

Plan de Investigación y Desarrollo para las Energías Renovables



CC.OO.



Programa y acciones en investigación, desarrollo y demostración en energías renovables con la proyección del año 2000

I. INTRODUCCION.

II. REVISION ACTUAL DE LA TECNOLOGIA.

III. REVISION ECONOMICA Y ESTADO COMERCIAL.

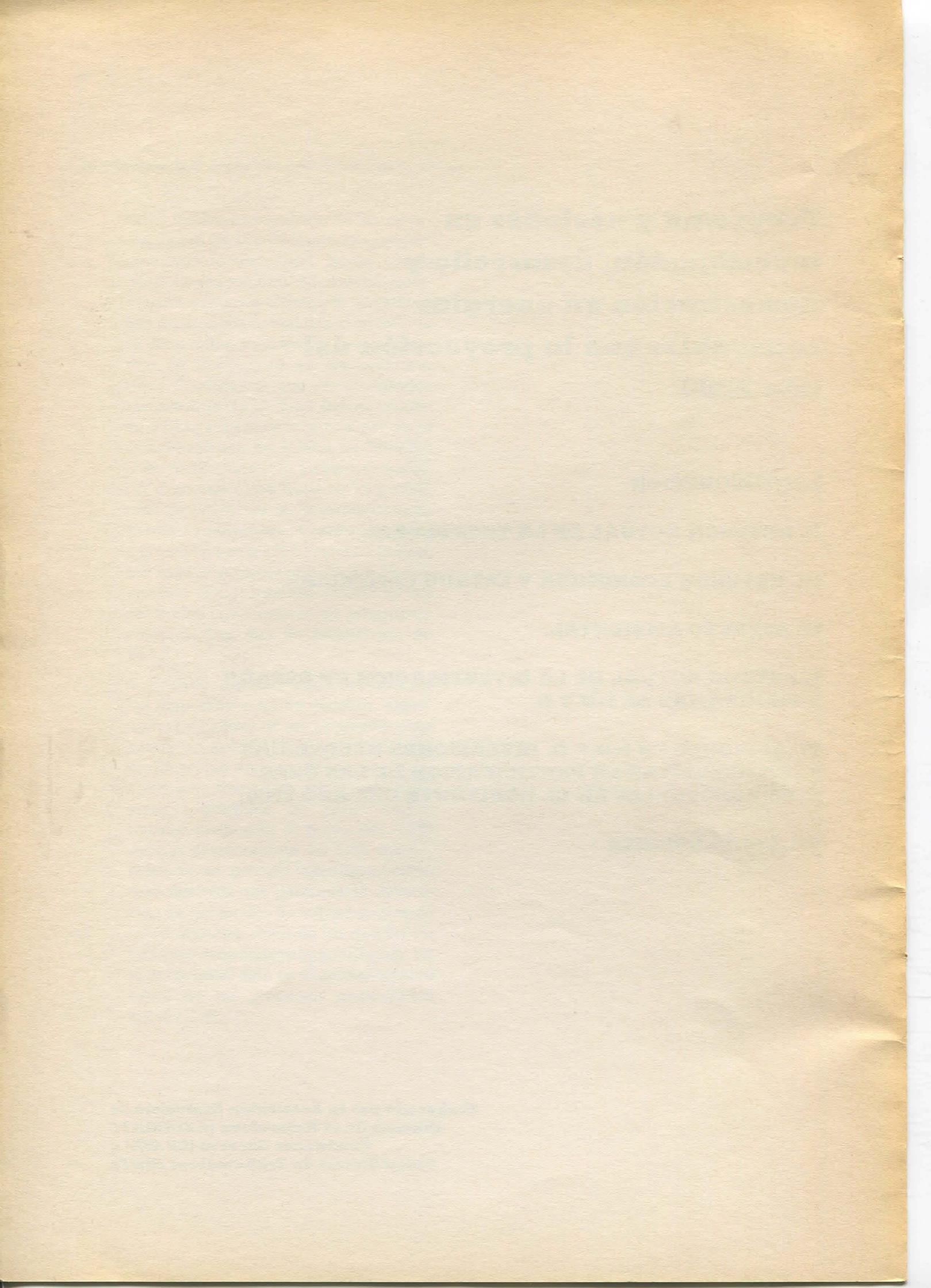
IV. IMPACTO AMBIENTAL.

V. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION EN ESPAÑA Y PROGRAMAS DE I+D Y D.

VI. ACCIONES EN I+D Y D. INVERSIONES NECESARIAS PARA AUMENTAR LA PARTICIPACION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EL HORIZONTE DEL AÑO 2000.

VII. CONCLUSIONES.

**Elaborado por la Asociación Ecologista de
Defensa de la Naturaleza (AEDENAT),
Comisiones Obreras (CC.OO.) y
Unión Genral de Trabajadores (UGT).**



I. INTRODUCCION

Existe un acuerdo casi unánime entre los investigadores de la ciencia y la tecnología a la hora de afirmar que la mayor parte de las modernas tecnologías industriales han sido descubiertas porque se las ha buscado. O dicho con otras palabras, el azar juega un papel cada vez menor en el desarrollo de la tecnología y subsiguientemente conseguimos cada vez más hacer aquello que estamos realmente interesados en hacer. Con escaso margen de duda podemos pues decir que lo que investigamos con determinación hoy, prefigura lo que podremos hacer mañana. De ahí la importancia creciente de los programas de investigación y desarrollo de un país.

En lo que sigue pretendemos describir lo que podría ser un plan de investigación y desarrollo para las energías renovables, que están llamadas a jugar un papel estelar en el abastecimiento energético del mañana. Nos mueve a ello la certeza de que estas fuentes no han tenido la atención que merecen por sus posibilidades de aprovechamiento, la necesidad de su implantación y la aceptación social que suscitan.

El Plan de Investigación Energética del año 89 (PIE-89) ha sido el marco regulador en nuestro país de los proyectos de investigación en el campo de la energía. En él se definían los tres tipos de organismos implicados en el desarrollo de dichos planes:

a) Los Organismos Públicos de Investigación (OPIs) entre los que cabe señalar el Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y el Instituto Tecnológico Geominero (ITGE).

b) Las Oficinas de Coordinación de la Investigación (OCIs), que constituyen el principal instrumento de financiación y apoyo a las actividades de I+D en el seno de las empresas de los sectores de electricidad (OCIDE), carbón

(OCICARBON), gas (OCIGAS) y petróleo (OCIPETROL). Dichas oficinas se nutren de fondos a partir de porcentajes de los distintos tipos de energías.

c) Las empresas del sector energético que financian y ejecutan una parte importante de los proyectos del sector. Entre ellas cabe reseñar las empresas públicas encargadas de gestionar los residuos radiactivos (ENRESA) y los combustibles nucleares (ENUSA).

Todo ello coordinado por la Secretaría General de Energía y Recursos Mineros (SGERM) del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICYT).

Este plan abarcaba hasta el final de 1992 previéndose en el Plan Energético Nacional (PEN) actualmente vigente revisiones cada cuatro años. La revisión correspondiente a 1993 no se ha publicado cuando se escriben estas líneas, pero en el PEN se perfilan lo que serán las líneas de actuación futuras. Se prevé un aumento del grado de competencia en las actividades de I+D derivado de una mayor desregulación del mercado energético como consecuencia de la creación del mercado interior de la energía -que conlleva una menor regulación nacional- y un aumento del tamaño de las empresas sobre todo de gas y electricidad, que les permitirá una mayor capacidad de investigación.

Las deficiencias y limitaciones que se aprecian en la organización y gestión del plan de I+D son en parte resultado de una opción equivocada y consciente del Ministerio de Industria. Tras la aprobación de la ley de la Ciencia (Abril del 86), se abrió un debate sobre los contenidos y objetivos del Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (PNI), herramienta fundamental para el desarrollo de la ley. En el debían integrarse todas las acciones de I+D, coordinando las actividades de los distintos ministerios y conectando la demanda del sector productivo y de servicios con el

4 Plan de I+D para las energías renovables

sistema científico-técnico. La ley aseguraba un protagonismo importante de las empresas, que podían acceder a un amplio programa de promoción de la I+D a través de Proyectos Concertados del PNI y Proyectos de Desarrollo Tecnológico, ambos gestionados por el Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), del Ministerio de Industria.

Sin embargo, lo que parecía una opción lógica y eficiente para el diseño, adjudicación y control de los recursos resultó fallida en los aspectos básicos de coordinación. El Ministerio de Industria, junto con otros, se descuelga y mantiene su decisión soberana sobre la programación y adjudicación de todos sus fondos de I+D.

Resultado de esta política, particularmente desgraciada en un país con un sistema de I+D raquítico e históricamente desconectado de la realidad productiva, es que el diseño y gestión de la política científica y tecnológica en el sector energético quede en manos exclusivas del Ministerio de Industria: el PIE se desarrolla desde la SGERM; sus centros propios de investigación, monopolizan la mayoría de los proyectos y la adjudicación de recursos a las empresas es competencia exclusiva del Ministerio, sin cubrir los trámites de evaluación a que son sometidos los proyectos del PNI a través de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva. Con esta forma de gestión, además de asegurarse un protagonismo determinante de las compañías eléctricas, se desperdicia gran parte de la capacidad de I+D sobre temas asociados al sector energético -materiales, combustibles, catálisis,...- que se encuentra en la Universidad y en los centros del CSIC.

Por otro lado, aunque el PNI se diseñó con un marcado paralelismo con el programa marco de I+D de la Comunidad Europea (PMI+D), con el objetivo de dirigir el esfuerzo de Universidades y OPIS y obtener un máximo de retornos de aquel programa, los

proyectos energéticos quedaron fuera, cuando en el marco del PMI+D tienen un lugar destacado -el programa JOULE sobre energías no nucleares- estos temas. Su presupuesto, algo más del 4% del total de PMI+D, fue de 140 MECU en el II PMI+D y algo más del doble en el III PMI+D vigente. Entre los objetivos prioritarios del programa se encuentra la investigación en energías renovables.

Parece por tanto razonable y seguramente más eficiente, introducir el tema energético como programa específico del PNI, integrando las acciones actuales con la planificación en el sector público de I+D y con la participación en los programas europeos correspondientes.

El actual esquema de organización de la investigación presenta ventajas, que han sido ampliamente glosadas en los documentos oficiales, entre las que se encuentran una fácil transferencia de tecnología y resultados y una adecuación de la investigación a las necesidades reales de los productores de energía. Pero no es menos cierto que presenta deficiencias notables entre las cuales resaltan:

- Se trata de un plan marcadamente "de oferta" que se preocupa antes de los problemas de la energía que de la satisfacción de los servicios energéticos. La distinción no es ni mucho menos académica ya que el interés de los usuarios es obtener estos servicios consumiendo la menor cantidad posible de energía, que es lo que paga. El ahorro, que dispone de un potencial enorme en las sociedades industriales a precios muy razonables, debería ser por tanto uno de los grandes objetivos de este plan con importantes líneas de investigación. En el PIE-89 se reconoce su importancia pero las líneas de investigación hay que buscarlas pacientemente y con lupa. Cabe pues decir que se trata de un plan que pre-

Plan de I+D para las energías renovables 5

tende dar satisfacción a los productores de energía pero mucho menos a los consumidores.

- Se trata de un plan marcadamente continuista en el que se investiga más en aquellas fuentes que más se usan. La explicación a este hecho no es difícil. Los fondos del PIE-89 provienen en un 39% de los presupuestos generales del Estado, en un 37% de las OCIS y el restante 24% de las empresas. No cuesta mucho trabajo creer que las empresas den prioridad a sus problemas inmediatos y como las OCIS destinan sus fondos a las fuentes de los que los recaudan, solo se podría garantizar la innovación con una apuesta decidida por parte de los fondos públicos. Algo que no ocurre. A título de ejemplo indicar que no se investiga casi nada en fuentes renovables que no sean conectables a la red eléctrica, aunque entre ellas esté la energía solar para agua caliente sanitaria o la fotovoltaica con paneles individuales, que ofrecen perspectivas halagüeñas. Esto sucede porque no solo no gozan de la simpatía de las compañías eléctricas, sino que aparecen como fuertes competidoras que limitarían su papel en el futuro. Es notable también el hecho de que no todos los fondos de estas oficinas (OCIS) se gastan, lo que constituye toda una muestra de pasividad y desinterés.

- Se atribuye un papel marginal a las energías renovables. Esto resulta especialmente claro con independencia de que reiteradamente se proclama lo contrario. Así por ejemplo en las prioridades de investigación energética señaladas en el actual PEN se alude a: *"El desarrollo y puesta a punto de nuevas tecnologías de generación de electricidad, con especial énfasis en las que permiten reducir la dependencia de recursos fósiles"*. Pero las cifras

son más elocuentes que las intenciones e indican lo contrario. La energía nuclear de fisión ha estado en moratoria durante todo el período de vigencia del anterior PEN y continúa estándolo en el actual, lo que no evita que en su investigación se hayan invertido más de 20.000 millones de ptas. en los últimos 4 años frente a menos de 5.000 millones en las muy prometedoras renovables. O más claramente, el CIEMAT, que es el principal organismo que investiga en energías renovables, destina en los presupuestos de este año 220 millones a estas fuentes (como inversión nueva y gastos de carácter inmateral) frente a 221 millones destinados a una sola fase de un solo proyecto (Berrocal-2) de residuos radiactivos. Señalar que para la gestión de éstos hay constituida además una empresa (ENRESA) que en 1991 invirtió en investigación casi 4.600 millones.

No deja de resultar paradójica esta actitud cuando el nuevo presidente de los EE.UU. ha decidido eliminar el presupuesto de investigación para nuevos proyectos de energía nuclear de fisión destinando otros 3.000 millones de dólares para fuentes renovables (Diario El País 21-2-93). Nuestros responsables, que tanto alaban la actitud del nuevo presidente, deberían tomar nota de este dato. Y esto, no solo por lo que tiene de ejemplar, sino porque es previsible que una apuesta decidida de EE.UU. por estas fuentes aumente de manera ostensible su madurez tecnológica colocándolas en disposición de ser utilizadas masivamente. No resulta muy aventurado augurar que las fuentes renovables se desarrollarán en el mundo con independencia de lo que se haga en nuestro país. Por ello, si se acumulan conocimientos desde ahora el país podrá autoabastecerse en el futuro; en caso contrario se dará la paradoja de que, pese a disponer de recursos importantes, se segui-

6 Plan de I+D para las energías renovables

rá siendo dependiente por falta de tecnología.

Para nosotros las energías renovables no son solo una posibilidad sino una necesidad. Como resalta el informe de la "Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo" de la O.N.U. titulado "Nuestro Futuro Común" -más conocido como "Informe Brundtland" en alusión a la actual primera ministra socialdemócrata noruega que lo presidió, para los países industriales la receta para conseguir un mundo sostenible pasa por impulsar el ahorro energético y las energías renovables. Conclusión repetida por centenares de informes más.

Pero existen otros argumentos sociales y económicos en favor de su desarrollo: las fuentes renovables generan más puestos de trabajo por unidad de energía producida que las convencionales (cuadro 1), aumentan el grado de autoabastecimiento energé-

tico en un país con escasez de recursos propios como el nuestro y consecuentemente equilibran la balanza comercial. Además la evolución de los costes es fácilmente predecible y para nada depende del agotamiento de los recursos, de las fluctuaciones del mercado internacional, de la estabilidad de una determinada zona del mundo o de cualquier factor imprevisto. Por el contrario, apostar por ellas es asegurar que sus costes bajarán cuando lo previsible es que las fuentes convencionales apunten-más allá de fluctuaciones temporales- a un alza no necesariamente moderada. Adicionalmente, el desarrollo tecnológico generado es de aplicación no solo en nuestro país sino en otros de menor nivel de desarrollo que demandan de modo creciente energía que no puede ser de naturaleza fósil por la escasez de recursos y los inasimilables impactos ambientales que su uso significaría.

Cuadro 1. GENERACION DE EMPLEO SEGUN FUENTES ENERGETICAS.

<i>Fuente:</i>	<i>Puestos de trabajo:</i>
Nuclear	100
Geotérmica	112
Carbón	116
Térmica solar	248
Eólica	542

Plan de I+D para las energías renovables 7

Lo que sigue es pues una propuesta de plan de I+D en el campo de las fuentes energéticas renovables que pretende influir en las directrices de los planes que se preparen en el futuro. De manera muy general los objetivos a conseguir serían dos:

- Conseguir mejoras tecnológicas en aquellas fuentes próximas al umbral de rentabilidad, que permitan reducir el coste de la energía producida con el fin de facilitar su utilización masiva. Esto debe hacerse en estrecha coordinación con proyectos de Demostración y con modificaciones en el marco legal para remover los obstáculos que se oponen a su uso.
- Mantener los esfuerzos de investigación en aquellas otras fuentes que presentan más incertidumbres entre distintas líneas, o costes todavía alejados de la rentabilidad, para disponer de opciones claras que permitan asegurar su rentabilidad futura.

Señalar una lamentable ausencia: la energía geotérmica, para la que no nos ha sido posible compilar suficiente información para desarrollarla con el grado de detalle de las restantes. La ausencia es tanto más dolorosa es cuanto esta fuente es una de las grandes olvidadas de los actuales planes energéticos. Así su potencial se estimaba en el PER-85 en unas 700 ktep. esperándose alcanzar en aquel momento 100 ktep. para el año 1992. La realidad se quedó muy por detrás de lo previsto y al día de hoy se aprovechan solo 3 ktep queriéndose llegar hasta 13 ktep en el año 2000. La inversión total prevista es igualmente ridícula, 5000 millones de ptas. La situación de I+D de esta energía es al menos tan lamentable como su desarrollo.

Resaltar también que los aspectos de "Demostración" se tratan muy colateralmente, limitándonos a proponer cifras indicativas de inversión. Es así porque este documento no pretende agotar el tratamiento

de problemas relacionados con las fuentes renovables. Entendemos no obstante que la aplicación de fondos de subvención a la construcción de instalaciones de demostración y diseminación puede ser una buena vía para impulsar estas fuentes, tanto por lo que tienen de ejemplarizantes como por que aseguran un mercado mínimo que permite abaratar costes.

A lo largo del proceso de elaboración de este documento hemos contactado con expertos que han apuntado que hay problemas para las energías renovables que no se relacionan con la investigación. O dicho de otra forma, que se sabe suficiente de algunas de estas fuentes como para que su participación fuera hoy en día mucho mayor de lo que es. Habría que hablar por tanto de trabas a la comercialización, de falta de confianza en los usuarios potenciales, de legislación inadecuada, de ausencia de agentes económicos potentes para impulsar su desarrollo... Suscribimos en buena medida estos comentarios, pero de ello escribiremos más adelante. Creemos que los problemas de "I+D" tienen entidad suficiente como para ser tratados monográficamente.

II. REVISION ACTUAL DE LA TECNOLOGIA.

1. ENERGIA SOLAR.

1.1. CONVERSION TERMICA A BAJA TEMPERATURA.

1.1.1. Sistemas pasivos para calefacción y refrigeración e iluminación natural.

Un edificio pasivo trabaja como un sistema integrado que incorpora los subsistemas de captación de energía solar, distribución y almacenamiento, conjuntamente con la ventilación y la calefacción auxiliar.

La Energía Solar Pasiva se ha venido aplicando casi con exclusividad en la edificación. Dado que los problemas en construcción no son exclusivamente concernientes a la energía solar, nace un concepto más amplio, que engloba el estudio de la energía solar pasiva, que se denomina ARQUITECTURA BIOCLIMATICA.

La arquitectura bioclimática pretende sentar las bases para poder construir unos edificios racionales que, con un consumo mínimo de energía convencional, mantengan constantemente las condiciones de confort exigidas por los individuos que los ocupan. Para ello deben realizarse unas estrategias de diseño que aprovechen de forma óptima las condiciones ambientales del entorno (energía solar disponible, temperatura exterior, dirección predominante de viento, ...).

CALEFACCION SOLAR PASIVA.

El objetivo de un sistema de calefacción solar pasiva es minimizar las pérdidas térmicas y maximizar las oportunidades de utilizar las ganancias solares sin llegar a un sobrecalentamiento.

Las tecnologías desarrolladas para la incorporación en el diseño de los mismos incluyen:

- Sistemas de ganancia directa:

Consiste en grandes superficies de vidrio situados en la fachada sur. Es el sistema más simple de los sistemas de calefacción pasiva.

- Sistemas de ganancia indirecta:

Combina las funciones de captación, acumulación y distribución integradas en la envolvente del edificio y los muros de los espacios habitables (muro "Trombe", muros de inercia, etc.).

- Sistemas de ganancia aislados.

El subsistema de captación se aísla de los espacios habitables del edificio y la energía se transfiere desde el colector al acumulador y a los espacios a acondicionar por mecanismos de convección o radiación.

- Sistemas combinados de ganancia directa:

Combina los sistemas anteriores para optimizar el aprovechamiento de la energía solar.

REFRIGERACION SOLAR PASIVA.

Esta tecnología ha sido utilizada en nuestro país desde milenios formando parte de la arquitectura popular; sin embargo, los edificios modernos han olvidado las técnicas tradicionales mediante el uso mayoritario de sistemas activos de refrigeración.

Las principales tecnologías en desarrollo actualmente pueden resumirse en:

- Sistemas de ventilación natural.
- Sistemas de refrigeración evaporativos.
- Sistemas de refrigeración por radiación.
- Técnicas de acondicionamiento de espacios abiertos.

10 Plan de I+D para las energías renovables

Actualmente se dispone de algunas técnicas y herramientas de cálculo, aplicadas en proyectos de demostración en el sector doméstico.

ILUMINACION NATURAL.

Dentro de la iluminación natural han surgido dos áreas de desarrollo: El uso de la luz natural para suministrar las necesidades de iluminación de los edificios y los sistemas de control que incorporan control fotoeléctrico.

1.1.2. Sistemas solares activos de baja temperatura.

Un sistema solar activo está constituido por el colector, el subsistema de almacenamiento, el de transporte de energía (tuberías, bombas, intercambiadores) y el de utilización o consumidor de la energía solar captada. En un diseño hay que tener en cuenta que, tan importante como la correcta selección de los elementos integrantes de cada subsistema, es la correcta integración de todos ellos en el sistema y la selección de las estrategias de regulación/control y operación.

Entre los diferentes sistemas solares diseñados para suministrar un fluido caliente a una determinada aplicación, se suele hacer una clasificación según el nivel de temperatura que se requiera. Haremos hincapié en los tipos de colectores adecuados para las aplicaciones en baja temperatura, sin entrar en profundidad en los demás subsistemas. Hablaremos por tanto de las características específicas de los colectores diseñados para trabajar de 40 a 150°C.

- Colectores de Placa Plana (CPP).
- Colectores Planos Avanzados (CPA).

El colector solar es el componente principal de las aplicaciones de la energía solar en sistemas de baja temperatura. El mayor problema en el desarrollo de colectores es la disminución de los costes de producción e instalación. Actualmente la tecnología de

colectores planos en el mercado internacional se considera suficientemente madura, sin grandes expectativas de mejoras significativas en el rendimiento. No obstante, los colectores fabricados en nuestro país son bastante rudimentarios. La reducción de costes vendrá por la mejora en las técnicas de producción y la simplificación en el diseño.

ESTADO ACTUAL, PERSPECTIVAS Y PRIORIDADES EN I+D Y D.

El estado actual de desarrollo de los sistemas a baja temperatura puede resumirse como sigue:

- Los sistemas pasivos para calefacción y el calentamiento de agua para usos sanitarios mediante sistemas activos están en un grado avanzado de desarrollo.
- Los sistemas de refrigeración solar pasivo y activo requieren todavía un gran esfuerzo para su desarrollo.
- Los costes adicionales asociados a diseños pasivos oscilan entre un 0% y un 20%.
- Se han desarrollado técnicas de monitorización para conocer el comportamiento de estos sistemas.
- El mercado de colectores solares instalados en España es uno de los menores de Europa.
- Se ha realizado una experiencia a gran escala en el acondicionamiento de espacios abiertos.
- Los esfuerzos en promoción y divulgación del uso de estas tecnologías deben recibir un mayor empuje.

Para el futuro los esfuerzos de I+D y D deben continuar en:

- El colector, especialmente en los sistemas activos.

- Almacenamiento y distribución de la energía térmica.
- Materiales y su caracterización térmica.
- Criterios de rendimiento, integración y normativa.
- Diseño de modelos de análisis energético y herramientas de diseño.
- Mayor compatibilidad en el mercado.
- Promoción y divulgación.
- Adaptación estética al entorno

1.2 CONVERSION TERMICA A MEDIA Y ALTA TEMPERATURA.

Los sistemas térmicos solares para la producción de electricidad están compuestos por tres elementos básicos: concentrador, receptor y generador de electricidad. El concentrador utiliza lentes o espejos para concentrar la radiación solar en el receptor ayudado por un sistema de seguimiento del sol. El receptor convierte la energía solar en energía térmica mediante el calentamiento de un fluido. El generador eléctrico (turbina-alternador) utiliza el calor para producir electricidad.

Existen básicamente dos tipos de sistemas térmicos solares de baja y alta concentración. Los sistemas de baja concentración utilizan colectores parabólicos distribuidos (DCS) los cuales mediante espejos parabólicos concentran la energía solar hasta 100 veces en un receptor cilíndrico que recorre la línea focal. Las temperaturas de trabajo van de 100 a 400°C y son utilizados en generación de calor para procesos o generación eléctrica.

La demostración más exitosa de esta tecnología está representada en la plantas solares de California construidas por la empresa Luz (350 MWe), en el momento actual la única tecnología en servicio a escala comercial de plantas solares de potencia. De-

bido a la alta concentración del sol para dirigir la radiación normal incidente sobre el plano de apertura, se usan espejos parabólicos que apuntan, hacia el receptor situado en la línea focal.

El estado actual de la tecnología es el siguiente:

- Como receptor se utiliza un tubo metálico con tratamiento selectivo para alta temperatura, protegido por un tubo de vidrio de borosilicato con bajo contenido de hierro, con o sin vacío entre este y el tubo metálico, y como fluido de transferencia térmica un aceite térmico.

Como parábola, soporte y sistema de seguimiento, se utilizan:

- Espejos plateados de vidrio con bajo contenido de hierro (reflectancia = 0,92) con forma parabólica.
- Estructura metálica con tubo helicoidal central con brazos para soportar los vidrios ó estructura espacial metálica.
- Motor eléctrico o cilindro hidráulico controlado por un sensor de banda de sombra.

Dentro de los sistemas de alta concentración o de foco puntual se distinguen dos tipos: sistemas de disco parabólico y sistemas de torre central (CRS). Los sistemas de disco utilizan una superficie de espejos montados sobre una parábola de revolución que focalizan los rayos del sol en un punto donde se sitúa el receptor. Estos sistemas son capaces de concentrar hasta 6.000 veces la energía solar y se alcanzan temperaturas en el foco de hasta 3.000°C. Pueden generar electricidad instalando una pequeña máquina en el foco (por ejemplo, un motor stirling) o pueden funcionar para sistemas de media potencia.

Los sistemas de torre central tienen el potencial de generar gran cantidad de elec-

12 Plan de I+D para las energías renovables

tricidad por lo que constituyen el sistema más interesante para las compañías eléctricas. Este sistema utiliza espejos de gran superficie (heliostatos, 75-100 m²) dotados de un sistema de control para concentrar la radiación solar en un receptor central situado en lo alto de una torre. En el sistema de receptor central la energía concentrada calienta un fluido a 650°C, el cual produce vapor en un generador de vapor que mueve una turbina para producir electricidad.

Este concepto ha sido probado en los últimos diez años, en Bastow-California (10 MWe) y en la Plataforma Solar de Almería (2 MWe).

Los avances realizados en la última década en investigación en materiales, diseño de heliostatos, receptores, sistemas de transporte y de control computerizado, han mejorado el binomio coste-eficiencia de los sistemas térmicos solares para producción eléctrica.

Actualmente no existe ninguna planta comercial con sistema de torre central; sin embargo, las compañías eléctricas han realizado un estudio en el que concluyen que con la tecnología actual se podrían construir plantas de 200 MWe que podrían generar electricidad a un coste de 12 a 16 Ptas/kWh.

ESTADO ACTUAL, PERSPECTIVAS Y PRIORIDADES EN I+D Y D.

El estado actual de desarrollo de los sistemas de media y alta temperatura puede resumirse como sigue:

- Los sistemas de torre central se han desarrollado a escala de planta piloto en Almería. Actualmente se trabaja en el desarrollo y mejora de componentes, heliostatos, receptor, control, etc.
- Los sistemas de colectores distribuidos cilindro-parabólicos han alcanzado el status comercial en USA y la tecnología está disponible en Europa.

- Los sistemas de discos parabólicos han sido desarrollados como prototipos y están siendo ensayados en la actualidad.

Para el futuro, los esfuerzos en I+D y D deben continuar en:

- Desarrollo de los principales componentes en los sistemas de torre central como heliostatos y receptores.
- La tecnología de torre central debe escalar de planta piloto a dimensión precomercial (30-80 MWe).
- Para la tecnología cilindro-parabólico, la producción de vapor en el tubo en lugar del uso de aceite térmico es el principal tema del I+D y D.

1.3. CONVERSION FOTOVOLTAICA.

Las células solares fotovoltaicas forman parte de la revolución tecnológica en el campo de la física del estado sólido. Su funcionamiento sigue los principios básicos del estado sólido y de la física cuántica, mediante los cuales la radiación del sol genera directamente electricidad.

El elemento más simple de los sistemas fotovoltaicos es la célula solar: esta consta de dos o más capas de material semiconductor cuyos átomos absorben la luz liberando electrones que constituyen la corriente eléctrica. Una unión entre dos materiales semiconductores distintos crea un voltaje que conduce los electrones a través del circuito.

Una célula individual produce una pequeña cantidad de corriente; sin embargo, muchas células se conectan formando un módulo, que genera un voltaje, corriente y potencia, sirviendo a la vez como forma de proteger a las células. Existen dos tipos de módulos: de panel plano y de concentración. Cuando las necesidades son de mayor potencia los módulos pueden agruparse

conjuntamente para formar los denominados "arrays".

La corriente generada por un sistema fotovoltaico es corriente continua y puede ser utilizada directamente. Pero lo normal, es convertirla a corriente alterna mediante un dispositivo denominado inversor.

Las células solares se construyen con dos configuraciones básicas denominadas de unión simple y de unión múltiple. Una célula con unión simple es optimizada para el aprovechamiento de una única parte del espectro solar. La porción del espectro optimizado depende de la elección del material semiconductor. Por lo tanto, la célula de unión simple tiene una eficiencia de conversión limitada. En un dispositivo de unión múltiple, las células apiladas sintonizan con las diferentes porciones del espectro solar. Esto permite absorber un amplio rango del espectro solar y por tanto producir mayor cantidad de electricidad que las células de unión simple.

En los últimos quince años la tecnología fotovoltaica ha realizado un gran proceso. En 1975 la electricidad generada por paneles fotovoltaicos costaba alrededor de 1.200 Pta/kWh. Hoy, el precio en Europa está entre 40 y 60 Pta/kWh por lo que se ha producido una reducción de más de 30 veces el precio de 1975. En EE.UU. el precio es aún menor y se sitúa por debajo de las 30 Pta. Este drástico progreso ha sido debido principalmente al avance realizado en materiales semiconductores.

Existe una tecnología establecida para el mercado fotovoltaico actual. Este mercado tiene un volumen de 60 MW por año. La línea tecnológica principal es el silicio cristalino, con un amplio desarrollo de 38 años y el récord de producción. La segunda es el silicio amorfo, para el cual la experiencia tecnológica es menor. Los procesos de fabricación existentes tienen volúmenes reducidos y no han alcanzado aún la escala de la producción industrial en masa.

En España el mercado fotovoltaico es considerado como el más importante en Europa en aplicaciones de electrificación de viviendas aisladas.

Existen dos compañías en España que fabrican módulos fotovoltaicos cuya capacidad excede la demanda nacional y son ISOFOTON que produce módulos con tecnología española bifacial y módulos monofaciales con tecnología de ARCO SOLAR actualmente perteneciente a SIEMENS. La otra compañía, BP SOLAR además de los módulos monocristalinos tiene una línea de fabricación de materiales policristalinos. La capacidad de producción de estas dos compañías es del orden de 1.000 kW/año; aproximadamente la mitad se exporta. BP SOLAR dispone en España de una planta piloto que produce 100 kWp al año con el mayor rendimiento del mundo (17,5%). No existe sin embargo, en España producción de células de silicio amorfo ni de otras capas delgadas.

A lo largo de los últimos 15 años, el mercado fotovoltaico mundial ha seguido una curva de desarrollo que corresponde a un ritmo de crecimiento medio anual superior al 20%. La extensión de esta curva hacia el futuro lleva a quintuplicar la producción hasta 300 MW en el año 2000. En España supondría aumentar la producción por encima de 5 MWp con lo que consumiendo toda la producción en el mercado interior llegaríamos a una potencia instalada superior a 27 MWp en 10 años. Esta situación está asociada con un esfuerzo generalizado de I+D por parte de los poderes públicos, que actualmente supone 200 millones de ECUs por año en la Comunidad Europea. Siguiendo la curva de desarrollo, los costes de producción actuales para sistemas llave en mano, se habrán reducido en un 40% en el año 2000. Ello conducirá a una considerable expansión del mercado de electricidad para sistemas autónomos, pero aún no será suficiente para hacer de la conversión fotovol-

14 Plan de I+D para las energías renovables

taica una alternativa competitiva para aplicaciones conectadas a la red, a menos que los costes externos fueran integrados completamente en los precios de mercado.

Debido a que la conversión fotovoltaica es particularmente atractiva desde el punto de vista medioambiental, es deseable acelerar el proceso de producción y desarrollo fotovoltaico. Es posible, desde un punto de vista tecnológico, reducir los costes hasta conseguir igualarlos, en aplicaciones conectadas a la red, a los de otras fuentes energéticas no mucho más allá del año 2000. La industria fotovoltaica considera posible disminuirlos en un volumen muy superior al esperado por extrapolación de las curvas de desarrollo siempre que se dé un crecimiento acelerado en el volumen de producción junto con un incremento del esfuerzo en I+D.

Este esfuerzo adicional en I+D necesario para un desarrollo acelerado debería concentrarse en las siguientes cuestiones tecnológicas:

a) Silicio Cristalino.

Materias primas y cristalización: son necesarias grandes inversiones para desarrollar material de grado solar en la industria química y desacoplar el suministro de materias primas de la industria electrónica.

- Preparación y corte de obleas con menores costes.
- Tecnologías de producción de células para una mayor eficiencia y unos menores costes de producción.
- Técnicas de producción y montaje de módulos a bajo coste.
- Ingeniería de procesos para técnicas de producción en masa.

b) Silicio amorfo.

- Aumento de la eficiencia estabilizada.

- Automatización de la producción.
- Simplificación de los equipos.
- Ingeniería de módulos para integración en tejados.

c) CIS y CdTe.

- Eficiencia de proceso para proporcionar: alta eficiencia, alto ritmo de crecimiento, alto ritmo de producción.
- Transferencia de la investigación a la producción piloto.
- Investigación en materiales y estructuras nuevas.

d) Materiales y dispositivos novedosos.

Hay un amplio conjunto de estructuras y materiales semiconductores que deberían ser investigados.

e) Módulos de concentración.

- Desarrollo de paneles de concentración de alto rendimiento.
- Desarrollo de nuevos concentradores para aplicaciones fotovoltaicas.

f) "Resto del sistema" (incluye todo el sistema excepto los módulos; se suele denominar con las siglas en inglés: "BOS")

- Inversiones: miniaturización de componentes, mejor integración, desarrollo de modularidad, alta eficiencia y bajo coste, alta fiabilidad, conexión a la red y seguridad.
- Almacenamiento: hay una necesidad urgente de desarrollar un esfuerzo global en dispositivos de almacenamiento, incluyendo sistemas electroquímicos, sistemas relacionados con el hidrógeno y otros.
- Cableado, estructuras de soporte, integración en edificios, desarrollo de sistemas de fácil manejo.

Plan de I+D para las energías renovables 15

Para mantener el papel de Europa como uno de los líderes mundiales en tecnología fotovoltaica, es necesario que Europa y los países de la Comunidad Europea participen plenamente en el esfuerzo de ámbito mundial de poner en marcha el plan de desarrollo acelerado que haga la conversión fotovoltaica viable para su uso a gran escala hacia el año 2000. Para conseguir este objetivo, Europa debe aumentar su esfuerzo

actual en conversión fotovoltaica en un factor de al menos 2 ó 3, que corresponderá a una inversión anual de 500 millones de ECUs de fondos públicos en los países europeos.

ESTADO, PERSPECTIVAS Y PRIORIDADES EN I+D Y D.

El estado de la Energía Fotovoltaica en Europa puede resumirse como sigue:

Cuadro 2. EFICIENCIA DE LAS CELULAS FOTOVOLTAICAS.

<i>Elementos:</i>	<i>Laboratorio</i>	<i>Módulos Comerciales.</i>
Monocristalino..	23	15 (Saturno BP 17.5)
Policristalino..	19	12
LAMINA DELGADA:		
Silicio Amorfo..	12	5
AsGa	25.5	-
CuInSe2	14	-
CdTe	13-14	-

16 Plan de I+D para las energías renovables

- El coste del módulo comercial es de 1,8-3 ECU/W_p
- El coste actual del BOS (sin batería) 3,4 ECU/W_p
- El coste de producción del kWh 0,27-0,47 ECU

Para el futuro los esfuerzos en I+D y D permitirán:

- Conseguir eficiencias de módulos superiores al 20%.
- Vida media superior a 30 años.
- El uso de materiales abundantes de baja toxicidad y procesos de producción a bajo coste.
- Coste de módulos de 1-1,8 ECU/W_p.
- Coste del BOS (sin baterías) de 1,8 ECU/W_p.
- Para sistemas conectados a red, un coste total de instalación de 3,6 ECU/W_p.

2. ENERGIA EOLICA.

La tecnología del aprovechamiento de la energía eólica ha alcanzado su madurez en la última década. En los países pioneros en los desarrollos, fundamentalmente Dinamarca y Holanda, existen varios fabricantes de aerogeneradores que comercializan sus productos en todo el mundo. Países como Alemania, GB, Bélgica y España, han seguido los pasos marcados en el desarrollo de la tecnología, y en la actualidad cuentan con fabricantes que suministran principalmente a los mercados propios. Desde el punto de vista de la tecnología, los productos existentes en el mercado español no difieren mucho de los productos punteros del mercado internacional. Máquinas comerciales de tamaño medio, entre los 20 y los 30 m. de diámetro, con potencias unitarias entre los 100 kW y los 300 kW, existen, ó están en avanzado estado de de-

sarrollo (ensayo de prototipos), y será la tecnología a emplear en las próximas instalaciones eólicas nacionales. Está previsto que en el parque eólico de Fuerteventura se instalen máquinas de 300 kW y existe un proyecto financiado por el programa THERMIE en Galicia a base de equipos de 500 kW de tecnología norteamericana. En ambos casos la potencia total es de 5 MW. Son máquinas competitivas desde la perspectiva de costes de producción, cuando se instalan en lugares con un potencial eólico adecuado, alcanzándose factores de capacidad en la producción de entre un 20 y un 30%. Los componentes y subsistemas son de fabricación nacional, con la excepción de las palas, que son importadas de Dinamarca en la casi totalidad de los aerogeneradores existentes. Durante el año 1992 se han fabricado unos 300 aerogeneradores.

En el campo de I+D, no existe un programa nacional específico en el campo de la Energía Eólica. El PER sólo contempla acciones en el campo de los proyectos de Demostración. El principal centro de investigación nacional es el CIEMAT, existiendo, así mismo otros centros públicos (universidades principalmente) y privados (en su mayoría relacionados con las compañías eléctricas) que trabajan en proyectos de investigación, muchas de las veces dentro del marco de los programas comunitarios (JOULE de DGXII de la CE).

Las áreas abordadas por los diferentes proyectos de investigación, cubren desde el desarrollo de componentes (palas en fibra de vidrio/poliéster desarrolladas en el CIEMAT), metodología y modelos (modelos de estelas en la UPM, programas predictivos, etc.), sistemas híbridos (eólico-diesel), etc. ..., hasta proyectos completos de desarrollo de aerogeneradores como el proyecto AWEC-60.

En cualquier caso, debido al alto grado de madurez, la presencia de la industria en los proyectos de I+D es obligada.

Al igual que en el panorama europeo, la mayoría de los proyectos están ligados a necesidades a corto plazo de la industria, y sólo queda el área de investigación básica muy específica a cubrir por los centros de investigación. Por otra parte, no se esperan grandes cambios en la próxima década desde el punto de vista del desarrollo tecnológico. La implantación de generadores eólicos es un problema de decisión política más que de desarrollo tecnológico. La mayoría de los proyectos de I+D en realización, no sólo en España sino en todos los países que poseen una tecnología avanzada, están relacionados con el perfeccionamiento y mejora de componentes y subsistemas que contribuyan a consolidar la moderna industria eólica existente. Las áreas de investigación son:

- Evaluación del potencial eólico. Modelos predictivos.
- Desarrollo de palas. Nuevos perfiles aerodinámicos.
- Optimización de sistemas de control. Control por pérdida aerodinámica. Control por cambio de paso.
- Sistemas eléctricos. Sistemas de velocidad variable.
- Modelos de Parques Eólicos.
- Integración de Parques eólicos en Redes. Redes débiles.
- Sistemas aislados. Sistemas eólico-diesel y minihidráulico-eólico.
- Aspectos medioambientales de la energía eólica.
- Grandes Aerogeneradores (en torno a 500-1000 kW).

3. BIOMASA.

Dentro del conjunto de las energías renovables la biomasa ha adquirido en los últimos años un paulatino y creciente reconoci-

miento basado en la posibilidad que representa la utilización de residuos orgánicos con fines energéticos y la producción de biomasa vegetal renovable.

La necesidad de iniciativas agro-políticas en Europa es también una realidad que no puede posponerse por más tiempo. La utilización de tierras abandonadas y áreas improductivas en las que se puedan desarrollar nuevas posibilidades de producción, mediante el cultivo de plantas de las que se pueda obtener energía o materias primas para la industria, puede contribuir a paliar la delicada situación de una gran parte de la agricultura comunitaria.

Las tecnologías utilizadas para la recogida, procesamiento y producción de energía a partir de la biomasa son muy diversas y se resumen a continuación.

3.1. RECOGIDA Y PRETRATAMIENTO.

Las técnicas tradicionales utilizadas para la recolección de productos agrícolas (balas de paja) o forestales (residuos de poda) pueden ser utilizados sin ninguna modificación. Sin embargo, en muchos casos, por ejemplo residuos vegetales con baja humedad y subproductos forestales, la biomasa debe ser preparada con el fin de conseguir combustibles que pueden ser utilizados más eficientemente. Uno de los principales problemas asociados con la utilización energética de la biomasa es su baja densidad energética, lo que implica altos costes de transporte y almacenamiento, limitando la utilización de biomasa a áreas cercanas a los centros de producción. Mediante procesos de densificado y envasado se facilita el transporte y almacenamiento, obteniéndose un combustible de tamaño homogéneo que permite la automatización de la alimentación de calderas.

En la actualidad se están desarrollando cosechadoras que combinan la poda, asti-

18 Plan de I+D para las energías renovables

llado, almacenamiento y transporte de la biomasa forestal. Maquinaria equivalente se está desarrollando para sorgo y explotaciones de chopo de corta rotación.

3.2. PROCESADO.

Normalmente toda la biomasa (residuos agrícolas y forestales, residuos de industrias agroalimentarias, lodos de depuradoras, etc.) necesita ser procesada para producir energía primaria (combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, calor).

La utilización de una u otra tecnología para la transformación en energía de la biomasa depende de las características de la materia orgánica que debe ser procesada.

3.2.1. Procesos termoquímicos.

Los procesos termoquímicos se basan en someter a la biomasa a la acción de altas temperaturas, en condiciones variables de oxidación (combustión, gasificación, pirólisis y licuefacción) o en reacciones puramente químicas (esterificación).

COMBUSTION.

Se entiende por combustión la oxidación completa de la materia prima para dar dióxido de carbono, vapor de agua, cenizas y calor.

Mediante este proceso se obtiene la mayor parte de la energía derivada de la biomasa en Europa hoy (en torno a 20.000 TEP/año). El calor generado en la combustión de residuos agrícolas y forestales se utiliza en diversos sectores de la industria, sector doméstico y sector terciario.

En el sector doméstico, los avances tecnológicos en los últimos cinco años han aumentado la eficiencia de combustión en un 50%. El desarrollo de equipos que pueden utilizar diferentes tipos de combustibles ha contribuido al éxito de la biomasa en este campo.

En plantas de mayor capacidad (aproximadamente 500 kW) generalmente utilizadas en la industria de la madera, en comunidades de vecinos y el sector terciario existen sistemas de combustión de alta eficiencia con alimentación automática capaces de utilizar diferentes tipos de combustibles, incluidos residuos con hasta un 60% de humedad.

Plantas de mayor capacidad se están desarrollando en la actualidad para producir energía a partir de paja, residuos forestales y, últimamente, cultivos energéticos. Estos equipos generarán electricidad y calor y formarán parte de los sistemas de calefacción urbana en un futuro cercano.

GASIFICACION.

Bajo la denominación de gasificación se recogen todos aquellos procesos que llevan implícita una combustión en condiciones de defecto de oxígeno, con la producción de CO, CO₂, H₂O, CH₄, en proporciones diversas según la composición de la materia prima y las condiciones del proceso.

Este combustible puede utilizarse para producir calor en las calderas o, tras un tratamiento para eliminar polvo y alquitranes, generar electricidad y energía mecánica en motores.

Pruebas con equipos de hasta 80 kW han demostrado la factibilidad de este tipo de equipos para la producción descentralizada de electricidad. Estas tecnologías son económicamente viables en situaciones donde los precios de la energía son particularmente altos.

PIROLISIS Y LICUEFACCION.

El proceso de pirólisis consiste en la descomposición de la materia orgánica por la acción del calor en ausencia de oxígeno.

Numerosas tecnologías de pirólisis han sido desarrolladas en los últimos años mejorando las existentes, que son ineficientes y causan altos niveles de contaminación.

Se están realizando proyectos de I+D encaminados a mejorar la producción de energía a partir de los líquidos derivados de la pirólisis.

ESTERIFICACION.

Combustibles contenido entre 5% y 100% de metil o etil ésteres obtenidos a partir de aceites vegetales han sido probados con éxito en motores diesel. En Europa, especialmente en Francia y Austria, existen plantas piloto de esterificación para producir combustibles a partir de aceite de colza.

3.2.2. Procesos biológicos.

Los micro-organismos pueden utilizarse para producir energía a partir de sustratos con alto contenido en materia orgánica y agua.

METANIZACION.

Se pueden obtener metano mediante un proceso de digestión a partir de varios sustratos (residuos ganaderos, agroindustriales, aguas y lodos de depuradora, etc.). Las condiciones de operación deben favorecer el desarrollo de determinadas bacterias y ser adecuados a las características físicas del sustrato. Los procesos de metanización pueden ser continuos o discontinuos.

En la actualidad existen tecnologías de metanización en continuo de residuos líquidos y semilíquidos con aplicaciones a escala industrial en los sectores agrícola y agroalimentario, así como en la industria química y farmacéutica (más de 1100 x 106 m³ de biogas producido en 1985 en la CE en estos sectores).

Las tecnologías de metanización para el tratamiento de residuos sólidos urbanos en vertederos controlados (procesos discontinuos) o en digestores de alimentación continua (procesos Valorga), únicamente pueden ser considerados viables si se tiene en cuenta los importantes beneficios ambientales que conlleva la utilización de estos procesos.

Tecnologías innovadoras como la metanización en lecho fluido y los digestores que utilizan técnicas de membrana están todavía en estado de demostración, pero parecen un futuro interesante en la aplicación de los procesos de digestión anaerobia.

FERMENTACION ETILICA.

El bioetanol se obtiene mediante fermentación (normalmente utilizando levaduras) de sustratos agrícolas con alto contenido de azúcares (remolacha, patata, etc.) o con alto contenido de almidón (cereales, patatas, etc.). El bioetanol puede mezclarse con gasolina (en proporciones del 5 al 10%) sin reducir el rendimiento del motor y sin ninguna modificación en este. La producción de etanol mediante fermentación de cultivos con altos contenidos de azúcar y/o almidón es posible, pero en Europa las condiciones económicas no son actualmente favorables para su producción comercial, al menos que los beneficios del "gasohol" se reflejen en la política agrícola, energética y ambiental comunitaria.

HIDROLISIS ENZIMATICA Y FERMENTACION.

La posibilidad de obtener alcohol por hidrólisis enzimática y fermentación de materiales lignocelulósicos (paja, madera, bagazo) hay que contemplarla a más largo plazo. Actualmente se encuentra en fase de investigación centrada en el estudio de pretratamientos y sacarificación y fermentación simultáneas.

3.3. CONCLUSION.

En Europa se han construido recientemente un gran número de plantas para obtener energía a partir de biomasa. Estas plantas dan una idea clara de la satisfacción de los procesos utilizados. Para la producción de calor y de electricidad descentralizada, los costes son competitivos en ciertas situaciones a pesar de los bajos pre-

20 Plan de I+D para las energías renovables

cios de los combustibles fósiles. Sin embargo las nuevas tecnologías para la producción de combustible no son todavía competitivas (en términos de precios excluidos los impuestos), aunque se espera que lleguen a ser económicamente viables tan pronto como los biocombustibles sean considerados en las políticas energéticas, agrícolas y ambientales europeas.

III. REVISION ECONOMICA Y ESTADO COMERCIAL.

1. ENERGIA SOLAR

1.1. CONVERSION TERMICA A BAJA TEMPERATURA.

Es casi imposible hacer una valoración de los costes de estos sistemas fuera del contexto de la aplicación específica.

En los sistemas pasivos el incremento del coste para su incorporación en edificios varía desde cero al 20% en el caso extremo. La iluminación natural supone un pequeño o ningún coste con un ahorro grande de energía debido a la reducción de consumo en iluminación y a la reducción de la carga de calefacción. La refrigeración pasiva puede tener un coste cero o negativo si el ahorro se produce por la omisión o reducción del sistema convencional de refrigeración.

En sistemas solares activos los costes vienen determinados por los costes del colector, del resto del sistema (acumulador, tuberías, bomba de circulación, control, etc.) y los costes de instalación. Cada uno contribuye en aproximadamente un 1/3 del coste total del sistema. Los costes de mantenimiento pueden ser también importantes.

No puede dejar de comentarse en este tema lo incomprensible e injustificable del caso español. No es de recibo que un país, con el nivel de insolación que tiene el nuestro, instale desde 1985 cada año menos paneles solares. A nuestro entender se trata básicamente de un problema de oferta; de las insuficiencias de un mercado que ofrece unos equipos injustificadamente caros, de calidad discreta y con garantías insuficientes. Es una verdadera paradoja que, debido a las insuficiencias señaladas, el escaso mercado existente esté cayendo en manos de las importaciones lo que supone la mayor de las aberraciones posibles en una

economía energética: comprar en el extranjero y pagando por adelantado una "energía" que se va a consumir poco a poco en los próximos 10 ó 15 años y para la que existen recursos sobrados y no hay grandes problemas tecnológicos.

1.2. CONVERSION TERMICA A MEDIA Y ALTA TEMPERATURA.

Los costes actuales de electricidad mediante la tecnología cilindro-parabólico puede establecerse en 0,11 ECU/kWh para una planta de 100 MWe con la hipótesis de 25 años de operación y 5% de tasas de interés. Se espera en el futuro una reducción de costes de más de un 30% incorporando los nuevos desarrollos tecnológicos.

En sistemas de receptor central no hay aplicaciones comerciales, pero estudios realizados con la tecnología disponible en la actualidad, prevén un precio de 0,07 ECU/kWh para una planta de 200 MWe con un factor de capacidad del 63%. La predicción del coste de generación en sistemas de disco parabólico con motor Stirling es de 0,28 ECU/kWh en plantas de 525 kW.

1.3. CONVERSION FOTOVOLTAICA.

Los costes de los sistemas fotovoltaicos pueden dividirse en dos grandes categorías: costes de los módulos y costes del "Resto del sistema" (BOS).

Costes del módulo fotovoltaico.

Los costes del módulo varían con el tipo de módulo y por supuesto con los volúmenes de producción:

- Para módulos de silicio cristalino: Actual 3 ECU/Wp y en el año 2000, 1,83 ECU/Wp (asumiendo en el presente 13% de rendimiento, vida media del módulo de 20 años y células de dimensión de 100 cm² y en año 2000, células de 16% de rendimiento, vida de

22 Plan de I+D para las energías renovables

módulo de 30 años y dimensión de la célula de 225 cm²).

- Para módulos de lámina delgada de silicio amorfo: 2,1 ECU/W_p en la actualidad a 1,0 ECU/W_p en el año 2000 (asumiendo en la actualidad un rendimiento de la célula del 5% y en año 2000 una eficiencia del 10% con un módulo de 5.000 cm²).

- Para módulos de lámina delgada de CdTe: 1,5 ECU/W_p en el año 2000 asumiendo un rendimiento de la célula del 15% con una vida media de 20 años y con módulos de 5.000 cm².

- Para módulos de lámina delgada de CIS: 1,5 ECU/W_p asumiendo 15% de eficiencia, 20 años de vida media y módulo de 3.000 cm².

El efecto del volumen de producción muestra que asumiendo una inflación del 6% si se dobla el volumen de producción los costes disminuyen en un 17,5%.

Es preciso reseñar que tanto en este apartado como en el siguiente es posible encontrar una gran disparidad de cifras en

la bibliografía debido en parte al cambio de paridad de las monedas y en parte a que, debido al tamaño de la producción actual, resulta un poco exagerado hablar de "precios" y de "mercado" en sentido preciso.

Costes del "Resto del sistema" (BOS).

El coste del BOS incorpora todos los costes de los componentes que forman el sistema excepto los módulos, por tanto incluye: costes del proyecto, terreno y su preparación, instalación, estructura de soporte y cimentación, equipo acondicionador de potencia y todos los que componen el sistema eléctrico, operación y mantenimiento, costes indirectos, costes fijos (intereses de capital) y almacenamiento si es aplicable.

Los costes principales están asociados al inversor, estructura soporte, acondicionador de potencia y cableado.

Los actuales costes y los estimados para el año 2000 por W_p se resumen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Costes por W_p del "Resto del sistema" en 1992 y estimados para el año 2.000

<i>Elementos:</i>	1992	2000
Inversores	1.65	0.61
Acondicionador de potencia	0.79	0.42
Estructuras, soportes y cableado	0.98	0.79
TOTAL BOS	3.42	1.82

2. ENERGIA EOLICA.

Los costes de instalación y operación de las nuevas instalaciones eólicas españolas son similares a los de otras instalaciones fuera de nuestro país. Estos costes están determinados por:

- Costes de instalación.
- Costes de operación y mantenimiento.
- Vida del sistema.
- Energía producida: Eficiencia del sistema eólico, velocidad del viento en el emplazamiento y disponibilidad técnica del sistema.

2.1. COSTES DE INSTALACION.

La energía producida por un aerogenerador depende principalmente del tamaño, o más concretamente de la superficie de captación del mismo (área barrida por las aspas) y de la velocidad del viento en el emplazamiento. Por ello, el parámetro más representativo del coste de los aerogeneradores es el coste por m^2 de área barrida, mejor que el coste por kW instalado. No obstante con el objeto de establecer una comparación con los costes de instalación de otras plantas de potencia, en algún momento haremos referencia a costes por kW instalado para un tipo de aerogenerador estándar. La razón de utilizar Pta/ m^2 de área barrida en lugar de Pta/kW estriba en el hecho de que máquinas similares, que producen aproximadamente la misma energía en un emplazamiento tipo, sin embargo aparecen taradas a diferentes potencias nominales aún cuando su superficie de captación es similar. Para clarificar esta idea, citaremos tres de los grandes aerogeneradores actualmente en estado de desarrollo de prototipos, el LS-1 de WEG (GB), el de Tjaereborg (Dinamarca) y el AWEC-60, que siendo tres aerogeneradores de 60 m de diámetro (2.827 m^2 de área barrida) están tarados a 3 MW, 2

MW y 1,2 MW respectivamente, siendo su producción energética similar en un emplazamiento típico de una velocidad media de viento de 7 m/s (diferente sería el caso de un emplazamiento de muy alto potencial eólico, por ejemplo con 11 m/s donde los aerogeneradores tarados a mayor potencia nominal obtendrían mayor producción energética).

Tomando entonces como parámetro el coste por m^2 de área barrida para máquinas comerciales costes "ex-works" de entre 30.000 y 35.000 Pta/ m^2 son valores típicos.

Los costes del aerogenerador son sólo una parte de los costes totales de un Parque Eólico (PE). Hay pues que sumar los costes de accesos, obra civil, cableado, subestación, etc... Estos costes adicionales varían considerablemente dependiendo del emplazamiento, estando comprendidos entre un 25% y un 50% del precio "ex-works" de la máquina, de acuerdo con los datos obtenidos de las instalaciones existentes.

En la actualidad los productores de aerogeneradores tienden en nuestro país a vender no solo la máquina, sino la instalación y el mantenimiento. En los últimos parques construidos el precio por kW instalado y mantenido se situó en 113.000 Pta, esperándose que con las nuevas máquinas de 300 kW se coloque por debajo de las 100.000 Pta.

2.2. COSTES DE OPERACION.

Los costes de operación incluyen mantenimiento del PE, seguros, alquiler de terrenos, etc...

Los costes de mantenimiento anuales se evalúan en un 1,5% del coste de la instalación, variando mucho en función del tamaño del PE, condiciones específicas, etc... Los otros costes adicionales de explotación se estiman en un 1% de los costes iniciales, lo que da como valor representativo de los costes anuales de operación un 2,5% de los costes iniciales.

2.3 ENERGIA PRODUCIDA POR UN PARQUE EOLICO.

El cálculo de la energía producida por un PE requiere conocer las características de los aerogeneradores instalados (Curva de Potencial), la ubicación de las máquinas, la orografía del terreno, y por supuesto las condiciones del viento y meteorológicas del emplazamiento. No obstante, podemos utilizar una expresión muy sencilla para calcular una primera aproximación de la energía suministrada por un PE.

Suponiendo una disponibilidad del parque de un 95% para un emplazamiento con una velocidad media de viento a la altura del buje de máquina de V m/s, la energía por unidad de área barrida producida en un año puede aproximarse por la expresión:

$$E = 2,6 V^3 \text{ kWh/m}^2$$

La expresión nos muestra que la energía producida es muy sensitiva a las variaciones de la velocidad media del emplaza-

miento. Así, un error de un 10% en la estimación de la velocidad del emplazamiento a errores en la producción de energía del orden del 33%.

2.4. COSTE DE LA ENERGIA.

El coste de la energía generada por un PE depende no sólo del viento disponible, del coste de las máquinas y del coste de operación, sino también de la forma en que se financia la instalación. Este punto es común con otras plantas de potencia, en el que el coste de la electricidad depende fuertemente de cómo se financia el proyecto. Asumiendo una vida de la instalación de 20 años, podemos calcular el coste medio del kWh producido para PE, en función de la velocidad media del emplazamiento y de la tasa interna de retorno requerida a la instalación. El cuadro 4 presenta los valores calculados, que oscilan entre las 5 Pta/kWh y las 15 Pta/kWh. Los precios hacen referencia al año 1991, y la tendencia a la baja ya ha sido reseñada.

Cuadro 4. COSTES DE LA ELECTRICIDAD DE ORIGEN EOLICO (Pta/kWh)

Emplazamiento:	Velocidad VIENTO	TASA INTERNA DE RETORNO:			
		5%	8%	10%	15%
NORMAL	6.5 m/s	7.93	9.62	10.79	14.04
BUENO	7.5 m/s	6.50	7.80	8.71	11.04
MUY BUENO	8.5 m/s	4.42	5.33	5.98	7.80

3. BIOMASA.

3.1 ELECTRICIDAD.

Los costes de la producción de electricidad a partir de biomasa están determinados por:

- Inversión específica.
- Capacidad.
- Eficiencia.
- Costes biomasa/combustibles.
- Créditos.
- Operación.
- Vida del sistema.

3.1.1. Inversión específica.

Varía entre los siguientes márgenes:

- 2.000 ECU/kW en el caso de combustión directa de biomasa sólida en centrales eléctricas.
- 1.200 ECU/kW en el caso de centrales térmicas que utilizan como combustión bioaceites o fangos de lixiviado del carbón.
- Entre 330 y 2.000 ECU/kW en el caso de producción de electricidad por tecnologías avanzadas.

3.1.2. Capacidad.

Las capacidades varían entre:

- 2-30 MW en el caso de combustión directa de biomasa sólida en centrales eléctricas.
- Entre 100 kW y 50kW en el caso de producción de electricidad por tecnologías avanzadas.

3.1.3. Eficiencia.

- 20% en el caso de combustión directa de biomasa en centrales eléctricas.
- 35% en el caso de centrales térmicas

que utilizan como combustible bioaceites o fangos de lixiviado del carbón.

- Aproximadamente un 40% en el caso de producción de electricidad por tecnologías avanzadas.

3.1.4. Costes de biomasa/combustible.

- Costes de biomasa de 50 ECU/tonelada seca, en el caso de combustión directa de biomasa sólida en centrales eléctricas.
- Costes de biomasa de 50 ECU/tonelada seca y costes de producción de bioaceites de 210 ECU/TEP, en el caso de centrales térmicas que utilizan como combustible bioaceites o fangos de lixiviado del carbón.
- Costes de biomasa de 50 ECU/tonelada seca y posible coste de combustión 300 ECU/TEP, costes de producción de bioaceites de 170 ECU/TEP y costes de 300 ECU/TEP para aceites parcialmente refinados, en el caso de producción de electricidad por tecnologías avanzadas.

3.1.5. Créditos.

Los créditos pueden incluir, por ejemplo, un crédito de desulfurización de 40 a 84 ECU/TEP (dependiendo del contenido en azufre que deba ser eliminado) en el caso de centrales térmicas que utilizan como combustibles bioaceites o fangos de lixiviado del carbón.

3.1.6. Operación.

En el caso de producción de electricidad por gasificación de biomasa y utilización de ciclos combinados de turbina de gas de gasificación/turbina de vapor, por ejemplo, el análisis económico asume una operación de 7.000 h/año.

26 Plan de I+D para las energías renovables

3.1.7. Vida del sistema.

Normalmente se considera una vida media de 20 años por el análisis de costes.

Resumen de los costes de producción de electricidad:

- 0,11 ECU/kWh en el caso de combustión directa de biomasa sólida en centrales eléctricas.
- 0,06 ECU/kWh en el caso de centrales térmicas cuyo combustible son bioaceites o fangos de lixiviado del carbón.
- Entre 0,05 y 0,08 ECU/kWh en el caso de producción de electricidad por tecnologías avanzadas.

3.2.COMBUSTIBLES.

3.2.1. Costes de producción de líquidos pirólisis y bioaceites refinados para sistemas en pequeña escala (2 ton/hora).

Los costes están determinados por:

- Costes de la biomasa.
- Costes de inversión.
- Costes de conversión.
- Créditos.

Costes de la biomasa.

Considerando un rendimiento del 70% en peso, y un precio de 50 ECU por tonelada de biomasa, el precio por tonelada de bioaceite sería de 51,4 ECU en una planta a pequeña escala (1 ton/hora).

Costes de inversión.

Para un sistema a pequeña escala (1 ton/hora) se han estimado 14,3 ECU por tonelada de bioaceite.

Costes de conversión.

Considerando las mismas condiciones, aproximadamente 32,2 ECU/ton.

Créditos.

Los análisis asumen la aplicación de los siguientes créditos:

- Incentivos por bajas emisiones de azufre.
- Créditos socio-económicos y ambientales.
- Exención de los impuestos del carbón y subvenciones para solucionar el problema de las emisiones de dióxido de carbono.

3.2.2. Costes de producción a gran escala (100 ton/día) de aceites de Pirólisis Refinados e Hidrotratados a partir de biomasa.

Los costes del proceso están determinados por:

- Materia prima (seca y libre de ceniza).
- Aceites de pirólisis (incluido el agua).
- Bioaceite hidrotratado.
- Bioaceite parcialmente refinado.
- Bioaceite refinado hidrotratado.

Materia prima: Considerando una biomasa seca y libre de cenizas (100% de rendimiento) el precio del producto se sitúa en 50 ECU/ton y 108 ECU/TEP.

Aceites de pirólisis: Asumiendo un rendimiento del 70% se estima un coste de producto de 109 ECU/ton y 246 ECU/TEP.

Bioaceites hidrotratados: (26% rendimiento). Se estima un coste de 384 ECU/ton de producto y 399 ECU/TEP.

Bioaceites parcialmente refinados: (48% rendimiento). No se han estimado costes para este proceso.

Bioaceites refinados hidrotratados: (23% rendimiento). Se calcula un coste de 440 ECU/ton de producto y 430 ECU/TEP.

IV. IMPACTO AMBIENTAL.

1. ENERGIA SOLAR.

1.1. CONVERSION TERMICA

A BAJA TEMPERATURA.

El principal impacto ambiental de los sistemas pasivos y activos en calefacción y refrigeración solar puede resumirse en:

- El coste energético de los materiales.
- La reducción de la polución.
- Evitar el síndrome de enfermedad de los edificios.
- Integración arquitectónica.

El tiempo de retorno energético varía con la tecnología, la aplicación y los materiales; en los colectores planos es de un año.

1.2. CONVERSION TERMICA A MEDIA Y ALTA TEMPERATURA.

Las principales cuestiones relacionadas con el impacto ambiental son:

- El coste energético de los materiales.
- La reducción de la polución.
- Las exigencias de terreno.
- Hábitat natural y fauna.

El tiempo de retorno energético para los materiales utilizados en estas plantas es inferior a un año.

En plantas de operación híbrida las plantas solares emiten sólo el 30% de CO₂ por kWh emitido por una planta equivalente de gas, el 21% para una de fuel y el 18% para una equivalente de carbón.

El área ocupada por este tipo de planta, aun siendo importante, está muy lejos de una hidroeléctrica que requiere 50 veces más superficie.

1.3. ENERGIA FOTOVOLTAICA.

Las principales cuestiones relacionadas con el impacto ambiental de la energía fotovoltaica son:

- El coste energético de los materiales.
- Seguridad de manipulación, almacenamiento y materiales de desecho.
- Requisitos de terreno e impacto sobre la fauna y el hábitat natural.

El tiempo de retorno energético para los módulos de silicio cristalino es de 1,6 a 2,7 años, dependiendo del nivel de insolación. Para el módulo de silicio amorfo es de 1,3 años.

Durante la operación, los sistemas fotovoltaicos no producen ningún tipo de emisiones de líquidos o gases ni calor, sin embargo, en la producción de células y módulos se utilizan sustancias muy tóxicas y explosivas como el silano para la producción de α -Si. La incorrecta manipulación, almacenamiento o eliminación de estos materiales pueden resultar negativos para el medio ambiente. Los requisitos de terreno en la energía fotovoltaica varía con las aplicaciones desde cero, con integración de paneles en cubierta, hasta grandes extensiones para plantas de potencia donde se produce un cierto impacto en el terreno existente, ecosistema y hábitat. La seguridad en la tecnología fotovoltaica es generalmente buena.

2. ENERGIA EOLICA.

Los principales puntos a considerar en relación con el impacto medioambiental de los sistemas eólicos son:

28 Plan de I+D para las energías renovables

- Impacto visual.
- Ruido.
- Impacto en la avifauna.
- Requerimiento de terreno.

2.1. IMPACTO VISUAL.

El tema de impacto visual es un factor importante a considerar, debiendo procurarse la integración de los sistemas eólicos en el entorno. Como puntos básicos se debe evitar instalar máquinas diferentes mezcladas en un mismo parque eólico, o al menos agruparlas por zonas, pues la existencia de aerogeneradores de diferentes tamaños, con diferentes velocidades de giro, tipos de torre, etc..., hace mucho más difícil la armonización con el entorno. Obviamente, la elección de colores adecuados resulta de extrema importancia para minimizar el impacto visual.

2.2. RUIDO.

Los nuevos desarrollos de aerogeneradores han resuelto prácticamente el problema del ruido. El ruido producido por un aerogenerador es inferior al ruido de fondo producido por el viento en casi todo el entorno de funcionamiento de la máquina eólica, con excepción de bajas velocidades de viento, y manteniéndose no obstante en valores por debajo de los límites permitidos por las regulaciones de aquellos países en los que se dispone de normativa al respecto.

2.3. IMPACTO EN LA AVIFAUNA.

El impacto de los parques eólicos en la avifauna de la zona se concreta en posibles muertes por colisión contra las palas o la torre, así como en la perturbación que se puede producir en sus hábitos (emigración, etc...). Un reciente estudio realizado por la Asociación Ornitológica Danesa ha muestra-

do que la avifauna se acomoda a la presencia de los aerogeneradores sin que causen importantes perturbaciones.

2.4. REQUERIMIENTOS DE TERRENOS.

Uno de los argumentos que se vienen esgrimiendo para rebatir la viabilidad del uso a gran escala de la energía eólica son los requerimientos de terreno necesarios para cubrir grandes producciones de electricidad. Ciertamente es que la energía eólica es difusa y para generar grandes cantidades de energía los aerogeneradores deben cubrir grandes zonas de terreno. Pues bien, si tomamos un ejemplo como es el PE de Tandpibe en Dinamarca, consistente en 35 aerogeneradores con una potencia total de 2600 kW, que se extiende sobre una extensión de 40 Ha, la zona ocupada por los aerogeneradores, accesos, carreteras, edificios, aparcamiento y todas las instalaciones adicionales, ocupan menos de 0,5 Ha., lo que representa un 1,5% del terreno total. El resto del terreno continúa usándose para labores agrícolas, exactamente igual que antes de la instalación del parque.

En cualquier caso, la aceptación pública de la energía eólica como una tecnología no contaminante, está ampliamente extendida, aunque se pueden encontrar actitudes diferentes en algunos casos particulares. Estudios realizados muestran que la aceptación pública es significativamente mayor cuando se informa a la población local de los proyectos a realizar antes del inicio de la instalación de los aerogeneradores.

3. BIOMASA.

Los principales puntos a considerar en relación al impacto medioambiental de la utilización de biomasa son:

- Empobrecimiento de nutrientes en el suelo como resultado de la eliminación de residuos orgánicos.
- Contaminantes atmosféricos y del agua.
- Impacto visual de las plantaciones de biomasa y de las centrales generadoras de energía.

3.1. EMPOBRECIMIENTO DE NUTRIENTES EN EL SUELO.

La cantidad de biomasa que puede extraerse sin afectar significativamente el ciclo del carbono varía entre el 20 y el 50% de la biomasa disponible. La superación de estos porcentajes conducirá a aumentar los problemas de erosión causado por la agricultura intensiva.

3.2. CONTAMINACION ATMOSFERICA Y DEL AGUA.

Los sistemas de transformación, tanto térmicos como biológicos, producen emisiones gaseosas.

Las emisiones atmosféricas de los sistemas térmicos de transformación incluyen partículas en suspensión, hidrocarburos y otros productos orgánicos y óxidos de nitrógeno (NO_x). La gasificación y la pirólisis también pueden producir estos compuestos y su concentración dependerá del diseño del sistema.

Los sistemas de combustión en turbinas o motores también producen estos compuestos, aunque la emisión de partículas es muy baja debido a los sistemas de eliminación previos que se utilizan para reducir corrosión en los motores.

Los sistemas térmicos de transformación producen CO_2 y los gases de pirólisis y gasificación contienen hidrocarburos poliaromáticos (fluorenteno, fenantreno, bezantraceno, etc.). Estos productos podrían ser eliminados en procesos de combustión donde

los gases fueran utilizados en motores de combustión interno o generadores de vapor.

Los combustibles obtenidos por transformación biológica son utilizados en motores de explosión y los compuestos que se producen difieren de aquellos producidos en la combustión directa. Normalmente la emisión de aldehidos se incrementa.

El principal problema ambiental de la digestión anaerobia está relacionado con la generación de ácido sulfhídrico que puede ser minimizada con un buen diseño inicial, buenas condiciones de ventilación, etc.

En cuanto a efluentes líquidos, la fracción más peligrosa son los efluentes líquidos de las plantas de pirólisis. La eliminación de estos efluentes en sistemas rurales a pequeña escala es un problema que debe resolverse. En instalaciones a gran escala estos líquidos pueden ser reutilizados en el proceso o tratados mediante digestión anaerobia.

3.3. IMPACTO VISUAL.

Las plantaciones de biomasa de gran extensión pueden alterar el paisaje. Las grandes instalaciones (edificios, silos de almacenaje, etc.) también pueden causar impacto visual. Análisis del impacto ambiental y una buena planificación pueden minimizar estos efectos negativos.

El creciente interés en la utilización de la biomasa debe atribuirse a las ventajas económicas, políticas y ambientales que presenta en comparación con otros combustibles.

Si la biomasa utilizada se renueva, la cantidad de CO_2 emitido en la combustión es fijada en el proceso de fotosíntesis. La utilización de biomasa con fines energéticos no supone un incremento del CO_2 atmosférico. Asimismo, los biocombustibles contienen muy bajas concentraciones de

30 Plan de I+D para las energías renovables

azufre, reduciéndose considerablemente las emisiones de SO₂.

La mayoría de los impactos ambientales asociados con la utilización de cultivos energéticos son comunes a otras actividades agrícolas.

La utilización de compost, derivado de biomasa, reducirá el deterioro del suelo y la contaminación de las aguas.

V. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION EN ESPAÑA Y PROGRAMAS DE I+D Y D EN ENERGÍAS RENOVABLES

España participa de los programas de I+D y D comunitarios junto con grupos de investigación y empresas de los distintos países. Hacemos por ello una revisión de dichos programas.

1. POLÍTICA Y PROGRAMAS EN LA CE.

La CE proclama que el desarrollo de las Energías Renovables está encaminada a incrementar la seguridad en el suministro de energía a sus Estados Miembros y a contribuir a la mejora del medio ambiente.

Para alcanzar estos objetivos los programas de I+D de la Comunidad Europea a través de la Dirección General XII (Ciencia, Investigación y Desarrollo) están dirigidos a mejorar el rendimiento y reducir costes de los sistemas y componentes así como estimular y ayudar a la industria del sector.

El programa Thermie es un instrumento de la Comunidad Europea para introducir nuevas tecnologías en el mercado. Este programa, cuenta entre 1990 a 1994 con un presupuesto de 150 MECU anuales. En este momento se está preparando una segunda parte del programa que garantice su continuidad.

Las áreas en que interviene el programa Thermie son:

- El aumento de la eficiencia energética.

- El fomento de una mayor utilización de las fuentes de energía renovables.
- El fomento de un uso más limpio del carbón y otros combustibles sólidos.
- La optimización de la explotación de los recursos comunitarios de petróleo y gas.

Las formas de actuación del programa son:

- Ayuda económica a los proyectos que aplican tecnologías energéticas innovadoras.
- Medidas para fomentar y divulgar las tecnologías energéticas.

El presupuesto que se dedica cada año a energías renovables son de 37 millones de ECU.

Entre tanto, el programa ALTERNER para la promoción de las energías renovables en la Comunidad Europea se encuentra en fase de aprobación. Los objetivos de este programa son reducir en 180 millones de toneladas las emisiones de CO₂ en 2005 mediante el desarrollo de las energías renovables según el siguiente esquema:

- Aumento de la contribución de las energías renovables a la cobertura de la demanda total de energía de un 4% en 1991 a un 8% en 2005. Para conseguir este objetivo, la producción de energías renovables deberá pasar de 43 Mtep en 1991 a 109 Mtep en el 2005.
- Multiplicar por tres la producción eléctrica a partir de energías renovables. Para ello la capacidad y la producción de electricidad deberá pasar de 8 GW y 25 TWh en 1991 a 27 GW y 80 TWh en 2005.
- Obtener por los biocarburantes un 5% del consumo total de los vehículos a motor. Para conseguir este objetivo se estima necesario la producción de 11 Mtep de biocarburantes en 2005.

32 Plan de I+D para las energías renovables

Los medios financieros comunitarios para llevar adelante este programa son de 40 MECU para una duración del programa de 5 años (1993-1997).

En el marco de este programa la comisión financiará proyectos y acciones tales como estudios y evaluación de técnicas destinadas a la definición de normas o especificaciones técnicas: medidas de apoyo a las iniciativas de los países miembros encaminadas a potenciar o crear infraestructura en materia de energías renovables. Estas medidas tendrán por objeto animar la creación de una red de información tendente a promover una mejor coordinación entre las actividades nacionales, comunitarias e internacionales. Se pretende además estudiar y evaluar técnicas y ventajas económicas y medioambientales de la explotación industrial de la biomasa con fines energéticos.

Desde 1975 la Dirección General XII (Ciencia e I+D) de la CE, ha desarrollado proyectos comunitarios en Energías Renovables con un soporte comunitario de 250 MECU mediante el sistema de contratos a costes compartidos.

En marzo de 1992 concluyó el primer programa de energías no nucleares, JOULE I que se inició en 1989. Dentro de este programa la aportación comunitaria para energías renovables fue de 47 MECU. En septiembre de 1991 y dentro del tercer Programa Marco, el Consejo de Ministros aprobó el nuevo programa JOULE II con duración hasta finales de 1994 con una aportación comunitaria de 57 MECU para las energías renovables.

En cuanto al programa gestionado por la DG XVII, entre 1979 y 1989 esta Dirección General promovió programas de demostración y proyectos pilotos industriales en el campo de la energía. Bajo este programa el soporte económico totalizó 285 MECU para el volumen de 934 proyectos en el campo de las energías renovables. Dado que la aporte-

ción comunitaria es de hasta un 50% del coste elegible, estos proyectos suponen inversiones en el entorno de los 600 MECU.

Una estimación de los fondos públicos dedicados en los países comunitarios en 1992 a I+D y D en Energías Renovables alcanza una cifra de alrededor de 400 MECU con una distribución por países:

150 MECU	Alemania
100 MECU	Italia
50 MECU	Gran Bretaña
15 MECU	DG XVII
X MECU:	Dinamarca, Holanda, España, Grecia, Francia

Sin presupuesto específico para Energías Renovables: Irlanda, Portugal, Bélgica y Luxemburgo.

2. POLITICA Y PROGRAMA ESPAÑOL EN ENERGÍAS RENOVABLES.

La política española para el desarrollo de las energías renovables coincide con la política de la comunidad internacional englobada en la OCDE, participando en los tres acuerdos internacionales de I+D en energías renovables existentes en la Agencia Internacional de la Energía esto es:

- Calefacción y refrigeración solar.
- Solar PACES (Power and Chemical Energy Systems)
- I+D en sistemas de conversión de la energía eólica.

Aunque existen iniciativas dispersas anteriores, la organización actual de la investigación en fuentes renovables data de 1984 con la elaboración del primer Plan de Energías Renovables PER-89 y la creación del Instituto de Energías Renovables dentro del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). El programa Español en Energías Renova-

bles está dirigido por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales. Otros Ministerios son también responsables de actividades en el campo de I+D y programas de demostración. A continuación se describen las instituciones más revelantes y sus correspondientes funciones en I+D y D.

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

SGERM: Secretaría General de la Energía y Recursos Naturales.

- * Prepara y revisa el Plan Nacional de Energías Renovables.

CIEMAT-IER: Instituto de Energías Renovables.

- * Coordina y ejecuta proyectos de I+D.
- * Evalúa proyectos de demostración.

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

- * Promueve las Energías Renovables.
- * Información y diseminación de resultados.

OCIDE: Oficina de Coordinación de la Investigación Eléctrica

- * Coordina y financia proyectos en I+D y D.

Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

DFAU: Dirección General de Arquitectura y Urbanismo

- * Regula y normaliza la edificación.

INM: Instituto Nacional de Meteorología.

- * Estudios de recursos mediante Plan de medidas.

Ministerio de Educación.

CSIC: Consejo Superior de Investigación Científicas

- * Ejecuta proyectos de I+D.

UNIVERSIDADES:

IES: Instituto de Energía Solar de la UPM

- * Ejecuta proyectos de I+D en energía solar fotovoltaica
- * Evalúa proyectos de demostración en energía fotovoltaica

UNIV. COMPLUTENSE, BARCELONA, SEVILLA Y OTRAS:

- * Realizan proyectos de I+D.

Ministerio de Defensa

INTA: Instituto de Técnicas Aeroespaciales

- * Ejecuta proyectos de I+D
- * Ensayos y certificación de componentes y sistemas solares.

CICYT: Comisión Interministerial en Ciencia y Tecnología.

- * Financia proyectos de I+D.

Por último las Comunidades Autónomas tienen en marcha programas regionales de demostración y financian proyectos de I+D.

RECURSOS ECONOMICOS DEDICADOS EN LA ACTUALIDAD A ENERGIAS RENOVABLES:

Los fondos destinados a desarrollo y promoción de las energías renovables desde 1976 hasta 1984 vienen reflejados en el cuadro 5.

34 Plan de I+D para las energías renovables

Cuadro 5. FONDOS DESTINADOS A DESARROLLO Y PROMOCION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES DESDE 1974 HASTA 1984 (1)

Fuentes:	MPta.Corrientes	%
Solar	5.900	55.9
Eólica	980	9.3
Biomasa.	1.170	11.1
Minihidraulica	230	2.2
Medioambiental	230	2.2
Geotermia	2.040	19.3
TOTAL	10.550	100.0

FUENTE: PER del MINER.1986

(1): Incluye fondos destinados por Org.Públicos y PIU-OCIDE.

A partir de 1985 con la creación del IER los fondos públicos relativos a I+D en energías renovables se especifican en los presu-

puestos del CIEMAT.

En el siguiente cuadro se relacionan los citados fondos.

Cuadro 6. FONDOS DESTINADOS AL DESARROLLO Y PROMOCION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.

Fuentes:	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
.Solar Pasiva						82,1	100,4	
.Solar Térmica baja y media						86,1	95,5	
.Solar Térmica alta.						656,3	438,0	
.Solar Fotovoltaica.						282,7	235,6	
.Eólica						54,3	70,0	
.Biomasa						283,2	247,0	
.Recursos y otras						32,4	45,5	
TOTALES	114,2	*345,7	*488,0	*467,7	*852,3	*1.477,1	1.231,9	—

(*) Sin incluir Gastos Generales.

Plan de I+D para las energías renovables 35

En el mismo período, los fondos dedicados por OCIDE a I+D y D en energías renovables son los siguientes:

Durante el período 80-87:	5.737 MPta.
1988:	708 MPta.
1989:	572 MPta.
1990:	465 MPta.
1991:	663 MPta.

El estado actual de las energías renovables en España puede resumirse en el cuadro 7 que refleja el grado de madurez técnica y el grado de penetración en el mercado.

Cuadro 7. Estado actual de las energías renovables en España

TECNOLOGIA	VALORACION:				
	1	2	3	4	5
. Energía Solar de baja temperatura:					
- Sistemas pasivos		X	X	X	
- Sistemas activos		X		X	
. Energía Solar de media y alta temperatura:					
- Sistemas de colectores cilindro-parabólicos		X	X	X	
- Sistemas de torre central			X	X	
- Sistemas de disco parabólico				X	X
. Energía Solar Fotovoltáica:					
- Aplicación FV-Tecnología (ej: bombeo, iluminación, otros)		X		X	
- Electricidad FV con α -Si					X X
- Electricidad FV con otros materiales (CIS)					X X
. Energía eólica:					
- Instalaciones hasta 400 kW		X	X	X	X
- Grandes instalaciones					
. Biomasa:					
- Combustión		X	X		
- Gasificación		X	X		
- Bio-alcohol		X	X		
- Aceite Vegetal		X	X		
- Pirólisis				X	X
- Digestión anaerobia		X			

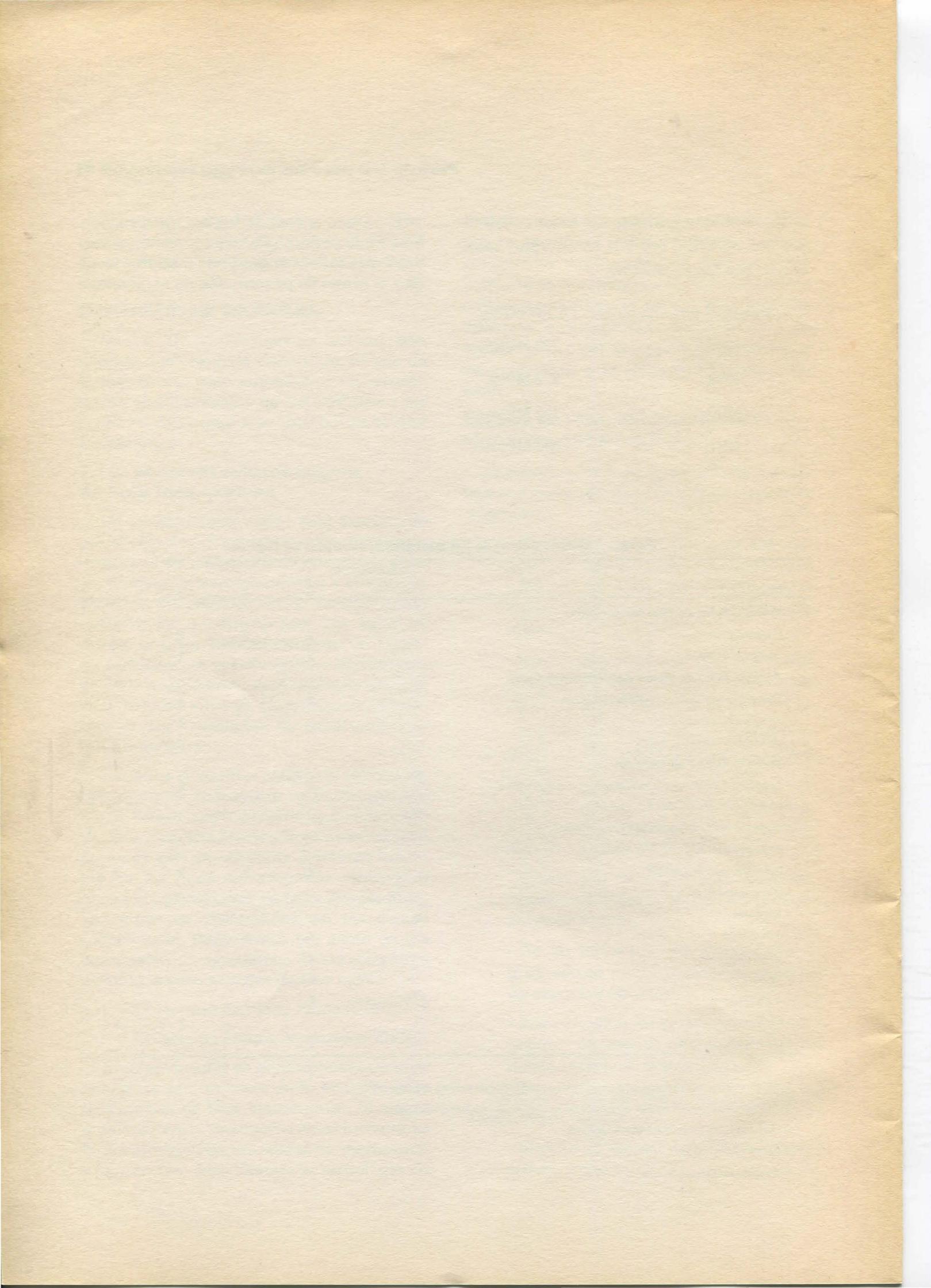
1: Técnicamente madura para el mercado (con necesidades de posible optimización).

2: Necesita más experiencia en aplicaciones (ej. vida media de los equipos, etc.).

3: Necesita I+D para soluciones alternativas.

4: Necesita desarrollo.

5: Necesita investigación básica.



VI. ACCIONES EN I+D Y D. INVERSIONES NECESARIAS PARA AUMENTAR LA PRESENCIA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL HORIZONTE DEL AÑO 2000.

Para conseguir que las fuentes renovables aumenten su presencia en el horizonte del 2000 es preciso potenciar el desarrollo tecnológico y remover las barreras que dificultan la creación de un mercado para estas fuentes.

1. DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ENERGÍAS RENOVABLES.

1.1. Prioridades en el marco de la Investigación. Desarrollo y Demostración.

1.1.1. Energía Solar para baja temperatura: Calefacción, refrigeración e iluminación natural.

El trabajo debe continuar en las siguientes áreas:

- Captación.
- Conservación: aislamiento térmico y control.
- Recuperación de calor.
- Almacenamiento de energía térmica y distribución.
- Análisis energético y de confort.

- Micro-clima.
- Ventilación y circulación de aire.
- Técnicas de calefacción, refrigeración e iluminación natural.
- Monitorización de sistemas de calefacción, refrigeración e iluminación.
- Criterios de rendimiento, integración y normalización.
- Soporte para diseño y herramientas y desarrollo de modelos.

De todas estas áreas, deben recibir particular atención las siguientes:

a) Captación: Particularmente en el área de sistemas activos en labores de promoción y mejora tecnológica de colectores planos, mediante el apoyo a la industria del sector.

b) Almacenamiento y distribución de la energía térmica: Los avances en el área de almacenamiento de energía térmica han sido escasos; en los últimos años tan sólo se han producido en el área de optimización de almacenamiento de agua para uso sanitario.

La investigación debe enfocarse a:

- materiales para almacenamiento: cambios de fase, materiales aislantes transparentes, etc.
- procedimientos de carga y descarga del almacenamiento.
- efectos de la masa térmica en edificios.

c) Materiales: Los nuevos materiales van a jugar un rol importante en el futuro. Algunos de los materiales actualmente en el mercado son: capas de baja emisividad, capas reflectantes, dispositivos de sombra, materiales con cambios de fase para almacenamiento de calor a baja temperatura, paneles holográficos para el filtrado y

redireccionado de la luz natural y aislamientos transparentes.

La investigación futura debe orientarse a la determinación de las propiedades de estos materiales, vida útil y potencial de ahorro energético.

d) Criterios de rendimiento, integración y normalización: El mayor estímulo en esta área consiste en la introducción de una normativa de rendimiento energético para edificios que incorpore la mayor parte de las medidas de ahorro energético.

e) Soporte para el diseño y herramienta y desarrollo de modelos: Este proceso debe orientarse al desarrollo de modelos de ordenador para optimizar el diseño con respecto al consumo energético y al confort térmico, así como herramientas que permitan una mejor evaluación de soluciones.

f) Sistemas de apoyo y su integración en equipos solares.

1.1.2. Energía Solar para media y alta temperatura.

El trabajo debe continuar en las siguientes áreas:

- Desarrollo de componentes en sistemas de torre central, especialmente en heliostatos de bajo coste y receptores avanzados.
- Escalar de planta piloto a dimensión precomercial (30-80 MWe) con tecnología de torre central.
- Desarrollar la tecnología de producción de vapor en el tubo receptor de los colectores cilindro-parabólicos.
- Realizar estudios de viabilidad económica para plantas solares híbridas para optimizar la operación y los parámetros de demanda.

De estas áreas deben recibir especial atención la realización de estudios de viabilidad de plantas comerciales que incorporen ambas tecnologías en sistemas híbridos con ciclos combinados y su construcción para la demostración.

En I+D debe probarse la tecnología del colector cilindro-parabólico con producción de vapor en el tubo receptor.

1.1.3. Energía Fotovoltaica.

Los desarrollos futuros en energía fotovoltaica deben dirigirse a alcanzar módulos de alto rendimiento, bajo costo en procesos de producción de células y módulos, estructuras soporte de bajo coste y alta eficiencia de los equipos de acondicionamiento de potencia.

El aumento de la implantación de esta tecnología en España para la producción de electricidad en plantas de potencia pasa por incrementar la capacidad de producción de paneles planos y el desarrollo de células y módulos de concentración.

En el área de eficiencia de módulos debe ponerse especial atención en:

- Desarrollar células "tándem" con rendimientos del 25%.
- Desarrollo de células para concentración.
- Investigación en los nuevos componentes semiconductores como CIS y CdTe.

En la producción de células y módulos:

- Disminuir coste/Wp
- Extender la capacidad de producción.
- Desarrollo de un módulo de concentración.

En la estructura soporte de los modelos debe incidirse en la reducción de costes.

En el desarrollo de acondicionamiento

de potencia e inversores debe potenciarse el desarrollo de tecnologías de alta eficiencia, bajo coste, baja distorsión de armónicos y aumento de la fiabilidad y seguridad.

1.1.4. Energía Eólica.

El trabajo de I+D debe continuar en las siguientes áreas:

a) Evaluación de Recursos.

b) Elaboración de Estándares.

c) Estudios de Impacto Ambiental.

d) Mejora de componentes: palas, generadores, cajas de multiplicación, etc....

e) Nuevas Tecnologías.

f) Grandes Aerogeneradores.

En particular, se deberá incidir en los siguientes aspectos:

a) Evaluación de Recursos. Se deberán incrementar los trabajos de evaluación de recursos eólicos, llegándose a la localización específica en zonas, con las que se especificará la potencia total susceptible de ser instalada, teniendo en cuenta no sólo factores de potencial eólico, sino todo aquello que influye en la viabilidad de la instalación de parques eólicos: disponibilidad de terreno, accesos, proximidad y tipo de red eléctrica, etc...

b) Elaboración de Estándares.

Se debe potenciar la elaboración de estándares, que se aplicarán desde la etapa de diseño de los aerogeneradores hasta las condiciones de conexión a red, impacto ambiental, etc... de las instalaciones completas.

c) Estudios de Impacto Ambiental.

Se continuará con la realización de los estudios de impacto ambiental, definiéndose metodologías para la aplicación al estudio del impacto ambiental producido por los parques eó-

licos. Concretamente se desarrollarán metodologías de evaluación del impacto visual, modelos de propagación de ruido y metodología de evaluación de los impactos en la avifauna.

d) Mejora de componentes. En esta área se continuará con el desarrollo de nuevos componentes más ligeros, efectivos y económicos. Concretamente el desarrollo de nuevos diseños de palas, con nuevos perfiles aerodinámicos para los aerogeneradores y la utilización de materiales compuestos híbridos (fibra de vidrio-fibra de carbono-madera).

El desarrollo de nuevos generadores de velocidad variable permitirá alcanzar máquinas más eficientes y ligeras (disminución de cargas y aumento de los coeficientes de potencia a carga parcial).

El desarrollo de cajas de multiplicación, de acuerdo con los requerimientos de diseño específico de los aerogeneradores, permitirán obtener diseños más ligeros y económicos.

e) Nuevas Tecnologías. Aún teniendo en cuenta el alto grado de madurez de la tecnología actualmente existente en el mercado, existen posibilidades de disminuir los costes de generación aplicando nuevos diseños tecnológicos (velocidad variable, rotores flexibles, diseños integrados de la transmisión, etc...). La aplicación de estos nuevos conceptos dará lugar a la aparición de nuevos aerogeneradores más ligeros, menos solicitados estructuralmente y de menor coste de operación y mantenimiento. Se deberá potenciar la realización de proyectos de implementación de estos nuevos conceptos, ayudando a la industria en los nuevos desarrollos.

40 Plan de I+D para las energías renovables

f) Grandes Aerogeneradores.

Por último, se deberá continuar con la escalación del tamaño unitario de los aerogeneradores. Los grandes aerogeneradores tienen tres ventajas principales:

- Menor impacto visual.
- Mejor aprovechamiento del terreno.
- Mayor producción por m² de área barrida por el rotor.

Solamente el primero de los puntos es ya de por sí suficientemente importante como para justificar la realización de nuevos proyectos de grandes aerogeneradores, en los que, aplicando las nuevas tecnologías, se consigan máquinas de mayor potencia unitaria y más efectivas con costes similares a los aerogeneradores actuales.

1.1.5. Biomasa.

Las prioridades en I+D y D deben centrarse en el desarrollo de sistemas de transformación más limpios, eficientes y baratos.

a) Producción de biomasa y pretratamiento.

- Selección de especies mejores en las técnicas de cultivo, aumento en los rendimientos.
- Estudios de impacto ambiental de los sistemas agrícolas.
- Mejora en los métodos de secado.

b) Conversión.

- Mejora de los sistemas de combustión (lecho fluidizado para aumentar la eficiencia y reducir las emisiones).
- Mejora de los sistemas de gasificación.
- Mejora en la digestión anaerobia que permita utilizar otras biomásas como combustibles, como RSU.

- Desarrollo de tecnologías que permitan la transformación de biomasa sólida a pequeña escala (2-5 MWe) con bajos costes.

* Cambios en los motores de combustión interna que permitan utilizar el gas producido.

* Modernización de las máquinas de vapor.

* Modernización de las turbinas de gas convencionales que puedan operar entre 0,5-2 MWe.

* Turbinas cerámicas de gas de 100 kWe a 1MWe alimentadas con biomasa.

Los principales desarrollos en los próximos años se centrarán en:

* Producción de etanol para el sector transporte a partir de cultivos con alto contenido en azúcar/almidón, como por ejemplo sorgo dulce.

* Utilización de aceites vegetales (aceite de colza) como sustituto del diesel.

* Comercialización de nuevos cultivos lignocelulósicos, tanto leñosos de corta rotación como carbonados.

* Aumentar la utilización de residuos forestales con fines energéticos.

* Desarrollo de infraestructuras para la integración regional.

1.2. Inversiones requeridas.

En la Comunidad Europea, para alcanzar el objetivo deseado de mayor penetración en el mercado en el año 2000, los presupuestos actuales dedicados a I+D y D en todas las energías renovables en general deben multiplicarse al menos por 3. Esto supone, teniendo como referencia los presupuestos dedicados por todos los países miembros y los fondos de los programas co-

munitarios durante 1992 -400 MECU-, un presupuesto anual de 1200 MECU.

Esto requiere además por cohesión comunitaria que estos fondos se repartan más equitativamente entre los estados miembros, ya que actualmente se concentran en unos pocos.

En España es válida esta referencia con lo que los fondos públicos (vía presupuestos) en los próximos 10 años deberían al menos multiplicarse también por 3 en términos reales.

VII. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto se concluye la necesidad de modificar sustancialmente, tanto los esquemas organizativos como las cantidades destinadas a la investigación de las fuentes renovables y los mecanismos de evaluación y control para asegurar una asignación más eficiente de recursos que garantice una mayor presencia en un futuro próximo. En concreto proponemos:

1. Incorporar el Programa Nacional de Investigaciones Energéticas en el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico y el Plan de Investigación Energética (PIE) en el Plan de Actuación Tecnológica e Industrial (PATI). La participación de las empresas se realizará a través de Proyectos Concertados del PNI y Proyectos de Desarrollo Tecnológico del PATI, ambos gestionados por el CDTI, según las normas vigentes.

2. La importancia estratégica del tema y la diversidad de campos afectados justifica, por otra parte, el establecimiento de un Plan Movilizador sobre energías renovables, con Proyectos Integrados que incluyan todas las etapas del proceso: investigación, desarrollo, ingeniería y aplicación, gestionado igualmente por el CDTI con participación de OPIs, universidades,

empresas...

En el marco de dicho plan se definirán objetivos sectoriales de interés, a los que se destinarán fondos suficientes y que se revisarán anualmente. Estos objetivos deberán ser congruentes con las prioridades de investigación definidas en el apartado anterior.

3. Los fondos gestionados por las OCIs se considerarán públicos a todos los efectos y un 25% se destinará a la investigación en energías renovables. Además, parte de ellos podrán asignarse a programas de Demostración en instalaciones que facilitarán su "replicación" y aportarán facilidades al desarrollo tecnológico posterior. Con todo esto pretendemos que las necesidades de transferencia de tecnología y resultados y la adecuación de la investigación a las necesidades reales de los productores de energía, sean a la vez compatibles con el interés social por el desarrollo en gran escala de fuentes que, por su propia naturaleza, dificultan la realización de beneficios económicos y que por ello resultan menos atractivas para los productores.

Con carácter indicativo para los próximos 5 años sugerimos la siguiente asignación de fondos en MPta de 1993:

TIPO DE ENERGIA	INVESTIGACION	DEMOSTRACION
- Solar pasiva	200	3.000
- Solar de concentración	400	-
- Fotovoltaica	150	-
- Eólica	400	4.000
- Minihidráulica	50	1.000
- Biomasa-combustibles	500	3.000
- Biomasa-E. eléctrica	200	6.000
- Otros y complementaria	300	-
TOTAL	2.200	17.000

44 Plan de I+D para las energías renovables

Estos fondos provendrían de los recursos de las OCIs y de fondos de programas de demostración hasta ahora gestionados por el IDAE. Hemos considerado que estos últimos se incrementan de manera ostensible a través de la Tasa sobre la Energía que suponemos se implantará en los próximos años. Sostenemos que las cantidades recaudadas de la Tasa deben dirigirse a fines concretos (como ocurre en la actualidad con los fondos de ENRESA o los destinados a la moratoria nuclear) y uno de estos fines es la promoción de proyectos de demostración de fuentes renovables. Conviene precisar que en estas cifras no se incluyen los fondos procedentes de los Presupuestos Generales del Estado ni los obtenidos como retorno en programas comunitarios, que se especifican en VI.1.2.

4. Resulta además esencial mejorar los dispositivos de evaluación, seguimiento y control de los proyectos para evitar, no solo la duplicidad, sino la proliferación de investigaciones excesivamente dispersas, sin interés o sin visos razonables de éxito. Según nuestra propuesta el papel del CDTI resulta determinante en este campo. Además es preciso establecer criterios objetivos que permitan la devolución de los fondos de subvenciones en todos aquellos casos en los que los resultados económicos lo justifiquen. En la actualidad este es el procedimiento usual de los proyectos gestionados por el CDTI.

Unidades y equivalencias

Como unidad común para la elaboración de este plan se ha adoptado la tonelada equivalente de petróleo (1 Tep = 10.000.000 Kcal = 10.000 Termias) utilizando el poder calorífico inferior (P.C.I.).

En cuanto a la electricidad, 1MWh = 0,086 Tep.

La expresión We se refiere a Watios eléctricos y Wp a Watios pico.

Finalmente se utilizan los prefijos habituales para designar los múltiplos:

Prefijo	Factor	Simbolo
Kilo	10^3	k
Mega	10^6	M
Giga	10^9	G
Tera	10^{12}	T

MPta = *Millones de pesetas*

MECU = *Millones de unidades de cuenta europea*