

# Tecnologías en competencia

## ¿Qué generación eléctrica necesitamos en CFE y LFC?

José Manuel Muñoz

[jmmunoz@energia.org.mx](mailto:jmmunoz@energia.org.mx)

Observatorio Ciudadano de la Energía

[www.energia.org.mx](http://www.energia.org.mx)

### I. Introducción

Esta reflexión trata, en lo general, de la nueva capacidad de generación eléctrica que requiere el Servicio Público de Electricidad SPE, de las diversas tecnologías disponibles, y de manera específica, de la crítica a la preferencia por el gas natural que ha mostrado la CFE en los últimos diez años, lo que ha colocado al país en una situación de riesgo por la disminución de alternativas de suministro.

La nueva capacidad es necesaria para satisfacer la demanda de energía eléctrica, misma que es producida por el crecimiento combinado de la población, el producto interno bruto y la electrificación, pendiente que México enfrenta aún<sup>1</sup>.

Las dos empresas estatales encargadas de sostener el SPE, y así cumplir con la obligación legal contenida en la Constitución, la *Comisión Federal de Electricidad* CFE<sup>2</sup> y *Luz y Fuerza del Centro* LFC<sup>3</sup>, tienen ante sí un problema que, en general han sabido solventar desde su fundación. Sin embargo, después de las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, aprobadas en 1992, en el sexenio de Salinas de Gortari, se ha venido dando en la CFE una preferencia por el gas,

#### Electrificación: Tarea Pendiente

México tiene en la electrificación una tarea pendiente, ello a pesar de las declaraciones triunfalistas de cada gobierno federal, que siempre promete acabar con los retrasos en servicios básicos como la electricidad, pero que nunca han sido eliminados. Casi como el analfabetismo que sigue existiendo en el país, con casi 8%.

Así, una primera medida de la tarea por hacer, es la electrificación, vista como cobertura, que según la CFE, es de sólo 96.5%.

Hay otro aspecto de la electrificación, que consiste en el grado de utilización de la energía eléctrica por habitante, que también tiene que ver con el grado de equipamiento en el país, industrial y doméstico; aquí, México tiene un consumo por habitante apenas superior a 1,800 kWh/año, inferior al promedio mundial, que es de 2,200 kWh por habitante, por año.

<sup>1</sup> Según datos de la Secretaría de Energía en su portal de Internet, [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx), la demanda subió un promedio de 4.1% en los últimos nueve años.

<sup>2</sup> [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

<sup>3</sup> [www.lfc.gob.mx](http://www.lfc.gob.mx)

tanto en forma de nuevas plantas en manos de productores externos de energía, PEE<sup>4</sup>, al servicio de la Comisión, como de nuevas plantas de la propia empresa que han hecho crecer el consumo de este combustible.

Este consumo ha llegado mucho más allá de nuestras capacidades productivas; así, lo que primero sucedió fue que el consumo superó la oferta de gas nacional, después se ha venido importando de Texas y ahora en los últimos años, la CFE ha venido desarrollando un costoso sistema de importación de ultramar, con lo que se confirma, con toda claridad, que el continente norteamericano completo, es deficitario en este combustible.

Este es un tema de interés para consumidores industriales, domésticos, gobiernos municipales, agricultores. Prácticamente toda la sociedad está interesada en la electricidad, no solamente porque de esta forma de energía dependen cada vez más el desarrollo económico y el bienestar de la población, también porque la construcción del sistema actual de suministro eléctrico, esfuerzo nacional que ya lleva un siglo de iniciado, con los últimos cincuenta años de importante consolidación, ha sido una tarea nacional. En esto hay mucho más que el logro de empresas individuales o, el cumplimiento burocrático de un mandato; aquí ha estado el esfuerzo y el orgullo de todo un país.

## II. Capacidad instalada

De acuerdo a la Secretaría de Energía, SENER, el SPE tiene una capacidad instalada al 30 de septiembre, de 47,551 MW, repartidos como se muestra en la Tabla 1, tomada del portal citado antes.

	Hidro eléctrica	Termo eléctrica	PEE's 2/	Carbo eléctrica	Nucleo eléctrica	Geotermo eléctrica	Eolo eléctrica	<b>T o t a l</b>
1999	9,618	21,327	-	2,600	1,368	750	2	<b>35,666</b>
2000	9,619	21,772	484	2,600	1,365	855	2	<b>36,697</b>
2001	9,619	22,639	1,455	2,600	1,365	838	2	<b>38,519</b>
2002	9,615	23,264	3,495	2,600	1,365	843	2	<b>41,184</b>
2003	9,615	23,264	6,756	2,600	1,365	960	2	<b>44,561</b>
2004	10,530	23,830	7,265	2,600	1,365	960	2	<b>46,552</b>
2005	10,536	22,820	8,251	2,600	1,365	960	2	<b>46,533</b>
2006	10,566	22,792	9,266	2,600	1,365	960	2	<b>47,551</b>
	22.2%	47.9%	19.5%	5.5%	2.9%	2.0%	0.0%	100.0%

**Tabla 1.**

<sup>4</sup> Los Productores Externos de Electricidad, PEE, son permisionarios que existen desde la reforma a la LSPEE de 1992, y que tienen un contrato de suministro de capacidad y energía con CFE.

### Confusión privatizadora

Como se podrá ver, la Tabla introduce una clasificación que solo parcialmente obedece a criterios de tecnologías, ya que la columna de *Productores Externos de Electricidad*, corresponde a las empresas que tienen un contrato de largo plazo con la CFE, todas consumidoras de gas, mientras que por otra parte, en el grupo llamado *termoeléctrica*, se incluye a un variado conjunto de plantas que han sido la base del desarrollo de la generación eléctrica en el país en los últimos treinta años, donde existe toda una colección de tecnologías.

Es importante hablar de estas centrales, porque a pesar de su edad, se trata de activos en operación, con vida remanente de más de veinte años; periodo más largo que el escenario de planeación de la CFE. Este conjunto de plantas aparece frecuentemente en las argumentaciones de los privatizadores, como *equipos obsoletos* que habría que sacar de servicio; también de aquí salen las unidades que, como se verá más adelante, el programa estratégico de la CFE señala para ser puestas fuera de servicio. Al incluirlas todas, sin distinción, en un solo concepto, se avanza, a mi juicio, en el camino de su cierre.

Algunas de las unidades que incluyen en este grupo, son:

- a) Las termoeléctricas de combustóleo, plantas de vapor en ciclo Rankine<sup>5</sup>, que en la actualidad, después del cierre, el año pasado de la planta Monterrey, de 6x75 MW y de Rosarito, 4x75 MW, entre otras que entraron al plan de retiros, suman unos 12,500 MW en operación.
- b) La planta de Petacalco, 6x350 MW, que también entra en este conjunto, es en realidad una planta de carbón, a cuyas unidades se les instaló indebidamente, equipo para quemar combustóleo; así, habría que moverla a la categoría *carboeléctrica*, con lo que este conjunto, plantas de vapor alimentadas por carbón, sube a 4,700 MW y el de termoeléctrica baja en esos 2,100 MW.
- c) También se incluyen las plantas de turbinas de gas en ciclo Brayton<sup>6</sup>, de las cuales CFE tiene unos 1,000 MW.

---

<sup>5</sup> William John M. Rankine, físico, matemático, ingeniero y músico escocés (1820-1872), quien da nombre al ciclo termodinámico en el que trabajan las plantas de vapor.

<sup>6</sup> George Brayton, (1830-1892), ingeniero mecánico norteamericano, nacido en Rhode Island. Inventor de la máquina de combustión interna de ignición continua, de donde surgió la turbina de gases de combustión y cuyo ciclo termodinámico da nombre al empleado en estas máquinas.

- d) De igual forma están, más de 4,000 MW de plantas de turbinas de gas en ciclo combinado que son alimentadas por gas, algunas tan modernas y eficientes como las que tienen las plantas de los PEE privados, construidas en el mismo periodo, y otras menos eficientes, que son unidades de finales de los 70, con las que la CFE fue pionera en esta tecnología.
- e) Por último, aquí se incluyen las cuatro unidades originales de la central Valle de México, de la CFE, mismas que suman unos 750 MW, y otras cuatro de Jorge Luque, que suman 225 MW; estas ocho unidades fueron construidas originalmente como plantas de vapor, ciclo Rankine, alimentadas con combustóleo, pero tienen la flexibilidad de operar con gas natural, lo que hacen desde hace ya varios años.

### III. El Programa de Obras del Sector Eléctrico

El *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2005-2014, Documento Ejecutivo*, conocido como POISE, es la última edición del documento de planeación que la CFE elabora anualmente, de acuerdo a la obligación legal contenida en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su reglamento. En el POISE actual se establece que se ha hecho necesario diferir la construcción de veintiséis centrales generadoras, dado que el crecimiento de la demanda ha sido menor a la pronosticada. A pesar de este diferimiento, hay centrales cuya construcción *no ha podido ser interrumpida* y por tanto, se estima que de 2005 a 2009, *el margen de reserva será alto*.

La nueva capacidad que la prospectiva oficial estima necesario construir en el periodo, como lo establece el POISE es de 22,126 MW. De este gran total, hay plantas por 6,184 MW que, como ya se dijo, se encuentran comprometidas o en proceso de construcción.

Esta nueva capacidad se agrupa como sigue:

- Un primer conjunto de 3,671 MW extrañamente agrupados en hidroeléctricas, geotérmicas, de viento<sup>7</sup> y de carbón;
- Un segundo bloque de 594 MW de turbinas de gas;
- Un tercer paquete, el más importante, de 11,683 MW de plantas de ciclo combinado, que consumen gas natural;
- Un último segmento de 6,178 MW de tecnología no definida o *libre*.

---

<sup>7</sup> En una mención aparte, se habla de cinco proyectos de 100 MW de plantas de viento.

Por otra parte, este POISE establece el retiro de plantas existentes, precisamente del grupo mencionado anteriormente, por 5,108 MW.

Otra estimación del documento de prospectiva de la CFE, es que la capacidad instalada en plantas de auto abastecimiento, ajenas a CFE, crecerá en 524 MW.

Por último, cuando el programa aborda las cuestiones de diversificación, lo resuelve, *con más gas*, solo que ahora importado por mar, en forma líquida y así, la CFE ya se ha comprometido para importar 500 millones de pies cúbicos diarios, mmpcd, por el puerto de Altamira, 230 mmpcd por Ensenada y, ha lanzado las licitaciones necesarias para contratar el suministro de otros 500 mmpcd, por Manzanillo. (Ver recuadro.)

La conclusión que surge de la lectura del POISE 2005-2014, es que se ha decidido que la mayor parte, por mucho, de las nuevas plantas sea alimentada por gas natural; aquí entran, tanto los 4,555 MW de ciclos combinados alimentados con gas, que son parte del paquete de 5,484 MW comprometidos o en proceso de construcción, como el bloque de 11,683 MW, que se ha decidido que sean también ciclos combinados a gas, por supuesto también entran los 594 MW de turbinas de gas y, finalmente, un mínimo de 5,500 MW, que formarían parte del conjunto de más de 6,000 MW de plantas ubicadas en la categoría de *tecnología libre*, pero que por su ubicación y tamaño, es altamente probable que sean también ciclos combinados a base de gas<sup>8</sup>.

#### Combustible de ultramar

El gas natural licuado, GNL, es gas natural que se produce en yacimientos alejados de los mercados, razón por la cual, su precio puede ser bajo. Para lograr su transporte, se somete a un proceso de licuefacción, con alto consumo de energía, en plantas llamadas criogénicas, lo que se hace cerca del lugar donde se produce; en este estado su transporte en forma líquida, se hace en grandes buques especiales, mismos que lo llevan a instalaciones de almacenamiento en la costa, ya cerca de donde será consumido; ahí se somete a un proceso inverso, de regasificación y después es inyectado a una red de tuberías. Así, todo el proceso permite conectar reservas de gas *sin mercado*, con consumidores en zonas deficitarias.

Las implicaciones de esta decisión, son de orden tecnológico, por supuesto económico, pero también de seguridad energética; a los 15,000 MW de plantas existentes alimentadas con este combustible, habrá que aumentar los 4,555 MW *comprometidos*, los 11,683 de CC, los 594 de TG y los 5,500 MW libres. Más de veintidós mil mega Watts adicionales, a

<sup>8</sup> La lista de diez sitios que tendrían plantas programadas por el POISE, a entrar en operación entre 2010 y 2014, salvo Guaymas, donde actualmente no hay gas actualmente, están en zonas *gaseeras*. Por otra parte, el tamaño promedio, del orden de 500 MW, es especialmente adaptado para ciclos combinados a gas y no para otras opciones como carbón o nuclear.

gas, en los próximos diez años. El precio de este combustible ha aumentado en más de 200% en los últimos 10 años y Norteamérica toda, es deficitaria en gas. No parece un buen panorama.

#### IV. Otras opciones

Hay una lista, no necesariamente extensiva, de alternativas al gas, que presentamos a continuación. Las primeras dos no son de plantas nuevas, sino de optimización de lo existente, una, y de uso eficiente de la energía en el lado del consumo, la otra.

Después vienen, de la 3 a la 10, las tecnologías alternativas para la generación de electricidad, todas pueden ser competitivas con el gas, pero cada una de ellas requiere que una política de Estado las implemente y las impulse.

Vienen después, de la 11 a la 13, alternativas de energía solar que debieran ser desarrolladas, cuyo costo las hace de difícil implantación, sin embargo, México podría tenerlas, tanto en su agenda energética, como en sus programas de ciencia y tecnología.

Si desafortunadamente, con estas primeras trece alternativas no se completan las necesidades de crecimiento de la capacidad de generación, hay otras tres opciones de tecnologías de plantas de gran tamaño, 14, 15 y 16, todas más económicas que el gas. Una vez que revisemos la lista veremos que en realidad sí podemos prescindir de los ciclos combinados a gas. Veamos.

##### 1. No destruir activos

Una primera alternativa que cualquier programa de expansión de la capacidad de generación del Servicio Público de Electricidad mexicano debe tener, es la de **no destruir activos existentes**. La sola cancelación del programa de retiros, nos ahorra 5,108 MW nuevos. Entre los más destacables están:

- 224 MW de Jorge Luque en 2006,
- 40 MW de Topolobampo en 2007;
- 75 MW de Valladolid en 2008;
- 300 MW de Río Bravo en 2010;
- 168 MW de Mérida II en 2010;
- 300 MW de Altamira;
- 75 MW de la geotérmica de Cerro Prieto;
- 300 MW de Salamanca;
- 75 MW de Lerma;
- 380 MW de Huinalá;

- 320 MW de Topolobampo;
- 226 de Dos Bocas;
- 316 de Mazatlán.

Cualquiera de estas plantas, actualmente en operación, tiene vida remanente de por lo menos veinte años; sus eficiencias y sus costos de generación pueden no ser los mejores del sistema al que estén conectadas, pero aún así, en el peor de los casos, cumplen funciones de variación de carga y de soporte de tensión eléctrica, de manera tal que de cerrarse, alguna otra unidad tiene que estar disponible para suplirlas. Su impacto en el costo variable del sistema es mínimo, porque la carga base se da, precisamente con las unidades más económicas, que deben operar cada hora que estén disponibles.

Se puede argumentar que el valor *en libros*, de estos activos, es nulo, o sea, que *no valen*, pero lo cierto es que la capacidad cuesta un mínimo de 120 US\$/kW/año, que es lo que se le paga a los PEE. Así, 5,000 MW de capacidad instalada existente, valen 600 millones de dólares por año. Eso es lo que cuesta prescindir de esa riqueza.

En cuanto al costo de generación, resultante del precio del combustible, así como de la eficiencia de las unidades, puede ser más alto que el de los ciclos combinados con gas, pero además, el combustóleo tiende a desaparecer, ya que para PEMEX es más rentable aumentar el grado de refinación y producir más diesel y gasolina que aceite combustible pesado, así, una opción al retiro por falta de residual, es la de adaptación de algunas de las unidades originalmente diseñadas para combustóleo, para quemar carbón, ya sea de forma total o en combinación con el residual de petróleo.

El costo de generación resultante, dado que se conserva una parte de la instalación y dado que el carbón puede ser tres o cuatro veces más barato que el gas, es menor que el de los ciclos combinados a gas.

Por otra parte, es indispensable que la agenda energética nacional contenga la programación de la modernización de las refinerías, para que de manera consecuente, se programe también la extensión de vida de las termoeléctricas de combustóleo, unas con el residual que siga produciendo PEMEX, otras con combustibles alternos.

Este tema por sí solo, puede ser objeto de un foro de los técnicos que hemos operado, construido y mantenido estas plantas; que las conocemos y que tenemos la suficiente capacidad técnica y la autoridad moral para hacerlo.

¿Cuándo y dónde lo hacemos?

## 2. Construcción de Nega Watts

El uso eficiente de la energía en el lado del consumo, es algo que no aparece en la prospectiva de CFE. Solo habría que recordar el programa de **reducción** de 6,000 MW de la demanda que emprendió la Pacific Gas & Electric de San Francisco California<sup>9</sup>.

En México hay ya camino andado en el uso eficiente de la energía, lo que falta es una *transferencia de presupuesto*, como se propone a continuación:

Cada kilo Watt de nueva capacidad de generación nos cuesta de 500 a 1,000 dólares, según el tipo de planta que se trate. ¿En cuántos casos podemos emplear ese capital para retirar demanda?

Por ejemplo, si una lámpara fluorescente compacta, de 25 Watts, con alta eficiencia lumínica, puede sustituir a una lámpara incandescente de 100 Watts, y si esa nueva lámpara costase 110 pesos, o 10 US\$, entonces tendremos que el costo de retirar 75 Watts es de:

10 US\$/0.075 kW, o sea: 133 US\$/kW.

Pareciera mejor **pagar** 133 millones de dólares por retirar 1,000 MW que usar 500 millones de US\$ por construir la misma capacidad en plantas generadoras nuevas.

Si en lugar de destinar unos dos miles de millones de dólares, cada año para comprar plantas nuevas, decidiéramos emplear una parte de esa fortuna al menos, para comprar una lámpara de alta eficiencia por cada uno de los 29,723,000 usuarios del SPE, estaríamos **retirando** unos 2,200 MW de demanda, lo que nos podría ahorrar, a un factor de coincidencia de demanda de 30%, unos 660 MW de nuevas plantas.

Ya antes de entrar al cálculo de ahorro de combustibles por alimentar menos demanda, se ve que el asunto promete. La alternativa es autofinanciable y ahorra combustible.

Habría que encargarle la tarea a la CONAE<sup>10</sup>, pero con el presupuesto transferido; el nuevo paradigma sería:

Lámparas y motores de alta eficiencia en lugar de turbinas y calderas.

Otro tema de seminario, alternativo a las políticas usuales.

---

<sup>9</sup> Comunicación personal con Rafael Friedman, de PG&E.

<sup>10</sup> <http://www.conae.gob.mx/>



### 3. Cogeneración azucarera

Hay un potencial de no menos de 1,000 MW<sup>11</sup> de plantas de cogeneración<sup>12</sup> en ingenios azucareros, que actualmente importan o solo generan su electricidad, sin producir excedentes. El combustible es bagazo de caña y, es gratis en el ingenio. El costo de producción, después de invertir en calderas y turbinas nuevas, puede ser inferior al de la electricidad industrial, por lo que se puede usar en proyectos de autoabastecimiento remoto; también puede ser recibido por la CFE, a sus precios marginales de despacho.

Por otra parte, existe actualmente la posibilidad de convertir las fábricas de azúcar en destilerías para la producción de etanol; este *biocombustible* es sustituto y aditivo de las gasolinas. El ingenio alcoholero cambia su proceso y puede, por esa razón, duplicar su producción de electricidad.

La diversificación de productos, y de ingresos de una industria, puede ser asunto ajeno al servicio público de electricidad, pero además del beneficio para la propia industria, lo que le puede dar competitividad en su propio mercado, el tema puede resultar conveniente para CFE y LFC, por la generación distribuida, por el ahorro de combustibles convencionales y por la liberación de necesidades de inversión.

Sin duda, requiere apoyo y simpatía estatal; no requiere subsidios.

### 4. Cogeneración industrial

Hay varias decenas de industrias de proceso en este país que por su necesidad de producir vapor en sus instalaciones, pueden entrar en proyectos de cogeneración que les permita obtener ingresos adicionales por sus excedentes eléctricos. Aquí, al igual que en la cogeneración azucarera, hay liberación de compromisos de inversión, ahorro nacional de combustibles, reducción consecuente de emisión de contaminantes, además de producir beneficios físicos a la red, por la generación distribuida. El potencial, según la CONAE, citada antes, es de más de 7,000 MW, sin considerar a PEMEX, que se ve más adelante en este documento.

Requiere de una política de Estado; no necesita subsidios.

---

<sup>11</sup> Estudio interno de la Cámara de la Industria Azucarera.

<sup>12</sup> Cogeneración: Producción simultánea de dos formas de energía, a partir de una sola fuente. Por ejemplo, vapor y electricidad. Se pueden lograr eficiencias de más de 80%.

## 5. Energía de viento

No hay fuente de energía más limpia que la del viento. México tiene un potencial de por lo menos 2,000 MW en el Istmo de Tehuantepec, donde, según la experiencia de la CFE en el proyecto La Venta II, recién terminado, el costo de generación puede ser inferior a 40 US\$/MWh; con este costo, la tecnología no requiere de subsidios. La CFE debiera agotar este potencial en el menor plazo posible.

Hay potencial adicional en todo el territorio nacional, aunque con menos persistencia de viento que en el istmo oaxaqueño.

Esta alternativa ahorra combustible y por tanto reduce la emisión nacional de contaminantes.

Debiera considerarse una de las prioridades de la agenda energética nacional; pudiera requerir subsidio en sitios diferentes al istmo en Oaxaca.

## 6. Plantas hidráulicas

### a) *El camino tradicional*

El catálogo de proyectos hidroeléctricos con estudio de factibilidad que la CFE presenta en el POISE, es de más de 6,000 MW. Habría que construirlos.

### b) *Mini hidráulicas*

Hay además la necesidad de rediseñar la política de construcción de estas plantas para que afecten menos terreno, menos ambientes ecológicos y menos comunidades rurales; este enfoque de mini hidroeléctricas tiene un potencial de tipo social y ambiental, además de importantes ventajas económicas.

La hidroelectricidad ahorra combustibles y por tanto reduce la emisión de contaminantes.

Debiera considerarse una de las prioridades de la agenda energética nacional.

Necesita ser programa de Estado.

## 7. Carbón nacional

Hay información suficiente, en el sentido de que por lo menos el noreste del país, tiene carbón suficiente para unos 2,000 MW; ya hay compañías privadas que están trabajando proyectos de generación eléctrica con este combustible.

Habría que apoyarlos. Liberan necesidades de inversión. No requieren subsidio. Disminuye la importación de combustibles. Habría que abrir esta línea de trabajo en la prospección de CFE.

## **8. Coque de petróleo**

Cada una de las cuatro refinerías que no se han modernizado, pueden producir entre 2,500 y 3,000 toneladas diarias de coque de petróleo, combustible de muy mala calidad, pero muy bajo precio, que se puede usar para la generación de electricidad en plantas de caldera de lecho fluido, con bajas emisiones. La cantidad de *coque* producida por cada refinería modernizada, es suficiente para generar unos 300 MW de electricidad; así hay un potencial de 1,200 MW al final de la modernización.

La tecnología es rentable; se puede producir energía eléctrica de menor costo que con gas. Ahorra importaciones de combustible. La desventaja, es que cada refinería modernizada, dejaría de producir combustóleo.

## **9. Geotermia**

Hay, varios cientos de MW en proyectos geotermoeléctricos con estudio de factibilidad en CFE. Esta empresa tiene a la fecha vasta experiencia en este campo, solo hace falta la decisión para iniciar nuevos proyectos

Habría que construirlos. Ahorra combustibles, reduce la contaminación, son rentables.

## **10. Basura, llantas y otros residuos**

Cada habitante produce, en promedio, 1 kg de desechos sólidos al día. Así, por ejemplo, el flujo de combustible, malo pero gratis, de los ocho millones de habitantes de la ciudad de México, puede, un vez procesado, producir más de 120 MW; el resto de la zona metropolitana de la ciudad de México, podría rendir otro tanto. Las ciudades de la frontera norte, tienen enormes basureros, proporcionales a su tamaño, pero también producto de su cercanía a la economía norteamericana.

Los proyectos pueden ser económicamente rentables; el beneficio ambiental es indudable; se requiere, sin embargo, de decisión política, apoyo estatal y amplia

promoción entre los gobiernos municipales y las autoridades ambientales. Habría que hacerlo cuanto antes.

### **11. Solar térmico, doméstico**

El calentamiento de agua para usos domésticos, con energía solar, es posible. En general, no requiere subsidios, pero sería bueno contar con un poco de simpatía estatal. No produce electricidad, pero ahorra combustible, reduce emisiones y puede ser un excelente vehículo de promoción de la actividad económica nacional.

### **12. Solar térmico, gran escala**

La energía solar se puede usar para aplicaciones industriales de gran escala, tales como la producción de vapor. Actualmente, la CFE tiene dos proyectos de generación de vapor para su inclusión en ciclos de vapor de termoeléctricas convencionales; ambos proyectos dependen de donativos y financiamientos blandos, que instituciones como el World Bank, tienen para la promoción de estas tecnologías. Esta opción reduce el consumo de combustibles y la consecuente emisión de contaminantes. Puede convertirse en vehículo de promoción de la fabricación nacional, tanto de tecnología de punta, como de materiales de construcción y manufactura comunes. Requiere de un amplio y decidido programa nacional, salido de la agenda energética del país; requiere la participación intensa de los fabricantes y constructores nacionales; es obligada la participación de los científicos y tecnólogos mexicanos, de sus instituciones y universidades; requiere de fondos de desarrollo. Habría que entrarle sin dilación.

### **13. Solar fotovoltaico**

Hay tecnología disponible en el mercado mundial para la generación directa de energía eléctrica en celdas fotovoltaicas; su costo sigue siendo alto para competir con la electricidad de tarifas domésticas, sin embargo, sus ventajas de ahorro de combustible y su posibilidad de ubicarse junto a las cargas, la hacen merecedora de la atención estatal. Puede convertirse en vehículo de promoción de la fabricación nacional, tanto de tecnología de punta, como de materiales de manufactura comunes. Requiere de un amplio y decidido programa nacional, salido de la agenda energética del país; requiere

la participación intensa de los fabricantes nacionales; es obligada la participación de los científicos y tecnólogos mexicanos, de sus instituciones y universidades; requiere de fondos de desarrollo. Habría que entrarle sin dilación.

#### **14. Carbón importado**

Hay reservas mundiales de carbón, fuera de México, suficientes para emprender cualquier plan de expansión de la capacidad de generación; las termoeléctricas modernas de carbón pueden lograr eficiencias del orden de 45%; su costo de generación, después de suministro de combustible importado, fletes interoceánicos, la construcción y el financiamiento, es menor a la del ciclo combinado con gas.

Requiere de su inclusión en la agenda energética nacional; requiere de la incursión de la CFE en el transporte marítimo de gran escala, tal vez con flota propia; requiere de la compra de grandes volúmenes de carbón a largo plazo.

Tiene la desventaja de ser fuente importante de emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### **15. Cogeneración en PEMEX**

Hay un potencial del orden de 10,000 MW de cogeneración<sup>13</sup>, con gas natural, en PEMEX. La electricidad producida en más de diez proyectos posibles, en refinerías y petroquímicas, tendría un costo inferior al de los ciclos combinados normales en CFE y sus productores externos. Cada proyecto le produciría ingresos directos y/o ahorros a PEMEX, por electricidad y vapor.

Esta es una opción que requiere ser incluida en la agenda energética nacional, con participación de CFE y LFC en los proyectos en sus zonas de influencia. La opción ahorra combustibles y reduce emisiones de contaminantes.

#### **16. Energía Nuclear**

Por último, otra de las grandes ausencias del POISE, la energía nuclear. Esta es la fuente de energía no agotable, que no consume combustibles, que no produce emisión de contaminantes y que es de más bajo costo que la opción de ciclo combinado con gas, objeto de este seminario.

---

<sup>13</sup> Ver J. M. Muñoz, en [www.energia.org.mx](http://www.energia.org.mx).

La energía nuclear lleva ya más de cincuenta años de desarrollo; en los últimos treinta años, ha crecido a un ritmo superior al 12 por ciento. Las plantas nucleares han aumentado su confiabilidad y su seguridad, han disminuido los plazos y los costos de construcción y, de esa manera, se han convertido en una de las opciones de más bajo costo para la generación de energía eléctrica, en todo el planeta<sup>14</sup>.

Es autofinanciable, la CFE debiera tener ya el nuevo programa nuclear, para los próximos cincuenta años.

## **V. A manera de conclusión**

Hay todo un catálogo de opciones, además de las plantas de ciclo combinado con gas, que el sector eléctrico mexicano ha preferido en los últimos diez años; estas plantas de turbinas de gas en ciclo combinado, tienen ventajas innegables; su alta eficiencia energética, es la más importante; su bajo costo de construcción, es también indudable. El problema es que el combustible, ya subió de precio y no parece que vaya a volver a los niveles de finales del siglo XX, pero además, el gas natural, tan limpio y tan conveniente, es muy escaso en México y Norteamérica; habría que limitar su uso a aplicaciones industriales y domésticas; en gran escala, solo en proyectos de cogeneración, donde se garanticen mínimos de eficiencia de 80 por ciento.

Cada una de las opciones de la lista, requieren de una amplia discusión en el Congreso, en la industria en general, en la academia y también, de una decisión estatal y de una política energética que busque los mínimos costos para la producción de electricidad, la diversificación de las fuentes y el desarrollo tecnológico e industrial del país.

Muchas gracias.

---

<sup>14</sup> Ver artículo de ENELEC, en [www.energia.org.mx](http://www.energia.org.mx).