

4.5. ÁREA SOLAR FOTOVOLTAICA

1. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

La energía solar fotovoltaica está basada en una tecnología de vanguardia, sustentada en una industria que en el caso español está a la cabeza del campo de la fabricación y de las aplicaciones (1).

Originalmente orientada al suministro eléctrico en zonas de difícil acceso para la red de distribución y con pequeños consumos, está evolucionando hacia instalaciones aisladas de mayor tamaño y últimamente hacia instalaciones conectadas a red, asociadas a un usuario cuya actividad no es energética. Estas últimas aplicaciones, que en determinados países se vienen utilizando desde hace algunos años, aún no se encuentran suficientemente desarrolladas en España (2).

Básicamente, una instalación fotovoltaica está compuesta por un generador fotovoltaico y un sistema de acumulación de energía en las instalaciones aisladas, acumulándose la electricidad generada en corriente continua, pudiendo ser utilizada después como tal o conectando un inversor estático que convierta la corriente continua en alterna (3) (4). La experiencia indica que este tipo de instalaciones tienen elevados periodos de vida útil, entre 20 y 30 años.

Actualmente, el silicio está presente como materia prima en el 87% de los módulos fotovoltaicos, tanto en la **tecnología cristalina** (mono o policristalina), como de forma esporádica en la de **lámina delgada de silicio amorfo** (1). El primer tipo se encuentra más generalizado ya que, aunque su proceso de elaboración sea más complicado, suele presentar mejores resultados en términos de eficiencia, con valores en

torno al 13% para el silicio monocristalino y al 9% para el policristalino (5). Actualmente, se encuentran en experimentación materiales para aplicar en forma de capa delgada como el **teluro de cadmio (Cd Te)** o el **diseleniuro de indio-cobre**, conocido por CIS, con eficiencias en torno al 14%.

Un aspecto importante a tener en cuenta sobre la utilización de **tecnologías de silicio** es la obtención de la materia prima. En este caso, el silicio desestimado en la industria electrónica es utilizado por la industria fotovoltaica como materia prima para producir silicio cristalino de grado solar. Actualmente, la industria fotovoltaica depende de la electrónica, ya que la materia prima que emplea es un subproducto de menor pureza a un coste sensiblemente inferior¹. La fusión del silicio para la obtención del silicio de grado solar a un precio aceptable para las aplicaciones solares constituirá el gran reto tecnológico de la energía solar fotovoltaica basada en el silicio (1).

Se prevé que las tecnologías van a evolucionar en el futuro inmediato hacia una **reducción de costes** mediante la disminución en la aplicación de materias primas y energía, mejora de la eficiencia de las células y optimización de los procesos de producción (1).

Otro reto tecnológico será el de **aumentar la eficiencia de las células fotovoltaicas** hasta valores en torno al 18% para el silicio monocristalino (1) y alcanzar el desarrollo comercial de las tecnologías actualmente en proceso experimental (CdTe y CIS). Igualmente, se prevé un elevado **desarrollo de los sistemas de concentración**, que permitan conseguir niveles de eficien-

¹ Actualmente, los productores españoles importan la materia prima en distintas fases de elaboración, fabricándose en España desde la oblea y la célula hasta el módulo fotovoltaico.

cia sensiblemente superiores, tanto en los sistemas estáticos, sin seguimiento solar y con medios refractivos, células bifaciales y concentradores parabólicos compuestos, como en los sistemas dinámicos con seguimiento solar que permiten concentrar la radiación por reflexión (5).

Los módulos fotovoltaicos son un instrumento de producción de energía, ya que producen mucha más energía de la que consumen y la obtienen de una fuente inagotable y no contaminante como el sol. Los principales consumos energéticos se producen en la fabricación del módulo y de la estructura de montaje, siendo favorable su balance energético (6) con un período de recuperación energético ó *pay-back*² energético que actualmente es de 2,3 años, y que disminuirá sensiblemente, al mejorar la tecnología, hasta valores entre 0,3 y 0,4 años para el año 2010.

En el caso de las instalaciones aisladas de la red, la energía generada durante las horas de radiación debe ser almacenada para su aprovechamiento durante las horas de baja o nula insolación, por ello la fiabilidad de una instalación fotovoltaica aislada de la red depende en gran medida de la fiabilidad y rendimiento del sistema de acumulación. El 90% del mercado corresponde a las **baterías de Plomo-Ácido**, que siempre que pueda realizarse un mantenimiento cuidadoso, son las que mejor pueden adaptarse a los sistemas de generación (1).

Para los sistemas conectados a la red eléctrica, el elemento fundamental es el **inversor**, que debe ser suficiente para no generar inconvenientes en la red, por lo que deberá cumplir una serie de condiciones técnicas para evitar averías y que su funcionamiento no disminuya la seguridad

ni provoque alteraciones en la red eléctrica superiores a las admitidas(5).

2. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

La energía solar fotovoltaica, como fuente renovable, representa una fórmula energética radicalmente más respetuosa con el medio ambiente que las energías convencionales debido a que se dispone de recursos inagotables, a escala humana, para cubrir las necesidades energéticas.

Un elemento específico favorable a la energía solar fotovoltaica es que su aplicación suele tener lugar en el ámbito local, lo que hace innecesaria la creación de infraestructuras de transporte energético desde los puntos de producción a los de consumo.

Las principales **cargas ambientales** se producen en las operaciones extractivas de las materias primas (6), aunque la mayor parte de las células fotovoltaicas que se fabrican en la actualidad son de silicio - material obtenido a partir de la arena y por tanto muy abundante, y del que no se requieren cantidades significativas-, así como en el proceso industrial de fabricación de las células y módulos fotovoltaicos y de la estructura de montaje. En la fase de uso, las cargas ambientales son prácticamente despreciables y no implican emisiones de productos tóxicos, ya que sólo suponen ligeras tareas manuales de limpieza y supervisión. Es la fase de eliminación de los módulos la menos estudiada, ya que se trata de sistemas relativamente recientes y para los que no se han establecido vías claras de retirada. Por lo general, cuando un módulo se daña, vuelve al productor para su reparación, reutilización o desechado. El vidrio y el aluminio podrían reutilizarse, o al menos incorporarse a los cau-

² Período de recuperación energética de módulos de silicio cristalino (salvo el marco) bajo las circunstancias de una radiación media global de 1.700 kWh/m²/año.

ces de reciclado, al igual que el cadmio, aunque en este caso no existen procesos sistematizados.

En el **medio físico** no existen afecciones ni sobre la calidad del aire (7) ni sobre los suelos (8), no provocándose ruidos ni afectándose tampoco a la hidrología existente (9), aunque hay que tener especial cuidado con los impactos que se puedan derivar de una mala gestión de los módulos fotovoltaicos una vez agotada su vida útil, implementando estrategias de reciclado y reutilización de los materiales que constituyen el módulo fotovoltaico (13).

El principal impacto sobre el medio físico es el del **efecto visual** sobre el paisaje, susceptible de ser enmascarado o reducido en la mayoría de las instalaciones, para lo cual debe buscarse una integración respetuosa con el medio ambiente y los edificios.

Respecto al medio **biótico**, no existen efectos significativos sobre flora y fauna.

3. COSTES DE INVERSIÓN Y DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación de la energía solar fotovoltaica depende de factores como el tipo de aplicación (aislada o conectada), el tamaño y el tipo de tecnología, el desarrollo de los procesos de fabricación y las condiciones de mercado, así como de otros factores menos concretos como la entrada de nuevas firmas en el mercado, la eliminación de inventarios u otros relacionados con la estrategia comercial de las empresas que operan en este mercado (1).

No obstante y con el fin de aproximarse al análisis económico necesario, se han considerado tres tipologías que son representativas de lo que es el mercado español de la energía solar fotovoltaica (10).

Dentro de las **instalaciones aisladas de la red**, se ha considerado una **vivienda unifamiliar** ocupada por una media de cuatro personas que, para un consumo eléctrico medio de 2.100 Wh/día³, necesita una instalación solar fotovoltaica aislada de 1,1 kWp de potencia instalada.

Para cubrir las necesidades energéticas de esta vivienda se requiere una batería de 750 Ah que proporciona cuatro días de autonomía energética. La inversión necesaria por cada kWp instalado es actualmente de 2.200.000 pta/kWp (11), que se estima disminuirá de forma general alrededor del 20% (1). Los costes de operación y mantenimiento son relativamente elevados, ya que se sitúan en torno a las 75.000 pesetas por instalación tipo y año, considerando que se necesita el cambio de las baterías cada 10 años, al menos una vez durante la vida útil de la instalación, de 20 años. Estos costes se traducen en 45,7 pesetas por cada kWh producido por operación y mantenimiento.

En el ámbito de las **instalaciones solar fotovoltaicas conectadas a la red** se han considerado dos aplicaciones tipo dependiendo de si la potencia máxima conectada a red del inversor es menor o no de 5 kW, debido al trato diferenciado que se hace en el Real Decreto 2818/1998 sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas con fuentes de energías renovables.

La **aplicación tipo menor de 5 kW de potencia máxima de inversor** corresponde a una **vivienda familiar conectada a la red** con una potencia instalada de 4,0 kWp, para lo que actualmente se requiere una inversión por cada kWp instalado de

³ El consumo medio por vivienda se ha estimado para equipos de corriente continua (iluminación de habitaciones, salón y cocina y nevera/congelador) y de corriente alterna (lavadora, vídeo, televisor y otros electrodomésticos).

1.100.000 pta/kWp (11). Este precio medio se estima que disminuirá de forma general hasta situarse en el año 2010 con una reducción del 25% (1). Los costes de operación y mantenimiento son reducidos, ya que se sitúan en torno a las 50.000 pesetas por instalación tipo y año, es decir, 8,33 pesetas por cada kWh producido, estimándose la vida útil de este tipo de instalación en más de 20 años.

En cuanto a la **aplicación tipo mayor de 5 kW de potencia máxima de inversor**, corresponde a una **pequeña instalación de generación conectada a la red** con

una potencia de 25 kWp, para lo que actualmente se requiere una inversión por cada kWp instalado de 1.100.000 pta/kWp (11). Este precio medio se estima que disminuirá de forma general hasta situarse en el año 2010 con una reducción del 25% (1). Los costes de operación y mantenimiento son muy reducidos, ya que se sitúan en torno a las 100.000 pesetas por instalación tipo y año, es decir, en este caso, 2,67 pesetas por cada kWh producido, con una vida útil de la instalación también superior a los 20 años.

Tabla IV.5.1.

Resumen de la tipología de las instalaciones solar fotovoltaicas

	Aislada	Conectada	Conectada
	Unifamiliar	Menor de 5 kW	Mayor de 5 kW
Potencia instalada	1,1 kWp	4,0 kWp	25,0 kWp
Ratio medio de inversión	2.200.000 pta/kWp (reducción del 20% al 2010)	1.100.000 pta/kWp (reducción del 25% al 2010)	1.100.000 pta/kWp (reducción del 25% al 2010)
Horas equivalentes	1.500 horas	1.500 horas	1.500 horas
Coste de mantenimiento	75.400 pta/año (45,7 pta/kWh)	50.000 pta/año (8,3 pta/kWh)	100.000 pta/año (2,7 pta/kWh)
Energía producida	1.650 kWh/año	6.000 kWh/año	37.500 kWh/año
Vida útil	20 años	20 años	20 años
Precio de venta equivalente	16,2 pta/kWh ⁴	--	--
Precio de venta energía	--	66,0 pta/kWh ⁵	36,0 pta/kWh ⁵

Fuente: IDAE

4. BARRERAS

La solución fotovoltaica es, en algunos de los casos, si no la única solución, sí claramente ventajosa sobre otras opciones energéticas convencionales en

zonas con características especiales por razones de aislamiento o de tamaño del servicio. No obstante, en una parte de estas aplicaciones, el coste de la inversión no puede ser asumido por quien necesita el servicio debido a que resulta, en el momento presente, muy superior al de las

⁴ Considerando la sustitución de la energía eléctrica evitada, con término de potencia de 251 pta/kW y mes y con un término de energía de 14,2 pta/kWh.

⁵ Optando por aplicar a todas las horas un precio fijo a percibir por la energía generada en instalaciones fotovoltaicas de menos y más de 5 kW, según proceda, de acuerdo con el artículo 28.3 del Real Decreto 2818/1998 de 23 de diciembre.

energías convencionales. Desde el punto de vista financiero, se necesitan **inversiones iniciales elevadas** para la construcción de este tipo de instalaciones, que suponen, en definitiva, el pago adelantado de la energía que se obtendrá en el futuro.

La materia prima fundamental que emplea la industria fotovoltaica para elaborar la célula solar (silicio cristalino) procede, como un subproducto, de la industria electrónica. El silicio que emplea la industria electrónica es más de cien veces el que necesita la industria fotovoltaica, por lo que su abastecimiento no está amenazado por la carencia del mismo, aunque sí existe una amenaza real en la presión al alza de su precio que se ha venido produciendo desde 1996 y que se mantiene como consecuencia del aumento de la demanda por parte de la industria fotovoltaica.

Una de las barreras a eliminar para conseguir fomentar el mercado solar fotovoltaico en España es la **falta de información**, sobre todo si se compara con otros países europeos, sumada a un cierto recelo inicial frente a nuevas tecnologías.

En los últimos años, es objeto de estudio y debate el balance entre el consumo energético en la fabricación de aparatos fotovoltaicos y la producción de energía durante la vida de los mismos. Los estudios realizados recientemente muestran que, aunque los consumos de energía en la fase de elaboración de los módulos fotovoltaicos son muy exigentes, la larga vida útil, hasta 30 años, y el casi nulo consumo en su fase de operación hacen que el balance energético presente unos resultados favorables frente a otros sistemas de producción de electricidad convencionales (1).

No existen criterios claros y concisos que sirvan de base a una **normalización de componentes e instalaciones**, homogé-

nea para todo el Estado español y debidamente consensuada con las distintas Comunidades Autónomas y con los agentes del sector (fabricantes, instaladores, compañías eléctricas,...). Igualmente, no existe **normativa específica para la conexión** de las instalaciones fotovoltaicas a la red, en la que se contemplen aspectos administrativos, técnicos y comerciales, así como relativa a la **actividad profesional** de los instaladores con el fin de evitar el intrusismo que ha llevado, en ocasiones, a la deficiente realización e integración de instalaciones fotovoltaicas en edificios.

El pequeño tamaño de las instalaciones solar fotovoltaicas, a diferencia de otro tipo de instalaciones energéticas, contrasta con la excesiva **rigidez de los sistemas de petición y de concesión de las subvenciones** que se han otorgado al sector fotovoltaico durante años. Es por tanto necesario que la tramitación de las subvenciones se agilice para conseguir el fácil acceso a las mismas y que las barreras con que se encuentra actualmente el sector fotovoltaico sean solucionadas con un apoyo decidido de las Administraciones Públicas, con claridad de acciones y objetivos, con procedimientos ágiles y eficaces y con una estabilidad en los programas de desarrollo y subvención que eviten inestabilidades en el mercado.

Actualmente **los Ayuntamientos**, que son los órganos administrativos más próximos al usuario final, apenas han intervenido apoyando al sector fotovoltaico. En este ámbito, se necesita solucionar los problemas de conexión entre la Administración Central, las distintas Administraciones Autonómicas y los Ayuntamientos con el objetivo de consensuar las medidas a adoptar en cuyo diseño deben participar, asimismo, todos los agentes económicos y sociales implicados.

5. MEDIDAS E INCENTIVOS

Tomando como premisas la alta radiación solar existente en España (12), los efectos medioambientales favorables y las particulares características de la energía fotovoltaica, resulta necesario acometer una serie de medidas e incentivos que incrementen la presencia de este tipo de energía en el territorio de todo el Estado. Estas medidas e incentivos que se proponen a continuación han sido concebidos para reforzarse mutuamente, realizándose un plan integrado que potencie la posición del sector fotovoltaico español con estrategias coherentes y bien apoyadas.

El **apoyo público a las inversiones** es una de las principales medidas que debe tomarse teniendo en cuenta que las líneas de subvención no deben estar sujetas a los plazos de presentación sino que han de ser continuas y coordinadas por las Comunidades Autónomas, para que el resultado de los procesos de tramitación sea lo más ágil posible. Para tener acceso a la subvención habrá de requerirse que la instalación haya sido realizada por profesionales autorizados y con equipos homologados que aseguren su calidad, incluso con la posibilidad de realizar controles de producción por agentes externos e independientes. La definición de medidas dirigidas específicamente a la fabricación o a la creación de actividad económica en el ámbito regional es otra de las posibilidades que se han de tener en cuenta para canalizar los apoyos públicos.

Por otro lado, el apoyo público también estará dirigido hacia la subvención y financiación de actuaciones de **investigación y desarrollo** para la mejora de la tecnología fotovoltaica y su adaptación a las diversas aplicaciones, haciendo especial hincapié en la mejora de los procesos de producción, comercialización e instalación, la mejora de

la eficacia de las células y sistemas fotovoltaicos, el desarrollo de nuevos productos o servicios, el estudio de la producción de silicio de grado solar independientemente de los procesos de la industria electrónica, la estandarización de los requerimientos técnicos, la normalización de la calidad de las instalaciones y la integración de los sistemas solares en edificios.

La **desgravación fiscal a la inversión** realizada para la instalación de un sistema solar fotovoltaico, consistente en la deducción de un 10%, es otro mecanismo que permitirá potenciar la penetración de esta tecnología en el mercado.

La **regulación fiscal de los intercambios de electricidad** entre los generadores particulares y la red eléctrica ha de tender a admitir, a efectos de facturación, la compensación entre la energía producida y la generada. Sería deseable que los particulares que generen electricidad con pequeños sistemas fotovoltaicos, y que son los soportadores finales del IVA, no tuvieran la necesidad de obtener la licencia fiscal o realizar liquidaciones trimestrales.

Para conseguir el ordenamiento del sector fotovoltaico, garantizando el suministro de energía y evitando el intrusismo de agentes externos, que lo pueden dañar por un mal diseño o funcionamiento de los sistemas, se ha de **desarrollar un reglamento de instalaciones fotovoltaicas**. En el citado reglamento se incluirán los criterios técnicos a cumplir por los distintos componentes así como los procedimientos administrativos para su homologación, las configuraciones básicas admitidas, los criterios de montaje y el modelo de contrato de mantenimiento que será obligatorio realizar. De igual forma, se ha de establecer una normativa en la que se desarrollen las normas de integración de las instalaciones fotovoltaicas en los edificios, con criterios claros de diseño y montaje a cumplir por los arquitectos e instaladores.

Igualmente, se ha de establecer el **reglamento** que recoja los requisitos técnicos, administrativos y comerciales de las **instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica** y de la propia red receptora en ese punto. Este reglamento debería ser de aplicación general en todo el Estado, por lo que es importante el consenso entre la Administración Central y las distintas Comunidades Autónomas así como con las compañías eléctricas distribuidoras y comercializadoras. Se debe facilitar a los pequeños generadores la tramitación administrativa y el cobro de la energía facturada y las primas y, en la parte técnica del reglamento que regule la conexión a red, se ha de prestar especial atención a las especificaciones a cumplir, especialmente las del inversor, evitando la introducción de elementos innecesarios que encarezcan la instalación.

La regulación en la **obtención del carnet de instalador**, la **homologación de “empresa instaladora”** y la **creación del carnet de mantenedor de instalaciones fotovoltaicas** son medidas necesarias para conseguir una correcta ejecución de las instalaciones, medidas éstas que deben completarse con la creación de centros de enseñanza específicos que habiliten y acrediten a los profesionales del sector.

Para crear en la sociedad una conciencia positiva respecto a la energía fotovoltaica, a través de sus beneficios medioambientales, es necesaria la realización de una gran **campaña de concienciación ciudadana** dirigida al público, y en general, al ámbito profesional de los prescriptores (arquitectos, ingenieros, promotores, constructores, etc.) y grandes clientes potenciales (hostelería, sector industrial, ...)

Las distintas Administraciones Públicas han de introducir la energía solar fotovoltaica en los edificios propios o que gestionan como una **acción ejemplarizante** que debe completarse con la realización de estudios sobre la utilidad de la energía solar en los

distintos sectores, de viabilidad, con el diseño de plantas prototipo que sirvan de demostración y con la implantación de sistemas de seguimiento y desarrollo de líneas específicas de financiación que demuestren la utilidad de este tipo de energía.

Por otro lado, deberían **financiarse instalaciones de difusión** a través de la puesta en práctica, por parte de entidades públicas o privadas, de líneas específicas de financiación preferente y, para simplificar al usuario el acceso a la energía solar, se debería tramitar conjuntamente la financiación y la subvención con posibilidad de endoso de esta última directamente a la entidad financiadora.

Con el objetivo de aprender con la práctica, se han de experimentar, en situaciones reales, los diversos aspectos prácticos de ciertas aplicaciones fotovoltaicas que aún no se han generalizado en España, por lo que es necesario la **promoción de proyectos piloto de aplicación**. Los resultados que se obtengan de la experimentación redundarán en mejoras de los sistemas fotovoltaicos y contribuirán al cumplimiento del Plan.

6. PREVISIONES DE MERCADO

Las previsiones que se presentan a continuación tienen en cuenta las tendencias pasadas y actuales, el potencial disponible en España y la respuesta que se espera obtener del mercado al presente Plan. De esta forma, se estima que el incremento de la potencia a instalar hasta el año 2010 podría alcanzar los 135.000 kWp, entre instalaciones aisladas (20.000 kWp) e instalaciones conectadas a la red (115.000 kWp). En la siguiente tabla, se recoge una aproximación a las previsiones por Comunidades Autónomas:

Tabla IV.5.2. Objetivos de potencia instalada (MWp) al año 2010.

C. C. A. A.	Conectada	Aislada	Total
Andalucía	11,50	4,00	15,50
Aragón	5,75	1,20	6,95
Asturias	3,45	0,40	3,85
Baleares	6,90	0,40	7,30
C. Valenciana	9,20	1,20	10,40
Canarias	5,75	1,00	6,75
Cantabria	3,45	0,40	3,85
Castilla – La Mancha	3,45	2,00	5,45
Castilla y León	9,20	2,40	11,60
Cataluña	14,95	1,00	15,95
Extremadura	4,60	1,60	6,20
Galicia	4,60	1,60	6,20
La Rioja	3,45	0,40	3,85
Madrid	12,65	0,40	13,05
Murcia	3,45	0,80	4,25
Navarra	6,90	0,80	7,70
País Vasco	5,75	0,40	6,15
Total	115,00	20,00	135,00

Fuente: IDAE

7. CONCLUSIONES

Las previsiones realizadas por el IDAE para el año 2010 se basan en las siguientes consideraciones:

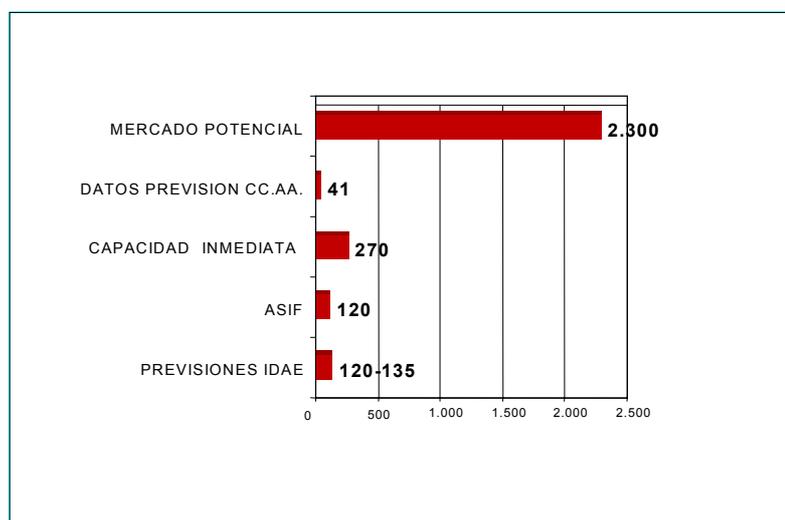
- El **mercado potencial de la energía solar fotovoltaica** se estima en 2.300 MWp desagregados en dos grandes grupos dependiendo del tipo de aplicación:
 - *Aplicaciones aisladas de la red:* 300 MWp (teniendo en cuenta tanto los requerimientos de electrificación en viviendas como otros tipos de instalaciones aisladas).

- *Aplicaciones conectadas a la red:* 2.000 MWp (que constituyen el 10%, es decir el porcentaje técnicamente admisible, de la potencia punta de generación en España).
- A lo largo del horizonte del Plan, la **capacidad industrial** se establece en los siguientes niveles:
 - *Capacidad actual:* 150 MWp.
 - *Capacidad inmediata* (aquella que no requiere inversiones adicionales sino aprovechar al máximo el equipamiento disponible y ampliar turnos): 270 MWp.
- La estimación de **las Comunidades Autónomas** es de 41 MWp, teniendo en cuenta fundamentalmente aplicaciones aisladas de la red.
- Las **previsiones de ASIF**⁶ ascienden a 120 MWp, de los cuales 20 MWp están constituidos por aplicaciones aisladas y 100 MWp lo están por aplicaciones conectadas a la red.
- La **previsión del IDAE**, acorde con las expectativas de crecimiento de otros países de la UE adaptadas a las condiciones de España, se sitúan en torno a 120-135 MWp para el año 2010. De esta cantidad, aproximadamente 20 MWp podrían corresponder a aplicaciones aisladas de la red y 115 MWp a aplicaciones conectadas.

⁶ Asociación de la Industria Fotovoltaica.

Gráfico IV.5.1

Previsiones al año 2010 (MWp)



Fuente: IDAE; ASIF y CC.AA. para las previsiones propias.

8. REFERENCIAS

- (1) "Informe especializado para el Plan de Fomento de las Energías Renovables. Área Solar Fotovoltaica". Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF).
- (2) "Las Energías Renovables en España. Balance y Perspectivas 2000. Edición'98". IDAE. Ministerio de Industria y Energía.
- (3) "Energía Solar Fotovoltaica. Manuales de Energías Renovables". IDAE. Ministerio de Industria y Energía.
- (4) "Instalaciones Solares Fotovoltaicas". Alcor, E. PROGENSA.
- (5) "Fundamentos, Dimensionado y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica". CIEMAT. Ministerio de Industria y Energía.
- (6) "The Environmental Assessment of Photovoltaics" Energy Technology Support Unit (ETSU) for Department of Trade and Industry.
- (7) "La Contaminación Atmosférica. Agentes". Instituto Español de la Energía.
- (8) "La Energía y la Degradación del Suelo". Instituto Español de la Energía.
- (9) "Agentes y Efectos de la Contaminación del Agua". Instituto Español de la Energía.
- (10) "Energías Renovables en España. Anuario de Proyectos 1997". IDAE. Ministerio de Industria y Energía.
- (11) Comisión Consultiva de Ahorro y Eficiencia Energética. Grupo de Trabajo de Energías Renovables. Grupo de Trabajo de Coordinación. IDAE. Ministerio de Industria y Energía.
- (12) "Radiación Solar Sobre Superficies Inclinadas". Centro de Estudios de la Energía. Ministerio de Industria y Energía.
- (13) "Understanding and managing health and environmental risks of CIS, CGS and CdTe Photovoltaic module production and use: a workshop". P.D Moskowitz, K. Zweibel and M.P. DePhillips. Report NBL-61480, 1994

