

EL FUTURO ENERGETICO (II)

Ing. Qim. Luis C. Neirotti

En el número 2 publicamos la primera parte del trabajo "El Futuro Energético", presentado por el Ing. Qim. Luis C. Neirotti en el Seminario de Alta Gerencia de la Industria Petrolera Estatal Latinoamericana. En el presente número publicamos la última parte de dicho trabajo.

TECNOLOGIAS EN DESARROLLO PARA LA GENERACION DE ENERGIA

Nos hemos referido a la evolución del consumo energético y a las fuentes de energía hasta ahora utilizadas así como a las previsiones para las próximas décadas. La información disponible hace razonablemente suponer que las fuentes energéticas convencionales permitirán con el previsto crecimiento demográfico del mundo, cubrir las necesidades de éste por lo menos hasta la primera mitad del siglo XXI. Esta previsión supone un cierto crecimiento en el consumo per cápita del tercer mundo y un ligero descenso del mundo desarrollado, fruto de la mayor eficiencia y de los desarrollos tecnológicos. Pero conviene recordar que desde el punto de vista geopolítico las reservas no están uniformemente distribuidas sino precisamente lo contrario, lo que hace suponer futuras situaciones conflictivas, en particular cuando las fuentes, hoy razonablemente abundantes, comiencen a dar síntomas de escasez. Si a ello le agregamos los gravísimos problemas ambientales relacionados con la generación de energía por los procedimientos actuales, puestos dramáticamente en evidencia por la Conferencia del Clima de Toronto de 1988, y como seguramente fueron en la Conferencia de Río de Janeiro del

presente año, es obvio que resulta imprescindible el desarrollo de nuevas fuentes o procedimientos de generación energética que aseguren el desarrollo sostenible de la humanidad.

HIDROGENO COMO COMBUSTIBLE QUIMICO NUCLEAR.

La historia muestra que el hidrógeno ha ido desplazando al carbón según la secuencia:

Carbón - Petróleo - Gas Natural - Hidrógeno

D.Scott de la Universidad de Toronto y Wolf Hafele del Julich Research Center (Alemania) decían en la última Conferencia Mundial de la Energía de Montreal que la era del hidrógeno ya ha comenzado y que la transición durará un siglo. El hidrógeno como elemento químico no es una fuente energética sino más bien una especie de "moneda" energética de infinitas aplicaciones y excepcional flexibilidad.

No compite con la electricidad ya que por el contrario en buena medida se ha de generar con ella y, más aún, se complementa excelentemente con la misma ya que:

El hidrógeno se puede almacenar en grandes cantidades y la electricidad no.

La electricidad se transmite sin movimiento material y el hidrógeno no.

La electricidad transmite, procesa y almacena información y el hidrógeno no.

El hidrógeno es una materia prima y la electricidad no.

El hidrógeno usado como combustible es absolutamente limpio, si se exceptúa una pequeña cantidad de NO_x, y su producción también lo es si para la misma se utiliza energía eléctrica proveniente de centrales hidráulicas, eólicas, solares a aún nucleares, pero no lo es en el caso de obtención por vía química a partir de carbón, petróleo, esquistos, etc. por reacción con agua. Se considera que el hidrógeno será en el futuro junto con la electricidad uno de los grandes transportadores de energía y aún puede ser de menor costo en distancias del orden de 3000 a 4000 km., aunque el desarrollo de la superconductividad a temperaturas más elevadas que las actuales, abren fundadas expectativas a la transmisión eléctrica. Existe actualmente numerosos proyectos sobre la generación y las aplicaciones del hidrógeno en los que se invierten cientos de millones de dólares anualmente y trataremos de hacer una breve referencia sobre algunos

de ellos.

El proyecto Neuburg (Bayer, Siemens, Linde, BMW, etc.), experimenta células fotovoltaicas de diverso tipo e investiga tanto la producción de hidrógeno como su almacenaje y empleo en motores, pilas de combustible, hornos, etc. El proyecto Hysolar de Alemania y Arabia Saudita trabaja en el desarrollo de generadores desde pequeños de 2 KW a los de gran potencia, y de su aplicación a la electrólisis. La empresa Dornier experimenta la electrólisis de vapor de agua a 900 - 1000 °C y lo hace con la eficiencia de 90 - 95% aunque buena parte de la misma se pierde por la necesidad de operar a elevada temperatura. Un grupo aeroespacial en base a la utilización de un motor cohete diseñó un generador de vapor a hidrógeno que funciona muy bien entre 15 y 65 MW con eficiencia en la conversión superior al 99% y con tal flexibilidad que puede pasar de 50 a 100% de la carga en solo segundos. El uso de hidrógeno en motores de automóviles tiene extensa investigación en USA, Europa, Japón y la ex-URSS, siendo el gran problema, luego del costo del combustible, el de su almacenaje. El uso de gas comprimido se descarta por la muy mala relación combustible/dépósito, en cambio el uso de envases criogénicos abre mejores posibilidades aunque la licuación a -253 °C consume el 30% de la energía y aún los mejores envases de hoy pierden 1 a 2% diario (boil off).

Otra posibilidad interesante ya bastante experimentada es la formación de hidruros metálicos que permite presiones aceptables y buenas autonomías.

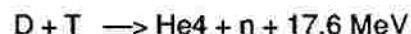
Finalmente nos referiremos al proyecto Euro/Canadá o Euro/Quebec. El mismo contempla la

producción de hidrógeno en grandes centrales de Canadá y su transporte a Europa (Hamburgo) para su utilización. El hidrógeno se "licuaría" transformando catalíticamente toluol en metilciclohexano (MCH) el cual puede transportarse en un buque petrolero común. El MCH luego de ser descargado se deshidrogenaría catalíticamente, regenerándose el toluol que retornaría a la terminal en el río San Lorenzo para repetir el ciclo. Los países mencionados investigan cada uno todas las etapas que le competen en el proyecto.

Las aplicaciones incluyen además de las automotivas e industriales mencionadas, las de turbinas para vuelo de transporte supersónico (SST) e hipersónico (HST) y sólo como referencia mencionamos que ya el 15 de abril de 1985 un avión comercial modificado Tupolev 154 decolaba en el aeropuerto de Moscú impulsado por hidrógeno almacenado líquido en la aeronave. El transporte terrestre tiene también buena experimentación siendo novedosa la producción de hidrógeno directamente sobre camiones por deshidrogenación catalítica de MCH. El proyecto Euro/Canadá espera tener este año la ingeniería de detalle de una planta piloto de 100 MW capaz de producir 2 ton/hora de hidrógeno y cuya construcción podría insumir 2 o 3 años y hasta 600 millones de dólares.

Pero el hidrógeno tiene además de las aplicaciones que hemos señalado, la posibilidad de transformarse en la fuente de energía prácticamente inagotable de que dispondría en el futuro la humanidad. Obviamente nos referimos a la utilización industrial de la fusión nuclear. Hace ya muchos años que el mundo se

asombraba al enterarse de la explosión de una bomba de fusión de hidrógeno. Durante muchos años se consideró imposible controlar una reacción con temperaturas de millones de grados centígrados y que se produce en millonésimas de segundo. Hoy ya no se piensa en lo mismo y, lo que es más, ya en escala de laboratorio se ha demostrado que la utopía no es tal. Las reacciones de fusión nuclear se desarrollan de continuo en el medio estelar pero también son posibles en la tierra utilizando los isótopos de hidrógeno deuterio (D) y tritio (T). Las reacciones actualmente en estudio son las de deuterio/deuterio y de deuterio/tritio, la primera de las cuales puede ser la que sea utilizada en el más largo plazo por la mayor abundancia del isótopo, pero muy posiblemente inicialmente se utilizará la segunda que se produce a menor temperatura y libera mayor cantidad de energía. Esta última tiene sin embargo el inconveniente de que el tritio no existe en la tierra aunque puede obtenerse a partir del litio 6 que desafortunadamente no constituye un componente porcentualmente importante del referido elemento. Las reacciones serán las siguientes:



siendo la primera la de fusión y la segunda la de alimentación de tritio. Los neutrones rápidos atravesarían una camisa conteniendo el litio regenerándose el tritio consumido. El desarrollo de la tecnología para el uso no militar de la fusión es extremadamente difícil y costoso pues es imposible el confinamiento de la reacción mediante refractario y también lo es el confinamiento gravitacional que tiene lugar en el sol y otras estrellas por sus

enormes masas. Pero existe en la tierra dos vías posibles para el confinamiento, una es el inercial mediante el empleo de rayos laser o haces de partículas de alta energía, y el segundo es el confinamiento magnético logrado por primera vez en la ex-URSS con el conocido Tokamak. Actualmente funcionan seis versiones modernas de este dispositivo instalados en USA, Alemania, Francia, Italia, Japón y Reino Unido, dedicadas a la investigación de la fusión.

La fusión nuclear ofrecería enormes ventajas pues sería una fuente energética prácticamente inagotable no tendría riesgos mayores de explosión química o nuclear por la pequeña cantidad de "combustible" presente en el reactor, la baja radioactividad en la operación y aún la radioactividad de los equipos y subproductos y mejor aún de corta vida. Una ventaja adicional será la de no contribuir a la proliferación de armas nucleares. El desarrollo se estaba llevando a cabo mediante cooperación internacional entre la Comunidad Europea, USA, Japón y la URSS que compartían más o menos los gastos por igual que anualmente son del orden de mil millones de dólares. Por supuesto la particular situación de la ex-URSS obligará a introducir modificaciones. El programa iniciado tiene por finalidad el diseño y posterior construcción del ITER (International Termonuclear Reactor), nombre que fue elegido por el carácter internacional del proyecto y porque dicha palabra en latín significa "el camino". Las etapas a cumplir antes de diseñar el reactor es como dijimos en primer lugar el confinamiento hasta llegar a la temperatura de reacción para lo que son utilizables los haces de partículas energéticas neutras y las ondas electromagnéticas de alta frecuencia siendo el primer

objetivo llegar al punto en el cual se libera energía para mantener la temperatura en el confinamiento (break even point) y el segundo es llegar al llamado punto de encendido (ignition point) en el cual ya se libera energía suficiente para el mantenimiento de la reacción y para el exterior. En virtud de la enorme complejidad técnica y los elevadísimos costos involucrados, la fusión nuclear es hoy investigación exclusiva del mundo desarrollado. Con la finalidad de extender algo de su campo al tercer mundo, la Comunidad Europea creó el International Center for Theoretical Physics y el Third World Academy of Science, ambos en Trieste, con facilidades para capacitar técnicos de los países en desarrollo, pero ha surgido un problema casi insoluble que es el retorno de los técnicos capacitados a sus países de origen.

Resumiendo digamos que el hidrógeno como combustible químico tendrá innumerables aplicaciones energéticas y el empleo de sus isótopos pesados en la fusión nuclear ofrece la posibilidad de la solución definitiva del problema energético de la humanidad lo que se espera ocurra antes de la mitad del próximo siglo.

ENERGIA SOLAR. Estrictamente hablando, si se exceptúa la energía nuclear y la geotérmica, toda la energía que utiliza el hombre, incluyendo los combustibles fósiles, tienen origen solar. A lo que nos referiremos en este capítulo es a las tecnologías de generación que utilizan directamente la radiación solar, y cuyo desarrollo se considera promisorio. La tierra recibe por radiación solar en su superficie unas 3000 veces la energía que utiliza, pero su densidad media es baja, 200 W/m², por lo que su captación requiere grandes equipos. Es cierto que hay países

que reciben valores muy superiores a los medios y en ese caso la posibilidad de obtener energía en cantidades sustanciales son mucho mayores. La energía utilizable es la de la radiación directa que es más del 80% del total, siendo el complemento la radiación difusa. La absorción de energía solar puede ser por vía fotónica o térmica y para ambas formas existen tecnologías ya muy desarrolladas.

Energía Fotónica. Los fotones energéticos de la radiación solar pueden absorberse sobre un material sensible adecuado dando lugar a un fenómeno fotoquímico como la descomposición del agua (fotólisis) que está siendo investigado, proyecto Alemania - Saudi Arabia entre otras, pero que por ahora es una vía en sus primeras etapas. La otra forma de absorber fotones es a través de la biomasa (fotosíntesis) de la que nos ocuparemos separadamente, y la tercera vía es la absorción mediante un semiconductor generando directamente electricidad (efecto fotovoltaico). Es a esta forma de generación iniciada en los laboratorios Bell a que ahora nos referiremos. La pila solar ha evolucionado muy rápidamente y el kwh generado que en 1970 costaba U\$S 60, pasó a costar U\$S 1 en 1990 y hoy entre 0.2 y 0.3 U\$S. Las eficiencias aumentaron rápidamente y así la pila de silicio pasó en poco tiempo de 5 a 18% de eficiencia y hoy una pila doble de arseniuro y antimoniuro de galio llega a 35%. Los costos también han bajado y una pila de capas finas (aún en desarrollo) aunque con una eficiencia de solo 16% costaría un décimo de una convencional. La generación fotovoltaica es hoy muy costosa en comparación con la convencional pero se presta muy bien para instalaciones en lugares remotos o de difícil acceso. En muchos lugares de USA, la CE y

Japón existen conexiones de electricidad fotovoltaica a la red con carácter experimental. En Alemania funciona ya una planta de 1 MW y los gobiernos de España e Italia (países muy soleados) experimentan con suministros a localidades remotas. En Italia está en marcha un proyecto con capacidad de 3 MW. La energía fotovoltaica tiene el inconveniente de que no puede almacenarse pero su uso en la producción de hidrógeno es una buena solución para el problema. No dejemos de mencionar el más ambicioso proyecto de investigación en la generación fotovoltaica que es la de utilizar un satélite en órbita estacionaria desde donde la energía se transmitiría a una antena terrestre transformada en microondas. Esta instalación no tendría las limitaciones de la radiación solar que llega a la tierra atravesando la atmósfera, pero provocaría ciertos inconvenientes ambientales de difícil solución.

La energía fotovoltaica cuesta hoy 5 veces más que la convencional, pero ya hemos visto que se desarrolla muy rápidamente y que sus posibilidades son enormes, solo como referencia digamos que toda la energía eléctrica que hoy se genera en USA podría producirse en un campo de colectores solares de 34.000 Km² o sea menos del 0.5% de su territorio. A nivel mundial todo el combustible fósil podría ser sustituido por el hidrógeno fotovoltaico generado en 500.000 Km² de desierto (2% de la superficie de éstos) con una cantidad de agua equivalente a una lluvia de 3 mm por año.

Energía Térmica. Los sistemas solares térmicos son de tres tipos: alta, media y baja temperatura. Las dos primeras mediante espejos parabólicos que siguen el movimiento del sol

pueden ya sea concentrar el calor en una cañería por la que circula un fluido que en un intercambiador genera vapor o bien hacerlo en un receptor central montado sobre una torre. Las potencias obtenidas varían desde módulos individuales de decenas de kw a baterías de decenas de MW. Los avances ya obtenidos permiten suponer que en las primeras décadas del próximo siglo ya funcionarían unidades de 100 y 200 MW. Numerosas plantas han sido instaladas en Australia, USA, Japón y Europa debiendo destacarse los avances alcanzados por Israel con cuya tecnología se están montando plantas de 80 MW para Luz Corp. de California, empresa que en un futuro próximo tendrá 600 MW instalados. El costo del kwh ha ido descendiendo y mientras en las primeras unidades de la referida empresa era de U\$S 0.24, el previsto para las que están en construcción es de U\$S 0.10. En el tipo de planta de receptor central existen varias experiencias siendo el mayor proyecto el europeo Phoebus a ser instalado en Jordania. Los sistemas térmicos de baja temperatura (menos de 100 grados centígrados) son los muy conocidos colectores de placa plana que se utilizan corrientemente para refrigeración utilizando ciclos de absorción. El costo de estos equipos es reducido, en condiciones favorables se pagan rápidamente, son muy simples y su uso seguirá extendiéndose. Otro sistema de absorción usado es el de la laguna salada (solar pond) desarrollado en Israel donde el calor absorbido en una capa de salmuera es transmitido a un fluido que a su vez transfiere el calor a un fluido orgánico convencional utilizando un turbogenerador de ciclo Rankine. El kwh generado es más costoso que el convencional pero los nuevos diseños de mayores unidades ofrecen buenas

perspectivas.

Otro sistema térmico de baja temperatura es la llamada chimenea solar de la que existe una sola planta piloto en España. En este caso una gran superficie cubierta por vidrio permite el calentamiento del aire, a unos 20 grados centígrados, el cual sale por una chimenea central moviendo una turbina. La planta piloto de España, de solo 50 kw, tiene una chimenea de 195 m de altura y su eficiencia es del orden del 0.05%. Sin embargo se estima que serán posibles centrales de este tipo de hasta 200 MW con costos del kwh de U\$S 0.15. Por supuesto este tipo de plantas sólo sería utilizable en zonas desérticas donde podrían tanto producir electricidad como usar la misma para generar hidrógeno.

Para finalizar digamos que las distintas formas de utilizar la energía solar ofrecen buenas perspectivas para la satisfacción de futuros requerimientos energéticos, pero las posibilidades de las diversas alternativas son muy diferentes en cuanto a capacidades, ubicación, costos de instalación y producción, etc. lo que hará que solo en algunos países hayan contribuciones importantes.

ENERGIA EOLICA. Los vientos han sido utilizados desde la antigüedad, se dice que comenzó en Persia dos siglos A.C., como fuente de energía en bombeo de agua, en velámenes y otros usos, pero fue la crisis petrolera de 1973/1974 la que motiva la investigación y el desarrollo, fundamentalmente para generar energía eléctrica. La potencia total instalada es hoy del orden de 3000 MW siendo California el lugar de mayor capacidad y donde en la década de los 80 se instalaron más de 1500 MW.

Quienes lleguen desde el este a ciudades como San Francisco pasarán frente a extensas áreas donde miles de aeroturbinas generan electricidad para la red de la zona. La energía eólica es abundante y aunque sólo el 25% de la energía solar se transforma en vientos, igual la cantidad total es mucho mayor que los requerimientos mundiales. Sin embargo su distribución es muy irregular lo que hace que el interés en su aprovechamiento sea mayor donde existe buena disponibilidad del recurso. Lo dicho justifica el elevado desarrollo tecnológico alcanzado en países pequeños como Holanda y Dinamarca, que esperan tener potencias instaladas de 1000 MW en el año 2000. Dichos países tienen sin embargo el inconveniente de su reducido territorio, y dado que los parques de vientos (wind farms) ocupan mucho espacio, han comenzado el desarrollo de tecnologías para su instalación fuera de la costa, lo

que es costoso, pero ofrece algunas ventajas. Como idea de espacio ocupado digamos que 1000 MW implican la ocupación de 250 km² pues deben evitarse las interferencias aerodinámicas que ocurren cuando las unidades están próximas. La aeroturbina de eje horizontal sigue siendo la de mayor empleo pero las de 2 o 3 hojas de eje vertical están siendo experimentadas. Se han superado importantes problemas como roturas de las paletas, impactos de rayos, ruido excesivo e interferencia con la televisión mediante nuevos diseños y sustituyendo el metal de las aspas por la madera, fibra de vidrio y resina epoxi. La mayor unidad fue construida en Alemania con 100 m de diámetro y potencia de 3 MW y la de mayor potencia en USA con 78 m de diámetro y 4 MW de potencia, pero las mismas han sido prototipos para investigación siendo el tipo que se está consolidado en el mercado la

turbina con diámetro entre 20 y 30 m y potencias entre 200 y 300 kw que permiten construcciones modulares con inversiones en varias etapas. Los costos de equipos han ido bajando notoriamente y en cinco años un valor de U\$S 1600 por kw ha descendido a la mitad y hoy en lugares de buen viento, digamos con velocidad media anual de 6 m/seg a 10 m del suelo, es posible generar a 6 o 7 centavos por kwh, lo que se acerca a los costos de la generación térmica convencional y esperándose llegar a 4 centavos por kwh en la primera década del siglo próximo. La variabilidad del viento hace que se genere promedialmente al 50% de la potencia instalada mientras que una central térmica lo hace al 80/90%, por lo que a menudo la generación eólica se complementa con generación diesel o con turbinas de gas.

La energía eólica no tendrá un

LA MAS COMPLETA LINEA EN
PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES

DAWER

REPRESENTACIONES

Germán Barbato 1358 Of. 803
11.200 Montevideo - Uruguay
Tels.: 91 32 63 - 92 32 13
Fax: 92 17 09

desarrollo basado en grandes innovaciones tecnológicas, sino en paulatinos incrementos de eficiencia logrados mediante controles electrónicos inteligentes que optimicen el uso del viento y también aumento en la potencia de las unidades con el consiguiente abatimiento de costos. La energía eólica llegará a tener una participación importante en los requerimientos de muchos países y también continuará solucionando problemas en lugares aislados alejados como en China donde decenas de miles de generadores de 1 kw proporcionan energía a pequeños grupos humanos, pero seguramente no tendrá una participación importante en la satisfacción de los requerimientos energéticos de la humanidad.

PILA DE COMBUSTIBLE. La pila de combustible es un dispositivo electroquímico que

convierte la energía química de una reacción directamente en electricidad. De lo dicho se deduce claramente de que no se trata de una fuente de energía sino de un equipo de conversión de energía, pero sus posibilidades y desarrollo son tan importantes que ameritan su consideración particular. El desarrollo es costoso lo que ha inducido a una estrecha cooperación internacional con la participación de la Agencia Internacional de la Energía (IEA). Básicamente consiste en un electrolito que a ambos lados tiene membranas porosas que lo ponen en contacto con un cátodo (entrada de oxidante) y un ánodo (entrada de combustible). El electrolito usado identifica al tipo de pila siendo las que se están investigando en orden creciente de temperatura de operación las siguientes:

Polímero electrolítico	PEFC (polymer electrolyte fuel cell)	80 °C
Alcalina	AFC (alkaline fuel cell)	100 °C
Acido fosfórico	PAFC (phosphoric acid fuel cell)	200 °C
Carbonato fundido	MCFC (molten carbonate fuel cell)	650 °C
Oxido sólido	SOFC (solid oxide fuel cell)	1000 °C

Las tres últimas son las más próximas a la comercialización la que en realidad ya comenzó. Vale recordar que ya en 1985 la International Fuel Cells, empresa 50% de United Technologies Corp. de USA y 50% de Toshiba de Japón anunciaban la puesta en el mercado de una unidad de 11 MW. La solución ideal es usar hidrógeno como combustible pero si por ejemplo se usa gas natural debe incluirse una etapa previa de

reforming (steam reforming) para obtener un combustible rico en hidrógeno. Pueden también emplearse otros combustibles como derivados del petróleo, carbón gasificado, metanol, etc. El oxidante puede ser oxígeno pero generalmente es aire. La pila de combustible puede llegar a una eficiencia de 60% en la producción de electricidad con relación al poder calorífico superior del combustible. Hoy ya hay células de

ácido fosfórico con eficiencia de 36 a 42% y se espera llegar a 55% en la presente década. Esta tecnología de producción de energía eléctrica supera ampliamente a todas las convencionales que usan combustibles, en lo que se refiere a contaminación ambiental. Ofrece además la enorme ventaja de su gran flexibilidad operativa pasando de 50 a 100% de carga rápidamente y con igual eficiencia. Las pilas de combustible serán seguramente un gran competidor de la generación eléctrica térmica tanto en producción de base (con carbón por ejemplo) como intermedia, y solo en generación de pico puede tener una competencia fuerte de la turbina de gas por su bajo costo instalado y rápida respuesta. Las unidades son fáciles de construir, se instalan en módulos, su mantenimiento es bajo, requieren poco espacio y sus posibilidades de aplicación enormes. Mencionamos que el proyecto espacial Gemini utilizó una PEFC de 1 kw, el Apolo una AFC de 1.5 kw a módulos y un transbordador (Shuttle) una AFC de 7 kw. Las aplicaciones en tierra en virtud de los distintos tipos existentes son numerosísimas ya que sus capacidades pueden ir de una fracción de kw a MW, incluyendo en el caso de las que operan a alta temperatura la posibilidad de cogeneración o uso directo de los efluentes para calefacción en áreas industriales o residenciales. La cooperación internacional en este campo de investigación es estrecha, USA y Japón tienen un acuerdo de cooperación, grupos industriales de Japón, USA, e Italia desarrollan pilas PAFC, otros de Japón, USA, Alemania y Holanda con las de tipo MCFC, SOFC, etc., lo que no impide que en los países mencionados y muchos otros se investigue con propósitos especiales, por ejemplo FIAT que fabrica automóviles desarrolla una pila para ese uso. De lo dicho

debe concluirse que la pila de combustible es una tecnología en rápido desarrollo, cuyas aplicaciones ya han comenzado y que seguramente aumentarán rápidamente en un futuro próximo.

ENERGIA DE LOS MARES.

De los océanos pueden extraerse enormes cantidades de energía pero para ello se necesitan grandes instalaciones y en consecuencia muy costosas y para lo cual la tecnología no se ha desarrollado suficientemente. Sin embargo la investigación, la operación de plantas piloto y aún instalaciones industriales están en marcha para aprovechamiento de energía de las mareas, de las olas y de la diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las profundas.

Energía de las mareas. Se estima que de la energía de las mareas sólo un 1% sería económicamente obtenible siendo ínfima la producción actual. La planta mayor y más antigua (1966) en operación es la de La Rance (Francia) de 240 MW, existiendo otras con potencias entre 20 MW en Canadá y de solo cientos de kw en China y la ex URSS. Existen 5 regiones que en conjunto ofrecen más del 50% de la energía potencialmente utilizable en el mundo las que se encuentran en bahía de Fundy (Canadá), estuario de Severn (Reino Unido), noroeste de Francia, Mar de Okhostak

(Alaska) y sureste de China. Existen también otras áreas posibles en la ex URSS, India, Australia, Corea y Argentina (golfo de San Jorge) donde las mareas medias permitirían instalaciones mareomotrices. Las mareas medias para ser utilizables deben ser por lo menos superiores a 5 m pero las hay de hasta 10/12 m como en el caso de la bahía de Fundy. Las áreas de represamiento de agua son muy grandes para lo cual es necesario disponer de una configuración costera adecuada pues las inversiones son invariablemente muy elevadas. El mayor proyecto de este tipo fue anunciado por la ex URSS para la construcción de la planta de Mazenskaya en el mar Blanco con un represamiento de 2300 km², una presa de 93 km de longitud y una potencia prevista de 15000 MW. El estado actual del proyecto lo desconocemos.

Las plantas mareomotrices no aparentan tener mayores efectos adversos sobre el medio ambiente aunque en algunos proyectos se han identificado inconvenientes bastante importantes por afectación de zonas costeras y de la vida marina, pero también debe reconocerse que aún no ha sido estudiado suficientemente este tema. Pero el mayor escollo para la construcción de estas plantas radica en su elevado costo en virtud del gran tamaño de las obras y de los equipos destinados al

turbinado de agua con un diferencial de presión pequeño. El costo del capital y de los intereses durante largos períodos de construcción dificultan mucho estas obras, pero grandes progresos se han hecho últimamente en los métodos constructivos no menos significativos han sido los avances en el diseño de diversos tipos de turbinas para operar con diferenciales bajos y ultra bajos. A estos y otros mejoramientos tecnológicos deben sumarse las posibilidades de optimización de operación obtenibles mediante modelos y empleo de computadoras. Por razones particulares del país, se están desarrollando en China, aparentemente exitosamente, un tipo de planta cuya economicidad se mejora utilizando las obras, entre otras cosas, para mejoras de navegación y la piscicultura. Un aspecto importante de la generación con las mareas es la constancia de las condiciones una vez que las obras se han terminado independiente de crisis petroleras, variaciones de precio de combustible, etc.

De lo expuesto podemos deducir que la obtención de energía de las mareas tiene un futuro promisorio en aquellos lugares del mundo donde las condiciones físicas son adecuadas y la competencia de otras formas de generación permitan las

ARMANDO BACHMANN S. A.

REPRESENTACIONES

Rincon 438, 3er. piso, Esc. 52 - TELS.: 96 07 82 - 96 03 64

importantes inversiones de estas obras que en algunos casos (Australia) exigen otras igualmente importantes en líneas de transmisión hasta los centros de consumo.

Energía de las olas. La acción del viento sobre la superficie del mar genera las olas que son portadoras de enorme cantidad de energía la cual puede recuperarse parcialmente generando energía eléctrica. Para efectuar dicha recuperación se están experimentando numerosos dispositivos basados en diversos principios. Por otra parte, las unidades pueden instalarse fuera de la costa, en la proximidad de ésta y aún en tierra firme siendo en todos los casos diferentes dispositivos utilizados para captar la energía. Estos pueden ser de tipo hidráulico o bien neumático utilizando la compresión de aire que puede producir la ola. Se han construido numerosas unidades desde pequeñas de unos pocos kw hasta de 1 MW siendo los resultados en general satisfactorios. Las del tipo pequeñas para servicios fuera de costa han llegado ya a un buen nivel de desarrollo y se las usa en numerosos lugares siendo notorio el caso de China donde decenas de unidades suplen de energía a su sistema de balizamiento costero.

Desde 1986 funciona en Bergen (Noruega) una usina del tipo de columna de agua oscilante que abastece de energía a una pequeña población cercana generando a U\$S 0.07 por kwh.

En el desarrollo de este tipo de generadores hay también una buena cooperación internacional existiendo intercambio de información entre los países que poseen unidades funcionando como USA, Japón, Canadá, Noruega, Suecia, Reino Unido, etc.

Sin embargo, aún no se ha encarado la realización de un gran proyecto en lo que inciden el temor a los riesgos de una instalación de este tipo y fundamentalmente a que los precios de los energéticos clásicos como petróleo y carbón no alientan inversiones elevadas en este tipo de instalaciones. Se tiene, sin embargo la convicción de que se puede obtener energía de las olas a precios relativamente bajos lo que hace suponer que llegará el día en que se construyan importantes centrales de este tipo aunque no se usarían para generación de base dada la variabilidad del régimen de olas aún en las fajas de latitud más adecuadas.

Energía por Diferencia de Temperaturas marinas. Existe una diferencia entre la temperatura superficial de las aguas oceánicas y las de aguas profundas, diferencia que es mayor en las zonas tropicales y la cual puede utilizarse para generar energía. Dichas plantas aparecen con frecuencia en la literatura técnica como OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) u OTG (Ocean Thermal Gradient) y son técnicamente posibles cuando el gradiente térmico es como mínimo de 20 grados centígrados, pero existen lugares con valores de 24 o 25 grados.

Las plantas pueden ser de ciclo cerrado o abierto. En el primer caso el fluido de trabajo (amoníaco o freón) es evaporado con el agua caliente superficial, pasa luego a través de una turbina con la que se genera energía y es condensado mediante el agua fría profunda. En el ciclo abierto el fluido es agua que es vaporizada a vacío, el vapor acciona la turbina y una vez condensado a baja temperatura ya no vuelve al ciclo. La primera planta fue construida por Claude en La Habana y fue destruida por un temporal en 1932, la segunda

construida en Hawai corrió igual suerte arrastrada por las corrientes. En USA se ha estado operando una planta experimental de tipo flotante y Japón lo ha hecho con una en tierra firme en Nauru donde dados los buenos resultados obtenidos está desarrollando el proyecto de una similar de 20 MW. A veces estas plantas OTEC se asocian a otras operaciones para mejorar su rentabilidad o condiciones ecológicas, así existe un proyecto que usaría agua fría profunda rica en plankton que al mismo tiempo se utilizaría en piscicultura a ser instalado en Hawai y en otro caso, en Taiwán, se instalaría una planta de 9 MW de tipo ciclo cerrado cuya agua de alta temperatura se reforzaría con el efluente caliente de la central nuclear de Mon Tsai, con lo que se mejoraría el rendimiento de la planta OTEC y se desimularían los efectos ambientales negativos de aquella.

Los grandes avances obtenidos en la explotación petrolera en aguas profundas ha hecho que la tecnología requerida o instalación requerida por las plantas OTEC en aspectos tales como construcción y anclaje de plataformas o instalación de las cañerías de aguas profundas (del orden de los 1000 m), se encuentre ya disponible, no obstante no hay en marcha grandes proyectos siendo la razón fundamental la económica derivada del precio de los energéticos convencionales. Desde el punto de vista ambiental estas plantas no tienen aspectos muy negativos aunque se señalan como tales cierta afectación del plancton y la liberación de considerables cantidades de gas carbónico provenientes del aumento de temperatura de las aguas profundas.

A diferencia de las otras plantas de generación marinas antes mencionadas, las plantas OTEC

eficiencia de la absorción de energía solar por la fotosíntesis que es hoy muy inferior al 0.1%. Investigaciones realizadas en el SERI (Solar Energy Research Institute, USA) hacen suponer que en plazo relativamente corto se podrán obtener azúcares para fermentación por transformación enzimática de la madera que permitirán la producción de alcohol a un costo que lo harían competitivo con la gasolina. La Comunidad Europea aspira a producir materia seca vegetal a 25 ECU/ton lo que equivaldría a petróleo a U\$S 18/Bbl.

Plantaciones experimentales de sorgo sacarígeno en Italia han permitido obtener 25 ton/ha/año de sustancia seca conjuntamente con más de 5 ton de azúcar.

Resumiendo la biomasa es una fuente energética de gran potencial, de enorme importancia en el mundo en desarrollo pero nada despreciable en el desarrollado.

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGETICOS

El mundo tiene una enorme fuente de energía en el ahorro energético, lo que puede realizar ya sea suprimiendo consumos de energía innecesarios o aumentando eficiencias. Más importante aún es que se trata de una fuente ideal pues produce calorías o KWH a muy bajo precio y a veces cero, con la ventaja adicional de que no contamina el ambiente. En el mundo se generan gigantescas cantidades de energía pero la mayor parte se desperdicia y como prueba de ello reproducimos un cuadro de valores que el Dr. Narita de Tokio Electric Power Co. consideraba típicos al finalizar la década de los 80.

EQUIPO	CONVERSION DE ENERGIA	EFICIENCIA
Automóvil	Química - Mecánica	20%
Pequeños motores eléctricos	Eléctrica - Mecánica	65 - 80%
Lámpara fluorescente	Eléctrica - Luz	65 - 70%
Lámpara incandescente	Eléctrica - Luz	18%
Generación de energía eléctrica	Química - Eléctrica	36%
Batería solar	Luz - Eléctrica	10%

Teniendo en cuenta los preocupantes valores del cuadro anterior es lógico suponer que se debe estar trabajando intensamente para mejorar la situación, lo cual es efectivamente cierto y de ello haremos algunas referencias.

En el mundo desarrollado afortunadamente el 40% de la energía tiene uso industrial. Sabemos que la termodinámica nos permite determinar la cantidad de energía requerida por un proceso, pero la experiencia indica que el consumo real es 5 o 6 veces el teórico. El etileno obtenido a partir de etano es el mayor consumidor individual de la industria química y si bien la eficiencia del proceso aumentó cada año en las últimas décadas, el consumo es hoy cuatro veces el termodinámicamente requerido.

El etileno comenzó produciéndose a 12.000 atmósferas y hoy se elabora a baja presión con equipo más barato y el producto final es de mejor calidad. Las mejoras se efectuaron con bombas y motores más eficientes, mejores intercambiadores de calor, mejores rendimientos de reacción, etc.

Otras industrias como la del acero están desarrollando rápidamente la nueva técnica que incluye el mezclado directo del mineral de hierro con el carbón, el escorificante y el oxígeno lo que permitirá con una inversión infe-

rior y menor daño ecológico, producir el metal con 25% de ahorro de energía. Ejemplos similares podrían enumerarse en todas las ramas de la industria. El uso eficiente de la electricidad ofrece también magníficas oportunidades de ahorro y aún ventajas ecológicas.

En los países desarrollados las grandes posibilidades están en primer lugar en la iluminación, los motores y la refrigeración.

En iluminación es bien claro el conocido ejemplo de la sustitución de una lamparilla incandescente de 75 W por una moderna fluorescente de 18 W de igual poder de iluminación. Ese simple cambio se traduciría, si la energía fuese obtenida en una central de carbón, en el ahorro de 350 kg de combustible, no se enviarían a la atmósfera 730 kg de anhídrido de carbónico y 8 kg de anhídrido sulfuroso y además en las condiciones corrientes de USA se ahorrarían U\$S 100 por menor consumo energético.

Por su parte los motores consumen del 60 a 70% de electricidad industrial, salvo por supuesto industrias electroquímicas o similares, y generalmente cada motor consume por año varias veces el valor de inversión de su compra, por lo que el aumento de una unidad porcentual de su eficiencia es de gran importancia. El uso de nuevos materiales en la construcción de motores, los controladores

electrónicos de velocidad, etc. han permitido sensibles aumentos de eficiencia pero mucho más es factible, a tal punto que tanto el EPRI en USA como institutos equivalentes en Suecia llegan a conclusiones similares de que es posible ahorrar más del 50% de la energía eléctrica a un costo total casi nulo y aún más a un costo de pocos centavos por KWH.

Otra gran posibilidad de ahorro la constituye el transporte y en particular los más de 500 millones de vehículos del mundo cuyo número crece 5% anualmente y que consumen casi el 50% del petróleo.

Los diseños de motores, transmisiones y carrocerías han ido bajando en quince años los consumos de los automóviles desde el 25% en Alemania a más de 50% en USA. Esto es muy importante también desde el punto de vista ambiental ya que un tanque lleno de gasolina se ha de transformar en 150 a 200 kg. de anhídrido carbónico, más los NOx, partículas, etc. Actualmente en los países de la OECD, los automóviles recorren promedialemte 13 km/lt y lo hacen cumpliendo exigencias en la composición de los gases de escape que cada vez son más severas.

El ahorro exige cambios en el motor tanto en la carburación o inyección como en la transmisión de potencia aumentando el número de cambios y aún

utilizando transmisiones continuas sustituyendo engranajes. La llamada inyección estratificada y los nuevos diseños de motores de dos tiempos, ya muy avanzados en Japón, prometen nuevos sustanciales ahorros en el consumo de combustible. La fricción en el vehículo y sobre el pavimento, ha disminuído sensiblemente con las transmisiones delanteras y los motores transversales así como la utilización de los metales livianos y materiales plásticos. Tengamos presente que 100 kg de reducción en el peso de un automóvil puede traducirse en un ahorro de 5% en el consumo de combustible.

El ahorro también se logra con el diseño aerodinámico particularmente importante en vehículos veloces teniendo en cuenta que la resistencia al avance crece exponencialmente con la velocidad. La investigación para continuar bajando consumos continúa, existiendo ya numerosos fabricantes Renault, Peugeot, Volvo entre otros que ya poseen prototipos para 4 o 5 pasajeros con consumos de 3.5 lts/100 km.

Digamos también que innovaciones similares a las señaladas están teniendo lugar en los vehículos pesados pero que de cualquier manera el ahorro no se logra sólo con los vehículos sino también con adecuadas normas de tránsito y disminución de congestionamientos, lo cual pasa por

el adecuado diseño de las ciudades.

El transporte aéreo también ha evolucionado mucho en lo que a consumo se refiere y hoy los modernos aviones de fuselaje ensanchado consumen la mitad de combustible de las aeronaves que sustituyeron y se estima que aún son posibles reducciones de 30 a 40% adicional.

Finalmente trenes y buques también abaten sus costos operativos por disminución en el consumo específico de sus motores.

Otra área de posible e importante ahorro de energía es la de la construcción de edificios. Estos tiene a través de sus paredes, y particularmente de sus vidrios, importante flujo de calor que se traduce en grandes pérdidas de calefacción o refrigeración. Se ha estimado que a través de las ventanas de los edificios de USA fluye tanta energía como por el oleoducto de Alaska, lo que aún con imprecisiones de cálculo indica valores realmente impresionantes.

Esto ha llevado a que fundamentalmente en el mundo desarrollado se investigue y se creen institutos destinados a mejorar la eficiencia energética de los edificios. Dentro de ese desarrollo figuran la fabricación de nuevas ventanas de las cuales el primer modelo mejorado consistió en sustituir el vidrio único



LANOLINAS MEDICINALES

CEBOLLATI 1561

TEL. 49 53 49

por dos láminas separadas por una capa de aire de 6 mm de espesor con la cual la resistencia al flujo del calor se duplicaba, si además se adosaba una lámina de baja emisividad en el interior de la cámara de aire, la transmisión de calor bajaba aún más y si finalmente se sustituía el aire por argón, la aislación era varias veces superior a la de una ventana común.

Muy recientemente aparecieron en el mercado las "superventanas" donde entre dos láminas de vidrio se ha sustituido gas por vacío o un aerogel no conductor de alta tecnología con lo cual la aislación es superior a la de una pared aislada.

El país donde la tecnología para la construcción de edificios desde el punto de vista energético ha llegado a mejor nivel es Suecia, donde se ha creado el Consejo Nacional de Investigación en la Edificación, lo que no sólo le ha permitido construir los edificios energéticamente más eficientes sino también exportar su tecnología a diversos países del mundo.

Los modernos grandes edificios tienen hoy sofisticados sistemas de control integrados basados en el empleo de un microprocesador que monitorea con sensores instalados en lugares estratégicos condiciones de temperatura, humedad y aún iluminación, adecuando las condiciones y optimizando el consumo.

En algunos estados de USA se han establecido disposiciones que aplican penalidades a los proyectos de construcción energéticamente ineficientes y otorgan beneficios a los que superan los mínimos establecidos.

Para finalizar el tema del ahorro energético deseamos enfatizar la incidencia que el mismo tiene en el medio ambiente mencionando que sólo la energía que se gasta en USA para operación de

electrodomésticos y en calefacción, refrigeración e iluminación de sus edificios comerciales, escuelas, etc., requiere para su generación el envío a la atmósfera de 500 millones de toneladas anuales de dióxido de carbono, o sea aproximadamente dos toneladas por habitante, lo que da una idea de la importancia de su reducción.

RELACIONES DE LA ENERGIA CON LA SOCIEDAD, LA ECONOMIA Y LA GEOPOLITICA

El mundo tiene hoy más de 5.000 millones de habitantes pero un cuarto de ellos consumen los dos tercios de la energía. Es cierto que no es imprescindible que todos los habitantes del planeta consuman la misma cantidad de energía pero estando relacionado el consumo de energía con el standard de vida, es razonable admitir que una parte del mundo consuma per cápita diez veces más que el resto. Según IEA el Tercer Mundo puede llegar a duplicar en quince años su consumo energético pero si se tiene en cuenta su crecimiento demográfico y la baja eficiencia con que se usa la energía, ello no se ha de traducir en una disminución de las diferencias de nivel de vida con el mundo desarrollado. También es cierto que en el mundo desarrollado existe un pequeñísimo porcentaje de su población que consume energía al mismo nivel que lo hacen los del mundo industrializado pero es fruto de mayores diferencias de clase que nada contribuyen al mejoramiento de la sociedad. La relación entre la energía y la economía es muy importante pero también compleja pues ambas se influyen mutuamente.

No hay duda que la disponibilidad de energía está ligada al desarrollo, no otra cosa fue la primera revolución industrial iniciada en Inglaterra en el siglo

XVIII y extendida a Europa y USA en el siglo XIX basada en la disponibilidad de carbón y en consecuencia también del acero. La segunda revolución se basó en el petróleo y permitió el fantástico desarrollo de USA, el mayor productor y exportador del mundo hasta 1950 y luego de Europa y Japón. El consumo de energía está ligado al producto bruto del país pero dicha relación varía con el estado de desarrollo del mismo, así cuando el país se industrializa el consumo de energía crece más que el producto bruto o standard de vida, pero en los países industrializados ocurre lo contrario.

Lo prueba el hecho de que la IEA diga que el total de energía primaria de los países de la OECD en la última década sólo aumentó porcentualmente la quinta parte de lo que creció el producto bruto, lo que indica un marcado descenso del uso de energía por unidad del producto.

De cualquier manera la energía es de primerísima importancia tanto para los países desarrollados para mantener su nivel de vida, como lo es para los que están en vías de desarrollo para elevarlo; pero la incidencia de los energéticos en la economía de los dos grupos de países es muy diferente. Para los desarrollados la incidencia es menor pues por ejemplo, el petróleo no constituye un elevado porcentaje de sus cuentas, en cambio para los que están en vías de desarrollo, tanto exportadores como importadores, constituye generalmente el rubro más importante de su comercio exterior aunque con repercusiones opuestas.

Otra diferencia importante entre ambos grupos de países es que entre los del Tercer Mundo existe una fuerte participación estatal en el sector energético, aunque está cambiando algo últimamente, lo que en general no ocurre en los países industrializados.

Teniendo en cuenta la

importancia que los energéticos tienen en el mundo, es obvia la trascendencia geopolítica que tiene la disponibilidad de sus reservas. El carbón que fue durante muchos años la principal fuente de energía, que fuera desplazado por el petróleo, pero al que se le asegura un próximo resurgimiento, tiene aproximadamente dos tercios de sus reservas concentradas en tres países: USA, China y la ex-URSS.

El petróleo que es la principal fuente actual tiene también dos tercios de sus reservas en Medio Oriente e igual situación ocurre con el gas natural, aunque en este caso compartido por Medio Oriente y la ex-URSS.

Esta concentración de reservas asigna a los energéticos una gran importancia estratégica y más allá del respeto a los derechos de los pueblos, las reclamaciones territoriales por razones históricas y los motivos religiosos, no puede ignorarse el fundamental papel que desempeñaron los hidrocarburos en la reciente guerra del Golfo Pérsico.

De todos los aspectos que hemos mencionado con relación a la energía y su contribución al desarrollo social, poco puede rescatarse para ofrecer un panorama optimista para los países del Tercer Mundo. Sin embargo, ha aparecido un elemento en los últimos años que muy probablemente contribuya a que los países ricos adopten una

actitud no más generosa sino más justa hacia el Tercer Mundo, y nos estamos refiriendo a los problemas ambientales. Hace pocos años, y fue precisamente en los países desarrollados, se dio la alarma de que la vida sobre el planeta podría llegar a ser imposible por las alteraciones importantes que habían tenido las condiciones ambientales.

Se cumplía así lo dicho por aquel seguidor de Copérnico, Domenico Bruno, de que el hombre podía manejar las leyes de la naturaleza y aún violarlas. Efectivamente el hombre ha violado esas leyes y hoy se encuentra frente a graves problemas ecológicos como el efecto invernadero, el agujero de ozono, la lluvia ácida, la polución por óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, partículas, etc.

La verdadera magnitud de sus consecuencias no ha sido precisamente evaluada pues se manejan teorías que aún no han tenido la total verificación científica, pero sin duda existe la convicción de que el problema es muy grave, pues no otra cosa justificaría las reuniones de los gobernantes de los países más importantes del mundo para su consideración. La contaminación de la atmósfera es obra humana y fundamentalmente la llevaron a cabo los países industrializados, muy especialmente en la generación de energía con combustibles fósiles. Es cierto que esos mismos países

están ahora autolimitándose, imponiéndose normas muy exigentes en todas las emisiones que envían a la atmósfera o efluentes a ríos, lagos o mares, pero dado que han sido ellos los principales causantes del deterioro, sería justo que ahora contribuyeran al desarrollo del Tercer Mundo, en particular en la producción de energía que necesitan para su desarrollo, en las condiciones que sus economías lo permitan y evitando al máximo el daño ambiental.

Hoy resulta claro que las políticas energéticas y ambientales deberán estar inevitablemente ligadas y también que la preservación de un adecuado ecosistema sobre la tierra, sólo es posible en la medida que una parte sustancial de sus pobladores llegue a un adecuado nivel de vida. Para el logro de ese objetivo no parece existir otro camino de la cooperación internacional donde siempre habrán diferencias que llamaríamos admisibles, pero no puede aceptarse el sacrificio de muchos en beneficios de unos pocos.

Afortunadamente cada vez se escuchan más y más importantes voces que creen en la cooperación, lo que lleva a la conclusión optimista de que finalmente el hombre resolverá sabiamente respecto de su futuro.



FILIPIAK
Ingeniería s.r.l.

- * Proyectos, Suministros y Montajes electromecánicos
- * Talleres, fabricación
- * Instalaciones eléctricas industriales
- * SSEE, Líneas
- * Electrificación rural
- * Iluminación
- * Obra civil

Casavalle 4634 - Tel.: 35 58 10 - Montevideo - Uruguay