará notablemente en la reformulación y evaluación de combustibles. De manera particular, se prevé la introducción de gasolinas con características cada vez menos contaminantes en los próximos diez años, particularmente las de bajo contenido de metales y

sin MTBE. En los años siguientes tendrán que incorporarse las fuentes alternas de energía que propiciarán menores emisiones contaminantes en el transporte.

2.1.5 Energía

El reto del sector energético internacional es lograr un desarrollo sustentable que propicie beneficios sociales, protección del ambiente y contribuya al sano crecimiento de la economía mundial. Para lograr este objetivo, este sector tendrá que constituirse en un campo fértil de investigación y desarrollo de insumos limpios y eficientes.

El papel de los estados será fundamental en este campo, pues deberán garantizar el suministro de energía con carácter de seguridad nacional. Además, deberán establecer esquemas de cooperación internacional en materia de energía para lograr preservar una oferta adecuada de energéticos a su propia población y evitar posibles conflictos sociales.

La demanda de energía se caracterizará por ser más eficiente. En materia residencial, se pronostica la introducción de medidas para que la población ahorre y conserve la energía. Algunos estudios señalan la tendencia hacia la construcción de viviendas inteligentes, las cuales utilizarán bajos consumos de energía.

El sector transporte también continuará empleando los derivados del petróleo como fuente de energía, pero con crecientes niveles de eficiencia.

La incorporación de tecnología y el proceso de cambio de insumos combustibles propiciará que el sector industrial logre mejores niveles de eficiencia en el consumo de energía.

La producción y distribución de energía en el mundo consolidará los esquemas de interconexión entre grupos de países, como sucede en Europa y Sudamérica. Es probable que en el mediano plazo las empresas creen redes de operación y distribución que les permitan la oferta integral de productos.

La capacidad financiera continuará siendo un factor crítico en la producción de energéticos. Además, se agudizará la tendencia de las empresas del sector hacia

la concentración. Ello podría incluir a las empresas de participación estatal, las cuales continuarán desempeñando un papel protagónico en la escena mundial, al tiempo que deberán establecer acuerdos estratégicos con las grandes compañías internacionales o con otras estatales para lograr mayores niveles de eficiencia operativa.

La industria del petróleo y derivados se mantendrá como la principal oferente de insumos a los sectores eléctricos, transporte, industrial y residencial. De aquí que las naciones que cuenten con reservas importantes de petróleo y con la capacidad apropiada de refinación y de petroquímica, habrán de obtener ventajas comparativas en los mercados internacionales.

Durante la primera década del siglo XXI es probable que el gas natural alcance una importancia creciente debido a sus propiedades. Se profundizará el uso de gasolina y diesel bajos en azufre, y se incorporarán nuevos combustibles oxigenados. La aparición del hidrógeno, el metanol y algunos combustibles alternos modificará la oferta del sector energético a partir del 2010.

La industria eléctrica continuará ocupando un lugar relevante en el escenario económico por sus ventajas de producción, distribución y consumo. La principal fuente de insumos en la industria tenderá a ser el gas natural. No obstante, el desarrollo tecnológico será un factor crítico en la aplicación de energías renovables en el sector, así como en la capacidad de incorporar medidas ambientales adecuadas.

La energía nuclear continuará ocupando un papel secundario en muchas naciones, debido a las fuertes inversiones que se requieren para el desarrollo de sus proyectos, y los problemas de seguridad que afronta. Sin embargo, en el largo plazo los problemas de disponibilidad de hidrocarburos podrían presionar a los gobiernos para emplear la energía nuclear y otros energéticos como fuente de generación.

Para algunos especialistas las energías solar y eólica, y la biomasa serán usadas con mayor frecuencia en la economía. Es evidente que el ritmo de incorporación de las otras fuentes de generación de energía estará en relación directa con su competitividad, en cuanto al costo, frente a las fuentes tradicionales. Será en los países más industrializados donde se exploren e introduzcan las nuevas formas de generación de energía a una mayor velocidad.

2.2. Prospectiva de México

2.2.1. Economía

Se espera que el crecimiento económico de México en los próximos 25 años sea de alrededor de 6% en promedio anual en términos reales. La modernización tecnológica del aparato productivo, el potencial de mercado interno y la perspectiva de integración del país a la economía internacional serán los principales factores de impulso, en un marco de una sociedad cada vez más democrática y con estabilidad social.

Por su posición geográfica, es probable que México se consolide como la plataforma comercial del continente americano, particularmente de América del Norte.

La perspectiva de que continúe el ingreso de flujos productivos del exterior incentivará la competencia y será un elemento que impulse el logro de mejores niveles de productividad en las empresas. Evidentemente, la capacidad de que disponga México para mantener elevadas calificaciones en su riesgo-país continuará siendo un factor clave para la atracción de capitales del exterior.

Ante la perspectiva de un crecimiento en la inversión, el número de empleos tenderá a elevarse y, como consecuencia, el mercado interno crecerá.

Se espera que hacia el 2025 el ingreso per cápita sea de más del triple que el actual, ante la posibilidad de aumento del PIB nacional y la menor tasa de crecimiento poblacional. Es probable que el proceso de crecimiento económico traiga consigo una agudización en la concentración de la riqueza.

En la actualidad las maquiladoras desempeñan un papel importante en el comercio exterior mexicano y en el empleo. El reto que tiene el país en los próximos años será lograr una integración efectiva de la actividad maquiladora al sector industrial nacional, que permita cadenas productivas de alto valor agregado.

Los sectores económicos que continuarán mostrando un dinamismo en nuestro país en los próximos 25 años serán: el energético, el de la construcción, el automotriz, los relacionados con las maquiladoras y el de telecomunicaciones.

El sector servicios mantendrá su importancia creciente en la economía nacional. Se espera que el turismo,

los servicios financieros y el comercio sean grandes demandantes de inversión y empleo.

2.2.2. Tecnología

México requerirá impulsar el desarrollo y la especialización de actividades susceptibles de generar tecnología que sea competitiva internacionalmente, para mejorar su posición mundial en los próximos 25 años. El objetivo será elevar y promover la capacidad técnica de los distintos agentes económicos del país para atender las demandas de bienestar de la población.

La afluencia de inversión extranjera será una oportunidad para que México logre emprender medidas que fomenten la investigación y el desarrollo, tal como ha sucedido en Taiwán, Corea, China y algunos países de Europa en los años recientes.

Las empresas nacionales tenderán a adoptar una cultura de saber comprar y adaptar tecnologías, así como de identificar los posibles campos de desarrollo.

El impulso a la tecnología permitirá mejorar y ampliar la formación de recursos humanos altamente calificados.

Los centros de investigación nacionales lograrán mayor relevancia como impulsores de las actividades económicas, particularmente de aquellas vinculadas con los energéticos y las que son representativas de la realidad nacional.

2.2.3. Política y sociedad

Para el 2025 México habrá consolidado un proceso de cambio democrático que propicie condiciones de justicia y equidad sociales. Este elemento será fundamental en la opinión pública internacional para que canalicen sus recursos de inversión a nuestro país.

Se contará con un sistema equilibrado entre los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial por efecto de la presión social. El sistema político estará sustentado en un federalismo democrático.

En materia de demografía se prevé que la población mexicana llegue a alrededor de 126 millones de habitantes al año 2025. Esto representará crecer a una tasa media anual menor al 1%. Por lo anterior, se esperan modificaciones en la estructura de la población

por grupos de edades. México se convertirá en una población de adultos jóvenes y maduros.

Los mayores de 65 años estarán en plena expansión. Será un reto lograr la manutención de este grupo de la sociedad, sobre todo del que se desempeña en la economía informal.

En la actualidad alrededor del 75% de la población se localiza en zonas urbanas. Para el año 2025 se considera que esta tendencia se mantendrá como efecto de dos factores esenciales. Por un lado, el posible proceso de desconcentración de la población, que motivará el impulso de las ciudades de tipo medio y de las zonas fronterizas con Estados Unidos. Por otro lado, será difícil mantener la residencia de la población rural ante las limitadas oportunidades de desarrollo que se les presentarán.

El crecimiento económico y demográfico conllevará la necesidad de construir una adecuada infraestructura para abastecer a la población de agua potable, drenaje, servicios públicos y seguridad. Ello demandará recursos del Estado y una creciente participación de la iniciativa privada en la economía.

El déficit de vivienda podría agudizarse por el cambio que se vislumbra en la pirámide social: mayor proporción de adultos jóvenes. Entre los retos más importantes está el de propiciar una mejor distribución de la riqueza.

Esto no sólo permitirá disminuir las presiones sociales de los grupos más desprotegidos, sino reducir las condiciones de marginación que aún se viven en algunos estados del país.

El nivel educativo de los mexicanos continuará creciendo en los próximos años. Se espera que para el 2025 la escolaridad media sea de alrededor de 12 años [Concheiro, 1999]. No obstante, el reto será mejorar la calidad de la educación en todos los campos de la ciencia y las humanidades.

El nivel cultural de la población mexicana se elevará paulatinamente, por lo que se ampliará la demanda de centros de educación superior, de cultura y de recreación.

2.2.4. Medio ambiente

En años recientes se ha impulsado en México la aplicación de normas ambientales mundialmente aceptadas. Sin embargo, será necesario profundizar los esfuerzos para

alcanzar patrones ecológicos internacionales, primordialmente los vigentes en Canadá y Estados Unidos.

En la medida que el nivel educativo de la población tienda a elevarse, se adquirirá mayor conciencia en los temas ambientales. La creación de grupos, organizaciones no gubernamentales o asociaciones serán las formas más comúnmente empleadas por la sociedad para influir en las políticas de preservación y conservación de los recursos naturales. La presión que ejercerán tales grupos estará reforzada por los movimientos internacionales, mismos que tenderán a difundirse de una manera dinámica como efecto del desarrollo de los medios de comunicación.

Son previsibles las siguientes tendencias de el año 2025 para mejorar y preservar el ambiente:

- Abatimiento de la contaminación en las grandes ciudades e industrias y preservación de zonas con potencial ecológico.
- Con el desarrollo previsible de materiales tecnológicamente avanzados se buscará reemplazar los productos de madera, de origen animal, hidrocarburos, entre otros, con productos fabricados.
- Ante las necesidades crecientes por satisfacer la demanda de agua de la población se aplicarán medidas de ahorro y conservación de las redes de distribución y la búsqueda de mecanismos para tratarla.
- En materia energética, las políticas para preservar el medio ambiente se enfocarán a emplear insumos menos contaminantes o con bajas emisiones y fuentes alternas de energía.
- Las políticas públicas tenderán a estimular a las industrias menos contaminantes.
- Es previsible que se impulse el uso de fuentes alternas de energía no tradicionales como el uso de las energías solar y eólica.

2.3. Prospectiva del sector energía en México

El sector energético mexicano tiene el reto de contribuir en el proceso de desarrollo de la economía de una manera sustentable, atendiendo a la conservación y la preservación del ambiente, pero sin perder de vista el valor estratégico de los energéticos en la economía nacional.

2.3.1. Industria petrolera

Debido a que los hidrocarburos se mantendrán como la principal fuente de suministro de energía, en el futuro esta industria continuará manteniendo un papel importante en el proceso de desarrollo nacional y permitirá que el país conserve su presencia en los mercados internacionales. Sin embargo, deberá adaptarse de manera eficiente a los cambios y tendencias tecnológicas para conservar su competitividad.

Por ello la industria petrolera nacional tenderá a operar con inventarios mínimos y a utilizar procesos, cuyos fundamentos serán bien comprendidos. Atenderá el ambiente, con el objeto de ser energéticamente eficiente, segura y más simple de operar.

En el largo plazo deberá ser sustentable, viable y rentable, con una completa sinergia con los consumidores. Lo anterior inducirá cambios en patrones de oferta, pero principalmente de la demanda, lo que se reflejará en una mejor eficiencia en el uso y conversión de la energía.

Además, tendrá que enfocarse paulatinamente hacia la exploración y explotación de gas para abastecer la demanda nacional y el desarrollo de la petroquímica.

2.3.2. Industria eléctrica

La relación que el crecimiento de la producción nacional tiene con la generación de electricidad permite prever la necesidad de acelerar los proyectos de inversión en el área y la búsqueda de esquemas novedosos para financiar su desarrollo.

El sector eléctrico nacional deberá avanzar notablemente en la conservación de las redes de distribución con el fin de lograr un abasto suficiente y adecuado a la población. Además tendrá que incorporar avances tecnológicos que le permitan disminuir pérdidas en la conducción de electricidad y adaptar procesos eficientes y limpios.

2.3.3. Otras fuentes de energía

En virtud del enorme arraigo que han tenido en la economía de nuestro país las industrias petrolera y eléctrica es poco probable que en los próximos diez años se incorporen las fuentes alternas de energía con mayor intensidad que en el pasado.

No obstante, la velocidad con que otras naciones desarrolladas logren introducir dichas fuentes alternas de energía, podrá ser un factor crítico para que en México se adapten y desarrollen esos nuevos esquemas de generación.

3. Descripción del escenario

3.1. Aspectos generales del escenario

Las características generales del escenario base reflejan una visión deseada de los aspectos económicos y sociales de México al 2025:

- Ambiente político: estable, plena democracia, equilibrios políticos garantizados.
- Demografía: crecimiento promedio anual de la población igual o menor al 1%, compatible con las proyecciones de Conapo.
- Crecimiento económico: el PIB crece a 6% promedio anual para el periodo 2000-2025.
- Demanda energética: crecimiento promedio igual o menor al 6%.
- Oferta de energía: 70% hidrocarburos, 20% alternas tradicionales, 10% nuevas fuentes alternas.
- Tecnología: aportación apreciable del IMP al desarrollo tecnológico, con presencia en los mercados internacionales de tecnología.
- Sustentabilidad: pasivo ecológico muy bajo, combustibles limpios y disponibilidad de reservas de hidrocarburos para un periodo adicional de 25 a 50 años. Asimismo, para el 2025 se han atendido los problemas previsibles de disponibilidad de recursos básicos, como los relacionados con el agua y el ambiente.
- Legislación y política del mercado energético: mayor apertura con soberanía.
- Legislación ambiental: proactiva, escrita, cumplida, uso extendido de instrumentos económicos.
- Precios nacionales de energéticos: accesibles, determinados en mercados abiertos y competitivos.
- Pemex: modernización de su régimen fiscal, se reduce la carga fiscal a petrolíferos.

3.2. Aspectos económicos del escenario

En el escenario o visión prospectiva de futuro se plantea un crecimiento económico de 6%, lo cual, sobre la base de un crecimiento demográfico de 1% promedio anual, significaría más que triplicar el nivel de ingreso por habitante para el año 2025 (figura 2).

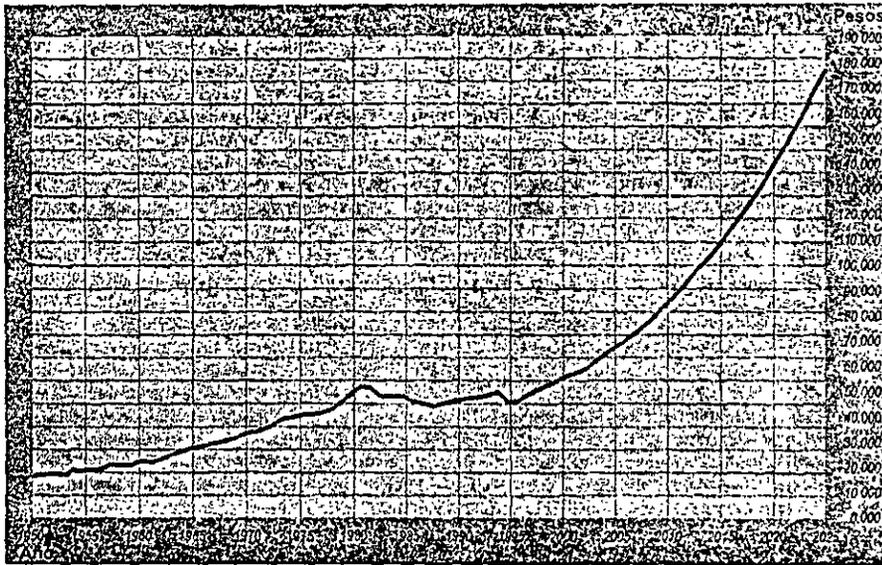


Figura 2. PIB por habitante al 2025

Si bien una tasa de 6% es superior a la tendencia histórica, se considera posible y necesario sostenerla en virtud de dos razones fundamentales. En primer lugar, implicará recuperar una dinámica de crecimiento modesta después de casi veinte años de franco estancamiento. Esto es, tomando como base el nivel de 1981, el producto interno bruto crecerá a una tasa de 4.2% anual, igual a la tasa de largo plazo. En segundo lugar, el nivel de ingreso por habitante que se alcanzará para México en el 2025 será similar al de Estados Unidos en 1964, e inferior en cuatro veces al que este país tendrá en el año 2025.

Sin embargo, sostener un crecimiento de esta magnitud implica también retos importantes. Entre los economistas existe consenso en cuanto a que el crecimiento de largo plazo está en lo fundamental relacionado con el desarrollo tecnológico. Esto es, el crecimiento económico y la competitividad de las empresas en una economía global depende, fundamentalmente, de la eficacia con que se incrementa, administra y utiliza el conocimiento científico y tecnológico. Una condición necesaria para ello es el desarrollo de capacidades propias de innovación que apunten a lograr el liderazgo

en sectores seleccionados, y permitan aprovechar de manera inteligente y rentable las oportunidades que el cambio tecnológico ofrece en otros ámbitos. Por este motivo, en el escenario se complementa un crecimiento económico acelerado, con una propuesta de desarrollo de capacidades de innovación propias, con presencia en los mercados internacionales de tecnología.

Se estima que el sector industrial incrementará su importancia en el producto nacional en los próximos 25 años por efecto del crecimiento de las manufacturas (maquiladoras), la construcción y los energéticos. El sector servicios continuará apoyando el crecimiento por el desempeño previsto en telecomunicaciones, finanzas, turismo y comercio.

En términos de precios, se espera en general que la inflación en México se acerque gradualmente a la tasa de nuestros principales socios comerciales, lo que parece ser una meta deseable de política económica para evitar desajustes drásticos en la economía.

Elo llevaría también a una disminución gradual de las tasas nacionales de interés a niveles de 8% en el 2004, tomando como referencia los Cetes a 28 días. Respecto del tipo de cambio, el escenario considera ajustes graduales por encima de la tasa de inflación en los primeros años, para alcanzar el nivel real promedio de largo plazo de 11 pesos por dólar (pesos del año 2000).

3.3. Escenario energético nacional al 2025

Para el desarrollo del escenario energético nacional al 2025 se tomaron como base los supuestos del escenario denominado optimista (tabla 1), y se calculó el perfil del consumo nacional de energía al 2025 mediante el uso del modelo de simulación denominado MODGPE desarrollado por el IMP.

Los pronósticos de demanda de energía fueron desarrollados por la Gerencia de Planeación Estratégica del IMP, considerando los lineamientos generales expresados en la *Prospectiva del sector eléctrico, 1999-2008* y la *Prospectiva del mercado de gas natural, 1999-2008*, ambas publicadas por la Secretaría de Energía en 1999.

Tabla 1. Supuestos de demanda de energía al 2025

Sector	Supuestos al año 2025
Residencial	La población llegará a 126.8 millones de habitantes. Crecimiento del PIB/habitante: se esperaría que se pudiera más que triplicar el nivel actual. El consumo actual de energía por habitante podría duplicarse al 2025.
Industrial	Crecimiento del PIB del sector a una tasa media anual de 6.7% hasta el 2025. Se supone una mejoría en la eficiencia en el consumo energético en 10% del año 2000 al 2025.
Transporte	Disponibilidad de vehículos de 3.1 por cada 10 habitantes. Mejoría paulatina en la eficiencia promedio del parque vehicular hasta alcanzar en el 2025 un 75% más del nivel actual. Promedio de reemplazo del parque vehicular en 25 años.
Agrícola	Crecimiento del sector a una tasa media anual de 4.7%. Mejoría paulatina de los niveles de eficiencia en el consumo de energía en un 30% sobre niveles actuales.

tendenciales para la producción de la energía primaria.

Los resultados obtenidos se relacionan con los ejercicios desarrollados en el Modelo de Energía IMP para obtener congruencia y consistencia.

En una primera versión, el Modelo de Energía IMP permite la simulación del consumo final por medio de intensidades energéticas y genera reportes de oferta de energía. El modelo se desarrolló utilizando el *software* Analytica, y una interfase con Excel. Debe advertirse que el Modelo de Energía IMP permitió incorporar opiniones de expertos del IMP, debido a su versatilidad de simulación.

3.3.1. Consumo final de energía

En los próximos 25 años, México tendrá un reto importante en el sector energético (figura 3).

Así, bajo un escenario de crecimiento económico de alrededor del 6% en promedio anual para los próximos 25 años, se espera que el consumo final total

Una vez definido el consumo de energía en la economía se procedió al cálculo de la oferta energética. Para ello se empleó el modelo Markal, que permite la representación de sistemas energéticos integrales desde las energías primarias hasta los usos finales, empleando optimización dinámica mediante el uso de la programación lineal. Cada tecnología se representa por un conjunto de características de costo (inversión, operación, mantenimiento) y de desempeño (eficiencia, factor de planta y vida útil).

Para los ejercicios de oferta energética al 2025, también se supusieron las grandes líneas de tendencia planteadas en la *Prospectiva del sector eléctrico, 1999-2008* y la *Prospectiva del mercado de gas natural, 1999-2008*. Para los años subsecuentes hasta el 2025, se supusieron comportamientos

de energía presente incrementos anuales de alrededor de 4% (los datos estadísticos de este estudio se presentan en el anexo 1).

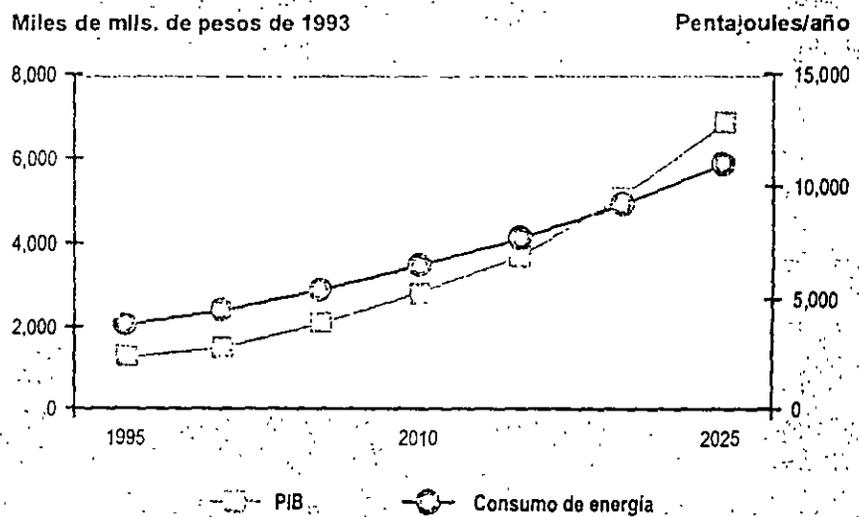


Figura 3. México, PIB vs. consumo final de energía al 2025

Lo anterior supone un incremento de 30% en la eficiencia en el consumo de energía de los sectores industrial y agrícola al 2025; un crecimiento promedio anual de 2.7% en el consumo de energía por habitante en el sector residencial, compatible con el ingreso por habitante proyectado, y en el caso de combustibles para el transporte, una tasa de incremento cercano al 3% para el total de vehículos por habitante, y una mejora de la eficiencia en el consumo de combustibles por vehículo, así como una penetración de 10% en el uso de combustibles alternos al año 2025.

El sector industrial se constituirá como el principal demandante de energía final, al incrementar su participación de 34% en el año 2000 a 45% en el 2025 (tabla 2).

Se espera que el consumo final total del sector industrial registre un crecimiento anual de 5.2% en el lapso citado. El energético que más se demandará en el sector industrial será la electricidad, seguida por el gas natural.

Los combustibles líquidos, constituidos por combustóleo, gas licuado y destilados intermedios tenderán a reducir su participación en el consumo final de energía del sector industrial (tabla 3).

Aunque es previsible un notable incremento en el parque vehicular derivado de un mejor nivel de ingreso per cápita de la población, se considera que el sector transporte presentará una pérdida relativa en el consumo total de energía nacional por efecto de un mayor rendimiento en la industria automotriz. El crecimiento anual de la demanda de energía del sector transporte al 2025 será de 3.2%. La gasolina y diesel se conservarán como los principales insumos energéticos consumidos por el sector transporte (tabla 4).

Por su parte, el consumo de energía final en el sector residencial se incrementará a una tasa anual de 3.7%. El gas licuado se preservará como uno de los principales combustibles, seguido de la electricidad y de otras fuentes (tabla 5).

Tabla 2. Estructura del consumo de energía en México (porcentajes)

Sector	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrial	33	34	34	34	36	40	45
Agrícola	3	3	3	3	2	2	2
Residencial	25	19	20	21	20	20	18
Transporte	39	44	44	43	41	38	35

Tabla 3. Consumo de energía del sector industrial (petajoules)

Concepto	1995	2000	2010	2025	2000-2025 Tmca*
Total	1,077	1,259	1,894	4,580	5.2%
Gas natural	599	574	996	2,224	5.4%
Combustibles líquidos	254	354	270	573	1.9%
Electricidad	224	331	628	1,783	6.7%

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual

Tabla 4. Consumo de energía del sector transporte (petajoules)

Concepto	1995	2000	2010	2025	2000-2025 Tmca*
Total	1,399	1,601	2,244	3,592	3.2%
Combustibles líquidos	1,396	1,595	2,198	3,524	3.2%
Electricidad	4	4	6	8	2.8%
Gas natural	0	1	40	60	16.4%

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual

Tabla 5. Consumo de energía del sector residencial (petajoules)

Concepto	1995	2000	2010	2025	2000-2025 Tmca*
Total	832	705	1,155	1,786	3.7%
Combustibles líquidos	652	477	611	851	2.3%
Electricidad	156	191	349	619	4.7%
Gas natural	24	37	195	316	8.6%

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual

3.3.2. Demanda de electricidad

La demanda de electricidad crecerá a una tasa media anual de 6.1% en los próximos 25 años. El sector industrial será el que mayor energía eléctrica demande como efecto de su crecimiento esperado, y sobre todo el de aquellas actividades económicas intensivas en el uso del citado energético, tales como industrias metálicas básicas, maquinaria y equipo, y otras industrias manufactureras.

El sector residencial incrementará su demanda de electricidad a una tasa media anual de 4.7%, por lo que su participación en la demanda de electricidad total nacional disminuirá de 35% a 25% del 2000 al 2025 (tabla 6).

Tabla 6. Demanda de electricidad por sector de actividad (petajoules)

Concepto	1995	2000	2010	2020	2025	2000-2025 Tmca
Agrícola	24	28	37	65	95	4.9%
Industrial	224	331	628	1,284	1,783	6.7%
Residencial	156	191	349	557	619	4.7%
Transporte	4	4	6	7	8	6.0%
Total	408	554	1,020	1,913	2,505	6.1%

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual

3.3.3. Consumo del sector eléctrico

Se prevé que el consumo de energéticos en la industria eléctrica se basará cada vez más en el empleo de hidrocarburos, debido al creciente uso del gas natural y al bajo potencial previsto en el uso de otras fuentes, tales como las energías nuclear, solar, eólica, entre otras (figura 4).

En la actualidad, alrededor de 58% del total de consumo de energéticos en la industria eléctrica es suministrado por fuentes relativas al sector hidrocarburos. Sin embargo, se estima que para el 2025 los hidrocarburos representen el 69% del total del consumo de energéticos de la industria.

Con base en las perspectivas de demanda de gas planteada en *Prospectiva del*

mercado de gas natural, publicada por la Secretaría de Energía en 1999, este hidrocarburo será empleado de manera intensiva en la generación de electricidad. De hecho, en el citado documento se establece como política energética nacional el reemplazo de combustóleo por gas natural en los próximos cinco años.

Con base en lo anterior, se prevé que el gas natural llegue a representar alrededor del 90% de los hidrocarburos consumidos por la industria eléctrica nacional en el 2025, cifra que contrasta con el nivel actual de alrededor del 16%.

3.3.4. Demanda de combustibles derivados de los hidrocarburos

La demanda de combustibles derivados (destilados intermedios, gasolina, gas LP, combustóleo) crecerá a una tasa anual de alrededor de 2% en los próximos 25 años. La demanda de destilados intermedios (diesel y kerosina) y gasolina para transporte, mostrará un comportamiento más dinámico en ese lapso, al registrar crecimientos medios anuales de 3.4% y 2.7%, respectivamente (figura 5).

En tanto, la demanda de gas licuado registrará un crecimiento modesto de 2.2%, por el proceso de reemplazo de éste por el gas natural en los próximos años. Por su parte, la demanda de combustóleo se reducirá debido al proceso de reemplazo por gas natural.

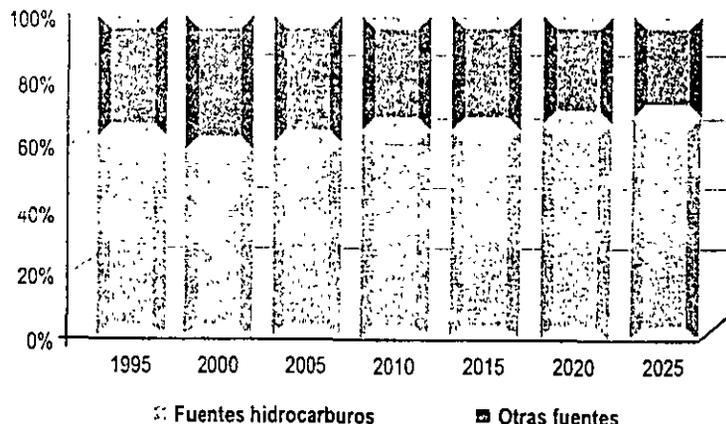


Figura 4. Consumo del sector eléctrico, perspectiva al 2025

Miles de barriles por día

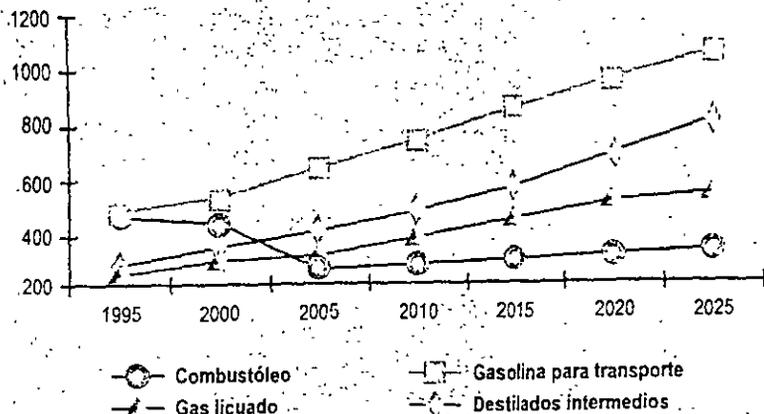


Figura 5. Demanda de combustible al 2025

3.3.5. Producción de hidrocarburos

Petróleo. La capacidad de refinación y de exportación de petróleo crudo en los próximos diez años se obtuvo de las proyecciones planteadas por Petróleos Mexicanos. Para los quince años restantes, se consideró un comportamiento estable de las ventas de crudo al exterior. La capacidad de refinación sigue la tendencia general del consumo de gasolina para el transporte.

De esta manera, se pronostica que la producción total de petróleo crudo pase de niveles de 3.0 a 4.1 millones de barriles por día, del año 2000 al 2025, es decir una tasa promedio anual de sólo 1.2% y suponiendo un nivel de exportaciones netas de petróleo y derivados constante en el periodo (figura 6).

El desempeño esperado en la capacidad de refinación fomentará un crecimiento modesto en la producción de destilados intermedios, que crecerá a una tasa media anual de 2.1% en el lapso señalado. Además, supone la menor producción de combustóleo, resultado de la culminación del proceso de reconfiguración en marcha. De esta manera, la producción de combustóleo pasará de alrededor de 474 MBD en el 2000 a 195 MBD en el 2005.

En los 20 años restantes, se estima un crecimiento medio anual de la producción de 1.4%, hasta llegar a un nivel de producción de 259 MBD, es decir, un 54.6% del nivel de producción actual.

Gas natural. Por las características ambientales, se espera que el gas natural sea empleado de manera intensiva en la economía. Su demanda crecerá a una tasa anual de alrededor del 6% en los próximos 25 años, por lo que la existente tenderá a duplicarse en los próximos diez años, y multiplicarse por 4.7 al 2025 (figura 7).

De preservarse la tendencia en el consumo de gas natural en los sectores eléctrico e industrial, éstos demandarán el 84% del total de gas consumido en nuestro país al 2025.

Por lo anterior, para satisfacer el nivel de demanda de gas, se requerirá hacer importantes esfuerzos en exploración, fundamentalmente en la extracción de gas no asociado, o compensar el déficit mediante su adquisición del exterior.

Miles de barriles por día

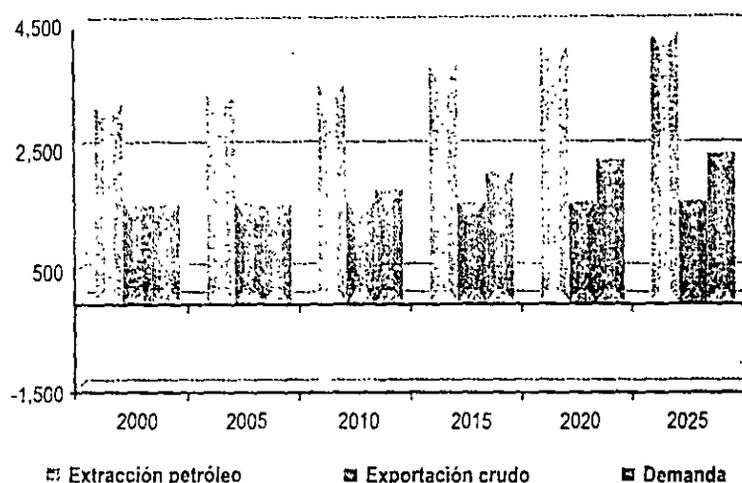


Figura 6. Petróleo crudo, prospectiva al 2025

4. Conclusiones

La perspectiva de México en los próximos años es favorable, pues su consolidación en los mercados internacionales y su potencial en el mercado interno hacen vislumbrar un panorama positivo.

En un escenario de crecimiento económico sostenido de 6% en los próximos 25 años, se espera una creciente incorporación de eficiencia en el consumo de energía en el país.

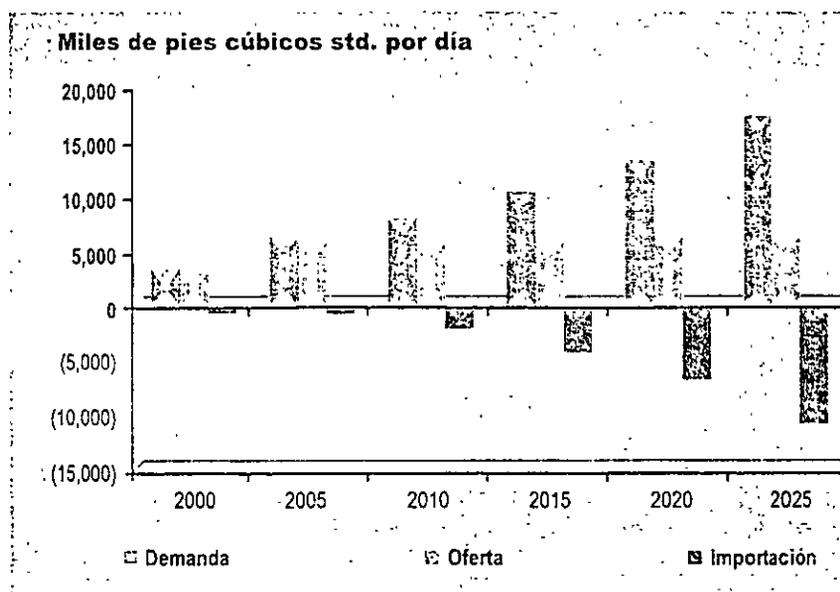


Figura 7. Mercado del Gas Seco en México, perspectiva al 2025

Pese a la mejoría en su eficiencia, el sector industrial podría convertirse en el principal demandante de energía, particularmente de electricidad y gas. En el resto de los sectores (residencial, transporte y agrícola), debido a las mejorías en su eficiencia y los posibles cambios estructurales se fomentará menor demanda de energía.

La demanda de electricidad podría crecer a una tasa cercana a la del crecimiento de la economía en los próximos 25 años. Este desempeño tendrá que ser impulsado por un importante consumo de gas para la generación de electricidad, en el caso de un crecimiento limitado en el potencial de las fuentes alternas.

Asimismo, un limitado crecimiento de las fuentes alternas de energía implicará que la oferta de energía en México continúe dependiendo de los hidrocarburos.

5. Referencias

Berger, Claude y *et al.*, *Technological Evaluation of Renewable Energy via Markal*, Department of Applied Science Brookhaven National Laboratory, Estados Unidos, abril 1994.

Concheiro, Antonio, "México, ¿y nuestros futuros?", *El Mercado de Valores*, año LIX, página 42, dic., 1999.

Goldstein, Gary, *et al.*, *User's Guide for Markal: A Multi-period, Linear-Programming Model for Energy Systems*

Analysis, IEA Energy Technology Systems Analysis Project, Estados Unidos, julio 1983.

Secretaría de Energía, *Prospectiva del mercado de gas natural, 1999-2008*, México, 1999.

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico, 1999-2008*, México, 1999.

ANEXO 1

Comentarios sobre los escenarios

En el ejercicio de prospectiva de largo plazo emprendido por el IMP se realizaron talleres para discutir y definir los esquemas, visión y características que conformarían tres perfiles de escenarios posibles al año 2025. Estos ejercicios incluyeron la

conformación de esquemas y supuestos congruentes y compatibles con prospectivas razonables y posibles. Los tipos de escenarios elegidos fueron los siguientes, y su resumen se presenta en la tabla A.1.1.

Restringido. Se estima un crecimiento de 4% anual del PIB, situación que duplicaría el ingreso per cápita de la población mexicana al 2025. El consumo de energía aumentaría a una tasa inferior al 3% anual. En este escenario se consideran los efectos de una agudización de las restricciones internacionales para reducir el impacto de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Tendencial. Para el desarrollo de este escenario se elaboraron análisis del comportamiento de la economía, y en particular del crecimiento del PIB. Con base en lo anterior, se eligió un escenario de comportamiento para los próximos 25 años en el que se planteó un crecimiento anual del PIB de 5%, el cual es muy similar al registrado de 1960 a 1999, periodo en el que adquiere mayor relevancia el proceso de industrialización en el país. En este escenario, el PIB per cápita al 2025 alcanzaría un nivel superior en dos veces y media el registrado en el año 2000. El consumo de energía aumentaría a una tasa de 3.5% anual.

Optimista. Considera un escenario de crecimiento importante de los principales impulsores. El argumento más importante por el que se eligió este escenario fue la posibilidad de que México logre consolidar su proceso de integración a la economía mundial, y consiga

Tabla A.1.1. Comparativo de escenarios al 2025

	RESTRICTIVO			TENDENCIAL		OPTIMISTA	
	2000	2025	Tmca	2025	Tmca	2025	Tmca
SUPUESTOS BÁSICOS							
PIB			4.0%		5.0%		6.0%
PIB Sector industrial			4.5%		5.6%		6.7%
PIB Sector agropecuario			3.0%		3.8%		4.7%
Población (mls. de habitantes)		126.8		126.8		126.8	
Ingreso per cápita (mil pesos de 1993)		33.8		42.1		52.4	
Eficiencia industrial		Será un 70% del nivel actual		Será un 75% del nivel actual		Será un 75% del nivel actual	
Promedio reemplazo del parque		25 años		25 años		25 años	
Autos por persona		2 autos por c/10 hab.		2.6 autos por c/10 hab.		3.1 autos por c/10 hab.	
CONSUMO FINAL DE ENERGÍA (petajoules)							
Industrial	1,259	3,197	3.7%	3,830	4.4%	4,580	5.2%
Agricultura	11.1	163	1.5%	195	2.3%	234	3.0%
Residencial	705	1,604	3.3%	1,756	3.6%	1,766	3.7%
Transporte	1,600	2,640	2.0%	3,119	2.7%	3,592	3.2%
Total	3,675	7,603	2.9%	8,899	3.5%	10,191	4.1%
Energía eléctrica							
Consumo final	553	1,881	4.9%	2,195	5.5%	2,505	6.1%
CONSUMO TOTAL POR TIPO DE COMBUSTIBLE (petajoules)							
Gasolina	1,024	1,432	1.3%	1,726	2.1%	2,017	2.7%
Diesel	605	973	1.9%	1,168	2.6%	1,372	3.3%
Gas	908	4,277	6.2%	5,020	6.8%	5,807	7.4%
Combustóleo	1,186	652	-	760	-	870	-1.2%
Gas LP	502	764	1.7%	845	2.1%	876	2.2%
Querosinas	1.17	240	2.9%	286	3.6%	308	3.9%
C. alternos	5	233	15.5%	281	16.3%	329	16.9%
Total	4,346	8,570	2.7%	10,087	3.4%	11,577	3.9%
MERCADO DE PETRÓLEO CRUDO							
Demanda total (mbd)	1,478	1,605	0.3%	1,919	1.0%	2,237	1.7%
Exportaciones (mbd)	1,520	1,520	0.0%	1,520	0.0%	1,520	0.0%
Extracción (mbd)	3,071	3,382	0.4%	3,762	0.8%	4,144	1.2%
MERCADO DE GAS (MPCD)							
Demanda total gas seco	3,800	13,449	5.1%	15,341	5.6%	17,342	6.1%
Importaciones gas seco	225	7,813	14.2%	9,417	14.9%	11,128	15.6%
Extracción de gas asociado	3,452	3,890	0.5%	4,326	0.9%	4,766	1.3%
Extracción de gas no asociado	1,310	3,100	3.4%	3,100	3.4%	3,100	3.4%
Total extracción	4,762	6,990	1.5%	7,426	1.8%	7,866	2.0%

MPCD. Miles de pies cúbicos por día.

MBD. Miles de barriles por día.

Tmca. Tasa media de crecimiento anual.

Nota: No incluye consumo de coque, bagazo y leña. Incluye consumo de gas para petroquímica como combustible.

promover los mecanismos para realizar el aprovechamiento adecuado de los recursos humanos, materiales y naturales de los que dispone. Otro elemento que fue base para elegir esta alternativa fue la viabilidad tecnológica que los expertos coincidieron se podría alcanzar con tal desempeño económico.

En los tres escenarios se suponen condiciones de estabilidad en las economías mundial y nacional, así como una tendencia hacia la agudización de la internacionalización de las actividades productivas, y la continuación de los movimientos de capital.

Asimismo, se supone la consistente participación de nuestro país en el proceso de globalización mundial, lo cual reeditará en condiciones de mayor competencia y esquemas normativos más apegados a los internacionales. También se supone una creciente participación de la iniciativa privada en las actividades económicas, y una redefinición del Estado hacia actividades vinculadas con la justicia y la distribución de la riqueza.

En relación con los resultados comparativos de los distintos escenarios, se pueden destacar los siguientes argumentos:

- El consumo total de energía del escenario restrictivo y tendencial representa un 75% y 87% del total consumido en el escenario optimista. El principal factor que genera el menor consumo de energía, se atribuye fundamentalmente al desempeño que tendrían los sectores industrial y del transporte, toda vez que el sector residencial presentaría un margen menor de cambio en su consumo, producido por la diferencia en el ingreso per cápita de la población, pues el universo de población total se supuso de 127 millones de habitantes al 2025 en los tres escenarios planteados.
- El consumo de electricidad se relaciona ampliamente con el desempeño de la economía, por lo que las tasas de crecimiento anual en los próximos 25 años en el consumo de este energético se estiman en 4.9% en el escenario restrictivo y de 5.5% en el escenario tendencial.
- Dado que la capacidad de refinación se determinó en función del nivel de demanda de gasolinas en la economía, bajo un supuesto de plataforma de exportación del crudo constante la extracción de petróleo se reduciría en relación con el escenario optimista en un 28.9%, y un 16.5% en los escenarios restrictivo y tendencial, respectivamente.
- Por lo anterior, el consumo de los derivados combustibles también registraría niveles inferiores en los escenarios restrictivo y tendencial, en relación con el escenario optimista, en un 41% y 16.8% en el caso de las gasolinas; 33.4% y 14.4% en el del combustóleo y 14.6% y 3.6% en el gas licuado de petróleo.
- El nivel de demanda de gas crecería de manera notable en todos los escenarios, debido al impulso que se prevé tenga el citado energético por sus características ambientales. Sin embargo, la extracción e importación se reducen notoriamente en la medida en que el crecimiento de la economía se reduce, básicamente, por la menor demanda de los sectores eléctrico e industrial.

En suma, la diferencia en los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios examinados está marcadamente correlacionada con el nivel de crecimiento de la economía. Sin embargo, presenta notorios efectos en las condiciones socioeconómicas que se lograrían en cada caso, así como en los requerimientos correlativos de demanda de energía de cada escenario.

ANEXO 2

Cuadros estadísticos de la prospectiva energética

Tabla A.2.1. PIB vs. consumo final de energía

	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca**
PIB (MMP de 1993)	1,231	1,583	2,038	2,771	3,719	5,067	6,855	6.0%
Consumo de energía*	3,302	3,675	4,527	5,630	6,983	8,477	10,191	4.1%

* No incluye consumo de coque, bagazo y leña. Contempla consumo de gas para petroquímica como combustible.

MMP. Miles de millones de pesos.

**Tmca. Tasa media de crecimiento anual

Tabla A.2.2. Consumo final de energía (petajoules por año)

Sector	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca**
Total*	3,302	3,675	4,527	5,630	6,983	8,478	10,191	4.1%
Agrícola	94	111	128	149	172	200	234	3.0%
Industrial	1,077	1,259	1,522	1,894	2,518	3,349	4,580	5.2%
Residencial	832	705	900	1,155	1,431	1,676	1,786	3.7%
Transporte	1,299	1,600	1,977	2,432	2,862	3,253	3,592	3.2%

* No incluye consumo de coque, bagazo y leña. Contempla consumo de gas para petroquímica como combustible.

**Tmca. Tasa media de crecimiento anual.

Tabla A.2.3. Consumo de energía sector industrial (petajoules por año)

Concepto	1995	2000	2010	2025
Total	1,077	1,259	1,894	4,580
Gas natural	599	574	996	2,224
Combustibles líquidos	254	354	270	573
Electricidad	224	331	628	1,783

Tabla A.2.4. Consumo de energía sector residencial (petajoules por año)

Concepto	1995	2000	2010	2025
Total	832	705	1,155	1,786
Combustibles líquidos	652	477	611	851
Electricidad	156	191	349	619
Gas natural	24	37	195	316

Tabla A.2.5. Consumo de energía sector transporte (petajoules por año)

Concepto	1995	2000	2010	2025
Transporte	1,299	1,600	2,432	3,592
Combustibles líquidos	1,296	1,595	2,386	3,524
Electricidad	4	4	6	8
Gas natural	0	1	40	60

Tabla A.2.6. Consumo del sector eléctrico

Concepto	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Fuentes hidrocarburos	63%	58%	61%	65%	65%	67%	69%
Otras fuentes	37%	42%	39%	35%	35%	33%	31%

Tabla A.2.7. Mercado del petróleo crudo en México (miles de barriles por día)

Concepto	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca*
Extracción	3,071	3,200	3,417	3,708	3,972	4,144	1.7%
Exportación neta de crudo y derivados	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	0.0%
Demanda	1,551	1,680	1,896	2,188	2,452	2,624	2.1%

Nota: La demanda de petróleo se calcula en el crudo necesario para producir las demandas estimadas de petrolíferos, por tanto este concepto incluiría la maquinaria y el comercio neto de petrolíferos.

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual.

Tabla A.2.8. Combustóleo: demanda, producción y comercio exterior (miles de barriles por día)

Concepto	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca*
Demanda	453	432	265	271	287	304	320	-1.2%
Producción	439	474	195	211	227	243	259	-2.4%
Exportación (importación)	-14	42	-70	-60	-60	-61	-61	

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual.

Tabla A.2.9. Gas licuado: producción, demanda e importación (miles de barriles por día)

Concepto	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca*
Demanda	255	304	313	380	455	516	536	2.3%
Producción	262	312	388	414	443	471	499	1.9%
Exportación (importación)	7	8	75	34	-12	-45	-36	

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual.

Tabla A.2.10. Destilados intermedios: producción, demanda e importación (miles de barriles por día)

Concepto	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca*
Demanda	281	348	403	470	567	680	806	3.4%
Producción	353	387	497	537	568	606	650	2.1%
Exportación (importación)	72	39	94	67	1	-74	-156	

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual

Tabla A.2.11. Gasolina de transporte: demanda, producción e importación (miles de barriles por día)

Concepto	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca*
Demanda	481	529	636	741	845	947	1051	2.8%
Producción	445	481	703	761	820	879	938	2.7%
Exportación (importación)	-36	-48	67	20	-25	-68	-113	

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual.

Tabla A.2.12. Mercados de gas (millones de pies cúbicos std. por día)

Concepto	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025 Tmca*
Demanda total de gas seco	3,800	6,530	7,985	10,357	13,354	17,342	6.1%
Importaciones de gas seco	225	606	2,066	4,276	7,171	11,128	15.6%
Extracción de gas asociado	3,452	3,680	3,929	4,264	4,568	4,766	1.3%
Extracción de gas no asociado	1,310	3,530	3,360	3,300	3,200	3,100	3.4%
Total extracción	4,762	7,210	7,289	7,564	7,768	7,866	2.0%

*Tmca. Tasa media de crecimiento anual.

9. RESUMEN Y CONCLUSIONES

1.- LOS PROBLEMAS BÁSICOS

Todos los países desarrollados del mundo y los de en vías de desarrollo, enfrentan en general los mismos problemas básicos principales, que pueden ser agrupados en la siguiente forma:

- Agotamiento de los recursos energéticos y naturales
- Crecimiento de la población
- Contaminación

A pesar de que los tres problemas anteriores mencionados, están muy interrelacionados, es posible el análisis por separado de cada uno de ellos.- La interrelación entre estos tres problemas, ha sido estudiada por medio de modelos matemáticos altamente complejos, para pronosticar las tendencias futuras y a pesar de que, es difícil cuestionar los resultados y la metodología, de hecho la interrelación es tan compleja y las incertidumbres tan grandes, que es prácticamente imposible hacer predicciones precisas de los futuros niveles de contaminación, población y disponibilidad de los recursos energéticos.- Estos estudios, no se hacen por el solo hecho de predecir el futuro, sino que se elaboran para tratar de determinar lo que pasar, si se satisface un conjunto de condiciones o suposiciones.

Cualquier intento de visualizar futuro, esta lleno de riesgos, pero si se quiere controlar nuestro futuro, se debe tratar de discernir este, con algo de seguridad y sensibilidad de las consecuencias imprevisibles.- En la Fig., se muestra el espectro de interrelaciones de los problemas fundamentales, con algunos factores de nuestra compleja sociedad tecnológica.

Los pronósticos del futuro, van desde los que predicen catástrofes inminentes, hasta los que aseguran que los problemas de la tecnología, serán resueltos por la tecnología.

De cualquier forma, se estima que el problema energético no es tan dramático, por las razones siguientes.

Las reservas conocidas, no son una indicación absoluta de cuanto material existe para ser explotado, porque únicamente se refieren al material que es

conocido y que puede obtenerse con la tecnología actual; puede esperarse que los descubrimientos de nuevas reservas, como esta ocurriendo continuamente, aumenten las reservas sustancialmente.- Las reservas conocidas, son necesariamente muy conservadoras, mientras no haya incentivos especiales para investigar nuevos depósitos.- A medida que la tecnología, permita explotar económicamente fuentes de menor concentración, abra cantidades mas grandes de energía.

La riqueza o Producto Interno Bruto (PIB), puede aumentarse, sin el correspondiente aumento en el consumo de energía o de recursos naturales, es decir, que estos, no necesariamente ponen un limite a la riqueza de un pueblo.

El tipo de soluciones que pueden aplicarse al problema energético, pueden clasificarse en: re-estructuración social, selección de tecnologías apropiadas, posibilidades de fuentes energéticas, búsqueda de nuevas tecnologías, optimización de sistemas y organizaciones, etc.- Algunos de estos temas se discuten en las siguientes Secciones.

2.- REESTRUCTURACION SOCIAL.

Esta solución, esta basada en una reorganización radical de toda la estructura social, lo que significa tener que retirar a la gente de las grandes ciudades y de las grandes concentraciones industriales, para que vivan en el campo, en casas con energía solar y del viento, con parcelas de tierra para producción de alimentos, animales y plantas, organizados en forma mutuamente dependientes.

Esta estructura social, tiene numerosas y complejas implicaciones, que quedan fuera del contexto de este trabajo, pero que de cualquier forma se señala como posible solución; al respecto, existen modelos de esa sociedad en diferentes estudios, por ejemplo, en el libro "A blueprint for Survival" (1972).

3.- SELECCION DE TECNOLOGIAS APROPIADAS

Actualmente, existen diferentes tecnologías para resolver el problema energético y que pueden agruparse como:

- De capital intensivo o centralizadas (caras)
- Intermedias o descentralizadas
- Primitivas

La clasificación, puede ser hecha considerando la inversión necesaria para la creación de empleos, por ejemplo, las centrales nucleares son de capital intensivo, ya que requieren una inversión aproximada de \$ 6,000 dólares / Kw instalado y una inversión de \$ 6'000,000 de dólares /empleo (permanente); como ejemplo de tecnología intermedia, pueden citarse las centrales termoeléctricas {convencionales , ciclo combinado) (fósiles), pilas de combustible, etc.

La tecnología de capital intensivo, no es apropiada para los países en desarrollo como México, por lo siguiente:

- Utiliza maquinaria cara y poca mano de obra, es decir, hace muy poco para reducir el desempleo.
- Necesita localizarse cerca de grandes centros de población, para captar la mano de obra, es decir, no ayuda al subempleo rural.
- Depende del suministro de personal altamente hábil de todas clases, desde obreros hasta gerentes.
- Las importaciones, (equipo y tecnología), significan una importante sangría de sus reservas en divisas.
- Sus métodos de producción, hacen una división importante, entre trabajadores sindicalizados bien pagados y los campesinos pobres de las áreas rurales.
- En algunos casos, el producto solamente es vendible en el exterior.

La tecnología intermedia o descentralizada, que no tiene los anteriores inconvenientes, es la mas apropiada para los países en desarrollo; algunas de estas, se discuten en la Sección 4 siguiente.

4.- CRECIMIENTO, TECNOLOGIA y ENERGÉTICOS

La población y el consumo de energía en México, han estado aumentando continuamente en los últimos 70 años, así como el consumo per capita de electricidad; como todas las naciones del mundo, se ha hecho dependiente de la energía como un factor importante en el nivel de vida, crecimiento industrial y uso de comodidades.- El crecimiento económico, ha estado ligado al uso de recursos energéticos, con un sistema económico de energía intensivo.

Si se logran los consumos de energía proyectados en el futuro, dependerá de la disponibilidad de combustibles fósiles, construcción de hidroeléctricas y

desarrollo de sistemas comercialmente económicos de calentamiento y enfriamiento solar; adicionalmente, se debe contar con un ahorro significativo de energía, a través de la implementación de esquemas efectivos de conservación.

El aumento en la utilización de electricidad, como un transportador de energía, dependerá del incremento en la disponibilidad de centrales hidroeléctricas, fósiles, geotérmicas y en menor grado nucleares; la potencia eléctrica, esta aumentando su como medio de transportar energía en ferrocarriles y transporte urbano, convirtiéndose en parte importante del sistema de transportación.- La potencia eléctrica, es particularmente importante en una economía industrializada y es también importante, por la conveniencia de su uso en los hogares.

A pesar de que los reactores nucleares de fisión están disponibles comercialmente, el incremento de su uso no es conveniente en los países en desarrollo, debido a que es una tecnología muy cara, aun están sin resolver satisfactoriamente los problemas de desechos radiactivos, existe mucha oposición de la población, hay riesgos de proliferación de armas nucleares, además de la fuerte dependencia y sangría de divisas en el suministro de equipos y combustible.

La energía de fusión nuclear, podría ser la solución del problema energético, pero hasta después del año 2000, porque aun cuando ya se ha logrado la fusión a temperatura ambiente, no ha sido en la cantidad suficiente para considerarla comercial o industrial.

La energía de los océanos y del viento, puede también contribuir al suministro de recursos energéticos. En la primera mitad del Siglo XXI, especialmente el ultimo en forma descentralizada, es decir, con pequeñas máquinas de viento, para ayudar a las necesidades en las periferias de las ciudades y en pequeñas poblaciones.

Los métodos de energía solar, pueden contribuir significativamente a las necesidades de energía, en la *primera mitad del siglo XXI* los sistemas de calentamiento y enfriamiento solar, pueden suministrar hasta un 20% de las necesidades de energía del país, si se proporcionan suficientes incentivos para la expansión de esta industria. Adicionalmente, los métodos comerciales para convertir la energía solar a electricidad, también estarán disponibles en la misma fecha.

Los sistemas de energía total (co-generación), conjuntamente con otras medidas de conservación de energía, deben ser utilizados intensivamente en las próximas décadas; el costo.

El hidrógeno, como transportador de energía, debe ser utilizado en la medida en que, aumente la dependencia de la potencia eléctrica y se requieran plantas geográficamente mas remotas; esta posibilidad, es mayor en la medida en que se implementen grandes maquinas de viento y esquemas térmicos de océanos o campos solares.

La geotermia, tal como se aprovecha con la tecnología actual, requiere grandes inversiones y largos tiempos de desarrollo de los campos; su contribución a las necesidades de generación eléctrica, difícilmente podrá pasar del 5%.- El futuro de la energía geotérmica, esta en el aprovechamiento del calor de las rocas, pero esta tecnología, no estará disponible económica y comercialmente en los próximos 20 años.

La prospección del carbón, debe también ser incrementada, porque hasta ahora, la única zona que ha recibido cierto grado de atención, es el norte del estado de Coahuila, sin embargo, se sabe que existe carbón en los estados de Sonora, Puebla, Veracruz, Oaxaca, etc.- Aun cuando los desarrollos carboníferos son también costosos, su tecnología es mas accesible a los países en desarrollo y además ocupan mano de obra local.

La utilización de la energía de materiales de deshecho y el reciclado de materiales, pueden incrementar significativamente su contribución a las necesidades de energía de las zonas industrializadas.

La mayoría de los país, especialmente los industrializados, están incrementando el énfasis en la necesidad de reducir el impacto ambiental y social del consumo de energía; la conservación de la calidad del aire, agua y tierra, requieren de una política ambiental efectiva y un complejo sistema de control.- La necesidad de controles ambientales, frecuentemente entra en conflicto con la demanda de energía y resulta en una necesidad de continuo compromiso.

La política energética de México y otras naciones, pasa por varias etapas, de las metas de independencia energética, a políticas de conservación y a investigación cooperativa en la búsqueda de nuevas fuentes de energía.

Se debe buscar que el uso de la energía per capita se estabilice y alcance un equilibrio, sin afectar el nivel de vida y progreso de la población.- Un aspecto muy sensible al consumo de energía per capita, es el sector de transporte, que consume mas del 30% del total de energía consumida en el país en este sector, debe cambiarse el movimiento de pasajeros y bienes, a modos de transporte menos intensivos de energía, como por ejemplo, la transportación masiva y el empleo de automóviles mas eficientes.

Se debe cambiar el objetivo primario de crecimiento ilimitado, a un conjunto de mezclas de objetivos, que incluyan un medio ambiente limpio, riqueza razonable, empleos para quienes lo deseen y estabilidad social; las metas de países, deben incluir una estabilización de la población, economía sana, desarrollo de tecnología y evitar.

La evolución del desarrollo social y cultural de una nación, esta relacionada con el uso inteligente de la energía y la tecnología; la intención de incrementar sin limites el consumo de energía per capita, no es inteligente ni realista.- Arriba de un cierto valor de consumo de energía per capita, se alcanza un punto de saturación, mas allá del cual, la tasa de crecimiento económico se estabiliza y aun disminuye.

Con mucha frecuencia, los negocios se esfuerzan por reemplazar la mano de obra cara por energía barata, usando la automatización, lo que resulta en alta productividad por trabajador, pero también en cierto desempleo; una forma de promover el empleo, es aumentar mas rápido el precio de la energía que el de la mano de obra.- En las economías de países desarrollados, se considera que el crecimiento económico provee nuevos trabajos y capital.-

El balance entre una economía estable y una economía eficiente, puede también verse, como un balance entre diversidad y simplicidad; la diversidad, dentro de una sociedad, implica mucho de estabilidad.- Una economía diversa, también implica muchas firmas o agencias individuales y unidades pequeñas, dentro de una sociedad grande, en donde las economías de escala no pueden ser explotadas.-

Por otra parte, simplicidad implica un pequeño número de grandes unidades, que hacen posible la economía de escala; por ejemplo, una unidad de 1000 MW, es mas eficiente que 10 unidades de 100 MW.- Este sistema, tiende hacia la centralización, en contraste con la economía descentralizada de una

sociedad diversificada; esta sociedad, depende de colectores solares, molinos de viento, plantas geotérmicas y generadores eléctricos pequeños, mientras que la sociedad centralizada, depende de plantas eléctricas grandes.-

Nuestra cultura, ha dado mucho valor a la economía de escala y a la economía eficiente, y poco valor a la diversidad, descentralización y a evitar la inestabilidad.

La sociedad descentralizada, opera sobre la base de tecnología apropiada o intermedia; esta tecnología, es poco contaminante, barata, de mano de obra intensiva, no agota los recursos naturales, es compatible con las culturas locales y funciona en sentido no centralizado.- La tecnología intermedia, también se basa en conocimientos científicos, pero se esfuerza en lograr un buen nivel de vida, basada en un consumo razonable de energía y en una tecnología moderada, adecuada a la cultura y estilo de vida de los habitantes.

Un uso eficiente de energía y un rápido desarrollo de los recursos energéticos renovables, junto con la calidad de energía para las necesidades de uso final, pueden resultar en una tasa de crecimiento de consumo de energía reducida, sin perjuicio a la economía de la nación, como se mide por el PIB o por el empleo.

Una combinación de los siguientes factores, pueden conducir a una tasa de crecimiento cero de consumo de energía en Siglo XXI:

- Energía solar, para calentamiento y enfriamiento
- Conversión de cosechas, bosques y desechos urbanos
- Sistema total
- Procesos industriales eficientes

Puede anticiparse que en el futuro, la calidad de vida dependerá menos del consumo de energía y tecnología de alto nivel hará; se puede lograr una economía balanceada, puede lograr una economía balanceada,