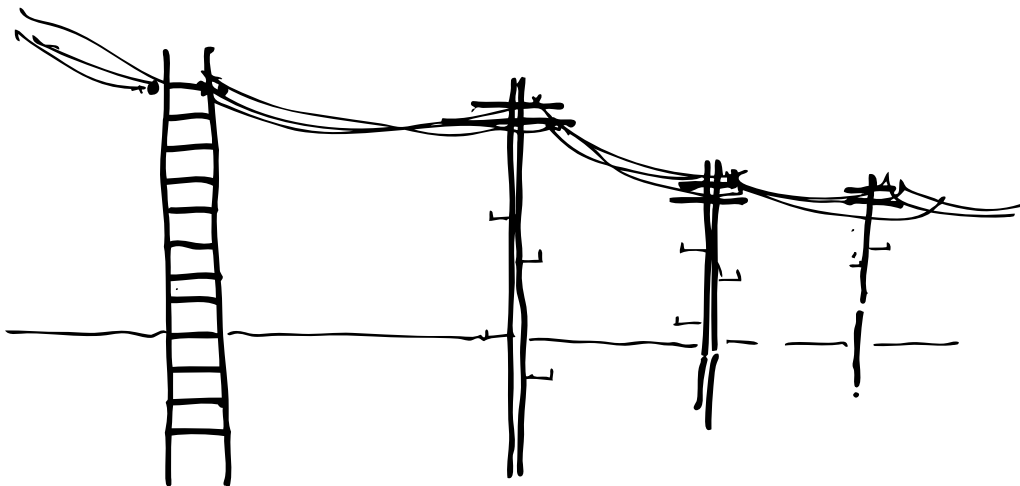


Fuentes alternas *de energía eléctrica*

Francisco R. Calderón



La creciente demanda de electricidad se ha estado cubriendo por medio de quemar hidrocarburos, pero las reservas de petróleo y gas se agotarán en un futuro cercano a no ser que se realicen fuertes inversiones; las reservas de carbón son también limitadas y su uso es contaminante; el potencial hidroeléctrico promete un desarrollo todavía aceptable en el corto plazo pero no en el mediano, por ser el país en lo general semiárido y contar con escasas corrientes de agua; la geotermia, la energía solar y los biocombustibles ofrecen perspectivas limitadas y sus tecnologías son todavía onerosas. En cambio, la utilización de las energías eólica y nuclear son altamente promisorias; la primera no es contaminante y tanto su inversión como su generación son baratas; la segunda requiere de precauciones especiales tanto en su operación como en el ma-

nejo de sus desechos, por lo demás el costo de su generación es reducido; ambas están siendo utilizadas por cada vez mayor número de países en grande escala y de manera creciente.

Introducción

El objetivo de este ensayo es demostrar que México está obligado a destinar más recursos para generar electricidad eólica y nuclear sin abandonar sus investigaciones sobre otras fuentes alternas de energía como el carbón, los biocombustibles, la geotérmica o solar. Se basa en las siguientes dos hipótesis.

La primera, que la tecnología moderna ha permitido que las plantas nucleares para generar electricidad puedan operar con toda seguridad, eficiencia y costos reducidos. La segunda, que la energía eólica puede producirse en gran escala y también a costos reducidos.

El presente texto corresponde al capítulo IV del libro *Energía para México* de Francisco R. Calderón y Salvador E. Calderón, publicado por la Fundación Rafael Preciado Hernández en 2007.

Es indispensable seleccionar opciones tecnológicas adecuadas, debido a los problemas que crea la transferencia tecnológica, básica para el desarrollo, pero que tiene fuerte impacto sobre el ambiente; esto deberá estimular la investigación y la capacidad técnica para lograr tecnologías sustitutivas, mejorar los procesos tradicionales y culturales y adaptar las importadas.

Es necesario aprovechar, conservar y restaurar los recursos naturales. Se debe evitar la degradación de los recursos, proteger la capacidad límite de su naturaleza, favorecer la restauración y evitar los efectos adversos sobre la calidad del aire, agua y tierra, con el fin de perpetuar la oferta ambiental de los ecosistemas. Estos dos puntos son importantes, ya que la producción de energía eléctrica requiere de innovación tecnológica constante para evitar utilizar recursos no renovables cuyo uso dañe el medio ambiente o ponga en riesgo los recursos de las generaciones futuras.

Demanda y oferta de energía eléctrica

La demanda de electricidad ha crecido en México a un ritmo mayor que el de la economía en su conjunto, como puede comprobarse observando el siguiente cuadro referente a las ventas totales de energía en el país:

Año	GWh	Ventas variación %	PIB variación %
1992	97 570	-	-
1993	101 277	3.8	0.4
1994	109 533	8.2	3.5
1995	113 366	3.5	-6.9
1996	121 573	7.2	4.9
1997	130 255	7.1	7.0
1998	137 210	5.3	4.9
1999	144 996	5.7	3.7
2000	155 350	7.1	6.6
2001	157 204	1.2	-0.3
2002	160 203	1.9	0.8
2003	160 384	0.1	1.4
2004	163 509	1.9	4.4

El crecimiento promedio de las ventas de electricidad ha sido de 4.42% en los años considerados, mientras que el del Producto Interno Bruto ha sido de 3.5% en el mismo período; se puede apreciar también que las ventas de energía se elevan o disminuyen en consonancia con las alzas y bajas del PIB, pero generalmente el crecimiento anual de aquéllas es superior al de éstas; las dos excepciones corresponden a los dos últimos años, lo cual puede atribuirse a la recesión experimentada por la industria, principal consumidora de electricidad. Dado el crecimiento de la economía que se ha iniciado desde 2003 se puede estimar conservadoramente que la demanda de electricidad se incrementará a una tasa anual promedio de 5.6% en los próximos años.

Las causas del acelerado crecimiento de la demanda son fundamentalmente tres: la creciente dependencia de la vida moderna a la electricidad, tanto en las actividades económicas como en el consumo de las familias; la gradual mejoría de los niveles de vida como lo indica el crecimiento promedio del PIB per cápita y últimamente el lento mejoramiento de la distribución del ingreso; por último, el llamado efecto demostración, es decir, la imitación un tanto ilógica de los patrones de consumo de los países desarrollados que contemplan cada vez más de cerca las familias gracias a los modernos medios de comunicación, lo cual da por resultado, por ejemplo, la multiplicación de enseres domésticos en los hogares (refrigeradores, hornos, lavadoras, aparatos de televisión, etcétera).

Hasta ahora México ha podido ir aumentando la capacidad instalada de generación de acuerdo al incremento de la demanda, por lo que las fallas en el suministro del fluido deben atribuirse a deficiencias en la transmisión, operación y mantenimiento.

La capacidad generadora de México en el año 2003 fue de 49,672 MW, distribuida en las siguientes proporciones como se muestra a continuación:

Comisión Federal de Electricidad	74%
Contratada por CFE	14%
Autoabastecimiento	6%
Cogeneración	3%
Luz y Fuerza del Centro	2%
Usos propios	1%

Ciertamente la electricidad producida en ese año siguió las mismas proporciones que las de la capacidad, por lo que se puede decir que 75% de la electricidad fue generada por el sector paraestatal (CFE y LFC) y el resto fue producido por el sector privado a través de diversas formas de generación que se hicieron posibles gracias a las reformas introducidas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en 1992. No obstante lo anterior, la importancia de la aportación de la iniciativa privada ha sido mucho mayor porque en los diez últimos años ha representado alrededor de 40% de la capacidad adicional.

Los hidrocarburos como insumos de la electricidad

Ahora bien, en materia de generación de electricidad México tiene una dependencia mucho mayor hacia los hidrocarburos que los principales países con los que compete, tal como se presenta a continuación:

Generación de electricidad a base de quemar hidrocarburos	
China	4%
Francia	5%
Brasil	8%
Canadá	9%
India	13%
Estados Unidos	20%
Inglaterra	39%
México	67%

El peso proporcional de las diferentes fuentes de energía para producir electricidad ha sido el siguiente:

	1994	2004
	137,538 GWh	208,634 GWh
Gas	6.6%	39.2%
Combustóleo	56.3%	29.4%
Hidráulica	14.6%	12.0%
Carbón	15.1%	11.2%
Nuclear	3.1%	4.4%
Geotérmica	4.1%	3.2%
Diesel	0.2%	0.6%
Eólica	0.0%	0.0%

Como se puede ver, la dependencia hacia los hidrocarburos –sumando gas, combustóleo y diesel– ha aumentado entre 1994 y 2004 al pasar de 63.1% a 69.2%, pero si se toma en cuenta sólo el gas se verá que éste pasó en diez años de 6.6% como insumo para generar electricidad a 39.2%; pero como la producción de fluido eléctrico aumentó 51.7% al pasar de 137.5 a 208.6 TWh en este lapso, en realidad el volumen de gas usado para este propósito se multiplicó por nueve.

En épocas de altos precios del petróleo y del gas esto es una desventaja competitiva importante; además, las reservas de estos hidrocarburos son relativamente escasas en México por lo que existe el peligro de que se agoten si no se hacen cuantiosas inversiones.

En efecto, al ritmo actual de producción, sin contar los incrementos planeados, México tiene reservas probadas de petróleo y de gas natural para tan sólo 13 años debido a que no se han hecho las inversiones necesarias. Es indudable que el país está explotando excesivamente sus yacimientos, pues mientras ocupa el trigésimo cuarto lugar en el mundo en reservas probadas, en producción alcanza el undécimo lugar.

Se podría pensar, como han propuesto algunos expertos, en volver a usar el combustóleo para ahorrar gas, pero con esa medida las reservas totales de petróleo crudo se agotarán también, como ya se ha dicho, en trece años al ritmo de explotación actual y si no se incrementa el volumen de las inversiones. Por otra

parte, el gas que se produce en el país viene en su casi totalidad asociado a la producción de crudo y se extraen ambos de los mismos pozos.

La escasez de reservas de petróleo es sobre todo grave en la región norteamericana, donde la producción/reservas es de 11 años en Estados Unidos y de 16 años en Canadá, lo que indica que México no puede esperar importar hidrocarburos de sus dos vecinos septentrionales cuando se agoten sus reservas. Igualmente esto explica que los precios del petróleo y del gas en esta región sean mayores que en el resto del mundo y por ende que en México sea más cara la electricidad, como puede verse en el cuadro que se presenta a continuación:

Costo de consumo en dólares		
País	Electricidad MWh	Gas Millones de BTU
México	75.00	7.85
Venezuela	24.14	0.51
Brasil	45.80	3.33
Argentina	66.06	1.79
Estados Unidos	44.60	10.50
Inglaterra	55.90	4.75
Bélgica	62.77	4.95
Francia	61.08	4.76
Alemania	59.76	4.95

No existe, por supuesto, una relación constante entre el costo de los hidrocarburos y el de la energía eléctrica; muchos países que por carecer de petróleo y gas tienen que adquirirlos a altos precios compensan esta situación con su gran generación hidroeléctrica, nuclear, eólica o con novedosas fuentes energéticas.

Existen varios caminos para posponer la extinción de las reservas; uno de ellos es instrumentar un programa drástico de ahorro de energía cuya arma natural debería ser el incremento de tarifas, ya que las campañas de publicidad, el horario de verano y la represión del

robo de energía que comete principalmente el sector informal son soluciones insuficientes.

Desgraciadamente, elevar las tarifas a la industria y en general al sector productivo contribuye a la pérdida de competitividad del país, e incrementar las tarifas a los hogares con mayores consumidores de electricidad constituirá una medida, además de impopular, de muy difícil instrumentación y de escasos resultados, tanto en lo que respecta a la energía ahorrada como en los ingresos que se recauden.

Una medida mucho más importante debería ser el invertir ingentes sumas para explorar y exportar nuevos yacimientos de petróleo y gas; desafortunadamente ni el gobierno ni Pemex cuentan con recursos suficientes y la intervención del capital privado o está prohibida o severamente limitada por la legislación, a cuya reforma se oponen numerosos legisladores.

Es evidente por lo tanto que desde ahora México tiene que ir liberándose de su dependencia hacia los hidrocarburos, para generar electricidad y no esperar el agotamiento de sus reservas o el descubrimiento de nuevas. La solución debe encontrarse en el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía, preferentemente las renovables.

Fuentes alternas de energía

Carbón

En México se ha venido utilizando la hulla desde tiempo atrás para generar electricidad en cuatro unidades de 300 MW de la Central López Portillo y en otras cuatro de 350 MW de la Central Carbón II, ambas cercanas a los yacimientos carboníferos de Río Escondido en el estado de Coahuila. La electricidad generada en ellas es de consideración, ya que en 1994 significaba 15.1% del total nacional y en 2004 11.2%, pero esta disminución en el porcentaje no quiere decir que haya descendido su producción, sino que entre esos dos años la generación total del país se incrementó en casi 52%.

La Secretaría de Energía prevé una recuperación importante del uso del carbón para generar electricidad, que en la actualidad monta a 11 millones de toneladas al año y que en 2011 ascendería a 25 millones de toneladas, con lo que su importancia relativa pasaría a representar 23% respecto de la generación total.

No se ven, sin embargo, mayores posibilidades de expansión de este tipo de generación por ser altamente contaminante o si se prefiere sucio, y por ser escasas las reservas de carbón de bajo contenido de azufre, como es el caso de las de Río Escondido y cuando éste es alto es preciso hacer fuertes inversiones en equipos anticontaminantes para el control de las emisiones de SO₂ (dióxido de azufre); en todos los casos el carbón mexicano tiene un alto contenido de ceniza.

1,228.64 GWh anuales, esto es, la décima parte de toda la energía hidroeléctrica del país; la presa, cuyo costo es de 800 millones de dólares contendrá 2,400 millones de metros cúbicos de agua, equivalentes al consumo anual de agua potable de la ciudad de México y ahorrará dos millones de barriles de combustóleo al año.

El Cajón forma parte del Sistema Hidrológico Santiago, el cual comprende 27 proyectos con un potencial de 4,300 MW del cual ya está construida desde 1994 la central de Aguamilpas, también en Nayarit, con una capacidad de 900 MW. El embalse de El Cajón contribuirá a regular los descubrimientos de la cuenca y beneficiará a la central de Aguamilpas, ya que al recibir su vaso las aportaciones reguladas del río incrementará su generación firme y se reducirán las probabilidades de derrama por su vertedor.

Al ritmo actual de producción, sin contar los incrementos planeados, México tiene reservas probadas de petróleo y de gas natural para tan sólo 13 años debido a que no se han hecho las inversiones necesarias. Es indudable que el país está explotando excesivamente sus yacimientos, pues mientras ocupa el trigésimo cuarto lugar en el mundo en reservas probadas, en producción alcanza el undécimo lugar

Energía hidroeléctrica

Cronológicamente fue el agua la primera fuente para generar energía eléctrica en México pero en la actualidad (2004) únicamente representa 12% del total generado y sigue perdiendo importancia porcentual pues hace diez años significaba 14.6%; esto no quiere decir que haya disminuido la generación hidroeléctrica, que pasó de 20, 080 a 25, 036 GWh, sino que su crecimiento fue inferior al general.

En 2006 se pondrá en operación el proyecto hidroeléctrico El Cajón, sobre el Río Santiago en el estado de Nayarit, cuya capacidad instalada será de 750 MW para generar en promedio

Si bien el costo de producción de electricidad por medio del agua es considerablemente menor que quemando hidrocarburos y otras fuentes no renovables, la inversión necesaria para construir centrales hidroeléctricas como las de Aguamilpas y El Cajón es necesariamente muy elevada, lo que explica que este tipo de obras se lleve a cabo en un país con escasez de capitales como el nuestro a razón de uno por década.

A lo anterior se aúna el que el territorio nacional es por lo general árido o semiárido y carece de grandes ríos navegables, lo cual da por resultado el que para el futuro el crecimiento de la generación hidroeléctrica sea muy limitado: además

de las ya previstas se podría esperar una que otra gran presa en el Pánuco o en el Balsas, pero su construcción es incierta; una en el Usumacinta exigiría un tratado con Guatemala y se enfrentaría a la oposición de los ecologistas.

Hasta ahora el gobierno solamente ha anunciado la próxima construcción de otras dos obras monumentales: la de La Yesca, también en Nayarit, y la de La Parota en Guerrero, aunque en esta última se presenta la oposición de ejidatarios de la zona.

Precisamente por las limitaciones a que se enfrenta la construcción de grandes presas hidroeléctricas la Secretaría de Energía ha pensado en recurrir a la minihidráulica, es decir, a la fuerza del agua en canales de riego y pequeñas represas; únicamente en los canales se ha estimado un potencial económicamente aprovechable de 300 MW o más. La Conae ha localizado unos 100 sitios en los estados de Veracruz y Puebla con un potencial anual de 3,570 GWh, o sea, una capacidad instalada de 400 MW aproximadamente.

Ya para 2002 se habían dado seis permisos de operación minihidráulica para generar 120 GWh anuales correspondientes a una capacidad instalada de 32 MW; para 2011 se contarán unos 284 MW instalados con capacidad de generación de unos 1,373 GWh, considerado un rápido crecimiento anual de 5% a partir de 2005.

Los costos de instalación de las plantas minihidráulicas son bajísimos estimándose entre 800 y 6,000 dólares por KW y lo mismo sucede con los de generación que oscilan entre los 3 y 45 centavos de dólar por KWh; sin embargo, esta tecnología sólo significa una muy pequeña contribución a la solución de satisfacer la creciente demanda nacional de electricidad.

Geotérmica

México es el tercer país productor de electricidad geotérmica después de Estados Unidos y Filipinas; sin embargo el potencial de crecimiento es cada vez menor y el costo de la energía no es muy

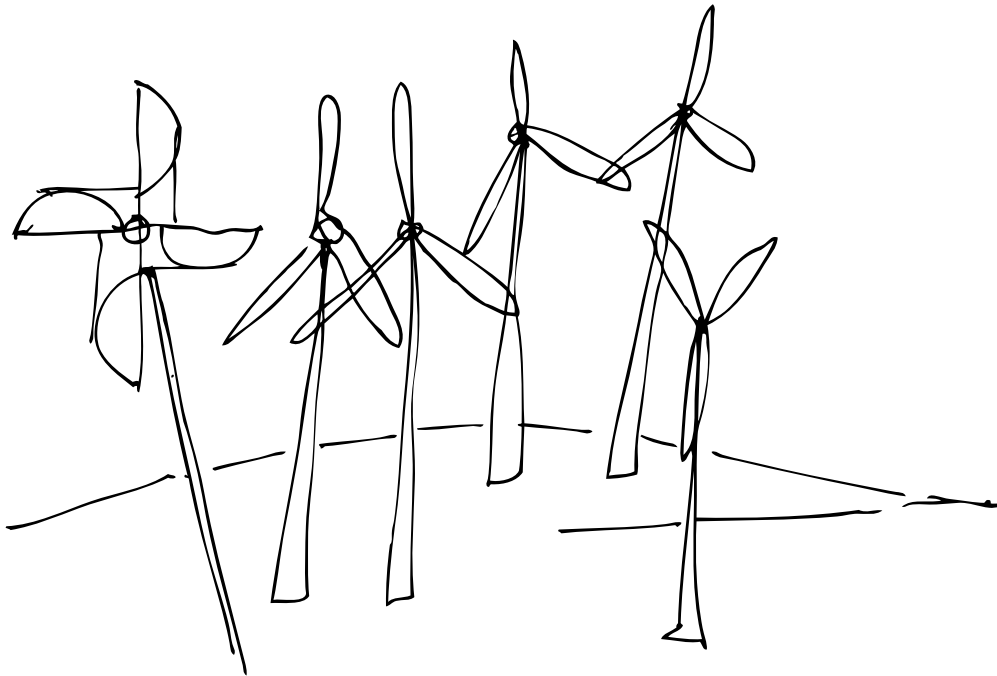
atractivo. El procedimiento consiste en perforar un pozo en busca de vapor, el cual se usa para mover turbinas; el condensado se reinyecta al interior de la caldera volcánica. Con el tiempo es factible que se desarrolle la tecnología para aprovechar la roca caliente, el magma u otros recursos.

En 1994 4.1% de la electricidad generada en el país fue geotérmica, esto es, 5,643 GWh; en 2004 la electricidad generada por esta fuente subió a 6,676 GWh, pero su importancia relativa respecto a la total descendió a 3.2%. En la actualidad existe una capacidad instalada geotérmica de 953 MW. Las principales zonas geotérmicas en operación son:

- Cerro Prieto, Baja California: opera desde 1973; tiene cuatro plantas para una capacidad total de 720 MW, la última de las cuales se inauguró en 2000.
- Los Azufres I (1982) y Los Azufres II (2003): cerca de Ciudad Hidalgo, Michoacán, con capacidad combinada de 188 MW.
- Los Humeros: entre Puebla y Veracruz; opera desde 1990 con una capacidad de 35 MW.
- Las Tres Vírgenes: Baja California Sur, opera desde 2001 con una capacidad de 10 MW.

Además, se estudia el potencial de las siguientes zonas:

- La Primavera, Jalisco, con una posible capacidad de 75 MW.
- Piedras de Lumbre, Chihuahua, donde opera una pequeña planta para el poblado de Maguarichic.
- San Bartolomé de los Baños, Guanajuato.
- Ixtlán de los Hervores, Michoacán.
- Acoculco, Puebla.
- El Chichonal, Chiapas.
- La Soledad, Chiapas.
- San Pedro Dome, Chiapas.
- San Antonio el Bravo, Chiapas.
- Agua Caliente, Chiapas.
- Santispac, Chiapas.
- San Diego-El Naranjo, Chiapas.
- El Tacaná, Chiapas.



La Comisión Federal de Electricidad ha comprobado la existencia de 1,400 sitios termales en 27 estados del país y ha estimado su potencial geotérmico en 2,400 MWe (mega watt eléctrico) para los sistemas hidrotermales de alta entalpía, esto es, de temperaturas mayores a 180°C y algunos investigadores han calculado un potencial de 20,000 MWt (mega watt térmico) en los de menos de 180°C. El impacto ambiental de las plantas geométricas es mínimo y se puede evitar casi por completo y el costo de generación de un KWh es el muy reducido de entre 4 y 7 centavos de dólar.

Biocombustibles

El experto ecólogo Gabriel Quadri hace notar con agudeza que ante la inusitada carestía de los hidrocarburos la magia de los precios como mecanismo de asignación de recursos empieza a surtir un efecto esperanzador para el ambiente en el mundo al alentar la investigación de nuevas fuentes de energía renovables y de bajas emisiones netas de gases de efecto invernadero; entre ellas lista a los biocombustibles.

Entre estos se encuentra el biogás, término con el que se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaeróbicas. Su principal atractivo es que no aumenta en forma neta la cantidad de gases invernadero que se emiten a la atmósfera, ya se recuperen o no para ser quemados y emitidos como bióxido de carbono o emitidos en forma natural como gas metano.

El biogás se puede obtener directamente de los rellenos sanitarios de basura, plantas de compostación, plantas de tratamiento de aguas residuales, fosas sépticas, etcétera. El proceso consiste en succionar los gases emitidos, comprimirlos, eliminar el agua arrastrada a través de la condensación y envasarlos en cilindros a presión.

También se pueden construir plantas específicas para producir biogás; éste se produce en un recipiente cerrado o tanque denominado biodigestor, el cual puede ser construido con

diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico. El biodigestor posee un conducto de entrada a través del cual se suministra la materia orgánica (por ejemplo, estiércol o heces humanas, aguas sucias de las ciudades, residuos mataderos) y un conducto de salida en el cual el material ya digerido por la acción bacteriana abandona el biodigestor. El proceso de digestión libera la energía química contenida en la materia orgánica la cual se convierte en biogás (gas metano).

Este gas se puede utilizar como fuente de energía eléctrica o para cocinar y es un tipo de energía renovable y no contaminante, además de traer otros beneficios tales como:

- Transformar los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.
- Mejorar las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de moscas, etcétera.
- Favorecer la protección del suelo y vegetación logrando menor deforestación.
- Beneficios macroeconómicos a causa de la sustitución de energía y fertilizantes, aumento de los ingresos e incremento de la producción agropecuaria.
- Beneficios macroeconómicos como la generación descentralizada de energía, reducción de los costos de importación y protección ambiental.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas calcula que las 90,000 toneladas de desechos sólidos municipales de México podrían permitir la instalación de una capacidad de unos 150 MW y que esta alternativa puede ser rentable para ciudades medianas y grandes.

Ya en 2002 se dieron dos permisos por la CRE para generar electricidad a partir de los rellenos sanitarios municipales de Monterrey, lo que dio lugar a la instalación de 10.8 MW para generar 54 GWh al año. Posteriormente se han dado otros 44 permisos para generar electricidad por medio de sistemas híbridos de combustóleo y bagazo de caña con capacidad total de 391 MW y generación de 709 GWh. Existen proyectos para los municipios de Atizapán, Tlalnepantla y Calimaya en el Estado de México, así como para Aguascalientes y la delegación Miguel Hidalgo en el D. F.

La inversión realizada en México en estos proyectos está en un rango de 630 a 1,170 dólares por K instalado y el costo del KWh generado es de cuatro a seis centavos de dólar. El embajador de Estados Unidos anunció un apoyo de 500 mil dólares para este propósito en otros rellenos; también se espera financiamiento del Banco Mundial y del Fondo Monetario Internacional, aunque no de recursos presupuestales nacionales, pues estos proyectos son privados.



Hay poco interés en conectar las líneas de energía eléctrica producida con biogás a la red de CFE ya que esta institución paga el fluido al 85% de su costo de producción por lo que se prefiere autoconsumir la electricidad en el alumbrado público a través de redes aisladas.

Aunque no sirve para producir electricidad vale la pena mencionar el biodiesel, un biocombustible renovable usado en motores para sustituir el uso de hidrocarburos. El biodiesel se obtiene de aceites vegetales no aptos para consumo humano o animal, como por ejemplo aceites arranciados, aceites previamente usados para freír, aceites extraídos a partir del tercero o cuarto prensado de oleaginosas, etcétera. La conversión implica craquear o transesterificar los aceites para romper las cadenas largas. Ya existe una planta generadora de biodiesel en Cadereyta, Nuevo León.

Según el ingeniero Quadri, se ha desatado en el mundo un desarrollo sin precedente para producir etanol (alcohol) a partir de la fermentación de las mieles de la caña de azúcar o maíz y pronto del bagazo y otros celulósicos; se encuentran en construcción, más de 50 refinerías de etanol en Brasil, Estados Unidos, Australia, India y China para producir biocombustible no contaminante cuyo costo se ha reducido a 20 centavos de dólar por litro; se prevé que pronto el etanol será más barato que la gasolina, siempre que el precio del petróleo se mantenga por arriba de los 30 dólares por barril. El etanol está siendo ya utilizado por la mayor parte de los autos nuevos producidos en Brasil y no se ve razón alguna para que en el futuro no sirva también para generar electricidad.

Energía solar

México tiene un futuro altamente promisorio en este tipo de generación de electricidad, ya que más de las tres cuartas partes de su territorio disfrutan de una insolación media capaz de producir 5 kWh diarios por metro cuadrado de suelo.

La conversión de energía solar a electricidad a base de celdas fotovoltaicas apenas tiene ahora una eficiencia de un 15%, aún así un

metro cuadrado de celda es capaz de hacer funcionar un televisor. Para usar la electricidad durante la noche se requieren baterías para acumular la energía no acumulada durante el día, pero en una planta de tamaño mayor que el chico no es costeable instalar baterías por lo que la energía se conecta a la red eléctrica para ser consumida de inmediato; en este caso las plantas solares sólo sirven para apoyar durante el día a las plantas convencionales.

La mayor central de energía solar del mundo con una inversión de 20 millones de euros se inauguró el 9 de septiembre de 2004 en la ciudad de Espenhain, cerca de Leipzig con 33,500 paneles solares y una capacidad de producción de únicamente 5 MW.

El principal uso de la energía eléctrica solar es actualmente el de autoconsumo particular; en el estado de California las casas con sistemas de captura de energía solar reciben incentivos tales como reducciones de impuestos y el reembolso de 2.80 dólares por vatio alimentado a la red; otros estados ofrecen diferentes incentivos.

Otro sistema para generar electricidad utilizando los rayos solares es el térmico; en este caso se concentra la luz en un solo punto por medio de espejos parabólicos a fin de generar temperaturas mayores a los 200°C y generar vapor a presión para mover turbinas. Las eficiencias aún son muy bajas y no existen plantas que operen comercialmente.

Con la tecnología existente a base de paneles fotovoltaicos es posible la instalación en nuestro territorio de un sinnúmero de pequeñas plantas para electrificar localidades aisladas no conectadas a la red nacional de transmisión; la capacidad solar instalada está ya proporcionando energía para bombear agua, iluminación doméstica en comunidades rurales, telefonía rural, repetidoras de microondas y señalamiento terrestre y marítimo, esta circunstancia hace atractiva la inversión a pequeñas y medianas empresa de capital nacional para surtir de electricidad a este tipo de municipios y comunidades.

La capacidad instalada de este tipo de plantas en nuestro territorio ha pasado de 7.1 a 14.3 MW entre 1993 y 2001, lo que significa un crecimiento promedio anual a la tasa acelerada de 9%, ritmo que es incluso inferior al mercado mundial internacional de electricidad solar que ha crecido de 7,000 a 1,000 millones de dólares entre 2003 y 2004.

La Comisión Nacional de Energía (Conae) calculó que para 2001 ya había más de 115,000 metros cuadrados de paneles fotovoltaicos instalados en el país con generación de unos 8.4 GWh por año; la misma Conae estimaba que para 2011 habría 28 MW instalados para generar 16.5 GWh, lo que significaría una tasa de crecimiento anual del 7%. La Comisión Federal de Electricidad tiene ya instalada con carácter experimental una planta en San Juanico, Baja California Sur, con capacidad de KW fotovoltaicos y un motogenerador diesel de 80 KW; además ha diseñado un ambicioso proyecto para

entre 2,000 y 4,000 dólares y la generación entre 10 y 25 centavos de dólar por cada KWh (12).

Las diversas fuentes de energía diferentes a los hidrocarburos hasta aquí tratadas tienen ciertamente gran importancia complementaria porque sumadas representan ya más de la cuarta parte de la generación total del país y podrían volver a alcanzar casi 40% como ya sucedió diez años atrás; sin embargo constituyen sólo una solución parcial al problema de la excesiva dependencia que sufre la electricidad de combustóleo, gas y diesel. Ofrecen mayores perspectivas la generación eólica y la nuclear.

Energía eólica

La generación de electricidad aprovechando la fuerza del viento ha tenido un incremento espectacular en los últimos veinte años como consecuencia de que es un procedimiento no contaminante, cuya inversión en la instalación se calcula en 1000 dólares por KW instalado



instalar una planta termosolar con capacidad de 40 a 50 MW que triplicaría lo existente.

En el mediano plazo la generación de energía solar no pasará de la fase experimental por el alto costo que significa en esta fase del avance tecnológico tanto de los sistemas fotovoltaicos como de los fototérmicos; en el primer caso un KW instalado requiere una inversión de entre 3,500 y 7,000 dólares para generar fluido al costo de entre 25 y 150 centavos de dólar por KWh; en el segundo, la instalación de un KW cuesta

y cuyo costo de operación se sitúa entre 5 y 11 centavos por dólar por KWh generado. Este método de producir energía se está perfilando como la siguiente alternativa novedosa después de la tecnología nuclear.

Los sistemas eólicos generalmente cuentan con torres de unos 30 metros de alto con hélices de tres aspas que se orientan automáticamente a la dirección del viento; las hélices mueven generadores eléctricos con capacidad de hasta 1 MW.

La electricidad eólica ha dejado de ser una posibilidad de laboratorio para convertirse en una muy importante fuente de generación; según comenta Quadri, la General Electric que originalmente creó una subsidiaria de turbinas eléctricas como curiosidad para ofrecer una imagen corporativa de vanguardia estima sus ventas en 2005 en casi 2,500 millones de dólares y similar al comportamiento han seguido Shell y British Petroleum.

En el mundo ya existía en marzo de 2004 una capacidad instalada de 38,400 MW de los cuales 28,800 correspondían a la Unión Europea, como puede observarse en los siguientes ejemplos:

Principales países con capacidad eólica instalada de más de 100 MW	
País	MW
Alemania	14 609
España	6 374
Estados Unidos	6 202
Dinamarca	3 114
India	2 120
Holanda	939
Italia	904
Reino Unido	710
Austria	415
Suecia	407
Grecia	375
Canadá	323
Francia	240
Portugal	199
Australia	197
Irlanda	186

Da una idea del dinamismo de esta forma de generación en la Unión Europea el que ya para el 31 de diciembre de 2004 su capacidad instalada eólica fuera de 34,100 MW y el de España de 8,155, lo que indica un crecimiento de 18.4% y de 29.9% respectivamente en sólo nueve meses. A finales de 2004 la capacidad en la UE fue la siguiente en MW:

Alemania	16 630
España	8 155
Dinamarca	3 120
Italia	1 125
Holanda	1 080
Reino Unido	890
Austria	605
Portugal	520

El objetivo previsto en el Libro Blanco de la UE para el año 2010 es el de 40,000 MW, con lo que ya en 2004 se alcanzó 85% de esa meta. Existe en la actualidad un mercado mundial de 20,000 millones de dólares anuales para la energía eólica y la demanda y la oferta siguen acelerándose; en Dinamarca se están construyendo aerogeneradores de electricidad de 5 MW para ser situados en el mar en un alarde de tecnología de vanguardia.

Si bien Alemania es el país que tiene mayor cantidad instalada de electricidad por la vía eólica, es España el que ocupa el primer lugar no sólo por ser la de más dinámico crecimiento sino porque este tipo de generación representa 29.4% de su capacidad total instalada, en otras palabras, casi la tercera parte de la electricidad generada proviene de la fuerza del viento.

Son varias las razones que explican el auge que está teniendo en el mundo la electricidad eólica, entre las que se pueden listar las siguientes:

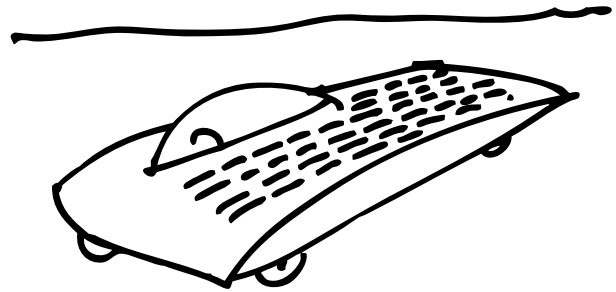
1. Depende de una fuente de energía segura y renovable.
2. No produce emisiones a la atmósfera ni genera residuos.
3. Utiliza instalaciones móviles cuyo desmantelamiento permite recuperar totalmente la zona.
4. Requiere de un rápido tiempo de construcción (inferior a 6 meses).
5. Su instalación y la electricidad que genera son sumamente económicos.
6. Su operación es compatible con otros muchos otros usos del suelo.
7. Se crean puestos de trabajo.

La principal desventaja de este procedimiento según Reséndiz es que no es viable más que para vientos de entre 5 y 20 metros por segundo; con velocidades inferiores a cinco metros los aparatos no funcionan y por encima de veinte deben pararse para evitar daños a los equipos; otra desventaja, escribía el mismo autor en 1994, son las grandes dimensiones de las aspas de la turbina para alcanzar potencias superiores a 100 KW por lo que las más comunes son de alrededor de 10 KW, aunque ya para entonces Estados Unidos había ensayado modelos de generadores eólicos con potencias cercanas a 2.5 MW y Suecia había construido unidades de 3 MW con torres superiores a 70 metros.

El paso del tiempo ha reducido las objeciones de Reséndiz: la instalación en La Ventosa, Oaxaca, recibe vientos de hasta 25 metros por segundo y España probablemente ha puesto en operación en 2005 unidades de 5 y 10 MW; por otra parte parecería que con la multiplicación de las torres y aspas se subsanan las limitaciones al tamaño de los equipos. En España se han listado las siguientes desventajas de este procedimiento, indudablemente de mucho menor peso:

- a) Su instalación modifica el paisaje.
- b) Tiene impacto sobre la fauna por las aves que chocan contra las aspas y porque modifican sus comportamientos habituales de migración y anidación.
- c) El choque del aire contra las aspas produce un molesto ruido constante por lo que la casa más cercana deberá estar a cuando menos 200 metros.

En contraste con el auge experimentado por la generación eléctrica en Europa y en especial en España, nuestro país tiene apenas instalados unos 5.5 MW distribuidos en la siguiente forma: 600 KW instalados por la CFE en Guerrero Negro, Baja California Sur, otros 550 KW de la Compañía Cementos Apasco en Ramos Arizpe, Coahuila, una central piloto de 1.6 MW de la CFE en La Venta, Oaxaca y otros 3 MW instalados a lo largo del país en pequeños aerogeneradores y bombas de agua que en conjunto produjeron



en 2001 cerca de 10.6 GWh. El proyecto de La Venta fue la primera incursión de la CFE en la generación eoloeléctrica, pero desde su inauguración en 1994 operó con pérdidas al ser una pequeña instalación que emplea siete aerogeneradores de 0.23 MW por aerogenerador.

Esta casi nula capacidad instalada se compara muy desfavorablemente con los 136 MW de únicamente las Islas Canarias y todavía más con el potencial calculado en 2002 por la Secretaría de Energía de más de 5,000 MW económicamente aprovechables en las siguientes zonas ya identificadas: sur del Istmo de Tehuantepec (con potencial de 2,000 a 3,000 MW); penínsulas de Yucatán y Baja California; centro de Zacatecas y resto del país. Aún esta estimación resulta muy conservadora si se toman en cuenta lo montañoso del territorio, la longitud de las costas y la extensión del territorio, cuatro veces la de España, país que se propone llegar a una capacidad instalada de 12,000 MW.

La capacidad instalada de electricidad eólica en México experimentará en 2006 un fuer-

te incremento, aunque todavía dentro de límites muy modestos. En octubre de 2005 la Comisión Federal de Electricidad y el consorcio de empresas españolas Iberdrola y Gamesa Eólica firmaron un contrato para ampliar la central de energía eólica de La Venta II, en Oaxaca; este consorcio ganó en agosto de este año la licitación para construir esta obra a la que concurren varias empresas especialistas.

Los contratistas se obligan a entregar en 330 días naturales instalaciones con capacidad de generación de 83.3 MW utilizando 98 aerogeneradores con capacidad de 0.85 MW por aerogenerador. Los contratistas construirán además dos estaciones y dos alimentadoras, así como una línea de transmisión con una longitud de 17.8 km para conectar la energía generada con el sistema eléctrico nacional, todo ello con un costo de 110 millones de dólares.

La idea de ligar la energía eólica generada en La Venta con el sistema hidroeléctrico del Grijalva es la siguiente: las centrales hidroeléctricas almacenan energía en la forma de agua embalsada en las presas, por lo que cuando se requiere que produzcan más energía las hidroeléctricas deben liberar más agua para mover sus generadores; con la electricidad eólica conservando así las reservas de agua de la cuenca para futuras necesidades. Entre los proyectos en marcha se encuentra el de la firma española Préñela, para construir varios parques eólicos en Ensenada y el de Lamenta III, cuya licitación se prepara ya; otros proyectos como el del Cerro de la Virgen fueron cancelados por trabas burocráticas.

El costo de inversión de una central eléctrica eólica es según Quadri de poco más de un millón de dólares por MW, lo cual coincide con la información proporcionada por la Secretaría de Energía; el costo de operación es casi nulo y el costo de la electricidad generada es muy bajo, de entre 5 y 11 centavos de dólar por kWh.

Energía nuclear

México entró relativamente temprano a la era nuclear cuando en 1966 realizó una investi-

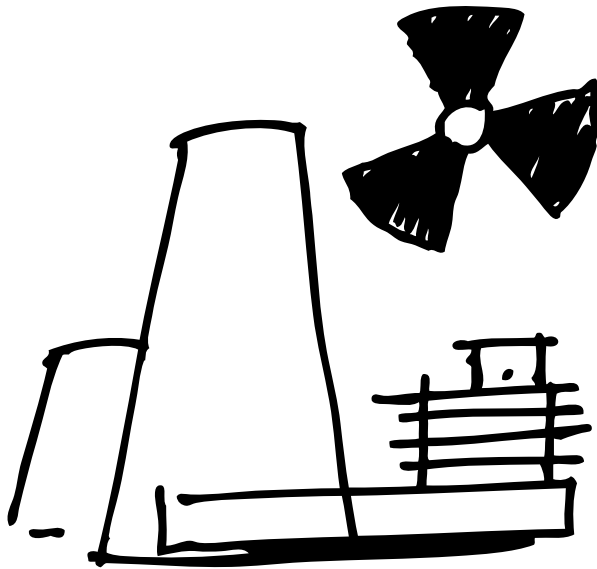
gación para determinar la mejor localización de una planta para finalmente escogerla en Laguna Verde, en la costa del Golfo de México, a unos cientos kilómetros del norte del puerto de Veracruz; en 1969 abrió una licitación para la construcción de una planta con dos reactores, en 1972 la Comisión Federal de Electricidad emitió su fallo concediendo la construcción del primer reactor a Electric Bond and Share Company, EBASCO, la cual no se inició sino hasta el 1 de octubre de 1976.

En el caso del segundo la obra la realizó al año siguiente la CFE con la asesoría de EBASCO y de General Electric; de nuevo hubo una larga demora para poner la planta en operación comercial, lo que no se logró sino hasta el 29 de julio de 1990 en el caso del primer reactor y del 10 de abril de 1995 en el del segundo. La Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde tiene una capacidad efectiva de 11.365 MW, integrada por dos reactores nucleares enfriados con agua convencional de 654 MW, cada uno de los cuales opera a un 90% de su capacidad.

La razón de su inconcebible demora entre el inicio de su construcción y su operación comercial fue la resistencia de los ecologistas y del público en general, temerosos de que se repitiera un accidente en Laguna Verde como el que sufrió la planta de Three Mile Island en Estados Unidos en 1979 o como la de Chernobyl en Ucrania en 1986, con consecuencias desastrosas para el cercano puerto de Veracruz.

Tras estos accidentes la generación de electricidad a través de reactores de fusión nuclear obtuvo muy mala reputación y muchos grupos ambientalistas se dedicaron a hacer campañas en contra de su uso y cada vez que se presentaba un proyecto de construcción se enfrentaba a una gran oposición de la comunidad donde esta se asentaría; así, durante 15 años no se construyeron nucleoeléctricas fuera de Canadá y Francia.

Este temor no ha desaparecido por completo a pesar que desde entonces no se ha producido ningún accidente serio en el mundo



y a pesar también de que la tasa de accidentes en la industria nuclear mundial ha sido en los últimos años de 0.28 accidentes por 100 trabajadores, mientras que la tasa nacional de Estados Unidos fue de 2.6 en 2003.

Se ha encomendado a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, entidad de alta y reconocida competencia técnica, vigilar el cumplimiento de las normas y reglamentos de seguridad para el funcionamiento de las instalaciones radioactivas, así como de los aceleradores de partículas cargadas, aparatos de rayos x de uso industrial, los operadores y prestadores de servicios y las empresas que dan servicio a Laguna Verde en todas sus etapas, desde los combustibles frescos hasta los desechos.

La conciencia del riesgo que corre el público por el uso de la energía nuclear ha obligado a la entidad reguladora y a la planta de Laguna Verde a acatar escrupulosamente todas las normas de seguridad; este esfuerzo ha merecido desde un principio diversos reconocimientos nacionales e

internacionales: sus dos reactores ingresaron al Club BWR 300 Plus después de haber operado satisfactoriamente durante más de 300 días; en diferentes ocasiones y por diferentes conceptos Laguna Verde ha obtenido la Certificación del Sistema de Calidad ISO; durante la IV Reunión Institucional de Calidad Total de la CFE en 2002 logró el certificado de conformidad con la norma mexicana para el sistema de administración de la seguridad y salud en el trabajo.

Todavía es un argumento de mayor peso a favor de la seguridad de la energía nuclear la extraordinaria difusión que ha tenido en 34 países en los que hay instalados 434 reactores en operación y 23 en construcción, con una capacidad total de 378,064 MW en los cuales no se ha producido ningún accidente de consideración. Los principales países productores de electricidad nuclear en el mundo se muestran a continuación:

Países	Reactores totales	MW
Estados Unidos	104	98 298
Francia	59	63 362
Japón	54	47 835
Federación rusa	30	23 618
Alemania	18	20 643
Corea	19	15 850
Ucrania	14	15 007
Canadá	17	12 113
Reino Unido	23	11 852
Suecia	11	9 451
China	9	8 587
España	9	7 584
México	2	1 365

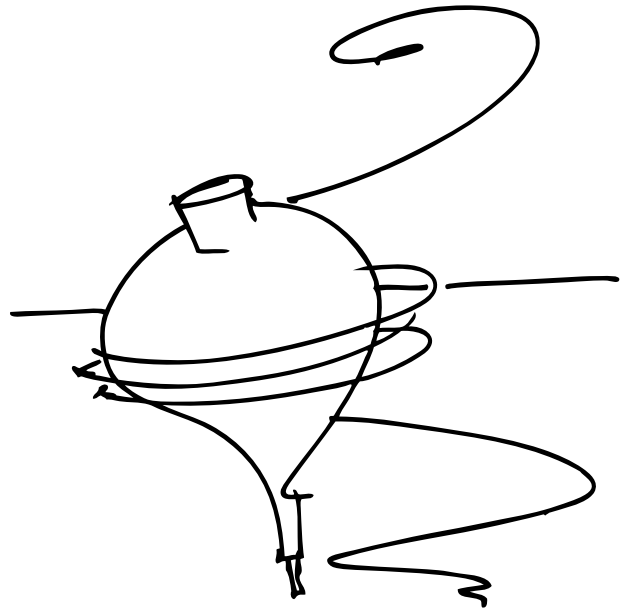
A pesar de que Estados Unidos tienen en funcionamiento el mayor número de reactores con la mayor capacidad instalada, es Francia el país líder en el campo de la generación de electricidad nuclear con el programa nucleoelectrico más completo del mundo, como se demuestra por el hecho de que 78% de su electricidad sea generada por este procedimiento y por el siguiente cuadro comparativo:

País	Energía total nuclear
Francia	78.0%
Alemania	28.3%
España	26.0%
Estados Unidos	20.0%
Canadá	13.0%
Japón	13.0%
China	1.6%
México	6.0%

La gran dependencia francesa a la electricidad nuclear se debe a una situación de alguna manera similar a la de México: sus reservas de carbón se agotaron por completo en abril de 2004, sus ríos si bien caudalosos no tienen declives importantes, sus reservas de gas natural pasaron a constituir el 15% de sus recursos energéticos a un mero 1%, por lo que se convirtió crecientemente en importador de hidrocarburos; hasta aquí termina la relativa similitud con la situación mexicana.

Cuando a finales de la década de los 50 se avizoraba como cada vez más próximo el agotamiento de las reservas energéticas, Francis emprendió una política energética enfocada en el crecimiento constante de su oferta de electricidad enfocada a la utilización de fuentes de energía renovables; primero lanzó un programa de construcción de grandes presas y veinte años después un programa nuclear que la ha colocado en el primer lugar mundial, sólo atrás de Estados Unidos; todo lo anterior sin descuidar otras fuentes renovables como los biocombustibles (madera, desechos urbanos, etcétera).

El que un país como Francia, cuarto consumidor de electricidad en la OCDE, haya optado por depender para su suministro eléctrico de plantas atómicas distribuidas a lo largo y a lo ancho de su territorio continental, muestra la confianza del pueblo francés en la seguridad de este tipo de energía, según lo muestra una reciente encuesta de principios de 2005 realizada por CREDOC (52% de las personas interrogadas le encuentran más ventajas que inconvenientes, 38% más inconvenientes y 10% indecisos).



Además de ofrecer seguridad, la generación nuclear ha ofrecido otras ventajas a Francia: las últimas estadísticas (2004) muestran que la energía nuclear le resulta la menos onerosa, ya que a pesar de los fuertes incrementos recientes de los precios de los hidrocarburos el gasto total del país en energía ha disminuido de 50,000 millones de euros en 1981, esto es 5% del PIB, a 28,000 en 2004, o sea 1.8% del PIB. El uso de la electricidad nuclear significó para Francia el ahorro de 36 millones de toneladas de carbón y la eliminación consiguiente de contaminantes equivalente a casi la totalidad de las emisiones de los automóviles y camiones en las carreteras y caminos.

Al lado de los países listados es mínima la instalación de dos reactores con una capacidad de 1,365 MW en Laguna Verde a los que quizá podrían agregarse el reactor de investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y dos ensambles subcríticos, uno en la Universidad Autónoma de Zacatecas y otro en el Instituto Politécnico Nacional; igualmente

mientras en la actualidad hay en el mundo 23 reactores nuevos en construcción en México no se tenía contemplada la adición de ninguno; esta situación acaba de cambiar con la aparición el 7 de diciembre de 2005 del Programa de Obras e Inversiones del Sector Público 2005-2014 (POISE), donde se anuncia la ampliación de inmediato de Laguna Verde en 196 MW y de 22,000 MW para 2015 en una nueva central cuya localización no se especifica.

La decisión de emprender por fin en grande escala un programa de expansión nuclear es sumamente acertada dadas las limitadas posibilidades de crecimiento de la generación de electricidad usando otras fuentes de energéticos; no sólo permitirá el ahorro de hidrocarburos, tanto combustóleo como gas, sino que producirá una energía limpia y barata como se verá a continuación:

Costo en pesos por KWh	
Diesel	1.65
Ciclo combinado (gas)	0.81
Nuclear	0.74
Hidroeléctrica	0.62

Es cierto que la energía hidroeléctrica es más barata que la nuclear, pero como ya se ha advertido en el apartado respectivo de este trabajo, la construcción de este tipo de plantas es cara y la escasez de agua en el país limita su desarrollo.

Después de 30 años sin accidentes graves en la industria nuclear mundial parece estar ya resuelto el problema de la seguridad en la operación de las plantas sobre todo por los avances de la tecnología en este campo; el único problema importante que queda en materia de seguridad es el del almacenamiento de los desechos radioactivos, cuya peligrosidad tarda siglos en desvanecerse. Una planta típica de 1,000 MW genera al año unos 300 m³ de residuos de bajo nivel y 30 toneladas de alto nivel; estos desperdicios se han manejado en el mundo con éxito en depósitos subterráneos

con contenedores sellados, fundamentalmente con técnicas desarrolladas en Francia.

En México los desechos de nivel bajo e intermedio producidos en los procesos médico e industrial son almacenados en un depósito especial; además se espera sellar este depósito en un futuro cercano para evitar problemas de orden fundamentalmente social en la población que en número creciente se está avocando en las cercanías.

En cuanto a los desperdicios de Laguna Verde, los de alto nivel de radioactividad producidos en ella se están almacenando en la misma planta y se están realizando estudios detallados de ingeniería para determinar el diseño de un depósito de "triple barrera", conforme a la técnica francesa, tanto para los desechos de nivel alto como de bajo e intermedio. El depósito está concebido para albergar los desperdicios producidos por cuatro reactores a lo largo de su vida útil, así como los causados por los procesos médicos e industriales.

Otra limitación a la que se enfrentará la expansión de la industria nuclear en México es la escasez de uranio en su territorio; se han localizado reservas de uranio en el territorio nacional de aproximadamente 2,000 toneladas, pero no se han explotado porque hasta ahora ha resultado más costoso importar el uranio dados los bajos precios existentes en el mercado internacional; el uranio es abundante en el planeta sólo que la mitad aproximadamente se concentra en Australia y Canadá donde, por ejemplo, la empresa Energy Resources Australia cuenta con 144 millones de libras en reservas uraníferas y la empresa Strathmore Minerals Toronto acumula 150 millones de libras en reservas.

El analista Pablo de los Santos considera que los precios del uranio pueden elevarse verticalmente en las próximas décadas porque prevé que se produzca un nuevo auge de la electricidad nuclear que podría conducir que para 2050 hubiera en operación más de 3,400 reactores. Uno de los detonantes que en el fu-

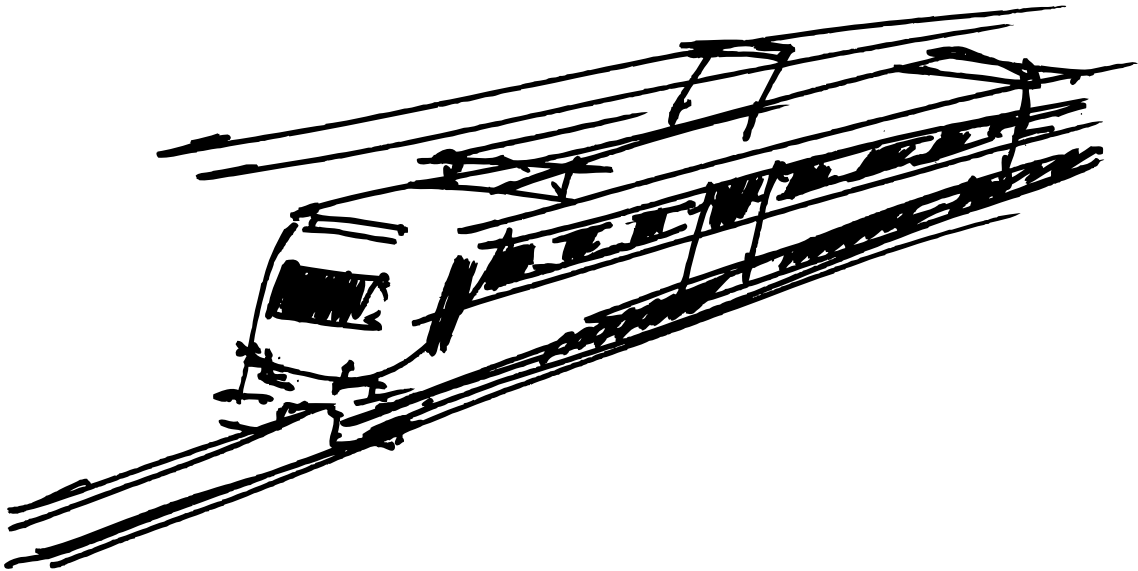
turo próximo “podría magnificar la demanda de uranio a niveles nunca vistos” es que el hidrógeno sustituya a la gasolina como combustible en los automóviles; ahora bien, el hidrógeno no aparece en forma natural sino que hay que separarlo del agua, proceso que exige enormes cantidades de electricidad cuyo costo más bajo se logra mediante la energía nuclear.

Por último, como la utilización de la energía atómica conlleva riesgos a la seguridad nacional, parece evidente que su generación y administración debe corresponder en forma exclusiva al Estado.

nuclear... El uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos”.

En la misma Carta Magna se especifica en su artículo 28 que: “No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: ...minerales radioactivos y generación de energía nuclear, electricidad...”

Posteriormente la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica consigna en su artículo 2° que: “Todos los actos relacionados con el servicio público de energía eléctrica son del orden



Marco jurídico

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 27 que: “Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines”.

Acto seguido agrega: “Corresponde también a la Nación el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía

público”, pero después en su artículo 3° aclara que: “No se considera servicio público la generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción; la generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad”.

Como puede verse, la legislación vigente no deja ningún resquicio para una participación importante del capital privado en la generación y venta de electricidad; igualmente la composición del Congreso y su policitación no parecen dar motivo para esperar modifica-

ciones de fondo a ella; por esta razón en este ensayo no se contempla ningún cambio a la actual normatividad.

No obstante, lo anterior puede interpretarse el artículo 3°, fracción I de la Ley en el sentido de que la venta de electricidad en pequeña escala por una pequeña promesa no debe considerarse como servicio público, lo cual sería muy conveniente para atraer modestos capitales a los casos de energía solar, biocombustibles y, sobre todo, a la energía eólica.

Conclusiones y recomendaciones

1. La demanda de electricidad en México crece a mayor ritmo que su PIB, por lo que debe ser cubierta para asegurar el desarrollo del país.
2. México es cada vez más dependiente de los hidrocarburos (gas y combustóleo) para generar la electricidad.
3. Esta dependencia es sumamente peligrosa porque en un futuro cercano se agotarán las reservas de hidrocarburos, a no ser que se realicen enormes inversiones.
4. Dados los altos precios del petróleo y en especial del gas en la región norteamericana, el costo de la electricidad en México es más alto que el de sus principales países competidores, lo que constituye uno de los factores de su poca competitividad internacional.
5. Para eliminar esta excesiva dependencia es preciso recurrir con creciente intensidad a fuentes alternas de energía como el carbón, la hidráulica, la solar, la geotérmica, los biocombustibles, la eólica y la nuclear.
6. Las reservas de carbón son reducidas y se trata de una fuente muy contaminante; sin embargo en el corto plazo esta fuente de energía tendrá un desarrollo importante pero limitado.
7. Todavía se puede esperar un aceptable desarrollo hidroeléctrico, también en el corto plazo, pero éste es limitado por ser el país en general semiárido y porque además el costo de la construcción de las presas es sumamente elevado.
8. Las tecnologías para generar electricidad utilizando como fuentes los biocombustibles, la geotermia o la energía solar están aún en la fase de experimentación y el fluido producido todavía es muy caro (excepto en el caso de la energía geotérmica).
9. Sin embargo, estas tres fuentes ofrecen perspectivas promisorias en el largo plazo, por lo que es aconsejable que el gobierno otorgue subsidios, exenciones o precios preferenciales a los particulares que generen electricidad por medio de ellas.
10. La instalación de plantas generadoras de electricidad eólica y la electricidad en ellas producida son extremadamente económicas y no contaminantes, lo que explica su extraordinario desarrollo en un creciente número de países; México debería destinar fuertes recursos a esta actividad.
11. La generación de electricidad eólica se presta especialmente a la operación en pequeñas compañías que surtan a pequeñas y medianas poblaciones.
12. Se podría pensar en modificaciones a la normatividad en la materia para que PYMES eléctricas de capital totalmente mexicano prestaran directamente este servicio público o bien que la ley se interpretara en el sentido de que este servicio o no considerara público por ser prestado por pequeñas empresas.
13. México debe entrar de lleno a la era de la energía nuclear para usos pacíficos, bajo el control exclusivo del Estado. Durante un cuarto de siglo han proliferado los reactores nucleares en cada vez mayor número de países sin que se haya registrado ningún accidente de consideración y se han podido confinar los desperdicios radioactivos en lugares seguros. La energía producida es barata y limpia.
14. Se debe lanzar una campaña de apoyo al plan de expansión nuclear de la Comisión Federal de Electricidad, para contrarrestar los ataques de ecologistas y políticos que seguramente sobrevendrán. 