

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA ENERGIA SOLAR EN ESPAÑA

En este trabajo, **Feliciano Fuster** describe el estado de desarrollo en que se encuentran las diferentes tecnologías de conversión solar capaces de producir un ahorro de energías convencionales en la actualidad y en un futuro próximo. El autor hace un análisis de los consumos susceptibles de ser sustituidos por energía solar. Reflexiona sobre la situación transitoria actual, tendente a una mayor participación de las energías renovables, las dificultades que ello encierra, y el efecto que la conservación de la energía puede tener en la potenciación de esta tendencia, avanzando, además, una previsión de la cobertura del consumo energético por energía solar durante los próximos años. Asimismo apunta algunos conceptos e ideas tendentes a garantizar y acelerar el papel de las energías renovables en la mejora de la situación económica del país.

I. INTRODUCCION

La imperiosa necesidad de reducir los actuales consumos de energías convencionales, en especial los combustibles líquidos, debido a su carestía y escasez, obliga a tener que considerar otras fuentes energéticas, cuya utilización también es cara, pero que, en contrapartida, son abundantes y además no suponen una dependencia exterior.

Es prácticamente imposible que para los próximos veinte años exista, al igual que en los veinte años anteriores, una fuente energética como el petróleo, que materialmente pueda barrer a las demás. De hecho, muchas de las fuentes energéticas y sus tecnologías de conversión que ahora llamamos «nuevas», son simplemente fuentes y tecnologías cuyo aprovechamiento y

desarrollo quedaron detenidos por la aparición del petróleo.

Las especiales ventajas, de todo orden, del petróleo justifican en gran parte la resistencia de los países con desarrollo tecnológico a despegarse de su uso.

Ahora debe continuar y acelerarse el proceso iniciado, intentando cubrir la demanda energética global a base de diversificar las fuentes de energía, teniendo en cuenta, sobre todo, que la inexistencia de energías baratas y de múltiples aplicaciones, y la necesidad de evitar la paralización del desarrollo económico, obligan a la búsqueda de un nuevo punto de equilibrio entre los factores energía, capital y mano de obra.

De ahí la relevancia de la conservación de energía, considerada por muchos como otra fuente alternativa, la más importante, o de más urgente apli-

cación, y que, en definitiva, representa la acción a emprender para encontrar el nuevo equilibrio en el que el factor energético sea menos intensivo.

Así, entendemos que, conceptual y prácticamente, la reducción del consumo energético por una mejor utilización de la energía aportada, así como la diversificación de las actuales estructuras de abastecimiento, forman parte de un amplio plan de conservación. Ambos objetivos, indistintamente, deberán ser conseguidos a expensas de una mayor inversión, más rentable que la inversión de atender una demanda de energía que sea una mera extrapolación de anteriores tendencias, y que, por consiguiente, favorece en mayor medida el desarrollo económico.

II. TECNOLOGIAS DE CONVERSION SOLAR

La energía solar, y en general cualquier fuente energética, puede ser utilizada en diversas formas; del sol puede obtenerse energía térmica, energía mecánica, energía eléctrica, etc.

Ahora bien, los procesos de conversión necesarios para alcanzar estas formas de la energía implican pérdidas de una parte de la misma, y costes derivados de la utilización de los equipos transformadores, tanto mayores cuanto más noble sea la energía final obtenida (1).

Estos hechos obligan a seleccionar la forma de utilizar cada fuente energética, de manera que el número de conversiones requeridas sea el mínimo, o éstas sean innecesarias, y que su

eficiencia, en todo caso, sea lo más alta posible.

Este concepto no siempre es tenido suficientemente en cuenta en la investigación y aplicaciones de la energía solar.

Las aplicaciones térmicas en los sectores doméstico, comercial, servicios y agrícola, así como las aplicaciones térmicas industriales a temperaturas no superiores a 250 ó 300° C, y, en general, la demanda de energía en forma de calor a niveles de temperatura no muy altos, puede ser cubierta por energía solar, mediante sistemas de colectores planos o concentradores sin más conversión que la de energía radiante en térmica. También la utilización de la bomba de calor, o incluso la cogeneración (2), son formas de obtención racional de energía térmica.

La generación de biomasa a partir de la energía solar para la producción de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, es una tecnología apropiada para aquellas aplicaciones en las que el combustible de alto poder calorífico es difícilmente sustituible. Su desarrollo está más en razón de la exigencia de un determinado combustible final que de un planteamiento de racionalización energética.

Las instalaciones fotovoltaicas de uso individual, o de pequeñas comunidades, son también tecnologías adecuadas para las aplicaciones domésticas, industriales, agrícolas, etc., en que la electricidad sea específicamente necesaria (alumbrado, motores eléctricos, procesos electroquímicos, etc.).

La utilización del efecto fotovoltaico tiene la ventaja de que con una sola conversión se

transforma la energía luminosa en electricidad y, además, de forma totalmente estática, si bien, en contrapartida, tiene hoy en día bajo rendimiento y alto coste.

En cuanto a la producción centralizada de energía eléctrica a partir de grandes centrales fotovoltaicas y termosolares, existe en su concepción, a nuestro entender, un cierto contrasentido que es conveniente destacar. Las centrales eléctricas convencionales, de fuel-oil, de carbón o nucleares, parten de un combustible concentrado, lo cual, junto con el ahorro de instalaciones que supone el factor de escala, aconseja la producción centralizada de electricidad y su posterior transporte y distribución.

Sin embargo, el «combustible» solar es disperso y, además, en el caso de centrales fotovoltaicas y termosolares el factor de escala es de poca entidad, por lo que las ventajas de la centralización desaparecen y sólo quedan sus inconvenientes (el transporte y distribución de la energía producida), además del sobrecoste de su concentración previa.

Las características de la fuente energética solar obligan, en consecuencia, a abandonar esta línea mimética de construcción de centrales, y pensar por el contrario en una producción descentralizada de energía, aprovechando la dispersión con que se recibe la energía solar en lugar de considerarla como un inconveniente a superar.

La generación de biomasa, y su conversión en combustibles sustitutivos del gas o de los derivados del petróleo, y la utilización del efecto fotovoltaico

son tecnologías prometedoras, que, ya sea por falta de un desarrollo y experimentación definitivos, o por presentar en la actualidad costes muy alejados de los de las fuentes convencionales, no es probable que cubran un porcentaje significativo del consumo energético total en los próximos diez años.

Además de la energía hidroeléctrica, que también procede indirectamente del sol, y que supone para nuestro país en la actualidad un 40 por 100 de la producción de energía eléctrica, debe considerarse la energía eólica como fuente energética indirectamente solar, que, si bien actualmente se halla en fase de desarrollo y no existen realizaciones a nivel comercial, es muy probable que a mediados de la presente década empiece a ser rentable.

Así, los aerogeneradores transforman la energía eólica, manifestación indirecta de la energía solar, en energía mecánica, que normalmente acciona un generador eléctrico, de corriente continua o alterna, si bien también puede ser usada directamente (para el bombeo de agua, por ejemplo).

En la actualidad se tiende al desarrollo de grandes aerogeneradores de uno o varios MW. de potencia eléctrica, conectados a la red eléctrica general, por lo que pueden estar situados en sitios apartados del consumo, en lugares de vientos frecuentes y fuertes. También es relevante el desarrollo de pequeños aerogeneradores, de hasta 50 KW. de potencia, para utilización directa por parte del usuario final, conectados o no a la red eléctrica convencional.

Partiendo, pues, de que las tecnologías de conversión de mayor interés por su aplicación inmediata son las de conversión térmica, pasaremos a continuación a destacar sus más importantes características técnicas:

a) *Sistemas con colectores solares planos, para la producción de energía térmica hasta 80° C*

Estos sistemas se componen, básicamente, de un campo de colectores, depósito de almacenamiento del agua calentada, equipo de bombeo y equipo automático de control de funcionamiento.

En función de la temperatura que se pretenda conseguir (dependerá de la aplicación), los colectores planos deberán ser metálicos, situados en el interior de una caja estanca, aislada y cubierta por una superficie transparente (en cuyo caso pueden alcanzarse temperaturas de hasta 80° C), o bien de caucho o plástico, sin aislamiento o con una simple cubierta transparente, para aplicaciones en las que la temperatura requerida no sea más de 10 ó 15° C por encima de la temperatura ambiente.

En este apartado se sitúan también los colectores de aire, caracterizados por utilizar aire como fluido circulante caloportador. Están indicados para la calefacción de edificios, ya que el aire puede ser usado directamente para la calefacción, sin necesidad de fluido intermedio.

b) *Sistemas con colectores de vacío para utilización en procesos térmicos de hasta 120° C*

Los colectores de vacío se diferencian de los colectores pla-

nos en el hecho de utilizar el vacío como medio aislante, lo que implica, de una parte, mayor complejidad del colector, ya que debe mantenerse el vacío en su interior a temperaturas de trabajo variables y con uniones entre materiales diferentes, y de otra, supone la consecución de unas temperaturas de trabajo más altas y de buenos rendimientos, que permiten acometer otras aplicaciones industriales y domésticas, destacando entre estas últimas la refrigeración y el acondicionamiento de aire por absorción.

c) *Sistemas con colectores concentradores para procesos térmicos industriales de hasta 250° C*

Estos colectores concentran la radiación recibida sobre una superficie, llamada superficie reflectora, en un elemento absorbedor cuya área de absorción es sólo de 1/30 ó 1/40 de la superficie reflectora. Este principio de funcionamiento permite al fluido circulante alcanzar temperaturas mucho mayores que en el caso de los colectores planos, ya que las pérdidas de calor se reducen considerablemente por ser proporcionales a la superficie del absorbedor.

El colector concentrador requiere un sistema de seguimiento del sol para mantenerse permanentemente enfocada la radiación solar en el punto o en la línea deseada.

d) *Bomba de calor para la producción de agua caliente y calefacción*

A diferencia de las tecnologías anteriores, que permiten la transformación de la energía so-

lar radiante en calor, la bomba de calor utiliza la energía solar almacenada en el medio ambiente (aire, agua o suelo) y eleva su temperatura para convertirla en energía utilizable para aplicaciones de agua caliente y calefacción. Por tanto, siempre que la fuente de calor a baja temperatura utilizada sea el ambiente, la bomba de calor es un sistema de transformación de la energía solar.

III. RENTABILIDAD ECONOMICA DE LAS INSTALACIONES SOLARES Y EOLICAS

La falta de espacio para la instalación de equipos solares en las zonas de alta densidad de consumo energético (ciudades, zonas industriales, etc.) limita, y en algunos casos de forma muy severa, la posibilidad real de utilización de la energía solar. La rentabilidad económica de una instalación solar, expresada por el número de años necesarios para recuperar, con los ahorros de energía convencional, la inversión inicial y sus gastos asociados, o por la tasa de rentabilidad interna obtenida de la inversión realizada, es, asimismo, una limitación fundamental a efectos de la aceptación que actualmente tiene la energía solar por parte de los usuarios finales.

Estamos en una época de transición en la que empieza a resultar competitiva la utilización de la energía solar, lo cual implica un despegue muy lento en la adopción de esta tecnología. Su evolución en el futuro estará en función directa de la

variación de los costes de las energías convencionales, así como de la evolución de costes decrecientes de los sistemas de utilización.

En este momento, la tecnología disponible a nivel comercial y competitiva con los métodos convencionales es la de colectores planos metálicos para aplicaciones térmicas.

Las rentabilidades esperadas de una instalación de tipo medio pueden tener variaciones muy importantes según sea el tamaño de la instalación, el porcentaje de energía convencional sustituida, la zona geográfica en que se instale, la fuente energética que se sustituye, etc. Podemos evaluar en términos generales que una instalación de agua caliente puede tener una rentabilidad actual, calculada en términos de período de retorno de capital, de cuatro a ocho años, y una instalación de calefacción, de siete a quince años, contando en ambos casos la subvención de 6.500 pesetas por m² de colector instalado que ahora tiene establecida el Ministerio de Industria y Energía.

La bomba de calor es rentable en la actualidad para la producción de agua caliente sanitaria y para calefacción de edificios, situándose en niveles de rentabilidad bastante parecidos a los de conversión directa de la radiación solar en energía térmica. Su introducción podría acelerarse a base de ofrecer una subvención equivalente, en unidades de energía ahorradas, a la de los colectores planos.

En 1985 la rentabilidad de los colectores concentradores expresada en términos de tasa de rentabilidad interna, y para zo-

nas de buena radiación solar, oscilaría entre 15 y 19 por 100, según los escenarios económicos y las zonas climáticas consideradas, adoptando subvenciones equivalentes a las de los colectores solares planos para aplicaciones industriales que supongan ahorro de fuel-oil. Con otros apoyos, esta tecnología tendrá mayores facilidades en su difusión entre el sector industrial de nuestro país.

Los sistemas fotovoltaicos, en lo que a su implantación se refiere, presentan el freno del elevado coste de adquisición de los módulos, por lo que el coste del kWh. en la actualidad se sitúa en términos poco competitivos.

De todas formas, debemos señalar que se están realizando actualmente importantes esfuerzos por reducir los costes de las células fotovoltaicas, incidiendo especialmente en la investigación y aplicación de nuevas tecnologías del silicio y de películas delgadas, así como desarrollando en los módulos fotovoltaicos las técnicas de concentración. La profundización en estos campos conducirá en breve a la inclusión de las tecnologías fotovoltaicas entre las tecnologías rentables y, en consecuencia, competitivas con las energías convencionales. Para determinadas aplicaciones, es hoy en día viable, desde el punto de vista económico, la instalación de paneles fotovoltaicos. Asimismo, en aplicaciones concretas como las estaciones meteorológicas, emisoras de vigilancia contra incendios forestales, cargadores de baterías para barcos, bombeo e irrigación, radioenlaces, reemisores de TV y FM, generación eléctrica en viviendas aisladas, etc., ya es

atractiva la utilización de la tecnología fotovoltaica.

En la actualidad, en algunos puntos de nuestra geografía se han empezado a instalar aerogeneradores de pequeña potencia. En general, la rentabilidad de estos sistemas de conversión es variable, y está en función de la potencia característica del aerogenerador, de la zona eólica en que esté situado, así como de la demanda energética anual del usuario. A modo de ejemplo ilustrativo, en el supuesto de un aerogenerador conectado a la red eléctrica, de 6,5 kW. de potencia, con una producción de 26.000 kWh/año, de la que consume la mitad, vendiendo el resto a la compañía eléctrica a un precio que sea la mitad de las tarifas establecidas para el kWh., se puede hablar de una rentabilidad, expresada en términos de período de retorno de capital, que va de siete a nueve años, suponiendo una subvención por ahorro energético en pesetas equivalente a la de los colectores planos. Así, podemos afirmar que hoy, cumpliéndose determinados requisitos, ya se puede hablar de la viabilidad económica de los pequeños aerogeneradores.

IV. PREVISIONES DE INTRODUCCION EN EL MERCADO. APOYOS ECONOMICOS

Si aplicamos un modelo de análisis previsional a largo plazo, apoyado en datos de un escenario económico constituido por la evolución de los tipos de interés del dinero, de la inflación general de los combus-

tibles, así como de los precios anuales de mantenimiento y de los precios de los distintos tipos de energías, obtenemos una previsión de la demanda de las tecnologías descritas, que presentamos a continuación.

Este método contempla, en cierta forma, la actitud inercial de los usuarios potenciales frente a una nueva tecnología. Sin embargo, la dificultad que entraña la medición de este factor hace que las cifras que se obtienen deban ser consideradas, con más razón que en otros estudios de previsión, como indicativas de una posible evolución.

Para ello se ha evaluado la cantidad de energía consumida actualmente en procesos térmicos en España, para aplicaciones de agua caliente y calefacción en el sector doméstico, servicios y agrícola, a niveles de temperatura inferiores a 80° C.

El cuadro n.º 1 resume los resultados obtenidos, y de él es preciso destacar que corresponde a una elaboración propia, realizada a partir de muestreos, y no pretende constituir sino una aproximación.

En aplicaciones de agua caliente y calefacción del sector doméstico, la sustitución de energías convencionales por energía solar representaría una implantación aproximativa de 33 millones de metros cuadrados de colectores, cifra indicativa del enorme potencial de sustitución técnica y de ahorro energético de nuestro país. La rapidez con que este nivel de colectores instalados se alcance dependerá de la evolución de los escenarios económicos, de la reducción de costes de los equipos y de la aceptación por par-

te de los usuarios del cambio de fuente energética.

Los niveles de penetración, desde 1982 al año 2000, de los colectores planos para obtención de agua caliente sanitaria y calefacción, en función del mercado potencial, y según nuestro modelo de previsión, quedan expresados en el cuadro n.º 2.

Los supuestos de subvención por metro cuadrado de colector plano instalado, en los tres importes considerados, nos reve-

lan la sensible evolución del ahorro energético para las mayores incentivaciones económicas en el período estudiado. Así, la actual subvención de 6.500 pesetas/m² del Ministerio de Industria y Energía ya está contribuyendo notablemente a un aumento en la rentabilidad de las instalaciones y, en consecuencia, a su aceptación por el mercado. Sin embargo, una subvención de 8.000 ptas/m² de colector instalado supondría hasta el año 1990 un coste adicional total acumulado de 1.920 millones de pesetas, con un incremento de

CUADRO N.º 1

**CONSUMO FINAL ENERGETICO EN PROCESOS TERMICOS
NO INDUSTRIALES, A TEMPERATURAS INFERIORES
A 80° C EN ESPAÑA**

AÑO 1981

SECTORES	MTEP.
Agrícolas + Servicios	1,47
Calefacción y usos domésticos:	
Calefacción	1,29
Agua caliente	1,35
Otros usos térmicos	1,10
TOTAL	5,21

CUADRO N.º 2

**PREVISION DE ENERGIA SUMINISTRADA POR COLECTORES
SOLARES PLANOS PARA AGUA CALIENTE SANITARIA
Y CALEFACCION**

(Unidad: miles de tep.)

AÑOS	Sin subvención	Subvención 4.000 ptas/m ²	Subvención 6.500 ptas/m ²	Subvención 8.000 ptas/m ²
1983	4,1	4,2	4,4	4,5
1985	12,0	13,2	14,2	14,9
1990	61,3	75,2	87,3	96,3
1995	179,1	222,4	257,6	282,5
2000	406,3	469,0	514,0	543,0

ahorro anual de energías convencionales de 9.000 Tep (equivalentes a 220 millones de pesetas de energía primaria importada a precios actuales).

En consecuencia, debería considerarse esta posibilidad por parte de la Administración, ya que ello potenciaría la economía nacional y supondría una mejora sensible en nuestra balanza de pagos.

Consideramos que debe darse a cada energía un precio derivado de su coste real, ya que sólo una política de precios realista puede producir el efecto deseado de una mayor inversión en tecnologías solares para reducir el consumo energético.

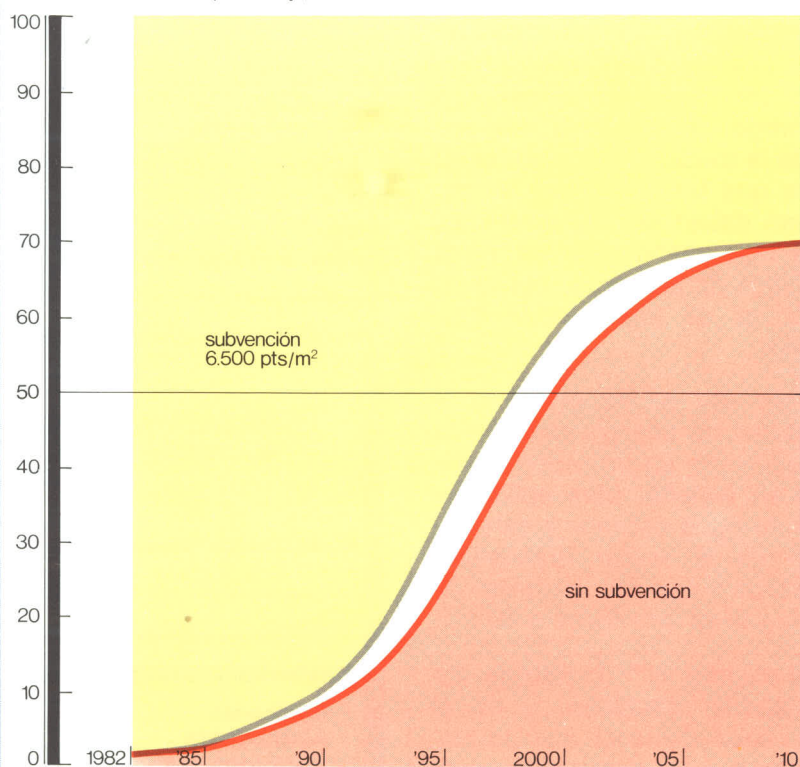
Sin embargo, las subvenciones que se proponen para la energía solar tienen por objeto acelerar la adopción de esta energía y, en consecuencia, la reducción del consumo de las convencionales. No se puede considerar, como en otros casos, subvencionar el uso de la energía, sino los equipos necesarios para ahorrar energía convencional.

Estas subvenciones deben tener, en todo caso, una duración limitada, ya que su influencia en la implantación de colectores tiende a disminuir cuando el porcentaje de mercado cubierto ya es importante, tal como puede verse en el gráfico 1, y dados los comportamientos previstos de la demanda potencial, reflejados cumplidamente en el gráfico 2.

De la aplicación del mismo modelo de previsión para la bomba de calor, se obtienen las estimaciones de ahorro de energía convencional en la obtención de agua caliente sanitaria y calefacción (cuadro n.º 3).

GRAFICO 1 EFECTOS SUBVENCIONES. COLECTOR SOLAR PLANO. AGUA CALIENTE SANITARIA.

demanda energética suministrada por colectores solares (porcentaje)



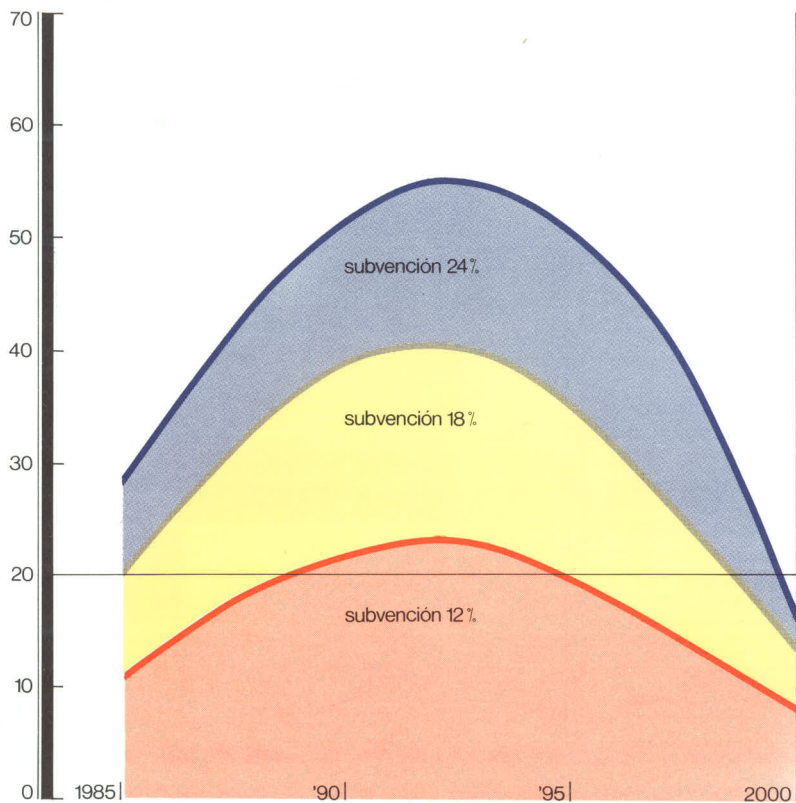
La existencia de subvenciones para la instalación favorecería ampliamente su difusión, tal como ocurre con los colectores planos. Conviene recordar que naciones como Francia y Alemania, han instrumentado las medidas económicas necesarias para acelerar los procesos de implantación de la bomba de calor en sus países.

La financiación mediante créditos favorables, con tipos de interés bajos, también sería un importante incentivo para la adopción de las tecnologías solares en nuestro país. Esto tiene

un mayor sentido en la actualidad, dadas las crecientes dificultades con las que se enfrentan particulares y empresas para acceder en buenas condiciones a recursos financieros disponibles en nuestro sistema crediticio. Es decir, existe ya la necesidad de que la Administración autorice la dotación de fondos públicos para la financiación de las inversiones en tecnologías de conversión solar, como ya lo han hecho numerosos países. La desgravación fiscal podría ser otra modalidad de impulsar la demanda de colectores planos y bombas de calor.

GRAFICO 2 EVOLUCION EFECTO SUBVENCION EN FUNCION DEL TIEMPO, COLECTOR SOLAR PLANO, AGUA CALIENTE SANITARIA

incremento ahorro
energético (porcentaje)



CUADRO n.º 3

ESTIMACIONES DE AHORRO DE ENERGIA CONVENCIONAL

	1985	1990	1995	2000
Ahorro energético (miles de tep.)	0,9	19,5	248,0	982,0

La utilización de colectores concentradores y de vacío, en el sector industrial fundamentalmente, resulta de más difícil previsión, habida cuenta de que

hoy todavía no son competitivos con los sistemas convencionales. Su introducción dependerá de la evolución del coste de estos colectores, de la eficiencia que

de ellos se obtenga, así como de la evolución de los costes de la energía convencional.

Se espera que a mediados de la presente década empiecen a resultar rentables para aplicaciones concretas, generalizándose su uso hacia principios de los años noventa, teniendo después un desarrollo bastante rápido. Así, según nuestro modelo de penetración en el mercado, con una subvención equivalente a la que se aplica actualmente a los colectores planos, se estima que para procesos térmicos industriales se alcanzaría en 1990 una sustitución de energías convencionales en torno a 3.000 Tec, para cubrir en el horizonte del año 2000 un volumen ya importante de 600.000 Tec.

La cantidad de energía consumida en el sector industrial, en procesos térmicos de hasta 250° C, es considerablemente mayor que la consumida en procesos térmicos domésticos a baja temperatura. Se espera que en el año 2000 la participación de la energía solar en la industria sea mayor en valores absolutos que en el sector doméstico y comercial.

Del resto de las tecnologías de conversión reseñadas podemos generalizar que comenzarán a introducirse de forma apreciable en nuestros mercados a mediados de la presente década, alcanzando la plenitud de su utilización en el año 2000.

Nuestras estimaciones de mercado de los sistemas eólicos, con las características de funcionamiento y aplicaciones ya descritas en el apartado que se refiere a las rentabilidades de las diversas tecnologías, podrían alcanzar un nivel de sustitución

de energías convencionales del orden de los 1.000 MWh. en 1985, cubriendo una producción de 700.000 MWh. en el año 2000.

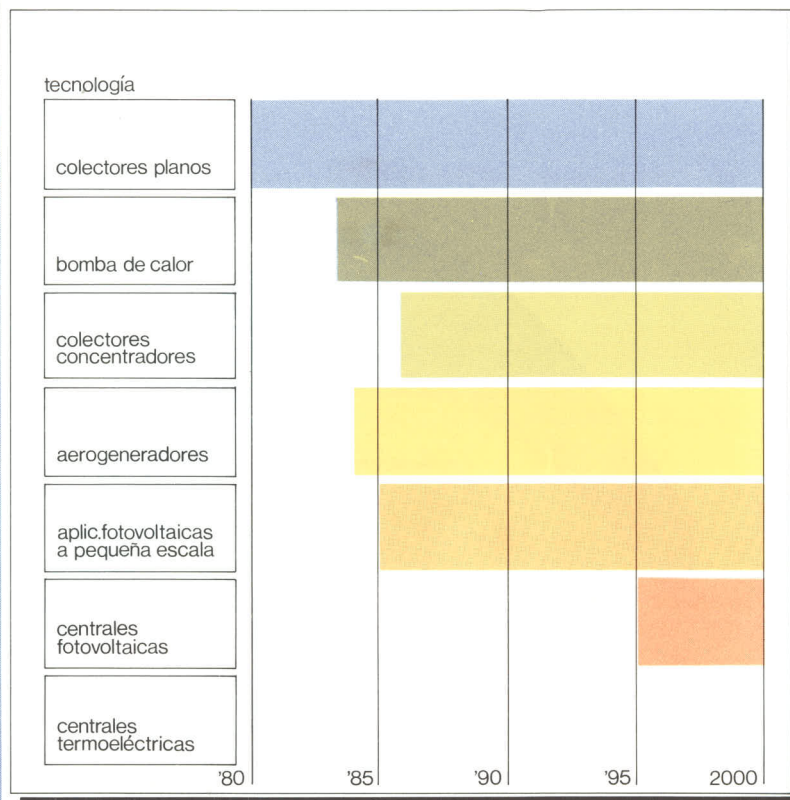
En cuanto a la introducción de la tecnología de conversión fotovoltaica, no ha podido conseguirse el mismo método de previsión, por cuanto las motivaciones para la instalación de estos equipos en el momento actual no se basan en ventajas comparativas de costes con respecto a las fuentes convencionales, sino en la falta de otras fuentes energéticas para estas aplicaciones, o en la comodidad que supone su uso.

La previsión de la energía producida por los equipos fotovoltaicos, de acuerdo con los datos del Plan de Utilización de Nuevas Energías, se cuantifica en torno a los 4.000 MWh. para el año 2000. El mercado fotovoltaico, además de las aplicaciones remotas ya citadas, abarcaría los sectores de viviendas unifamiliares, los centros de carga intermedia (centros comerciales, fábricas, complejos de viviendas plurifamiliares, grandes explotaciones agrícolas, etcétera) y las centrales eléctricas, pudiendo adquirir un tamaño aproximado a los 300.000 MWh. de producción, lo que comportaría un ahorro energético apreciable.

De forma ilustrativa, resumimos la vigencia y las previsiones de introducción de todas las tecnologías de conversión contempladas en el gráfico 3.

Finalmente, creemos que para todas las tecnologías de conversión analizadas y para ampliar el tamaño de sus mercados, se hace necesaria, además de la concesión de subvencio-

GRAFICO 3
VIGENCIA DE LAS TECNOLOGIAS DE CONVERSION EN EL CONTEXTO ENERGETICO DEL PAIS



nes y financiación interesante de las inversiones en sistemas solares y eólicos, toda una gama de actuaciones institucionales, entre las que destacamos la ejecución de programas de demostración, así como la promoción industrial y comercialización de los diversos sistemas.

V. PROGRAMA ENERGETICO UNESA-INI

La participación de la energía solar en el *mix* energético del país precisa ser potenciada, y a este propósito está contribuyendo el sector público con su actividad en el desarrollo de las tecnologías de conversión solar descritas, su experimentación y realización de instalaciones piloto para demostrar su funcionamiento, y comercializando sistemas y colectores solares.

Al margen de las consideraciones que afecten a rentabilidades y mercados presentes y futuros hasta ahora analizados, referidos a usuarios individualizados que adopten las nuevas tecnologías de conversión, y que evidencian la problemática que su difusión plantea, existen toda una serie de aspectos de mayor amplitud que nos exigen tratar el tema solar desde el enfoque de las ventajas que representa, o puede representar, al conjunto de todo el colectivo nacional. Es preciso realizar un esfuerzo de análisis cualitativo, más allá de la rentabilidad económica a corto y medio plazo, para situarnos en una perspectiva de definición de la energía solar en términos de bien socialmente deseable. Algunas tecnologías presentan la conveniencia económica de su implantación, sin embargo pueden suscitar en mayor o menor medida rechazos sociales. En este sentido, las tecnologías de conversión solar son un ejemplo de todo lo contrario.

Vistos los beneficios que mediante ahorros de energía importada reporta la aplicación de la tecnología de conversión solar a determinados sectores, es constatable, además, la aceptación social que suscita ya en la actualidad en todos los países.

De ahí la urgencia por llevar a término todo tipo de instrumentaciones económicas que faciliten la adopción de la tecnología de conversión solar. De un lado, se hace imprescindible impulsar todo el campo de investigación de las nuevas tecnologías de conversión y, de otro, crear los mecanismos necesarios para que su difusión y aceptación se realice con la máxima celeridad.

En este sentido ha trabajado el Programa Solar del Instituto Nacional de Industria, desde su creación en 1977, manteniendo una permanente reorientación de la actividad necesaria para el desarrollo de las tecnologías que, de forma más inmediata, pueden ser implementadas.

Esta línea de actividad viene reforzada a partir de finales del pasado año y garantizada su continuidad en el futuro, como consecuencia de la firma de un acuerdo entre UNESA y el INI, por el que se creó el Programa Energético UNESA-INI. Este programa asume la labor realizada en años anteriores desde el Programa Solar del INI y la potencia con la incorporación de nuevos campos de investigación, en el ámbito solar y del ahorro de energía.

Enumeramos algunas de las ventajas que de la adopción de las tecnologías solares se derivarán para nuestro país:

- Contribución a la consecución de una deseable menor dependencia energética, cumpliendo objetivos de diversificación para la futura reestructuración del abastecimiento energético.

- Creación de una tecnología enteramente nacional que, al tiempo, se podría exportar a países menos desarrollados y de situación asimilable a la nuestra.

- Importante descentralización en el campo de la utilización de la energía, reduciendo pérdidas e inversiones en el transporte y distribución.

- En la medida en que la utilización de las fuentes energéticas convencionales actúa negativamente sobre el entorno ambiental y ecológico, todos los esfuerzos para sustituir sus aplicaciones por las de la energía

solar se traducirán en una mayor conservación del equilibrio ecológico y preservación del medio ambiente.

- Un mayor conocimiento por parte del usuario de la dinámica de costes de la energía, con una más rápida participación en las decisiones de configuración de una demanda inteligente, que a su vez sea factor causal de la oferta.

Entendemos que todas estas ventajas se enmarcan en un planteamiento de desarrollo económico, atendiendo aspiraciones sociales de calidad de vida que deben ser valorados en la medida de su importancia, realizables al disponer de una amplia tecnología solar y de otras, posibilitando el ahorro y la racionalización del consumo energético.

VI. ALGUNAS IDEAS PARA IMPULSAR LA ENERGIA SOLAR Y REDUCIR LOS CONSUMOS DE ENERGIA CONVENCIONAL

1. Colaboración de las empresas energéticas

Las empresas energéticas, en especial las eléctricas y las de gas, pueden convertirse en empresas de servicio público no limitado a las energías convencionales sino a una combinación de energía convencional (gas, electricidad o gas y electricidad) y energía solar.

Una empresa gasista con una previsión de un aumento de la demanda de gas, ya sea por incremento vegetativo o por ampliación del área servida, podrá

optar por tres líneas de actuación: aumentar la capacidad de producción (caso de gas manufacturado) y distribución de gas; abastecer el incremento de demanda a base de instalaciones de energía solar situadas localmente en los puntos de consumo; una combinación de las dos soluciones anteriores.

La empresa gasista estudiará la conveniencia de dedicar una cantidad de dinero, equivalente a la inversión requerida para aumentar la capacidad de producción y distribución de gas, a la financiación total o parcial de las instalaciones solares a realizar por los abonados, y que sustituirían o retrasarían la ampliación citada.

También habrá tenido que decidir la forma en que la empresa recuperaría la inversión realizada. Una modalidad podría ser cobrar una cantidad por cada termia generada a partir de la energía solar, o bien, estableciendo un sistema de *leasing*, etcétera.

Esta política de actuación podría suponer, a medio plazo, un triple beneficio: un ahorro a nivel nacional de energía importada, mayor que el derivado de la suma de iniciativas económicas de abonados individuales; una disminución de la factura total que el consumidor de energía debe abonar, ya que un porcentaje de ella no estaría sujeto a los ritmos de crecimiento del precio de las energías convencionales; una diversificación de la actividad de las empresas energéticas, que les permitiría afrontar los posibles y aún presumibles cambios de tendencia del consumo de las fuentes energéticas que actualmente producen y ofrecen, manteniendo su

volumen de negocio por vía de la diversificación.

2. La cogeneración

Es una forma de utilización total de la energía, y consiste en la producción de energía eléctrica a partir de la energía térmica a elevada temperatura, utilizando la energía térmica residual a baja temperatura, recuperándola una vez expandido el vapor en la turbina.

La cogeneración, entendida en su forma clásica, no supone desarrollo de nuevas tecnologías, ya que fue muy utilizada en los albores del presente siglo.

Concretamente en Estados Unidos, un 22 por 100 de la energía eléctrica producida en 1920 procedía de sistemas de cogeneración.

Este porcentaje descendió a un 18 por 100 en 1940, a un 9 por 100 en 1960 y a un 4 por 100 en 1976, debido al mayor porcentaje de consumo del sector residencial y, sobre todo, a la presencia de combustibles baratos.

De hecho, la cogeneración se ha continuado utilizando en algunas centrales eléctricas para la producción combinada de electricidad y de agua potable a partir de agua salobre o agua de mar, o para la calefacción mediante agua caliente de barrios o ciudades, etc.

No obstante, es a nivel industrial donde generalmente se combinan las necesidades de energía eléctrica y energía térmica a diferentes temperaturas, donde la cogeneración, pensada de una forma descentralizada, puede suponer un ahorro muy importante de energía conven-

cional (estimado en los Estados Unidos en un 6 por 100 del consumo total energético).

Las empresas eléctricas, además de una actividad similar a la explicada para las gasistas, realizarán, a medio plazo, una labor de promoción de sistemas de cogeneración, tras comparar las inversiones que este sistema supondría con las necesarias para una ampliación convencional de la capacidad de producción y distribución de energía eléctrica.

El ahorro de energía primaria a través de la cogeneración será importante mientras a nivel centralizado de producción de energía eléctrica continúe usándose gas natural, fuel o incluso carbón.

Cogeneración a partir de energía solar

La cogeneración a partir de la energía solar, si bien no puede considerarse de aplicación inmediata, constituye una opción importante para el aumento de la participación de la energía solar en el *mix* energético del país.

Descripción de un ejemplo:

La energía solar fotovoltaica tiene actualmente el gran inconveniente de su coste; de otro lado, las previsiones actuales de abaratamiento a base de una mecanización de los procesos de fabricación, y la realización de grandes series, no son lo suficientemente importantes como para garantizar la rentabilidad de la producción eléctrica por esta vía.

No obstante, cabe pensar en la utilización de estas células fotovoltaicas situadas en el foco (o en la línea focal) de colec-

tores concentradores. Refrigerando estas células mediante un fluido térmico adecuado, dependiendo de la temperatura que se desee conseguir, se dispone de una fuente de energía térmica además de la eléctrica.

Es un sistema de cogeneración solar que, a su vez, puede ir acoplado en paralelo con un sistema de cogeneración convencional, y puede ser de aplicación en la industria, sector terciario e incluso para abastecer las necesidades térmicas y eléctricas de grandes edificios o zonas residenciales, produciendo un nuevo escalón de ahorro de energía convencional, al reducir el tiempo de funcionamiento del sistema de cogeneración clásico.

El sistema de concentración reduce, por otra parte, considerablemente la cantidad de células necesarias para una aplicación dada, ya que la intensidad luminosa que, por el efecto de la concentración, incide sobre ella es de diez a cincuenta veces superior a la solar directa.

En contrapartida, el coste del sistema se incrementa con el coste de la estructura del colector concentrador, sus reflectores y el equipo automático de seguimiento del sol, dado el movimiento controlado que todo el conjunto debe realizar para mantener focalizado el haz luminoso reflejado en la superficie de las células durante todo el día, si bien todo este coste adicional, siempre será inferior al coste de las células requeridas para la misma producción de energía eléctrica sin concentración alguna.

Un sistema de cogeneración como el descrito puede ayudar a aproximar el momento en que el coste de la energía produ-

cida por células fotovoltaicas sea igual o inferior a la obtenida por sistemas convencionales.

3. Conservación de energía y racionalización del consumo energético

«La estrategia de conservación de energía puede sostener la mejora de la productividad total de la economía».
Ross & Williams.

La conservación de energía puede ser considerada, como se ha dicho en la introducción, como una fuente renovable de energía.

Una reducción del consumo de energía convencional sólo puede ser debida a la sustitución de parte de las fuentes convencionales de energía por otras renovables, o porque una parte de esta energía se ha dejado de consumir.

Un aumento de la eficiencia de los equipos de producción de energía directamente utilizable, o una mejora en los procesos de utilización de la energía producida, supone la obtención del mismo producto o la consecución del mismo servicio, a costa de una cantidad menor de energía. Esta es la aplicación más inmediata de la conservación de la energía.

Una aplicación menos inmediata del concepto de conservación es la racionalización de las fuentes energéticas utilizadas para cada aplicación, la cual incide en la reducción del consumo de energías primarias, y se lleva a cabo mediante la elección de la energía más adecuada a cada aplicación.

De entre las diferentes energías finales (gas, gasóleo, electricidad, carbón, etc.) aptas para una aplicación dada, la más adecuada es aquella cuya utilización entraña la menor cantidad de energía primaria para su producción.

Esto permite limitar el uso de las energías más nobles (las más versátiles en cuanto a aplicaciones, como es el caso de la electricidad, apta para usos térmicos, mecánicos, lumínicos, etc.) a aquellas aplicaciones para las que son imprescindibles.

Este concepto de racionalización es extensivo a la selección de las energías primarias, y, entre ellas, las renovables, para la producción de energía final, y entraña, en consecuencia, una reconversión de fuentes energéticas primarias para la producción de energía final, y la reconversión del tipo de energía final utilizada en cada aplicación, todo lo cual conduce a un ahorro considerable de energía.

Según el *Final Report of the Committee on Nuclear and Alternative Energy Systems: Energy in transition 1985-2010*, en Estados Unidos, la energía consumida por unidad de Producto Interior Bruto generado puede tener una reducción del 50 por 100 sólo por el efecto de conservación, en el período citado, sin consecuencias negativas apreciables para el consumidor de energía y para el país.

En Japón, en donde la conservación es el principal objetivo desde el punto de vista energético, en el período de 1973 a 1979 se ha reducido en un 14 por 100 la cantidad de energía consumida por unidad de Producto Interior Bruto, esperando se continúe, aunque a ritmo más

lento (un 0,7 por 100 anual), durante los próximos diez años.

La conservación de la energía no puede, a nuestro entender, ser considerada como una reducción puntual del consumo energético, sino que cabe esperar la aplicación de nuevas tecnologías para un ahorro y mejor aprovechamiento que consigan hacer variar la tendencia de la evolución del consumo energético, y en las que tengan su adecuada aplicación las energías renovables, cuya participación aumentará no tanto en función de sus valores absolutos como por el descenso en el consumo de otras energías convencionales.

VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La energía solar presenta gran versatilidad en su uso, ya que, mediante procesos de conversión adecuados, puede proporcionar energías mecánica, térmica, eléctrica, etc.

Para aplicaciones térmicas a baja temperatura (inferior a 80° C) ya existen, en la actualidad, tecnologías de conversión solar desarrolladas, experimentadas y, en algunos casos, comercializadas. Los sectores susceptibles de adopción de estas tecnologías son fundamentalmente el doméstico, comercial, de servicios y agrario. En este sentido, los colectores solares planos para aplicaciones de agua caliente sanitaria y calefacción son plenamente competitivos frente a las tecnologías convencionales existentes.

En aplicaciones de media temperatura (de 80 a 250° C) industriales, los colectores con-

centradores se encuentran en fase de investigación y desarrollo. Se espera que, con su perfeccionamiento tecnológico y la evolución ascendente de los precios de las energías convencionales, alcancen niveles de utilización superior a la de colectores planos.

La bomba de calor es tecnología disponible y comercializada en España, con grandes posibilidades de mayor adopción mediante incentivos administrativos al usuario individual y las empresas industriales.

Las instalaciones fotovoltaicas, por su alto coste, cubren de momento áreas de aplicación reducidas. A finales de la presente década, después de perfeccionar su tecnología e incrementar su rentabilidad, alcanzarán niveles relevantes de sustitución de energías convencionales.

La energía eólica, y sus tecnologías de conversión, son todavía materia de investigación reciente en nuestro país, en lo que se refiere a grandes y pequeños aerogeneradores. En determinadas zonas eólicas los aerogeneradores, conectados o no a la red eléctrica, pueden alcanzar importante rentabilidad económica antes de finalizar la década de los ochenta.

Todas las tecnologías reseñadas, por su interés de ahorro energético nacional cubriendo objetivos de diversificación de las estructuras de abastecimiento y reducción en la dependencia exterior, por facilitar la conservación del entorno ambiental y ecológico, así como por desarrollar recursos nacionales con posibilidades de exportación, deben ser apoyadas desde la Administración. Mediante la instrumentación económica de sub-

venciones, financiaciones a bajo interés y desgravaciones fiscales, se conseguirá a medio plazo un tamaño de mercado relevante para estas tecnologías.

Asimismo, se deben intensificar y coordinar los esfuerzos en el campo de la investigación y experimentación de las tecnologías de investigación solar y eólica. El Programa Energético UNESA-INI es un ejemplo en este sentido.

Finalmente, quisiéramos hacer hincapié en el papel decisivo que podrían jugar las empresas energéticas, en general, y las eléctricas, en especial, en lo que se refiere al desarrollo tecnológico y económico de las energías renovables. Así, el tema de la cogeneración en la producción de energía eléctrica debería recibir mayor atención por parte de las empresas citadas, para dar cumplimiento a los objetivos de conservación y racionalización energéticas.

NOTAS

(1) Es decir, cuanto menor sea su entropía y correlativamente mayor la diversidad de sus aplicaciones.

(2) Un ejemplo de cogeneración en la producción de electricidad, a partir de la energía química de la combustión, mediante su previa transformación en térmica, consiste en la utilización de la de alta *entalpía* para su conversión en energía mecánica y eléctrica, usando la energía térmica residual a menor temperatura para otras aplicaciones.