

ARTÍCULO

PLANEACIÓN ENERGÉTICA EN MÉXICO Y SUS FUTUROS

Manuel Martínez Fernández

Centro de Investigación en Energía

UNAM

Planeación energética en México y sus futuros

Resumen

En este trabajo presentamos un método para establecer planes energéticos sustentables y de largo plazo. Se analiza el desarrollo de la demanda y de la oferta energética de 1965 al 2008, así como la situación actual. Se comparan las proyecciones tendenciales de mediano plazo realizadas por PEMEX y CFE con las que hemos realizado en el CIE-UNAM de mediano y largo plazos y que consideran la incorporación de fuentes renovables de energía. La Estrategia Nacional de Energía 2010 – 2014 nos presenta por primera vez una visión gubernamental de largo plazo y de tipo tendencial. Finalmente, se estudiaron indicadores sustentables para establecer y evaluar políticas públicas en energía y por medio de la planeación prospectiva se establece un escenario sustentable para la energía en México al 2024.

Palabras Clave: planeación energética, estudios prospectivos, sustentabilidad, indicadores, energía en México.

Abstract

A method to establish sustainable long term energy plans is presented. The energy supply and demand development in Mexico is analyzed from 1965 to 2008, as well as the present situation. The medium term energy tendencies made by PEMEX and CFE are compared with the medium and long term projections elaborated by us at CIE-UNAM, which incorporate renewable sources of energy. The Estrategia Nacional de Energía 2010 – 2014 presents for the first time a governmental long term tendency view of the Mexican energy sector. Finally, sustainable indicators were studied to establish and evaluate public energy policies. A sustainable energy scenario for Mexico at 2024 was elaborated by using a prospective planning methodology.

Key words: energy planning, prospective studies, sustainability, indicators, energy in Mexico.

Introducción

La planeación energética de un país consiste en estimar a corto, mediano y largo plazos la demanda de energía y establecer cómo se va a satisfacer. La demanda de energía se debe a factores demográficos, económicos, sociales, ambientales y políticos, mientras que su satisfacción se lleva a cabo con la generada por las diversas fuentes de energía, renovables de preferencia o no renovables. También, es necesario considerar ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía.

En México, al día de hoy no se realiza una planeación energética integral. Nuestras empresas nacionales, Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), sí han estimado el volumen

de electricidad (ver http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf) y combustibles (ver http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20Pet%202008-2017.pdf) que necesitará el país pero lo hacen sin considerar una la existencia de la otra. La Secretaría de Energía (SENER), tan sólo este año y por el cambio de Ley en la materia, ha presentado una Estrategia Nacional Energética 2010-2024 (ENE) (ver <http://www.sener.gob.mx/webSener/res/1646/EstrategiaNacionaldeEnergiaRatificadaporelHCongresodelaUnion.pdf>). Dicha ENE fue aprobada por el Congreso de la Unión, en enero de 2010, y plantea metas e indicadores de largo plazo que se cumplirán, como ahí establecen, si existe coordinación institucional y hay presupuesto, entre otros factores. Además, está todavía por verse que PEMEX y CFE adecuen sus programas, planes y acciones a lo que establece la ENE.

Para hacer cualquier estimación en el corto, mediano o largo plazos utilizaremos el marco conceptual de la Planeación Prospectiva (Martínez et al, 1996). Establezcamos que el futuro no puede conocerse con certidumbre pero puede ser explorado identificando las principales alternativas factibles y los factores de que depende.

A continuación se presenta el estado actual de la producción y consumo de la energía en México al 2008; se delinea un breve estudio retrospectivo con la información que se tiene en el país de 1965 al 2008; se identifican los contextos internacionales y nacionales con los elementos tradicionales que definen el crecimiento en el consumo energético; se describen dos escenarios tendenciales al 2025; se presenta la nueva Estrategia Nacional de Energía 2010-2024; se analiza el concepto de desarrollo sustentable y sus implicaciones en la toma de decisiones en materia de energía, y finalmente se describe un posible futuro sustentable.

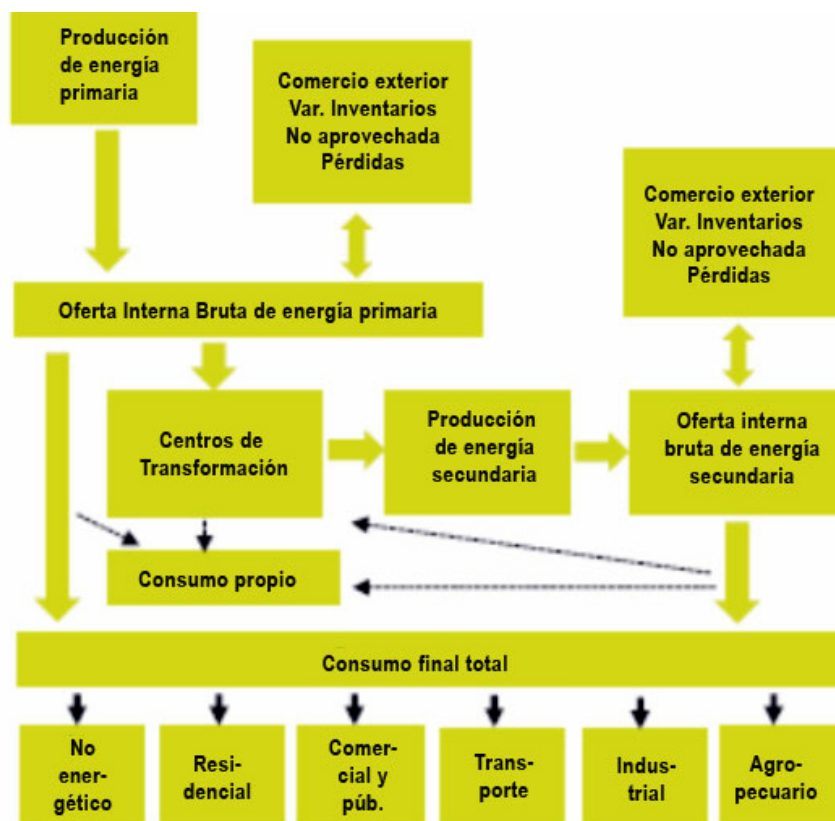
Presente

En México, la SENER publica anualmente un Balance Nacional de Energía (BNE), que presenta la información relativa a la oferta y demanda de energía, y se basa en un conjunto de relaciones de equilibrio que contabilizan la energía que se produce, la que se intercambia con el exterior, la que se transforma, la de consumo propio, la no aprovechada y la que se destina a los distintos sectores y agentes económicos (ver http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Balance_2008.pdf). La elaboración del BNE utiliza una metodología aprobada internacionalmente que ofrezca datos consistentes con unidades homogéneas de energía, para comparar e integrar las distintas fuentes de energía para su análisis, tanto nacional como internacional. A pesar que el BNE se publica con más de nueve meses de retraso, siempre hacen revisiones a las cifras de años anteriores, lo que dificulta el análisis temporal.

Una estructura general del BNE presenta las fuentes primarias y secundarias de energía, y los procesos

que conforman la oferta, la transformación y el consumo final de energía, como se muestra en la Figura 1. De manera general, la oferta interna bruta resulta de sumar la producción de hidrocarburos y de otras fuentes, la importación y la variación de inventarios, menos la exportación, la energía no aprovechada y las operaciones de maquila-intercambio neta. Por su parte, la demanda es la suma del consumo del sector energético, las recirculaciones, la diferencia estadística y el consumo final total.

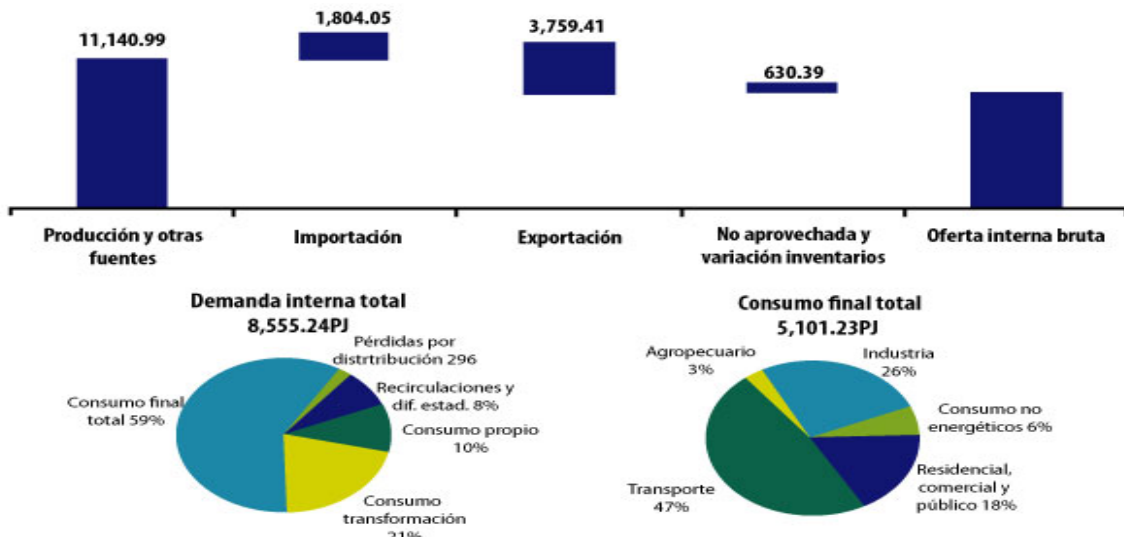
Figura 1. BNE, estructura general y principales flujos. Fuente: SENER.



Como explica detalladamente la SENER, las fuentes de energía son aquellas que producen energía útil directamente o por medio de una transformación. Bajo el concepto de energía secundaria se agrupan a los derivados de las fuentes primarias, los cuales se obtienen en los centros de transformación, con características específicas para su consumo final. Estos derivados son el coque de carbón, el coque de petróleo, el gas licuado de petróleo, las gasolinas y naftas, los querosenos, el diesel, el combustóleo, los productos no energéticos, el gas seco y la electricidad.

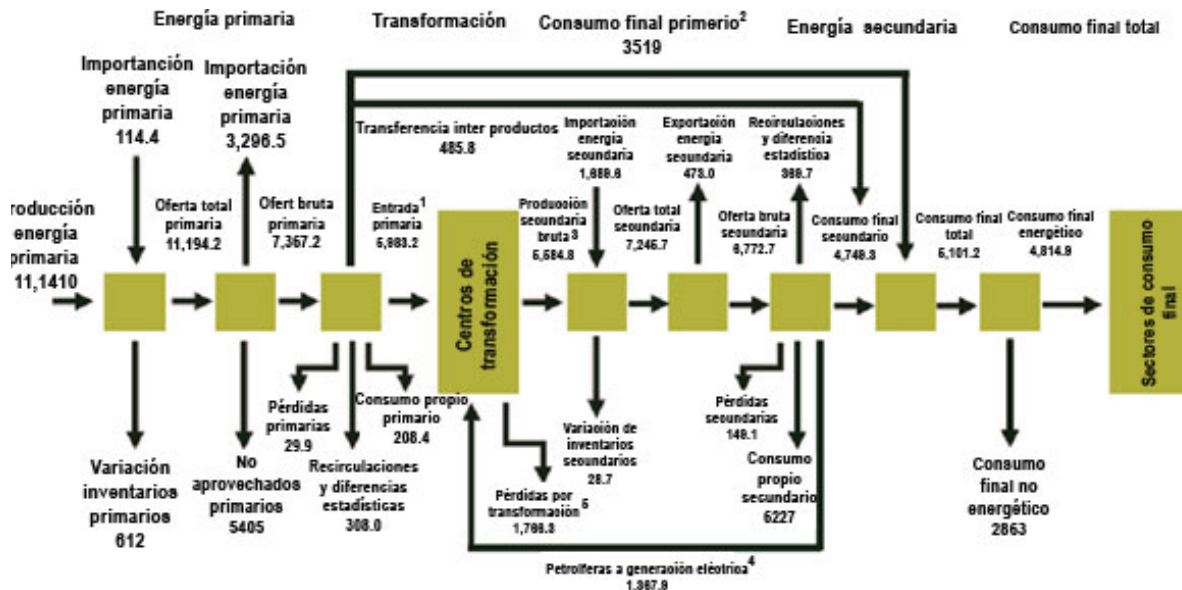
Como ejemplo, presentaremos algunos resultados relevantes del BNE 2008, último publicado por la SENER. Sus cuentas principales corresponden a cómo la producción y otras fuentes, de $11,140.99 \times 10^{15}$ Joules (PJ), llega a una oferta interna bruta de energía, de 8,555.44 PJ, y se convierte en un consumo final total de energía, de 5,101.23 PJ, como se muestra en la figura. 2.

Figura 2. Principales cuentas del BNE 2008, cifras en PJ. Fuente: SENER.



Asimismo, es de gran utilidad visualizar la estructura del BNE 2008, donde se muestran las componentes de la energía primaria, la transformación, el consumo final primario, la energía secundaria y, finalmente, el consumo final total, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Estructura del BNE 2008 en PJ. Fuente: SENER.



Fuente: Sistema de Información Energética (SIE), Sener
 La suma de los parciales puede no coincidir con los totales, debido al redondeo de las cifras.
 1 1 carbón: 276; Crudo y condensado a refinerías y despuntadoras: 3,151; gas natural y condensados a plantas de gas y fraccionadoras: 2,029; Nucleoenergía: 107; Hidroenergía:387; geo energía:70; energía eólica:3.

2 Carbón 8; Gas natural (transferencia interproductos): 468;Bagazo de caña:98; Leña:246.
 3 Coque de carbón: 55; Petrolíferos: 3,149; Productos no energéticos:192; Gas seco: 1,340; Electricidad: 849.
 4 Diesel: 10; Combustóleo: 440; Gas seco: 917.
 5 Coquizadoras: 4; Refinerías y despuntadoras: 287; Plantas de gas y fraccionadoras: 173; Centrales eléctricas CFE y LFC: 1,014; Centrales eléctricas PI

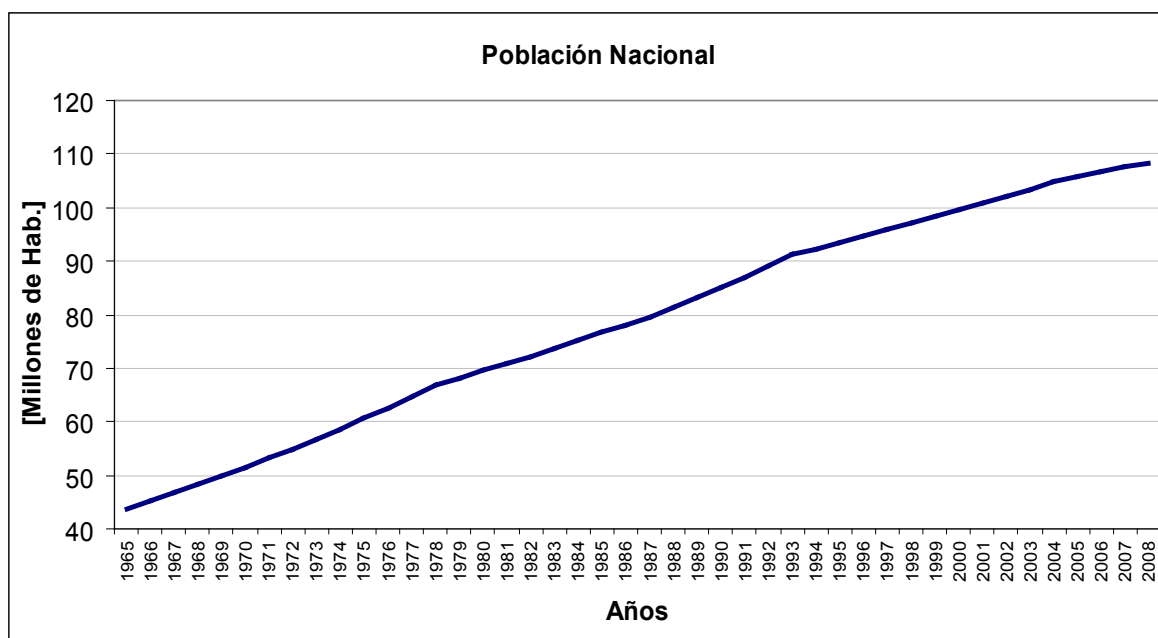
La situación presente de la producción y del consumo de energía es muy preocupante, ya que no hemos diversificado nuestra oferta energética, dependemos en 89 por ciento de los hidrocarburos y la participación de las nuevas fuentes renovables de energía no es significativa; importamos el 34 por ciento del consumo final total de energía, donde a su vez las gasolinas participan con el 39 por ciento y el gas seco con el 27 por ciento; la exportación de petróleo participa con el 86 por ciento del total, y el consumo final total de energía está totalmente distorsionado al requerir el 47.6 por ciento para cubrir las necesidades del sector transporte, 26.3 al industrial, 17.7 al residencial, comercial y público, el 5.6 al consumo no energético total, y el 2.8 al agropecuario.

Pasado

El Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de su Coordinación de Planeación Energética, ha elaborado con información de la SENER diversas series de tiempo para selectos parámetros energéticos que nos permiten conocer la evolución del Sistema Energético Mexicano de 1965 al 2008. Cabe aclarar que en 1965, por primera vez, México presentó cifras consolidadas y con metodología aceptada internacionalmente que permiten las comparaciones anuales tanto a nivel nacional como internacional.

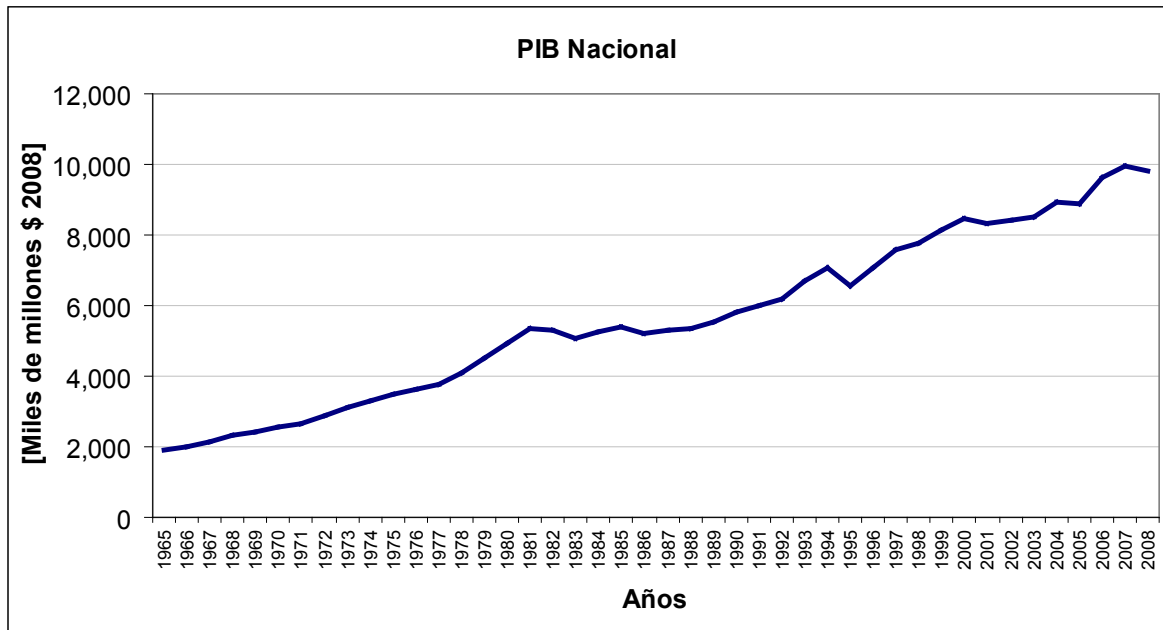
Los dos parámetros que se han considerado en el pasado como fundamentales para detonar el consumo de energía son el crecimiento demográfico y el crecimiento económico. El crecimiento poblacional de México ha disminuido consistentemente con el tiempo hasta alcanzar poco menos del 2 por ciento, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Crecimiento Poblacional en México. Elaboración CIE-UNAM con datos de SENER.



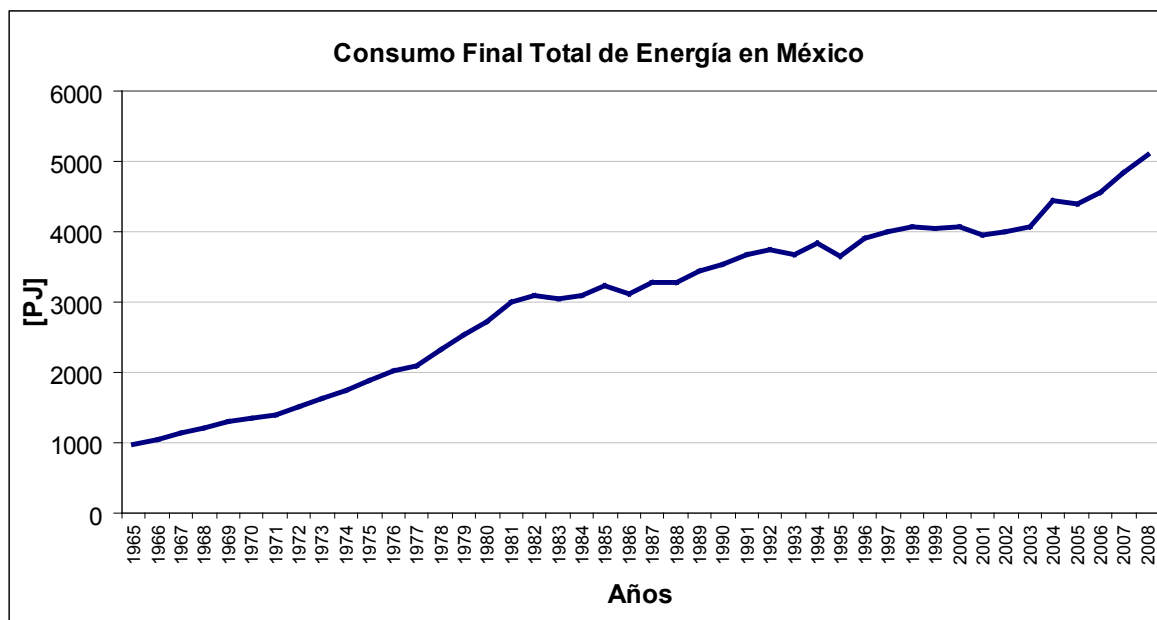
El crecimiento económico se ha medido a través del Producto Interno Bruto (PIB) y ha crecido pero no con la rapidez deseada para tener una economía sólida y pujante, y además ha tenido una serie de fuertes descalabros, las llamadas crisis económicas, donde se ha reducido la velocidad de crecimiento anterior, sin haber recuperado el ritmo de los años setentas; además con estancamiento en los últimos años, como lo muestra la figura 5.

Figura 5. Crecimiento del Producto Interno Bruto en México, de 1965 a 2008. Elaboración CIE-UNAM con datos de SENER.



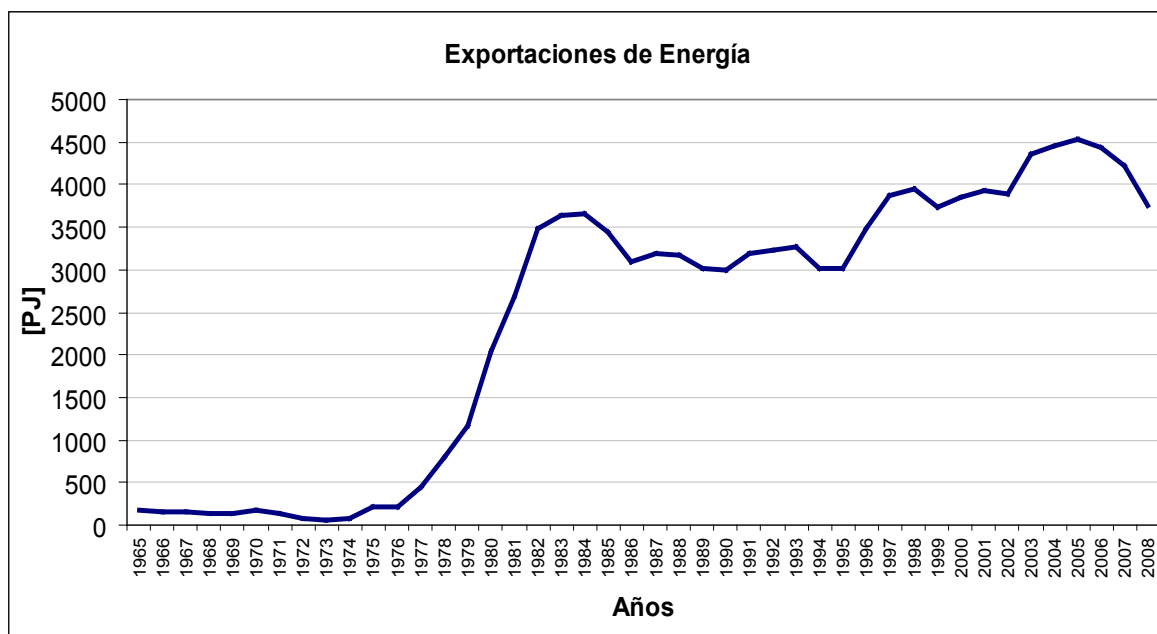
Como resultado del crecimiento superior del PIB al del de la población, el consumo final total de energía ha crecido con los mismos rasgos que la curva del PIB, como lo muestra la figura 6. Se debe señalar que en los últimos años este consumo aumenta a pesar del estancamiento del PIB, lo que implica una mejor utilización de la energía, probablemente en ciertos sectores avanzados de la industria nacional como el cemento y también por generación de electricidad más eficiente al utilizar gas natural.

Figura 6. Crecimiento del consumo total de energía en México, de 1965 a 2008. Elaboración CIE-UNAM con datos de SENER.



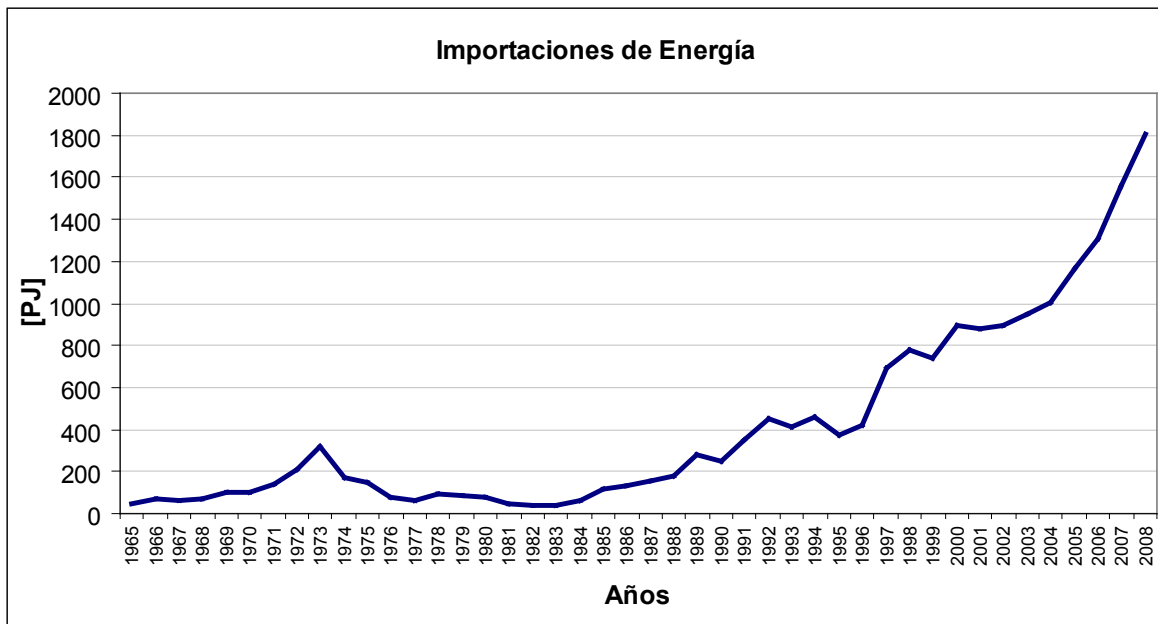
México ha sido considerado un país exportador de petróleo desde la década de los ochentas; sin embargo, se estancó su producción y ahora decae pronunciadamente por el agotamiento de la zona de Cantarell, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Variaciones en la exportación nacional de energía, de 1965 a 2008. Elaboración CIE-UNAM con datos de SENER.



Como ha aumentado la demanda nacional de energía a mayor ritmo que la producción nacional, se ha tenido que importar energéticos en mayor cantidad, como se muestra en la figura 8. En particular, se han importado gasolinas para los vehículos con tecnología TIER 2 y gas natural para las centrales termoeléctricas. Como ya no se producen coches sin esta tecnología, nuestras refinerías no producen las gasolinas limpias necesarias y no tenemos grandes reservas probadas de gas natural, entonces deberemos seguir aumentando estas importaciones en el corto y mediano plazos.

Figura 8. Crecimiento en la importación de energía en México, de 1965 a 2008. Elaboración CIE-UNAM con datos de SENER.



La situación de la producción petrolera en México es muy preocupante. La cantidad de barriles entregados por el pozo súper gigante Cantarell han disminuido drásticamente por la madurez natural que ha alcanzado y el Gobierno Federal no invirtió por muchos años en la exploración de nuevos yacimientos, de tal forma que las reservas del país han caído fuertemente. Si consideramos una producción actual diaria del orden del 2.5 millones de barriles de petróleo crudo equivalente y no hubiera nuevos yacimientos encontrados, entonces nuestras reservas probadas nos alcanzarían para sólo seis años y, después, tendríamos que empezar a dejar de exportarlo y a reducir nuestro consumo interno.

Desde hace pocos años, en el propio balance nacional de energía hay tan sólo un cuadro sobre el aprovechamiento de estas fuentes, ya que en la estadística general sus aportaciones no son significativas. La Asociación Nacional de Energía Solar, A. C. (ANES) hace encuestas entre las compañías privadas que se dedican a comercializar productos y sistemas, tanto nacionales como extranjeros. En los últimos años, la generación de energía térmica por colectores planos aumentó en varias decenas de puntos porcentuales, la generación de electricidad por sistemas fotovoltaicos se elevó sólo en varios puntos

porcentuales y la generación de electricidad por aerogeneradores ha dado un salto muy significativo ya que su costo de generación es competitivo con cualquier otra fuente en las condiciones de viento que hay en diversas zonas geográficas del país, como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Evolución reciente del aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. Fuentes: ANES y SENER.

Fuentes	Características	2005	2006	2007	2008	Variación porcentual (%) 2008/2007
Calentadores solares planos						
	Instalados en dicho año (m ²):	100,348	96,694	154,267	165,633	7.4
	Total instalados (m ²):	742,992	839,686	993,953	1,159,586	16.7
	Eficiencia promedio:	50%	50%	50%	50%	-
	Radiación solar promedio (xJ/m ² -día):	18,841	18,841	18,841	18,841	-
	Disponibilidad de calor solar primario (PJ):	5.11	5.775	6.836	7.974	16.6
Radiación solar	Generación (PJ):	3.507	3.913	4.525	5.584	23.4
Módulos fotovoltaicos						
	Instalados en dicho año (kW):	515	1,056	901	872	-3.2
	Total instalados (kW):	16,577	17,633	18,534	19,406	4.7
	Horas promedio de insolución (hrs./día)	6	6	5.2	5.2	-
	Factor de planta:	25%	25%	25%	25%	-
	Disponibilidad primaria de energía solar (PJ):	0.91	0.97	1.02	1.067	4.6
	Generación (PJ):	0.0327	0.0347	0.0319	0.0334	4.7
Aerogeneradores de electricidad						
	Instalados en dicho año (kW):	5	8	12	85,000	>100%
	Total instalados (kW):	2,542	2,550	2,562	87,562	>100%
	Factor de capacidad medio:	40%	40%	40%	40%	-
Viento	Generación (PJ):	0.0321	0.0322	0.0323	1.104	>100%
Aerobombas de agua (papalotes de agua)						
	Instalados en dicho año (kW):	4	5	7	7	-
	Total instalados (kW):	2,176	2,181	2,188	2,195	0.3
	Factor de capacidad medio:	25%	25%	25%	25%	-
	Generación (PJ):	0.0172	0.0172	0.0172	0.0173	-

Fuente: Asociación Nacional de Energía Solar, A.C.

En resumen, la evolución en la producción y en el consumo de energía ha sido muy lenta para generar riqueza y elevar la calidad de vida de los mexicanos. Esto no ha sido problema propio del sector energía, sino de las políticas sociales y económicas delineadas por los gobiernos.

Debemos analizar cuáles son los supuestos tradicionales que se consideraban y qué tipos de escenarios resultaban para el futuro en México.

Consideraciones tradicionales y futuros tendenciales

En México, hasta el año 2009, sólo se había considerado que la oferta y la demanda energéticas subirían constantemente, principalmente en función del mayor número de personas y del incremento en el PIB.

Nunca se había pensado en manejar la demanda para reducirla a través del ahorro y uso eficiente, como se lleva haciendo por décadas en otros países del mundo. Las posibles disminuciones se contemplaban como margen de reserva, en el mejor de los casos.

La SENER publicaba cada año su Prospectiva de Electricidad para los próximos 10 años, con base en la información proporcionada por la SHCP y la CFE. Para cada ejercicio de planeación, definen tres escenarios macroeconómicos que consideran los probables niveles de desempeño de la actividad económica durante el periodo de proyección.

Como ejemplo presentaremos la Prospectiva de Electricidad para el periodo 2006-2015 (ver http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/prospsectelec2006.pdf). Las tasas de crecimiento del PIB para este periodo y el anterior, en el Escenario de Planeación, son de 3.8% y 4.3%, respectivamente

También, hacen una estimación tendencial en el precio de combustible para los tres escenarios (planeación, bajo y alto): crece a tasas anuales de -1.3%, 0.7% y 2.5%, respectivamente.

Y considerando el crecimiento de la población para los próximos 10 años estimado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), se proyecta una tasa media anual de crecimiento de 0.9% y para el caso de las viviendas de 2.8% anual en promedio.

Así, estimaron que el consumo nacional de electricidad para el periodo 2005-2015 mostraría una tasa de crecimiento anual de 4.8%, lo que representa en términos absolutos 0.4% menos que en la Prospectiva anterior, en la cual se consideró un crecimiento de 5.2% para el periodo 2005-2014. Esperaban que el consumo mostraría un incremento de alrededor de 113 TWh al pasar de 191.3 TWh en 2005 a 304.7 TWh en 2015. Y, de acuerdo con la tendencia, estimaban la demanda de electricidad en los diversos sectores, como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Crecimiento medio anual del consumo de electricidad, en el escenario de planeación, para dos periodos de análisis. Fuente: CFE.

**Crecimiento medio anual del consumo de electricidad
(escenario de planeación)
(tmca)**

	Prospectiva 2006-2015	
	1996-2005 %	2005-2015 %
Consumo nacional	4.7	4.8
Consumo autoabastecido	10.5	1.7
Ventas	4.1	5.1
Desarrollo normal	3.6	4.7
Residencial	4.1	4.7
Comercial	3.0	5.7
Servicios	2.0	2.9
Agrícola	1.9	1.4
Industrial	4.7	5.6
Empresa mediana	5.7	5.2
Gran industria	3.1	6.2

Fuente: CFE.

Asimismo, la SENER presentaba anualmente tres estudios sobre la Prospectiva de Petrolíferos, de Gas Natural y de Gas LP, con una visión de 10 años. La principal era la de petrolíferos que estaba definida, a partir del 2006, en función de un modelo propuesto por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) que se fundamenta en los modelos TREMOVE y NEMS aplicados en Europa y Estados Unidos, respectivamente (ver http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prosp petrol2006.pdf).

En resumen, la SENER con información de SHCP, CONAPO, CFE, PEMEX e IMP, consideraba en el 2006 que para el 2015, el PIB crecería al 3.8% anual, los precios de los combustibles aumentarían al 0.7% anual, la población incrementaría al 0.9% anual y se construirían viviendas al 2.8% anual, lo que resultaría en un crecimiento anual del consumo nacional de electricidad de 4.8% anual; creciendo la demanda 113 TWh y, por lo tanto, pasando de 191 TWh en 2005 a 304 TWh en 2015.

La conclusión es que el Sector Energético Mexicano continuaría tan mal como ahora: dependiente de los hidrocarburos, sin tener mayores reservas; contaminantes, tanto local como globalmente; despilfarrador de insumos y energía, e ineficiente. Más de lo mismo.

En el Centro de Investigación en Energía (CIE), de la UNAM, desarrollamos estudios de esta naturaleza, pero con la gran diferencia de incorporar a las fuentes renovables de energía en algún escenario y, así, considerar alguna opción mejor con el medio ambiente (Islas **et al**, 2002).

Este estudio presenta cuatro escenarios relacionados con el impacto ambiental de trayectorias tecnológicas diferentes para la generación de electricidad en México, del presente al año 2025. El primer escenario, tendencial, enfatiza el uso del combustóleo y representa la trayectoria histórica de México. El segundo escenario, oficial, considera prioritario el uso del gas natural y refleja el patrón de consumo que se estableció en México a mediados de los años noventa. En el tercer escenario, renovable, se incorpora la mayor participación posible de fuentes renovables de energía que sean técnica y económicamente viables. Y, finalmente, en el cuarto escenario, transición, se considera que a corto y mediano plazo se incorpora gas natural y paulatinamente se incorporen tecnologías que empleen renovables. También, para desarrollar los escenarios para México de 1996 a 2025, diversos supuestos económicos y poblacionales se tuvieron que considerar, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Hipótesis comunes y específicas a cada escenario y sus tasas anuales de crecimiento.

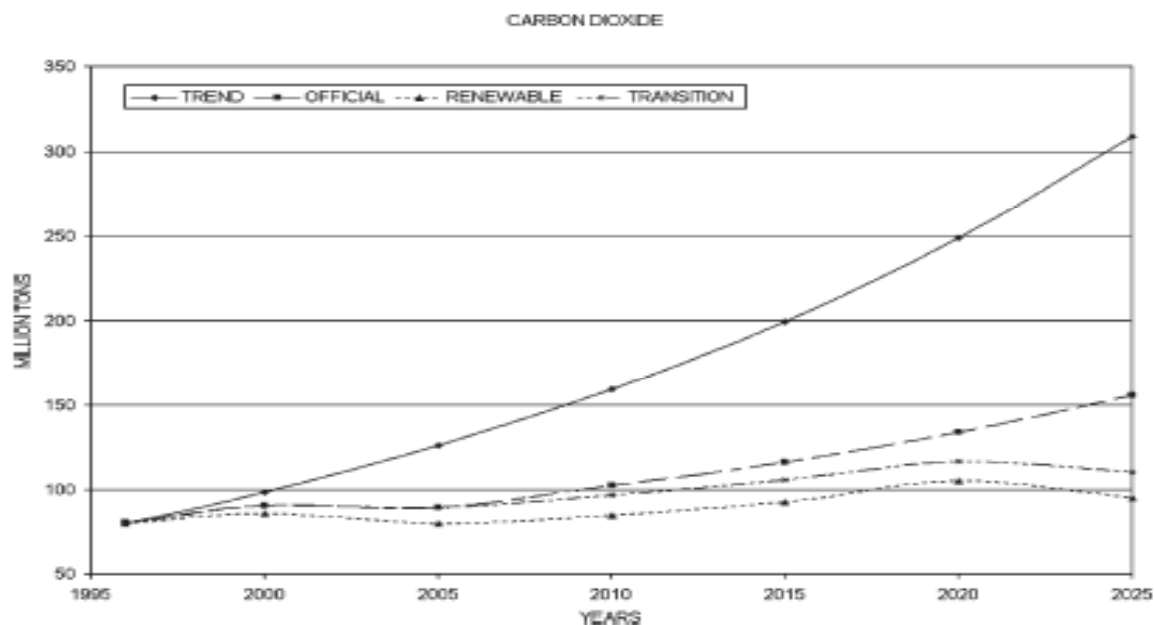
Table 2. Common and specific hypothesis and AAGRs for the scenarios considered.				
Common hypothesis		AAGR		
GDP		4%		
Population		1.21%		
Energy demand		4%		
Electricity demand		4%		
Installed capacity		3.4%		
Peak power demand		0.1%		
End use demand structure		Constant		
Scenarios	Specific hypothesis	AAGR	Privileged fuel	Installed capacity 2025, %
Trend	Low fuel oil prices	5.8%	Residual fuel oil	70%
Official	Low NG prices Higher efficiencies Lower capital costs	9.9%	Natural gas (NG)	62%
Renewable	Commercialized and accepted technologies Barriers disappear Fast technological progress Intensified industrial learning Internalization of externalities High fuel oil and NG prices	6.2%	Hydro, Wind, Solar, MSW, Biomass, Fuel cells	63%
Transition	After 1996 NG technologies	5%	Natural gas Renewable sources	20% 54%
	Low NG prices Higher efficiencies Lower capital costs After 2010 renewable technologies Commercialized and accepted technologies Barriers disappear Fast technological progress Intensified industrial learning Internalization of externalities High fuel oil and NG prices	5.6%		

Adicionalmente, se debieron establecer consideraciones específicas sobre las tasas anuales de crecimiento de la capacidad instalada de cada una de las fuentes renovables de energía consideradas. Dichas tasas eran las que sucedían a nivel internacional, que eran muy elevadas pero acordes con incorporación de nuevos volúmenes pequeños

Los resultados indican que para satisfacer una demanda específica de energía en el año 2025, la menor cantidad de energía ofertada sería en el escenario oficial por la mayor eficiencia en las tecnologías que utilizan gas natural, los menores volúmenes de CO₂, de óxidos nitrosos y de óxidos de azufre serían en el escenario renovable por tener mínima combustión de hidrocarburos, y la menor emisión de metano sería en el escenario tendencial por la composición química del combustóleo.

El cambio en la emisión de CO₂ debido a las tecnologías y energéticos en cada escenario es muy importante. Cuando se quema combustóleo nacional las emisiones son importantes, el gas natural es mucho más limpio y las energías renovables tienen emisión cero. Así, en el tendencial las emisiones se incrementan de manera exponencial, como el consumo, en el oficial aumenta también pero con menor tasa y en los otros dos depende de la combinación entre gas natural y energías renovables. Además, el uso de energías renovables es la única manera de revertir la concentración de CO₂ en la atmósfera, según lo establecido en el Protocolo de Kyoto, como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Emisiones de CO₂ por el sector eléctrico mexicano para cuatro escenarios, de 1996 a 2025.



Así, se han presentado escenarios diferentes al tendencial y al oficial, en donde las emisiones de gases de efecto invernadero pueden ser drásticamente reducidas, revirtiendo eventualmente el cambio climático

causado por la emisión de CO₂ antropogénico a la atmósfera.

A continuación presentaremos el último esfuerzo realizado por la Secretaría de Energía para planear de una manera integral la oferta interna bruta de energía en México.

La estrategia energética nacional 2010-2024

La planeación del sector energético mexicano ha sido muy deficiente, como mencioné con anterioridad. La Comisión Federal de Electricidad hace sus planes operativos con un horizonte de diez años, Petróleos Mexicanos lleva a cabo un ejercicio prospectivo a cinco años y los Institutos de Investigaciones Eléctricas, Mexicano del Petróleo y Nacional de Investigaciones Nucleares hacen ejercicios teóricos de planeación estratégica para alinearse con objetivos de largo plazo deseados por sus Juntas Directivas. Por supuesto, ninguna de estas instituciones considera las capacidades y el desarrollo posible de las otras, todas operan y planean de forma independiente. La Secretaría de Energía ha tenido un papel de acompañamiento, cuando debería ser rector. (ver *La Jornada Morelos* <http://crearfuturos.blogspot.com/>)

Con las nuevas leyes promulgadas para el sector energía en los años de 2008 y 2009, se pretende subsanar varias de las anomalías mencionadas; en particular, la necesaria coordinación de todos los actores, bajo una visión común. La actual Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, en su artículo 33, establece que el Ejecutivo Federal enviará al H. Congreso de la Unión, en el mes de febrero de cada año, para su ratificación en un máximo de 30 días, la Estrategia Nacional de Energía (ENE) con un horizonte de quince años, elaborada con la participación del Consejo Nacional de Energía. Así, en febrero de este año, la Secretaría de Energía por primera vez publicó la ENE 2010 con una visión al 2024. Tiene tres ejes rectores: seguridad energética, eficiencia económica y productiva, y sustentabilidad ambiental. (ver <http://www.sener.gob.mx/webSener/res/1646/EstrategiaNacionaldeEnergiaRatificadaporelHCongresodelaUnion.pdf>)

Establece metas al 2024, comparando las tendenciales con las esperadas si todos los actores involucrados en el sector energía cumplen con las líneas de acción propuestas: la producción de crudo pasaría de 2.2 a 3.3 millones de barriles de petróleo por día; el nivel de restitución anual de reservas probadas incrementaría del 70 al 100 por ciento; el margen de reserva para suministro de gasolinas aumentaría de 10 a 15 por ciento; el Sistema Nacional de Refinación pasaría del cuarto al segundo cuartil de desempeño operativo respecto a estándares internacionales; el margen de reserva de capacidad de generación de electricidad disminuiría del 27 al 22 por ciento; las pérdidas de electricidad llegarían a niveles comparables con estándares internacionales al pasar del 28 y 11 al 8 por ciento, en la zona centro y el resto del país, respectivamente; el nivel de electrificación del país se elevaría al pasar del 97.3 al 98.5 por ciento de la población; el aprovechamiento del gas natural se incrementaría a estándares

internacionales al pasar del 90.2 al 99.5 por ciento; la participación de tecnologías limpias en el parque de generación pasarían del 25 al 35 por ciento, y el máximo del potencial de ahorro en el consumo final de energía (electricidad y combustibles) que se alcanzaría es de 280 TWH.

También, se establecen los factores claves para alcanzar cada meta. Por ejemplo, asignación oportuna de recursos financieros y físicos, coordinación con autoridades y gobiernos locales y estatales, adopción de tecnologías de punta, descubrimiento de nuevos yacimientos, desarrollo comercial exitoso de reservas, y sistema adecuado de precios y tarifas. Todos estos factores son aspiraciones que no se han cumplido en los últimos años.

La ENE 2010-2024 sigue siendo una planeación energética tradicional, que ajusta las tasas de crecimiento de los diversos insumos y productos, y considera un pobre crecimiento de la economía nacional. Sin embargo, tiene tres aspectos nuevos y muy importantes: la integración de los aspectos eléctricos y de combustibles, una visión de largo plazo y la aprobación del H. Congreso de la Unión.

El concepto de desarrollo sustentable, imprescindible para alcanzar mejores estándares con equidad entre los seres humanos, respetando el ambiente y fomentando la participación ciudadana, entre otras características, sigue sin ser considerado plenamente por el Gobierno Federal.

En el siguiente capítulo analizaremos este concepto y su integración a la toma de decisiones de un país.

El desarrollo sustentable

La primera definición formal de desarrollo sustentable fue elaborada, en 1987, por la Comisión Brundtland, cuyo nombre es en honor de la primera ministra sueca: "...significa la habilidad humana para satisfacer sus necesidades sin comprometer la habilidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias..."

Este concepto dio un vuelco completo no sólo en la forma de ver nuestra responsabilidad con nuestros hijos y nietos, sino en la necesidad de superar nuestros modelos de pensamiento para mejorar ya no digamos el concepto de crecimiento económico, también el de desarrollo económico. La comunidad internacional tomó cartas en el asunto y propició a que los países definieran una posición al respecto.

También, a principios de los noventa, existía un debate entre los países desarrollados y los que están en vías de hacerlo sobre la justicia de sólo pensar en el futuro y no en los millones de pobres que existen en el presente. Así, Víctor L. Urquidí, en 1996, redefinió el concepto de desarrollo sustentable: "... es aquel que se lleve a cabo sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades... .. Y está implícita la preocupación por la igualdad social dentro de cada generación..."

Adicionalmente, Urquidi planteó la necesidad de tener nuevos paradigmas:

- Reducción sustancial de energías fósiles e incremento acorde de renovables
- Tecnología afin
- Uso mínimo de recursos agotables y contaminantes

La Organización de las Naciones Unidas continuó trabajando y, en el año 2000, publicó un reporte de su Comisión para el Desarrollo Sustentable, donde presentaba una descripción detallada de áreas, temas y subtemas claves para el desarrollo sustentable y un método para elaborar y utilizar indicadores que sirvieran en el proceso de toma de decisiones a nivel nacional (UCNUMAD, 1992).

Los indicadores de sustentabilidad de Naciones Unidas están agrupados en cuatro áreas con sus temas y subtemas, y las áreas definen los campos donde deben tomarse acciones de manera simultánea: social, ambiental, económica e institucional. La última área es de suma importancia para los países en vías de desarrollo que no tienen estructuras organizativas suficientes para llevar a buen término sus políticas públicas.

Para centrarnos en el tema energético, debemos considerar la importancia de los energéticos para nuestra sociedad, en el marco del desarrollo sustentable:

- El bienestar humano y aún en algunas situaciones la propia sobrevivencia depende de la cantidad y calidad de la energía consumida;
- La oferta energética actual y el sistema tecnológico que empleamos para producir bienes y servicios están comprometiendo nuestro desarrollo; por ejemplo, cambio climático global, lluvia ácida, contaminación en las grandes ciudades o desastres ecológicos por el transporte de combustibles, y
- Debemos modificar de manera gradual pero al mayor ritmo posible a nuestro sistema energético para apoyar el desarrollo sustentable de nuestra sociedad.

Por lo tanto y para ayudar a la comunidad internacional, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, la Agencia Internacional de Energía Atómica, la Agencia Internacional de Energía, Eurostat y la Agencia Ambiental Europea, prepararon y publicaron un documento sobre “Indicadores Energéticos para el Desarrollo Sustentable: Lineamientos y Metodologías” (ver <http://aiea.org/publications/factsheets/>). Concluyeron que necesitan 51 indicadores para describir al Sector Energético de un país. Por ejemplo, en el área ambiental uno de los temas es la atmósfera, que contiene dos subtemas, cambio climático y calidad del aire; el primero tiene un indicador, emisiones de GHG por la producción y consumo de energía per cápita y por unidad de PIB, y realmente se deben conocer de manera individual las emisiones de GHG por la producción y por el consumo de energía, la población y el PIB, y el segundo tiene dos indicadores, 18 -xx

concentración de contaminantes en el aire de zonas urbanas y emisiones de contaminantes ambientales por sistemas energéticos. Y otro ejemplo, en el área social, uno de los temas es la equidad, que contiene tres subtemas, accesibilidad, asequibilidad y disparidad; el primero tiene un indicador, porcentaje de viviendas sin electricidad o energía comercial con dos componentes, el segundo tiene un indicador, porcentaje del ingreso obtenido por los habitantes de una vivienda que se gasta en combustibles y electricidad con dos componentes, y el tercero, tiene un indicador, consumo de energía por vivienda para cada grupo de ingreso y su correspondiente mezcla de combustibles con tres componentes.

Posibles futuros sustentables para México

Como escribimos en la introducción de este artículo, se utilizará el método de la Planeación Prospectiva para anticipar y aprender sobre el futuro, para comprender mejor las implicaciones de los desarrollos que están en marcha, para alertar sobre las consecuencias de acciones, planes, decisiones y políticas, para mejorar la visión de un futuro deseable, y para identificar futuros posibles con selección de actividades específicas. Para llevar a cabo estudios de futuros hemos utilizado un procedimiento que consiste de las siguientes etapas (Martínez et al, 1996): la selección de áreas y vectores prioritarios, el diagnóstico de la situación actual, el análisis retrospectivo, la identificación del futuro tendencial, la definición de los elementos portadores de futuro –es decir, aquellos que podrán alterar la tendencia- y, finalmente la elaboración de los futuros.

Para elaborar posibles futuros sustentables de México al 2024 debemos considerar que los capítulos anteriores nos presentan la situación actual, el análisis retrospectivo y el futuro tendencial.

Adicionalmente, debemos considerar elementos internos portadores de futuro del propio sector energético nacional y proponemos:

- Papel que asuma la Secretaría de Energía frente a las compañías energéticas.
- Inserción plena o no del sector privado en materia energética del país.
- Incorporación de la ciencia, la tecnología y la innovación nacionales en este sector.
- Capacidad del Gobierno Federal para coleccionar recursos no petroleros.
- Gestión adecuada o no de la transición energética.

Con esta información presentamos un escenario que narra un posible futuro sustentable del sector energético mexicano en el año 2024.

Apoyo del sector energético al desarrollo sustentable de México.

El inicio de la transición energética masiva de hidrocarburos a fuentes renovables de energía (FRE) fue forzada, ya que no se previó una ampliación tan reducida en la producción petrolera después de la

rápida extinción de Cantarell y tampoco se apoyó a tiempo a la industria nacional para producir sistemas y equipos que aprovechan la energía del viento, del sol y de la biomasa. Con un alto costo en divisas extranjeras se recurrió a las compañías trasnacionales que, por el contexto internacional de crisis petrolera, debieron apoyarse en la industria nacional para abastecer los pedidos. Se ha cumplido la meta de que el 25% de la oferta energética está cubierta por FRE.

Lo anterior se pudo lograr gracias a que la mayoría de los consumidores de combustibles y de electricidad en México lo hacen de una manera eficiente: se redujo en 30% el consumo esperado en el escenario tendencial. Los sectores que más avanzaron fueron el industrial, el transporte y el de transformación. El 90% de las empresas han comprobado que ahorrar y hacer un uso eficiente de los energéticos les conviene económicamente, también los programas que emprendieron para ser socialmente responsables han redituado en mejoras ambientales y económicas. El cambio implantado por el gobierno para impulsar el transporte colectivo y los coches eléctricos, a través del aumento en el impuesto a las gasolinas y los incentivos para cambio de automóviles, dio muy buenos resultados: el sector transporte sólo consume el 40% de la oferta interna bruta de energía. En el sector de transformación, las dos empresas nacionales han cumplido con los objetivos y las metas que establecieron conjuntamente con el Gobierno. PEMEX cumplió con reducir sus pérdidas de gas natural a la atmósfera, con poner en marcha a tiempo las plantas cogeneradoras de electricidad, con su programa interno de ahorro de energía y con distribuir los biocombustibles producidos por externos. CFE finalmente aceptó aprovechar al máximo el potencial económico de las FRE, incluyendo a la geotermia y a las hidráulicas medianas, considerar a las externalidades ambientales en los costos y determinar su despacho de electricidad en función del costo de la electricidad abastecida localmente. Y ambas presentan sus cuentas anuales de manera transparente y solvente al H. Congreso de la Unión. Debemos señalar que no se construyó una refinería entre el 2010 y hoy.

Como impactos más relevantes se pueden señalar que la sociedad civil tuvo una respuesta extraordinaria al seguir las normas dictadas para ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía, las emisiones de CO₂ han disminuido y enviamos a la atmósfera sólo una tonelada por habitante, que los precios de la electricidad sólo han subido un 20% ya que no se elevó el precio internacional del gas natural, ambos en dólares constantes del 2010, y que existe una plena integración de planeación y operativa de las instituciones energéticas. Así, el sector de la energía apoya al desarrollo sustentable de México.

Conclusiones

El pasado energético del país se ha visto marcado por una serie de crisis, principalmente ajenas al sector que han sido de carácter económico internacional. El descubrimiento de Cantarell ayudó muchísimo a las finanzas públicas pero no se reflejó en el bolsillo de los mexicanos. El consumo de energía por habitante

y la cantidad de energía por unidad de producto producido en el país se han mantenido dramáticamente constantes por muchos años. La falta de incorporación a la ciencia y tecnología nacionales en el sector nos ha orillado a depender de empresas transnacionales para nuestro desarrollo. Nuestra planeación energética fue tendencial, incrementando la oferta según se consideraba lo iría a necesitar el crecimiento económico. Tampoco se consideró hacer gestión de la demanda energética a través de programas masivos de ahorro o uso eficiente o de cambio de tecnologías.

Nuestro presente es muy incierto ya que es inminentemente petrolero y Cantarell se agota, no hay prospectos en aguas profundas y la zona de Chicoasén no se concreta. No tenemos suficientes gas natural y gasolinas limpias por lo que los volúmenes importados crecen casi exponencialmente. El Gobierno Federal, con la aprobación del H. Congreso de la Unión, finalmente estableció una Estrategia Nacional de Energía de largo plazo, para el periodo 2010 al 2024. Veremos si las empresas nacionales modifican sus programas de acuerdo a dicha Estrategia.

Analizamos diversas formas en que se ha realizado la planeación energética: tendencial sin consideraciones de cambio tecnológico o ambiental, tendencial con cambio tecnológico y consideraciones ambientales, y tendencial propositiva como la expuesta en la ENE.

Finalmente, describimos como elaborar y evaluar una política pública en materia energética que nos lleve a un desarrollo sustentable. También, se presentó un método de planeación prospectiva y se identificó un escenario de un posible futuro sustentable para México en el año 2024.

Bibliografía

- Martínez, M., "Energy Diversification Priorities for the Mexican Electrical Sector", *Energy J.*, 13(10), 787-796, 1988.
- Martínez, M., "Air Pollutants due to Energy Supply in México", *Renewable Energy J.*, Vol. 2, No. 6, 641-644, 1992.
- Martínez, M., R. M. Seco y K. Wriedt, *Futuros de la Universidad: UNAM 2025*, UNAM y Miguel Ángel Porrúa, Eds., México, 1996.
- Manzini, F. y M. Martínez, "Choosing an energy future: the environmental impact of end-use technologies", *Energy Policy* 27 401-414, 1999.
- Manzini, F. y M. Martínez, "Using final energies to plan a sustainable future for Mexico", *Energy* 24 945-958, 1999.
- Islas, J., F. Manzini y M. Martínez, "Renewable Energies in Electricity Generation for Reduction of Greenhouse Gases in Mexico 2025", *Ambio Vol. 31* No. 1, Feb. 2002.
- Tagüeña, J. y M. Martínez, *Fuentes renovables de energía y desarrollo sustentable*, SEP y ADN Editores,

México, 2009.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), Agenda 21: el Programa de Acción de Río, Naciones Unidas, Nueva York, 1992.

IAEA, Organismo Internacional de Energía Atómica, Indicadores de desarrollo energético sostenible, 2000, <http://aiea.org/publications/factsheets/>.

Martínez, M. “Futuros de la energía renovable en México”, XXIX Congreso de la Asociación Nacional de Energía Solar, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 2005.

SENER, Secretaría de Energía, “Balances y flujos de energía”, varios años, <http://www.sener.gob.mx/>

Roldán, M. C. y M. Martínez, “Escenarios para la evaluación jerárquica de la sustentabilidad global de plantas generadoras de electricidad”, XXX Congreso de la Asociación Nacional de Energía Solar, Veracruz, Ver., 2006.

Sánchez, A. M., M. Trigueros y J. Tagüeña, “Energía”, Historias de la ciencia y la técnica, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, 1999.

Tagüeña, J. y M. Martínez, “Energía”, *Revista Digital Universitaria, UNAM*, núm. 2, vol. I, México, 2000.

Urquidí, V.L., coordinador, México en la globalización: condiciones y requisitos de un desarrollo sustentable y equitativo, Informe de la sección mexicana del Club de Roma. Fondo de Cultura Económica, México, 1996.

Martínez, M. y L. Rodríguez, “Cuantificación de emisiones al aire por el consumo de energía”, Memoria del XVIII Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, México, 1992.

Agradecimientos.

Licenciada María de Jesús Pérez Orozco, responsable del banco de información en energía, del Centro de Investigación en Energía, UNAM.