

# LA ENERGÍA DEL VIENTO Y DEL SOL

## WIND AND SOLAR ENERGY

MARÍA LUISA DELGADO MEDINA. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Lda. en Ciencias Políticas y Sociología  
 Directora del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT.  
 Vocal de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. [luisa.delgado@ciemat.es](mailto:luisa.delgado@ciemat.es)

**RESUMEN:** El aprovechamiento racional de la energía del viento y del sol, tanto en sus vertientes térmica y fotovoltaica como en forma de biomasa, es sin duda la opción más inteligente hoy para poner fin a los graves problemas del modelo energético actual. El desarrollo de las energías renovables en España fue tardío, pero una vez iniciado el proceso se ha caracterizado por su firmeza y audacia. En el artículo se estudia la evolución histórica en nuestro país del aprovechamiento de estas nuevas fuentes de energía, señalando sus primeros pasos y los principales hitos tecnológicos, y analizando más detenidamente los dos aspectos en los que España es hoy por distintos motivos referencia mundial: energía eólica y energía solar termoeléctrica.

**PALABRAS CLAVE:** HISTORIA, ENERGÍAS RENOVABLES, ENERGÍA EÓLICA, ENERGÍA SOLAR

**ABSTRACT:** The rational harnessing of wind and solar energy, whether by thermal and photovoltaic technologies or in the form of biomass, is undoubtedly the most intelligent way of halting the serious problems raised by the current energy model. The development of renewable energies came late to Spain but, once started, the process has since gathered speed and is now characterized by a bold and steadfast approach. The article describes the development of these alternative sources of energy in Spain from the very first stages to the present day and indicates the main technological milestones. The article highlights two aspects in which Spain, for varying reasons, is currently an international reference: wind energy and thermoelectric solar energy.

**KEYWORDS:** HISTORY, RENEWABLE ENERGIES, WIND ENERGY, SOLAR ENERGY

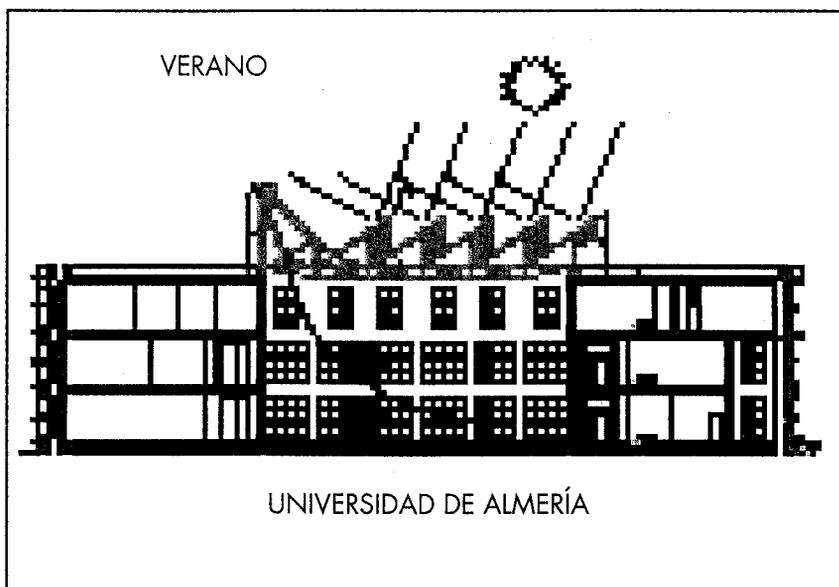
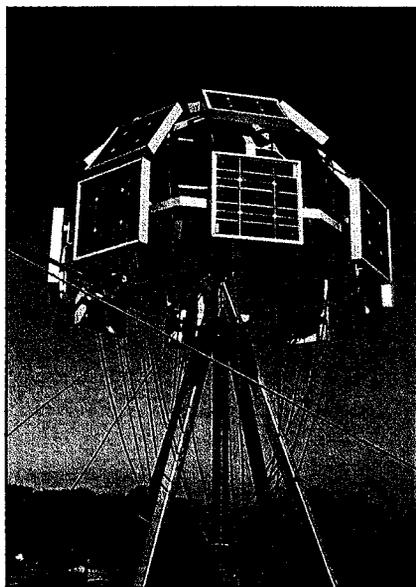
Se considera renovable la energía que proviene de recursos naturales que se renuevan continuamente, como la radiación del sol, la fuerza del viento o del agua, la biomasa o el calor de las capas profundas de la tierra. La energía del viento y del sol tiene capacidad intrínseca para cubrir un alto porcentaje de la demanda mundial de energía, es inagotable, está ampliamente distribuida por todo el planeta, es gratuita, autóctona y limpia, no precisa infraestructura de transporte de energía y favorece el desarrollo económico local y la creación de empleo. Todas estas ventajas de la energía solar y eólica contrastan fuertemente con los fantásticos problemas del modelo energético actual, entre los que cabe citar la inquietud por la limitada capacidad de suministro de energía a medio plazo debida al carácter finito de los principales recursos -carbón, petróleo y gas-; los conflictos geopolíticos y la inseguridad de abastecimiento derivados de la concentración geográfica de dichos recursos y el desequilibrio de la balanza de pagos, al ser indispensable importar del exterior dichas fuentes. Todo ello sin olvidar el fuerte impacto medioambiental derivado de la generación y distribución de energía convencional.

El deterioro medioambiental del planeta está motivado en gran parte por la producción, transporte y uso de energía: cambio climático, residuos radioactivos, lluvia ácida, contaminación del mar, o compuestos orgánicos volátiles, entre otros, que afectan no solamente a los ecosistemas animal y vegetal, sino también a la salud pública y al patrimonio histórico-artístico de las ciudades.

### UN POCO DE HISTORIA

Nuestro país reaccionó tarde y mal frente a las crisis del petróleo de los años 73 y 79 del siglo XX. Los países de nuestro entorno, ante los primeros síntomas, pusieron en marcha ambiciosos programas de diversificación energética y desarrollo de energías renovables para reducir su dependencia del petróleo. Frente a esto, en España se continuó viviendo durante años en un paraíso de petróleo barato. La creación del Instituto de Energías Renovables (IER), buque insignia de estas nuevas energías, no tiene lugar hasta el año 1983, año en el que se

Medida de la irradiancia en Clemat. A la derecha, Universidad de Almería.



modifica la orientación de la actividad investigadora de la Junta de Energía Nuclear (JEN).

El desarrollo de las energías renovables en España fue tardío pero intenso una vez iniciado. Desde distintos sectores se realizaron esfuerzos significativos: Empresas, Universidades, Agencias de Desarrollo, Organizaciones ecologistas,...En el ámbito tecnológico, los pioneros fueron chicos y chicas muy jóvenes, ilusionados y dinámicos, que eran mirados con perplejidad y asombro por el resto de trabajadores de la antigua Junta de Energía Nuclear. ¿A qué demonios se dedican esos *motos de pelo largo*?, se comentaba en voz baja por los pasillos. Son "*los de renovables*"... Unos extraterrestres que vinieron a alterar el rígido orden establecido durante decenas de años en el funcionamiento de la JEN.

El Plan Energético Nacional de 1983 ya estableció la necesidad de contar con las energías renovables para lograr los objetivos de diversificación de la oferta energética y potenciación de los recursos nacionales. Para ello se elaboró el primer Plan de Energías Renovables en 1986, cuyo objetivo fue coordinar e impulsar todos los esfuerzos necesarios para el desarrollo y utilización de estas nuevas fuentes de energía, al objeto de conseguir, en el horizonte de 1988, incrementar en un 1% su aportación.

Con la publicación en 1986 de la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación, conocida como *Ley de la Ciencia*, la Junta de Energía Nuclear (JEN) pasa a denominarse Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Con este motivo, las actividades de investigación en el campo de las energías renovables adquieren un nuevo impulso, al situarse en un marco organizativo más adecuado. El cambio nominal, sin embargo, no fue acogido con entusiasmo por todos; de hecho hoy, pasados ya 18 años, aún no se ha consolidado.

En 1989 y 1999 se aprobaron nuevos planes de Energías Renovables, el último con la meta de lograr en 2010 que las fuentes renovables alcancen el 12% de la energía primaria.

#### PANORAMA ACTUAL

Tres datos resumen la situación: En emisión de gases de efecto invernadero, España era en 2001 el país de la UE más alejado del cumplimiento del Protocolo de Kyoto; en segundo lugar, el grado de dependencia energética del exterior se sitúa en el entorno del 75% y, en tercer lugar, nuestro país dispone de recursos energéticos renovables y capacidad industrial suficientes para cubrir una parte importante de la demanda de energía. Parece obvio que una mayor apuesta por las energías renovables sería un factor que introduciría mayor racionalidad en el sistema energético nacional.

En energía solar y eólica el nivel de desarrollo alcanzado y las perspectivas de futuro son importantes:

- En el ámbito de la *energía solar fotovoltaica*, España se sitúa como cuarta potencia mundial en producción de placas, con el 9% del total mundial y exporta el 90% de su fabricación a más de 50 países. Ahora bien, la potencia fotovoltaica instalada en nuestro país es aún muy reducida, con sólo 19.2 MW<sub>p</sub> al final del 2002. La integración de energía fotovoltaica en la edificación es una de las cuestiones relevantes en el futuro de esta tecnología.
- En lo que respecta a *energía solar térmica de baja temperatura* para producción de agua caliente, calefacción y refrigeración solar, queda aún un enorme trecho por recorrer. La superficie solar instalada es muy baja. No obstante, se prevé un fuerte desarrollo en el futuro como consecuencia de la entrada en vigor de la Directiva de Eficiencia Energética en la Edificación, que también va a imponer criterios de *diseño solar pasivo* a los nuevos edificios que se construyan.



A la izquierda, Góndola del "Mazinger". A la derecha, vista del "Mazinger" en Tarifa.

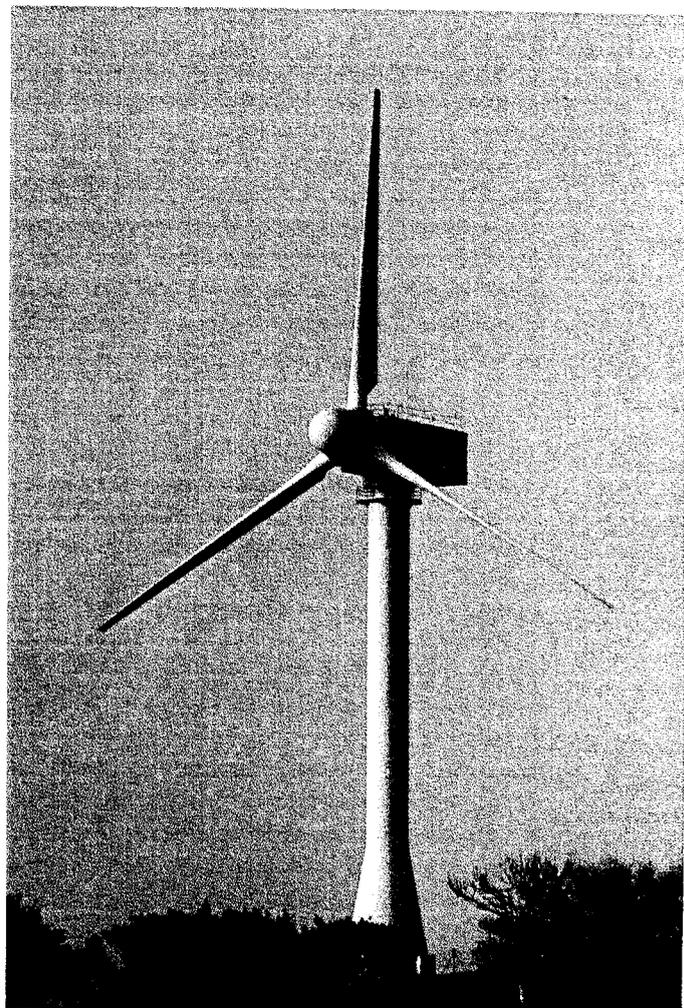
A continuación vamos a abordar más en detalle dos tecnologías especialmente significativas en nuestro país: la eólica, por lo que hoy representa, y la solar termoeléctrica, por su potencial, por lo que puede ser en el futuro. En ambas modalidades España es un referente mundial.

### EL BOOM EÓLICO

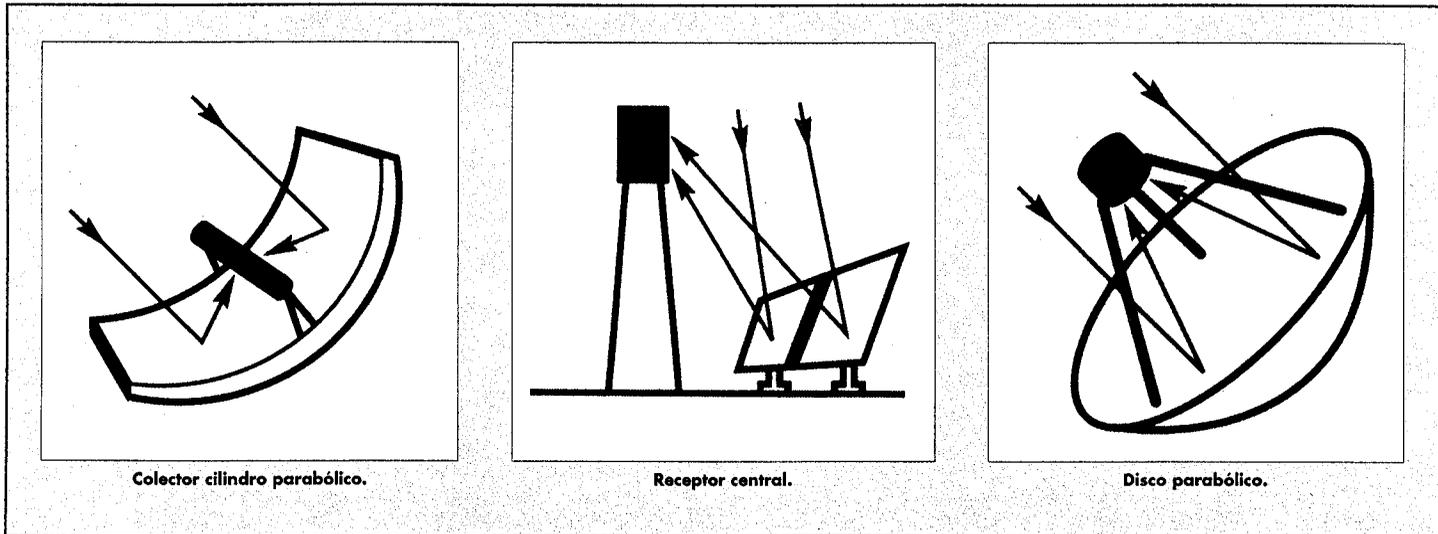
El desarrollo eólico español ha sido espectacular y modélico habiendo logrado crear un sector industrial y de servicios con una importante presencia en la oferta global. España es el segundo país del mundo por potencia instalada, con más de 4.830 MW conectados a la red eléctrica a finales de 2002 y la generación eólica supone ya casi un 5% de la electricidad. Por otro lado, los fabricantes españoles de aerogeneradores están entre los mayores del mundo y además de cubrir las necesidades de la demanda interna, exportan a numerosos países.

Dentro de este importante desarrollo, desconocido en cualquier otro sector industrial, el CIEMAT ha jugado un papel relevante desde 1983: con la Planta Eólica Experimental de Tarifa; con el aerogenerador de 100 kW conocido popularmente como el "Mazinger", que fue un espejo para la industria nacional que en aquellos instantes iniciaba la operación de máquinas de tan solo 30 kW; con la monitorización y explotación de resultados del parque eólico de Granadilla en las Islas Canarias, que supuso un nuevo empuje para la actividad eólica y con la introducción en la entonces incipiente industria eólica de criterios de rigor científico y de calidad en el procesamiento de la información, adecuando los modelos y procedimientos desarrollados para las zonas planas del norte de Europa a las severas condiciones de la orografía española.

Se instalaron numerosas torres de medida de viento y se desarrollaron equipos específicos. Como fruto de estos trabajos, se creó una im-



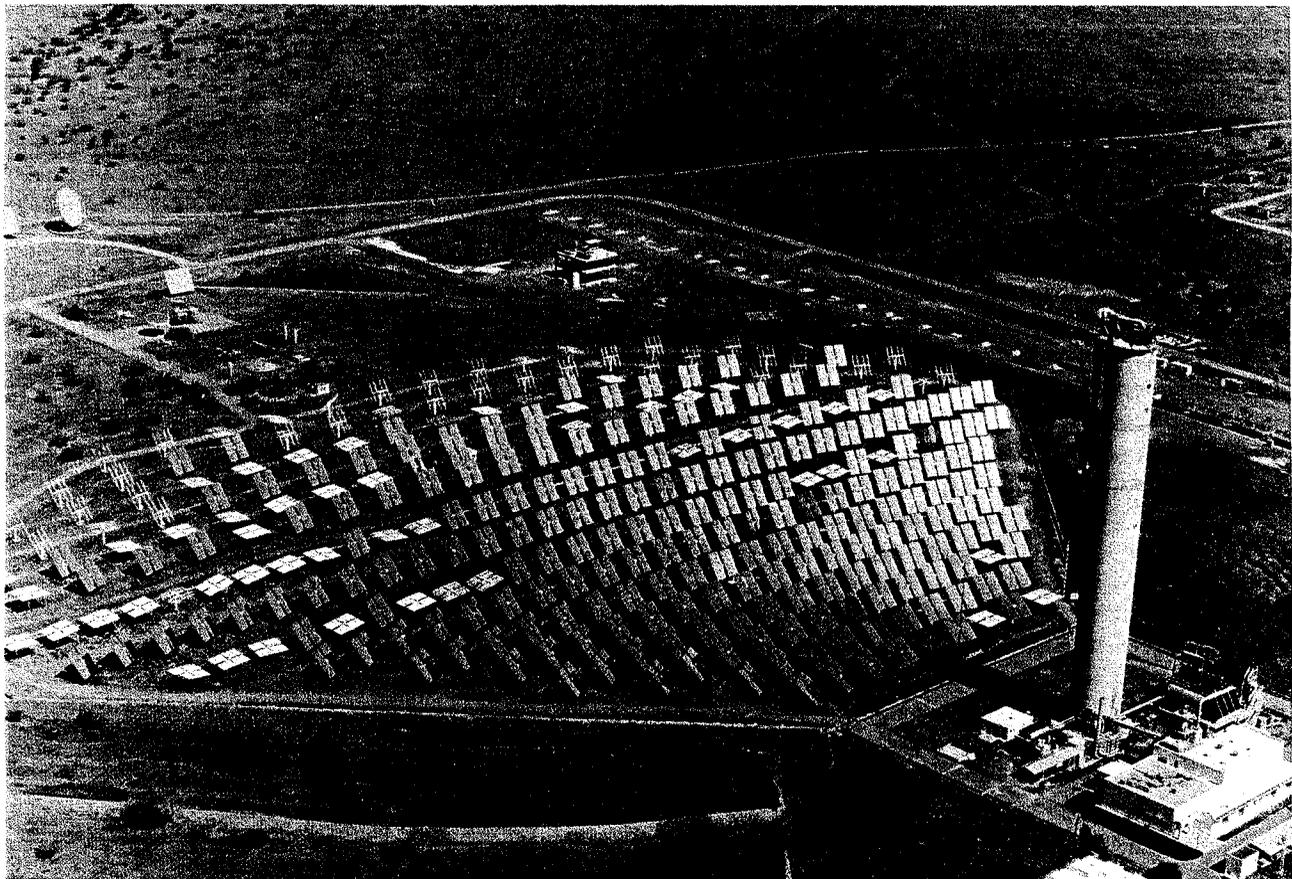
AWEC-60 en Cabo Vilano.



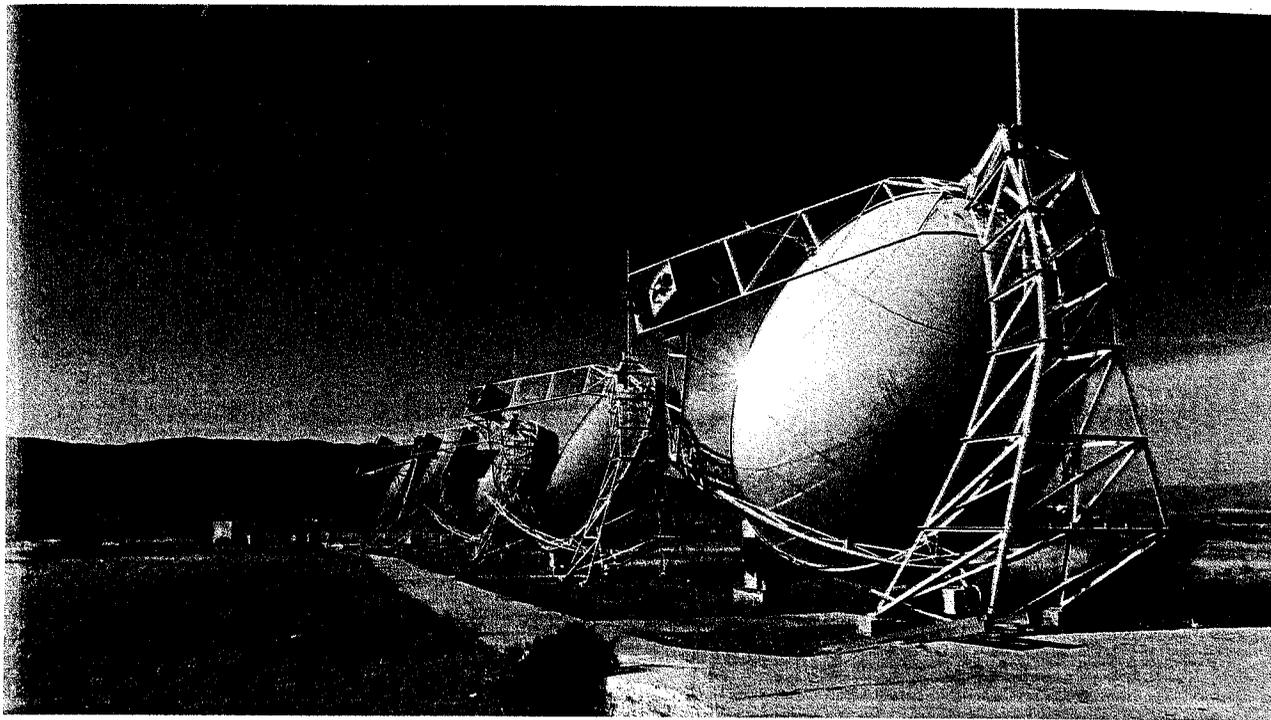
portante base de datos públicos de medidas de viento que constituyó una excelente referencia para los promotores eólicos y una ayuda en el conocimiento del viento a largo plazo. Estos trabajos lograron convencer a los agentes implicados en el desarrollo de la energía eólica sobre la importancia del potencial eólico aprovechable en el territorio nacional y sobre la posibilidad de que su aprovechamiento llegara a repre-

sentar una apreciable contribución a la generación de energía eléctrica.

Un hito significativo fue el proyecto AWEC-60, que consistió en el desarrollo y puesta en funcionamiento de un aerogenerador avanzado de 1,2 MW de potencia nominal y 60 metros de diámetro de rotor, situado en Cabo Vilano. En su diseño se introdujeron nuevos



Planta CESA  
en la  
Plataforma  
Solar de  
Almería.



Planta Distal en la PSA.

conceptos tecnológicos que posteriormente incorporó la industria eólica. Supuso sin duda un fuerte espaldarazo a la energía eólica de gran potencia al atraer la atención de las grandes compañías eléctricas y grupos industriales. Sin duda este aerogenerador puede ser considerado el punto de inflexión en el desarrollo de la industria eólica nacional.

La aportación financiera del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y su participación en la creación de los primeros parques eólicos, impulsó las iniciativas privadas que comenzaron a vislumbrar los beneficios económicos de esta nueva fuente de energía.

Hoy la tecnología eólica está madura. España es uno de los mercados más activos y sólidos en el panorama mundial, con inversiones anuales crecientes y superiores ya a 1.175 millones de euros en 2002, con un volumen de empleo asociado que supera los 17.000 puestos de trabajo.

El futuro de esta energía es prometedor. En el horizonte se vislumbra la eólica marina con un fuerte protagonismo en los próximos años, así como los sistemas aislados de la red y las cuestiones medioambientales y paisajísticas.

#### LA PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA

En lo que respecta a la energía solar termoelectrica, aún sin instalaciones comerciales en nuestro país, el referente es la Plataforma Solar de Almería (PSA), el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos del mundo dedicado a las tecnologías de concentración de la radiación solar.

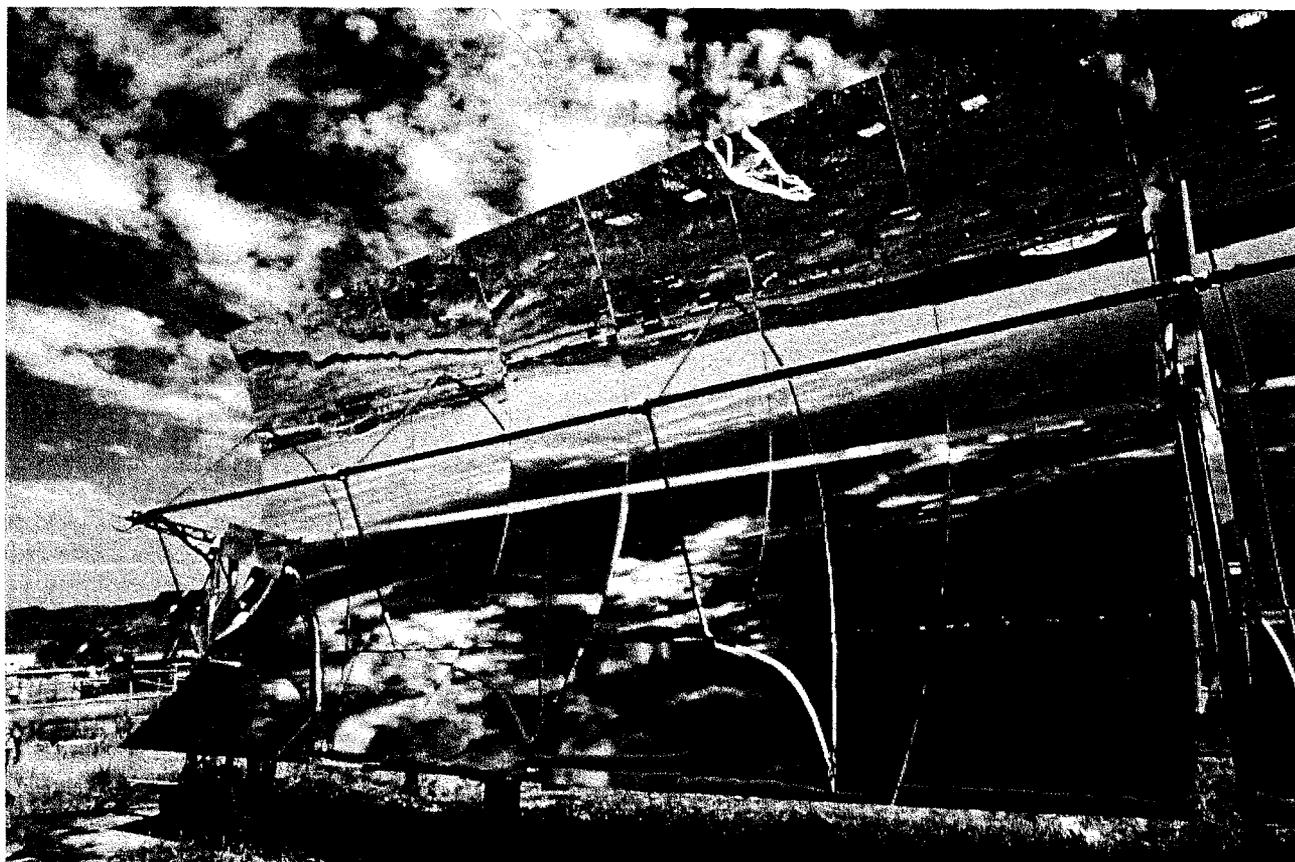
Para la producción de energía solar termoelectrica es necesario utilizar sistemas de concentración óptica de la radiación solar, al objeto de obtener mayores densidades de flujo y temperaturas más elevadas. Los sistemas de concentración más desarrollados redirigen la radiación solar sobre un foco lineal recto—colector cilindro parabólico— o bien sobre un foco puntual—receptor central y disco parabólico—, con el fin de calentar un fluido a temperatura suficiente para operar un determinado ciclo termodinámico, ya sea de tipo Rankine, Brayton, Stirling, Ciclo Combinado u otros.

Entre las ventajas más importantes que presentan las centrales eléctricas termosolares están su amplio rango de potencias, que en la actualidad va desde unos pocos kilovatios hasta más allá de los 100 MW, la relativa facilidad que tienen para su integración en ciclos convencionales (plantas híbridas) y para incorporar sistemas de almacenamiento, y la posibilidad que ofrecen en sus diseños más avanzados de inyectar la energía solar en la parte alta de un ciclo combinado y por tanto de conseguir unos rendimientos de conversión superiores al 50 %.

Los inicios de la PSA se remontan a los primeros años de la década de los ochenta, cuando bajo los auspicios de la Agencia Internacional de la Energía, se construye en el desierto de Tabernas (Almería) las plantas SPSS (Small Solar Power Systems).

La primera de las plantas SPSS, conocida como CRS (Central Receiver System), consistía en un campo de helióstatos de seguimiento solar, que concentraban la radiación de sol en un receptor ubicado en la parte alta de una torre. En dicho receptor la energía solar concentrada servía para elevar la temperatura del sodio hasta 520°C, que a su vez hacía funcionar un generador de vapor para produc-

Prototipo de  
colector  
cilindro-  
parabólico  
-Eurotrough-  
en la PSA.



ción de electricidad. La segunda planta SPSS, llamada DCS (Distributed Collector System), estaba formada por un campo de colectores cilindro-parabólicos que concentraban la radiación solar en sus ejes focales, por donde se hacía circular un fluido que, una vez calentado, alimentaba un generador de vapor, también para producción de electricidad. En paralelo, con el apoyo del Ministerio de Industria y Energía, se realizó la planta CESA. (Central Electrosolar de Almería), con tecnología nacional de receptor central. Consistía en un campo de 300 helióstatos, receptor de vapor de agua (520°C) y almacenamiento térmico con sales fundidas.

Los hitos tecnológicos más destacados de la PSA fueron el proyecto hispano-alemán GAST (1984), en el que se ensayaron diferentes tipos de helióstatos y de receptores, el ensayo de los componentes del HERMES (1988), ensayo que consistía en la simulación de las condiciones térmicas a las que iba a ser sometido el escudo de protección térmica del trasbordador espacial durante su entrada en la atmósfera terrestre; la calificación de "Gran Instalación Científica" por la EC-DG XII (1990), el proyecto TSA (1993) donde se validó a escala de 3 MW el esquema Phoebus de plantas de receptor central volumétrico de aire; el Proyecto DISS (1996), un ambicioso programa tecnológico cuyo objetivo era reducir en un 26% el coste de la producción de electricidad con la tecnología de colectores cilindro-parabólicos a través de la producción directa de vapor en los

tubos absorbentes; los proyectos Colon SOLAR y THESEUS (1997), que pretendían posibilitar la instalación de plantas solares termoelectricas comerciales con las tecnologías de receptor central y cilindros parabólicos, respectivamente; el proyecto SIREC (1998), consistente en la optimización de distintos componentes de los sistemas de receptor central, y el proyecto de Detoxificación solar de aguas de lavado de envases de productos tóxicos (2001), con el que se está desarrollando una planta solar en El Ejido, la primera del mundo para el tratamiento de los envases contaminados de fertilizantes agrícolas.

A lo largo de los años, las actividades de I+D en la PSA se fueron diversificando desde la producción de electricidad hacia otras muy variadas, como detoxificación solar, desalinización de agua, ensayo de materiales y ensayo de componentes, etc.

La tecnología solar está preparada para salir al mercado. La radiación solar directa, especialmente en la zona central y sur de la península, alcanza niveles suficientes para instalar numerosas plantas de producción. Es de esperar que en los próximos años se haga realidad la generación regular de kilowatios solares termoelectricos.

Sin ninguna duda en España los combustibles solar y eólico van a tener un papel cada vez más visible en las próximas décadas, ya sea para la producción de calor, de electricidad, o de algún otro vector energético como el hidrógeno. ■