



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniería Industrial

**EVALUACIÓN DEL EMPLEO
INVOLUCRADO A LO LARGO DE LA
CADENA DE SUMINISTRO DE UNA
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

Autor:

DAVID NAVARRO ALONSO

Directora:

EVA MARIA LLERA SASTRESA

Dpto. Máquinas y Motores Térmicos



ZARAGOZA, Febrero 2011

AGRADECIMIENTOS

Muchas han sido las personas que me han ayudado de un modo u otro durante mis estudios universitarios, permitiéndome disfrutar de la mejor vida posible, la vida del estudiante. A todas ellas mi más sincera gratitud.

Lo primero dar mis sinceros agradecimientos a Eva Llera por permitirme llevar a cabo éste proyecto y por su gran capacidad de dirección y gestión.

El apoyo más importante recibido ha sido el moral y por ello especial mención a mi gran familia: Padres, hermano, tíos, primo y abuelos. Por todos los consejos que he recibido vuestros, los buenos y los que no me han gustado. Y por supuesto a Viole por la gran estabilidad que dispongo a tu lado, porque después de un mal examen rápidamente encontraba consuelo, porque una segunda operación de rodilla (gracias Maestro Pardo) y retirada del fútbol nunca fue tan plácida. Muchas gracias.

Para mi gran amigo Yako que ha sido el gran beneficiado del gran número de horas en casa con este proyecto, que de paseos y los que nos quedan. Troll, que lástima no poder haber vivido esto juntos, siempre estarás presente.

A la cantidad innumerable de amigos del CPS, tantas horas juntos, tantas prácticas, tantos intercambios de apuntes y tantos buenos ratos. Especiales junto a Sanmi y Bordejé, con la cantidad de viajes compartiendo coche. La verdad que se echará de menos, puedo decir que la segunda parte de la carrera se hizo más amena porque también me rodeé de la mejor compañía. Y a la cantidad de grandes momentos con Fredy, David, Almu, Nuria, Manu, Alegre... está claro que la cantera fue el mejor fichaje.

A los amigos de toda la vida, con los que uno sale y se encuentra como en casa, podemos pasar 2 meses sin vernos y la amistad perdura de la misma forma, que cantidad de buenos momentos en todos estos años. Os nombraría pero ocuparíais más que la memoria ;).

Ya para terminar a mis dos pueblos (Villarreal del Huerva y Milmarcos), los mejores rincones del mundo para veranear, cuyo mejor patrimonio siempre es y serán sus gentes, un abrazo a todos.

Y a ti Simona porque aunque no te pueda explicar que he terminado la carrera, tengo el mejor regalo del mundo que nos puedes hacer cada día, tu compañía. Gracias.

ÍNDICE

1	Introducción.....	11
1.1	Objetivo	11
1.2	Trabajos previos.....	11
1.3	Forma de abordar el proyecto.....	12
1.4	Descripción contenido.....	13
2	Metodología.....	15
3	Instalaciones fotovoltaicas.....	17
3.1	La tecnología.....	17
3.2	Ventajas.....	21
3.2.1	Reducción emisiones CO2	21
3.2.2	Tiempo de Retorno Energético.....	22
3.2.3	Ahorro de espacio.....	23
3.2.4	Electrificación en zona rural.....	24
3.2.5	Seguridad energética y seguridad de suministro	24
4.	Situación de la fotovoltaica en España	27
4.1	Impulsos y legislación.....	27
4.1.1	Plan de Energías Renovables.....	27
4.1.2	Código técnico de la Edificación	28
4.1.3	Retribución de primas.....	29
4.1.4	Objetivos de Europa	30
4.1.5	Aragón	33
4.2	Evolución histórica.....	34
5.	La industria fotovoltaica	35
6.	Fase experimental del proyecto.....	39
6.1	Tipo de análisis	39
6.2	Base de datos.....	40
7.	Resultados del estudio.....	43
7.1	Tipos de empresas	43
7.2	Empleo involucrado	47
7.3	Tipos de empleo	50
7.4	Comparativas entre tecnologías de generación eléctrica.....	52
7.5	Calculadora de empleos	54

8	Conclusiones.....	57
9	Fuentes.....	61
10	Referencias bibliográficas.....	63
11	Lista de Acrónimos.....	65
12	Anexos.....	67

ILUSTRACIÓN

Ilustración I. Esquema de una instalación fotovoltaica aislada.....	19
Ilustración II. Cadena de suministro fotovoltaica.....	20
Ilustración III. Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a red.....	21
Ilustración IV. TRE para Europa Septentrional para diferentes tecnologías... ..	23
Ilustración V. Curva de demanda y generación para la tecnología fotovoltaica y nuclear en España a lo largo del día	25
Ilustración VI. Dependencia energética UE27; Año 2007.....	31
Ilustración VII. Actividades desarrolladas por las empresas.....	44
Ilustración VIII. Distribución de las empresas fotovoltaicas según tamaño de la empresa.....	45
Ilustración IX. Distribución del empleo en la fotovoltaica según tamaño de las empresas.....	46
Ilustración X. Porcentaje de las empresas que desarrolla cada actividad.....	47
Ilustración XI. Porcentaje del empleo involucrado por actividad	49
Ilustración XII. Comparativa del nivel formativo actual y de las nuevas contrataciones de las energías renovables y de la población ocupada española (Año 2010).....	50
Ilustración XIII. Capacidad productiva en MW de equipos en España 2008 y 2010.....	51
Ilustración XIV. Distribución del empleo generado entre diferentes tecnologías de la generación eléctrica	53
Ilustración XV. Simulación de la calculadora. Datos España 2009	55
Ilustración XVI. Página inicio Google Docs	94
Ilustración XVII. Página principal usuario Google Docs.....	95
Ilustración XVIII. Creación nueva encuesta.....	95
Ilustración XIX. Página respuestas Google Docs.....	96

Tablas

TablaI: Comparativa de las tecnologías usadas en las células.....	18
TablaII: Pay-back energético y emisiones de CO2 para diferentes tecnologías energéticas.....	22
TablaIII: Datos para cubrir la demanda eléctrica con fotovoltaica.....	23
TablaIV: Evolución consumo de energía final 2005-2010.....	28
TablaV: Condiciones limite establecidas por el CTE para la obligatoriedad de instalar fotovoltaica.....	28
TablaVI: Evolución de las tarifas reguladas en los RD de 1998, 2004 y 2007.....	30
TablaVII: Consumo de energía primaria (Escenario referencia).....	32
TablaVIII: Estimación de contribución total de la fotovoltaica en el sector de la electricidad.....	32
TablaIX: Estimación de empleos directos para la fotovoltaica en España.....	33
TablaX: Evaluación de la energía fotovoltaica en Aragón.....	33
TablaXI: Potencia instalada anualmente en España desde 1998.....	34
TablaXII: Características más generales en cuanto al empleo de las etapas fotovoltaicas.....	37
TablaXIII: Ratios de empleo indirecto/empleo directo para diferentes fuentes.....	37
TablaXIV: Horas-hombre y empleos involucrados según tipo instalación.....	48
TablaXV: Horas-hombre de trabajo por MW fotovoltaico.....	48
TablaXVI: Factor de capacidad y periodo de vida de diferentes tecnologías.....	52
Tabla XVII: Comparativa del empleo involucrado entre tecnologías.....	53
TablaXVIII: Comparativa de empleos directos en la fotovoltaica para diferentes fuentes y años.....	55

Evaluación del empleo involucrado a lo largo de la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica.

1. Introducción

1.1 Objetivo

El momento de las energías renovables ha llegado. En los últimos años están llevando una evolución positiva de nuevas instalaciones en los países desarrollados, por todos los beneficios que aportan frente a las energías convencionales. Ya nadie duda de las ventajas que generan para reducir el impacto ambiental, mitigar el cambio climático, reducir la dependencia energética, generar electricidad en el lugar de consumo reduciendo costes de transporte y todo ello a través de fuentes inagotables. Por esto algunos gobiernos llevan años desarrollando medidas para favorecer su uso.

Pero no todos están de acuerdo, todavía se oyen voces criticando las ayudas que éstas reciben, en algunos casos económicas, argumentando que afecta con la subida en el precio de la electricidad. Por ello el debate sobre si ha llegado el momento de usar energías renovables a gran escala sustituyendo a las convencionales o todavía no, está servido. En este proyecto se desarrollará en profundidad que ocurre con uno de los principales argumentos para favorecer su uso, el empleo, que hoy en día es la principal preocupación de la sociedad en España.

Por lo tanto este proyecto trata de evaluar a través de métodos analíticos primarios y secundarios el empleo involucrado en la generación de energía, analizando la evolución de la tecnología, los datos y previsiones facilitados por los organismos oficiales y asociaciones, características de las empresas del sector, tipo de actividades a lo largo del proceso que generan más empleo, métodos para comparar el empleo entre diferentes actividades, categorías profesionales más demandadas y una comparativa entre diferentes formas de generación eléctrica para identificar cuales son más intensivas en mano de obra.

El presente proyecto se centra en la tecnología fotovoltaica, con el motivo de desarrollar una metodología estándar capaz de ser aplicada al resto de tecnologías renovables. Si bien, la fotovoltaica presenta peculiaridades con las que pretendemos crear un estudio lo más completo posible que pueda ser útil para el resto de tecnologías renovables.

1.2 Trabajos previos

Muchos son los estudios sobre energías renovables o energía fotovoltaica hoy en día, y un gran número de ellos citan las ventajas sociales de ésta por la alta generación de empleo, por ser cualificado y generado en un entorno local próximo a la instalación. Algunos de éstos dan datos de empleos involucrados actualmente o estimados para el futuro con simulaciones de mayor o menor precisión, pero pocos proporcionan el

empleo generado por potencia instalada y mucho menos los empleos específicos en el diseño de los sistemas o la gestión de las instalaciones, por citar algunas de las actividades involucradas.

Los trabajos de referencia para el proyecto que se presenta han sido múltiples, el primero de ellos “*Estudio sobre las necesidades formativas en el sector de las energías renovables en Aragón*” [1], informe elaborado por CIRCE (Centro de Investigación y Recursos de Consumos Energéticos) que caracteriza los perfiles profesionales más demandados de las energías renovables y que sigue una metodología en la caracterización del sector. Otras fuentes fueron estudios internacionales sobre diferentes cuestiones (políticas, económicas, medioambientales y sociales) de la energía entre los que cabría destacar “*Putting renewable and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in US*” [2] de la Universidad de California y artículos en revistas internacionales como: “*Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study*” [3] cuyos autores pertenecen a CIRCE-Universidad de Zaragoza y “*The work that goes into renewable energy*” [4] de Singh y Fehrs, técnicos del REPP.

Otros estudios en los que se apoya aparecerán citados a lo largo del presente proyecto.

1.3 *Forma de abordar el proyecto*

El punto de partida inicial para abordar el proyecto fue identificar el número de personas trabajando en la industria fotovoltaica española, el número de MW instalados y definir la relación existente. A primera vista puede parecer una ecuación con una incógnita, pero el número de personas involucradas no depende únicamente de la potencia instalada, ya que el tener mayor potencia instalada y menor personal trabajando en el sector puede suceder, de hecho ocurrió en España, donde había más personal dedicado a la fotovoltaica en 2008 del que dispone actualmente a pesar de tener mayor potencia fotovoltaica instalada. La conclusión obtenida es que las horas de trabajo requeridas del personal de operación y mantenimiento es acumulativo pero en el resto de actividades no. Por eso el primer paso fue identificar las características del empleo involucrado en la fotovoltaica, periodo de tiempo que se prolonga y variables que le afectan.

En primer lugar se estudió en profundidad en qué consiste el aprovechamiento de la energía solar mediante la tecnología fotovoltaica, las distintas alternativas tecnológicas, sistemas, equipos, instalaciones etc. es decir, las actividades a lo largo de la cadena de suministro y se trató de obtener los niveles actuales de fabricación para los equipos involucrados, ya que ciertas actividades están más desarrolladas en nuestro país y tienen mayor producción

Para definir el número de empleos a lo largo de cada etapa de la cadena de suministro en realizó un análisis de las empresas del sector a través de fuentes de información secundaria, es decir, externas a las propias empresas.

Puesto que ciertos datos de las compañías no son públicos ni se pueden obtener a través de fuentes externas, como puede ser el número de MW en los que participan, el porcentaje de su actividad que realiza en nuestro país, el número de empleados

dedicados a cada actividad o como diversifica su actividad, se optó por realizar un estudio paralelo a través de fuentes primarias, es decir, que las propias empresas dieran informaciones no públicas y necesarias para el proyecto.

Con la intención de recibir información directa de las empresas se realizó una encuesta, ésta tenía que ser anónima, inmediata y cuya contestación se diese en el momento deseado por los encuestados. Por todo ello el medio ideal era Internet. Se usó una aplicación de Google Docs, de fácil manejo, con la que los usuarios pueden estar familiarizados y cuya recopilación de respuestas es clara y ordenada.

Una vez finalizado el plazo para la recepción de las encuestas se procedió a analizar las respuestas, extrayendo los datos objetivo, analizando la información e interpretando para finalmente redactar el presente proyecto.

1.4 Descripción del contenido

En este apartado se presenta un breve resumen de los contenidos desarrollados a lo largo del presente proyecto. En primer lugar se describirá la metodología seguida, el marco temporal en el que se desarrolló el proyecto y la evolución desde la planificación inicial hasta la obtención de resultados.

A continuación se caracterizará el sector fotovoltaico en España, recordando la evolución que ha experimentado a través de la potencia instalada en los últimos años, las normas regulatorias que le han afectado y la tendencia a corto plazo. Todo desde el ámbito estatal y regional.

Se presentarán los aspectos más relevantes de la tecnología fotovoltaica, la reducción de emisiones de CO₂ que supone su uso, el tiempo de retorno energético, el ahorro de espacio que supone su integración en edificaciones, las soluciones que aporta en la electrificación rural y las ventajas para la seguridad energética.

Para comprender las etapas del sector fotovoltaico se necesita conocer con detalle la tecnología en uso actual, por ello se describirá toda la cadena de suministro para una instalación fotovoltaica, las posibles alternativas de cada fase y los materiales más usados en los diferentes componentes. Se analizará las etapas implicadas en la fabricación, instalación, mantenimiento y servicio con las diferentes actividades que las componen, enfocadas desde un punto de vista del empleo que generan (volumen, tipo, cualificación, cercano al punto de instalación...).

A continuación se describe la fase experimental del proyecto señalizándose los obstáculos más relevantes para realizar la encuesta, las fuentes de datos usadas y las categorías ocupacionales más demandadas a lo largo de toda la cadena de suministro. Especial hincapié en los métodos de difusión empleados de la encuesta enviada a las empresas del sector y la aplicación usada para la encuesta.

Se valorarán las características más relevantes de los distintos tipos de análisis, se detallarán las ventajas y desventajas de cada tipo, sus dificultades a la hora de modelar los métodos y frecuencia con la que se pueden recoger los datos necesarios.

Los resultados obtenidos se presentarán de una forma gráfica, añadiendo comparativas con otros estudios de fuentes expertas en el tema, calculando la desviación de los resultados recogidos y descomponiendo los empleos requeridos por MW instalado, por actividades y por categorías ocupacionales.

Como conclusión se realizará una valoración crítica del conjunto del trabajo, detallando las aportaciones personales recibidas del proyecto y la posibilidad de ampliación del tema trabajado así como los obstáculos encontrados en la realización del mismo.

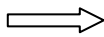
2. Metodología

El estudio ha tratado de identificar el número y el perfil de empleos involucrados en las distintas actividades a lo largo de la cadena de suministro de la industria fotovoltaica, teniendo en cuenta:

- Las características particulares de la tecnología (fuente, proceso de conversión de la energía, componentes de las instalaciones y tipos de instalaciones).
- Impacto de la evolución del sector sobre los puestos de trabajo.
- La incidencia de la normativa y legislación específica del sector.

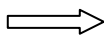
Con la sistematización del estudio se pretende crear una metodología aplicable a cualquier tecnología basada en fuentes de energías renovables. A partir de los resultados obtenidos se podrá realizar una evaluación precisa de cuáles son las actividades más intensivas en mano de obra, donde es posible una mayor automatización, las categorías ocupacionales que podrían requerir más cursos de formación de empleo o que empresas generarán más empleo local.

Los pasos seguidos para el desarrollo del proyecto a través de las siguientes fases y tareas han sido:



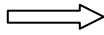
Planificación inicial

- Análisis de la normativa para proyectos fin de carrera.
- Planificación temporal del proyecto.
- Definición de los objetivos.
- Planificación de contenidos y organización del proyecto.
- Elección territorio para analizar.



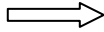
Fase Informativa

- Análisis de los sectores clave relacionados con el proyecto.
- Lectura de informes/ proyectos previos relacionados con el tema.
- Recopilación de documentos emitidos por asociaciones y organismos regionales/nacionales/europeos/mundiales relacionados con el tema.
- Evolución y perspectiva de la energía fotovoltaica.



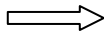
Fase documental del proyecto

- Recopilación de legislación y normativa vinculante.
- Recopilación tecnología usada, actividades a desarrollar e historial.
- Búsqueda de las categorías profesionales y selección de aquellas presentes en las diferentes actividades de nuestro proyecto.
- Recopilación información extra de fuentes de datos externas a las propias empresas.



Fase experimental del proyecto

- Elaboración base de datos de empresas.
- Diseño de la encuesta a rellenar por las empresas.
- Difusión del formulario.
- Recopilación de las respuestas remitidas por las empresas.



Fase de validación de resultados

- Estudio analítico de las empresas del sector con fuentes externas a las empresas.
- Estudio analítico del empleo generado con los informes recogidos.
- Interpretación y evaluación de los resultados obtenidos.
- Contraste de los resultados de diferentes asociaciones y con diferentes métodos.
- Diseño de un simulador de empleos generados.
- Conclusiones del proyecto.

3. Instalaciones fotovoltaicas

3.1 La tecnología

En este apartado se va a dar a conocer en profundidad la tecnología usada en la fotovoltaica, las diferentes alternativas y se detallará el proceso completo que requiere una instalación desde la producción de silicio solar hasta la obtención de energía y los tipos de instalaciones.

La base de un sistema fotovoltaico es la célula, la cual convierte la luz en energía. Éstas pueden estar hechas de Silicio (monocristalino o policristalino), de película delgada (CdTe o Silicio amorfo) o CIGS. La tecnología de Silicio supuso en el año 2009 el 86% de la producción mundial de células [13]. Este elemento es el segundo más abundante en la corteza terrestre sólo por detrás del oxígeno, por lo que su agotamiento no se plantea. La principal desventaja de este tipo de células es la gran dependencia con el precio de la materia prima. La tecnología más competitiva después del Silicio, hoy en día es la capa delgada, basada en Telururo de Cadmio (CdTe) debido a su precio tan competitivo, en el año 2009 se repartió un 13% del mercado mundial, a pesar de la escasa experiencia y del escaso número de empresas que trabajan con ella. En el 1% restante del mercado el material usado fue el CIGS (cobre, Indio, Galio y Selenio) usado por su alta eficiencia en los paneles solares. En la tabla I se muestran las características principales de los diferentes compuestos usados en la fabricación de células.

Para construir un panel o módulo fotovoltaico es necesario conectar un conjunto de células convenientemente de forma que reúnan las condiciones diseñadas de potencia, voltaje e intensidad. Uno de los objetivos principales de los módulos respecto a las células es favorecer la máxima captación solar evacuando el calor para mejorar el rendimiento. Para protegerlo frente a las condiciones medioambientales se introduce dentro de una estructura, la cubierta superior es un vidrio templado especial, resistente a los golpes, con una superficie exterior sumamente lisa para que no retenga la suciedad y una importante calidad óptica para asegurar la mayor transparencia a la radiación solar. La cubierta inferior suele ser opaca y solo tiene la función de proteger contra los agentes externos, por lo que suele ser de vidrio o materiales sintéticos.

Entre ambas cubiertas y envolviendo las células y las conexiones eléctricas, se encuentra el material encapsulante, que debe ser transparente a la radiación solar y no absorber humedad. Los materiales más utilizados son las Siliconas y sobretudo EVA (etil-vinil-acetileno).

Tabla I.

Comparativa de las tecnologías usadas en las células.

	Tecnología cristalina estándar	Silicio Amorfo	CdTe	CIGS
Eficiencia actual	13-19%	5,5%-6,5%	10%-11%	8%-11%
Precio módulos (€/Wp)	2,2-2,6	1,8-2	1,5-2	1,9-2,1
Cuota de mercado (año 2009)	84%	2%	13%	1%
Ventajas	-Tecnología madura. -Cadena suministro establecida. -Alta eficiencia.	- buen comportamiento alta temperatura	- Eficacia relativamente alta. - Bajos costes producción	- Fácil adaptar a formas. - Eficacia relativamente alta.
Inconvenientes	-Dependencia precio materia prima.	- Baja eficiencia.	- Experiencia limitada. -Alta toxicidad Cd	- Alto coste Indio. -Experiencia limitada. -mal comportamiento alta temperatura
Área necesaria por Kw.(m2)*	7-8	12	11	10

* Suponiendo condiciones estándar. Irradiación 1000 W/m² y temperatura 25°C

Fuente: elaboración propia.

Los módulos se montan sobre un soporte metálico, de aluminio anodizado o acero inoxidable, que confiere rigidez al panel y protección mecánica. Este soporte puede llevar incorporado un dispositivo de seguidor solar para estar orientado en el ángulo y dirección más eficiente, aunque debido a su elevado coste y necesidad de espacio se suele usar solamente en las instalaciones más grandes, las plantas fotovoltaicas conocidas vulgarmente como “huertos solares”.

Una vez que la instalación esté funcionando, el personal de operación o el usuario de la instalación deben controlar el correcto funcionamiento del sistema, la generación de la electricidad prevista en el proyecto y controlar la venta de ésta a la compañía si así estuviera estipulado. A su vez será necesario realizar operaciones de mantenimiento de las partes en mal estado y revisiones periódicas durante todo el ciclo de vida de la instalación.

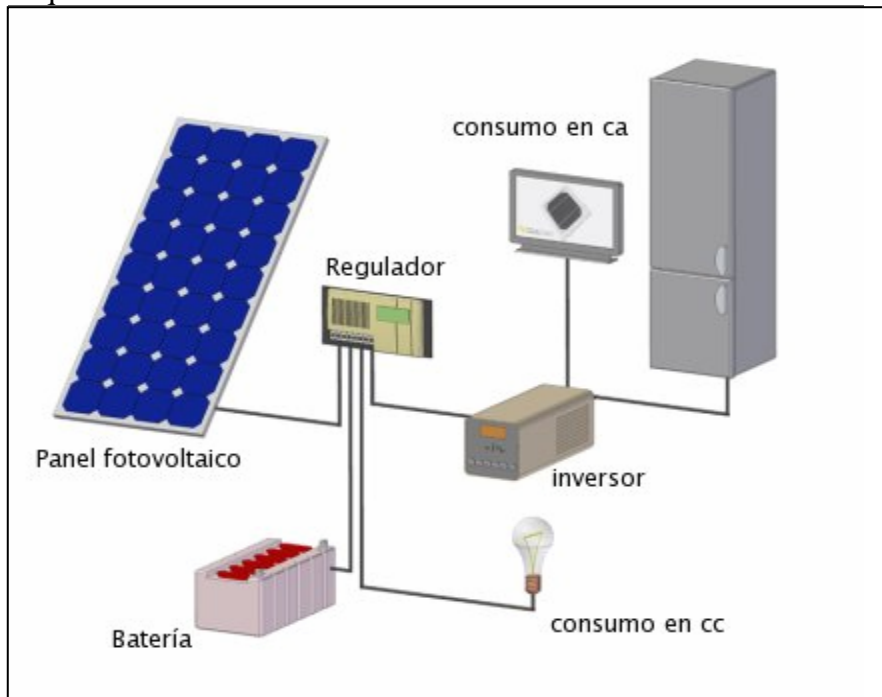
Para cerrar el ciclo de la instalación, cuando los módulos fotovoltaicos han bajado notablemente su rendimiento, en la actualidad en torno a los 25-30 años, y el mantenimiento se hace más frecuente se debe proceder a la desinstalación de los módulos fotovoltaicos para sustituirlos por otros nuevos que vuelvan a funcionar otros 25-30 años. Con los módulos ya usados se reciclan para que vuelvan a generar energía otros 25-30 años, así se consigue un proceso doblemente verde y limpio.

Según donde se vierta la electricidad producida tendremos dos tipos diferentes de instalaciones, aisladas y conectadas a red. Las primeras suelen ser instalaciones alejadas del punto de conexión a red en pequeñas edificaciones y recurren a la fotovoltaica por ser más rentable, debido al alto coste del transporte de electricidad hasta la edificación. Este tipo de instalaciones detalladas en la ilustración I incorporaran, un regulador de carga, para impedir descargas de la batería a través de los módulos en periodos sin luz y evitar cargas o descargas excesivas de la batería, un inversor, para transformar a alterna la energía, y una batería para almacenar energía para periodos sin luz.

A las instalaciones que vierten directamente a la red para obtener una retribución económica por la venta de electricidad se les llaman conectadas a red, sólo es necesario el uso del inversor para transformar a alterna en las condiciones establecidas por la compañía eléctrica receptora y un doble contador para medir la producción de energía fotovoltaica y la energía consumida por el usuario. En la ilustración III se muestra una instalación en tejado conectada a red.

Ilustración I.

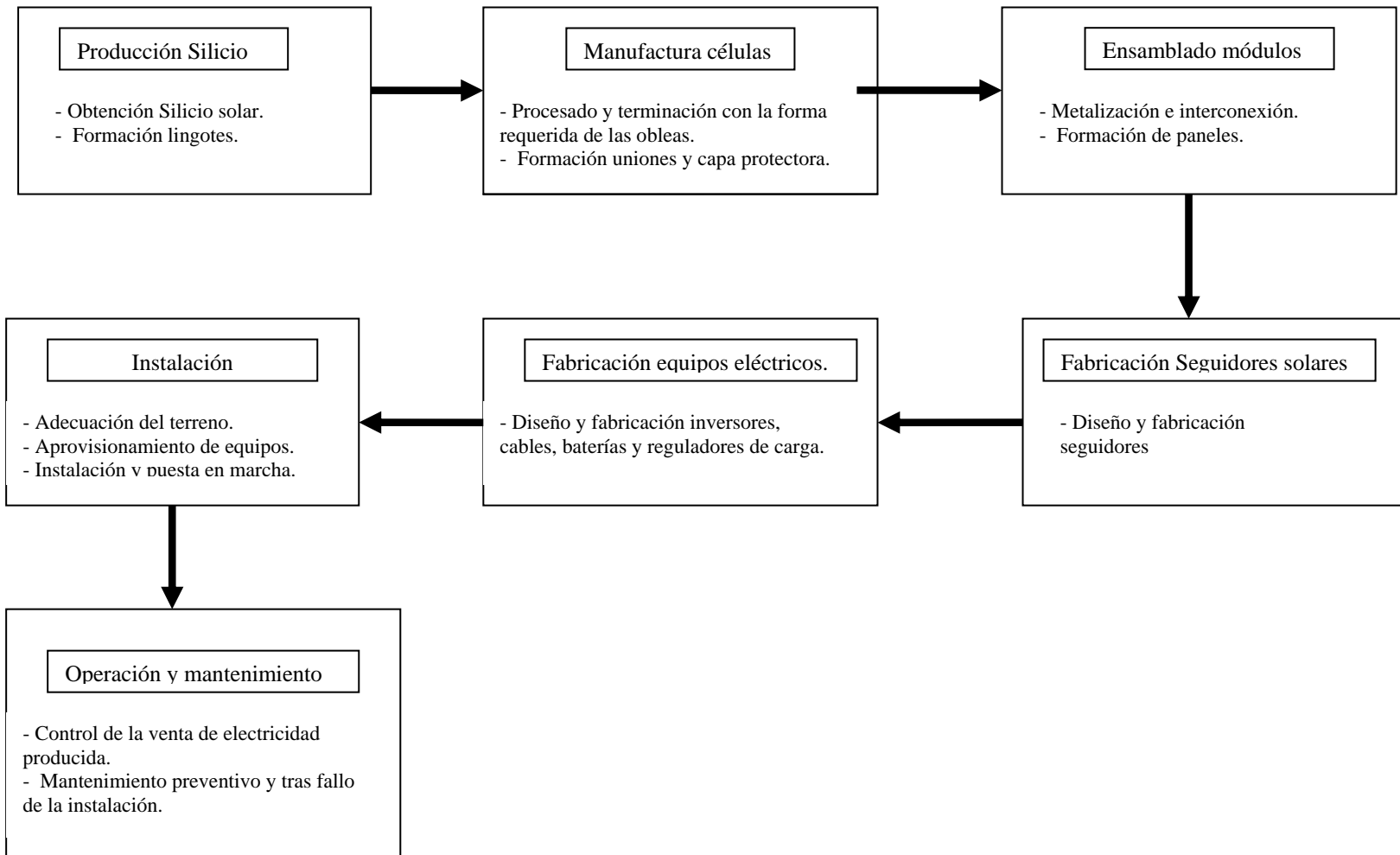
Esquema de una instalación fotovoltaica aislada.



Fuente: EPIA [26]

Por último se hablará del rango de potencia instalada según instalaciones. Aquellas integradas en las cubiertas de los edificios suelen variar entre 5 kW y 20 kW, la mayoría de los instalados en los últimos años eran de una potencia cercana a 5 kW por ser límite de retribución superior. En cambio las grandes plantas fotovoltaicas en suelo conectadas a red oscilan entre 100 kW y 2 MW, por la misma razón pequeños inversores han realizado multitud de instalaciones de 100 kW, en cambio las instalaciones de 2 MW pertenecen a grandes extensiones de terreno dedicadas a la venta de electricidad.

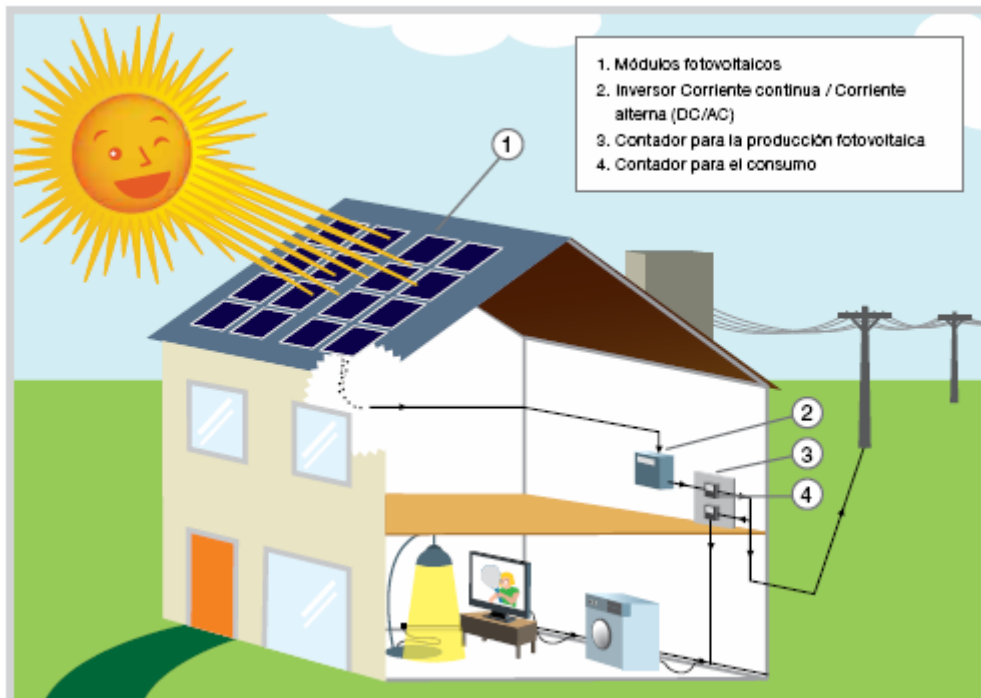
Ilustración II. Cadena de suministro fotovoltaica.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración III.

Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a red.



Fuente: EPIA. [26]

Por lo tanto la energía fotovoltaica presenta una oportunidad estratégica para distintas ocupaciones técnicas como pueden ser: trabajadores del metal, de estructuras, eléctricos... Además, fomenta en gran medida el empleo local como tecnología de generación energética de baja potencia, en definitiva nuevas habilidades para fomentar el empleo en un nuevo sector.

3.2 Ventajas

Las instalaciones fotovoltaicas ofrecen muchas ventajas que van más allá del simple suministro de energía, por ello la comparativa con los costes unitarios de la generación de electricidad convencional no siempre es válida. En este apartado se va a tratar de resumir brevemente las características más destacadas de la fotovoltaica.

3.2.1 Reducción emisiones CO₂

Las tecnologías alternativas han emergido como una solución para cubrir las crecientes necesidades de electricidad, a la vez que reducen las emisiones de dióxido de carbono, principal gas responsable del cambio climático. La fotovoltaica no produce directamente emisiones de este gas, si bien, sí que lo hace indirectamente en distintas etapas del ciclo de vida y estas son menores que las emisiones que se evitan.

La fotovoltaica no conlleva ningún otro tipo de emisiones contaminantes, ni ningún tipo de amenaza a la seguridad medioambiental asociadas a las tecnologías convencionales.

No hay contaminación en forma de escape de humos o ruidos y el desmantelamiento de los equipos no es problemático.

La pequeña cantidad de emisiones indirectas en la etapa de producción oscila entre 21 y 65 gramos de CO₂ por kWh [8], si bien, depende de la tecnología. Por el contrario el promedio de emisiones de la energía térmica en Europa es de 900 g de CO₂ por kWh. [8]. Por lo tanto sustituyendo la energía térmica por energía fotovoltaica se consigue una reducción de 835 g a 879 g por kWh.

Como se ha explicado en la etapa de desmontaje, los módulos fotovoltaicos son reciclables y las materias primas se pueden volver a utilizar. Como consecuencia aún se reduciría más el consumo de energía asociado a la fotovoltaica.

3.2.2 Tiempo de retorno energético

Además el Tiempo de Retorno Energético (TRE) en España de un módulo varía entre 0,9 y 2,2 años [8] dependiendo de la tecnología usada, esto significa que la energía obtenida los primeros 0,9-2,2 años es la energía que se uso previamente para la fabricación de la tecnología. Si el tiempo de vida estimado para los módulos está en torno a los 30 años, con alto rendimiento (más del 80% rendimiento de la potencia inicial a partir de los 25 años [9]), se obtiene entre 6 y 18 veces más energía que la necesaria para ser manufacturado (dependiendo la tecnología, el tipo de sistema y la irradiación). En otros lugares de Europa con menor irradiación el TRE puede llegar a ser como máximo 3,5 años.

Tabla II.

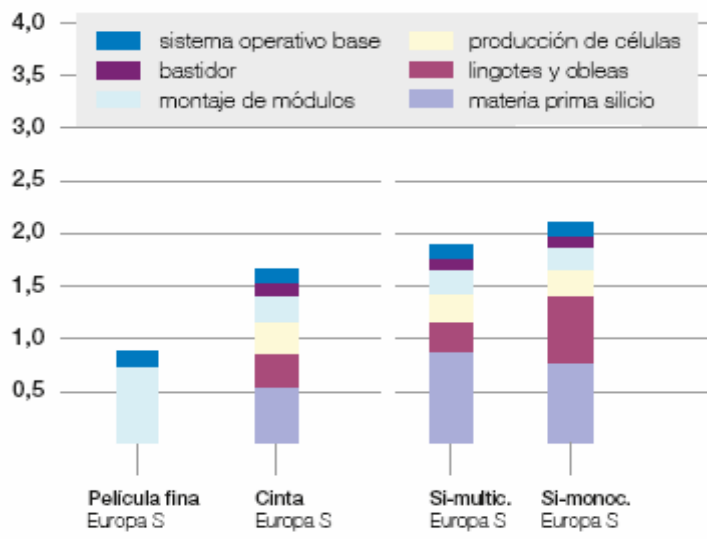
Pay-back energético y emisiones de CO₂ para diferentes tecnologías energéticas.

Tecnología	TRE (años)	Emisiones CO₂ (g/Kwh.)
Fotovoltaica	0,9 – 3,5	21-59
Eólica	0,4 – 1,4	67
Geotérmica	5,7	15
Mini-hidráulica	11,8	11,2
Biomasa	1,92	~0
Nuclear	2,5	82
Carbón	3,18	882,7
GN ciclo combinado	7	400 - 525
Petróleo	13,8	685 - 820

Fuente: Queen's University [8]

Ilustración IV.

TRE para Europa septentrional para diferentes tecnologías. Irradiación 1700 Kwh. /m2.



Fuente: EPIA [12].

3.2.3 Ahorro de espacio

La fotovoltaica es una tecnología sencilla que se puede instalar prácticamente en cualquier parte que disponga de luminosidad, esto explica la existencia del gran potencial en los tejados o fachadas de los edificios que suelen estar inutilizados, cumpliendo además, otras funciones como pueden ser proporcionando protección contra el viento, la lluvia, el ruido o dando sombra. Últimamente se ha avanzado mucho en este campo tratando de buscar paneles flexibles para adaptarlos a la forma requerida. No obstante se han recibido críticas en cuanto a la necesidad de espacio demandado por la fotovoltaica sino se logra integrar la tecnología en edificaciones y espacios no utilizados. En ese caso, sí que la fotovoltaica tiene un ratio bajo de generación eléctrica por metro cuadrado, por el contrario el impacto visual es mínimo a diferencia de las centrales térmicas. En la tabla III se muestran datos en referencia al espacio requerido.

Tabla III.

Datos para cubrir la demanda eléctrica con fotovoltaica.

Producción fotovoltaica al año	120KWh/m2
Consumo electricidad en España año 2010	227.295 GWh [23]
Metros cuadrados totales requeridos	1.894×10^6 m2
Necesidades de superficie para cubrir 100% demanda eléctrica con fotovoltaica en suelo.	Área 43,5 Km. X 43,5 Km. (0,37% superficie)
Superficie España	504.750 km2 [24]
Población España	47.021.031 [25]
Metros cuadrados requeridos por habitante	40 m2 por habitante

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Electrificación en zona rural

Como tecnología de producción de electricidad en el lugar de consumo la fotovoltaica se puede instalar fácilmente en zonas rurales y remotas, en lugares donde no está prevista la conexión de red hasta dentro de cierto tiempo o de difícil acceso. Este punto es esperanzador para los países menos desarrollados en la obtención de la electricidad necesaria. En España, sin embargo, se suele usar para pequeños sistemas situados en autopistas y zonas rurales, además al generar la electricidad en el lugar de consumo se evitan las pérdidas generadas en el transporte de electricidad y facilita la creación de pequeñas redes eléctricas que disminuyen pérdidas y garantizan una mayor precisión en la previsión del consumo eléctrico consiguiendo una mayor eficiencia en la generación eléctrica.

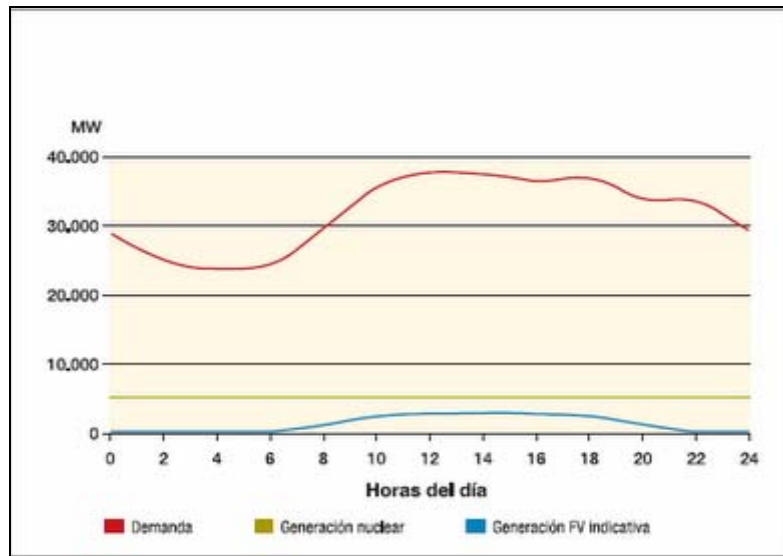
3.2.5 Seguridad energética y seguridad de suministro.

La fotovoltaica al igual que las energías renovables son claves para lograr una seguridad energética y evitar los conflictos entre países, según la Comisión Europea (CE) [11] en el año 2008 la dependencia energética de España fue del 81,4%. Esta dependencia que sufren la mayoría de los países, provoca grandes inestabilidades al variar los precios de los combustibles fósiles y adquirirlos al precio establecido por los productores.

La fotovoltaica tiene una característica que la hace especialmente atractiva en cuanto a la seguridad de suministro y es que su curva de generación eléctrica coincide con el máximo de la demanda. Por la noche, cuando el consumo energético es menor, la fotovoltaica no produce, mientras que durante el día cuando se alcanzan los mayores picos, es cuando la fotovoltaica genera energía y en el caso de necesidad se puede limitar instantáneamente su producción. Por ello se complementa muy bien con aquellas tecnologías con una generación de energía de forma constante y así sustituir a los combustibles fósiles como fuentes de respaldo en los momentos de mayor consumo eléctrico. En la ilustración V se ven las curvas de demanda y de generación para la energía fotovoltaica y la energía nuclear a lo largo de un día tipo en España.

Ilustración V.

Curva de demanda y generación para la tecnología fotovoltaica y nuclear en España a lo largo de un día.



Fuente: Red Eléctrica de España. Día escogido: 18-06-2010

Una vez detalladas las ventajas asociadas al uso de la energía fotovoltaica se va a realizar un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) de la fotovoltaica para conocer los puntos fuertes y los mayores problemas que acechan la expansión del sector.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Excesiva dependencia de ayudas y subvenciones para nuevas instalaciones. - Falta de cooperación con sectores como la construcción, automovilístico en la introducción de nuevas tecnologías. - Abuso excesivo de instalaciones en suelo sin adaptarse a la edificación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La actual crisis económica afecta a las inversiones necesarias para investigación y desarrollo. - Barreras administrativas para la obtención de permisos y control total de la administración con el establecimiento de cupos. - Falta de estabilidad tarifaria, filtraciones de posibles medidas retroactivas y la falta de control del cumplimiento normativo.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo tecnológico gracias al I+D+i que permite desarrollo de nuevas tecnologías como células flexibles, solar de concentración. - Condiciones geográficas y climáticas favorables por la gran superficie de territorio, la irradiación recibida y la baja densidad de población por Km2. - Por la situación de liderazgo que han conseguido las empresas del sector que ofrece ventajas en las búsqueda de nuevos mercados. - El número y la cualificación de los empleos generados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evolución del mercado de las energías convencionales, con el constante encarecimiento de precios, inestabilidades en los países de generación y agotamiento de las mismas. - Los acuerdos internacionales en materia de lucha contra el cambio climático. - La Directiva Europea de Renovables, el Código Técnico de la Edificación y el Plan Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020.

4. Situación de la fotovoltaica en España

4.1 Impulsos y legislación

En España tres han sido los motivos claves para el desarrollo de la energía fotovoltaica: Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010, el Código Técnico de la Edificación (CTE) y la retribución de primas a la generación de energía fotovoltaica, especialmente el Real Decreto (RD) 661/2007 que propició el gran aumento de instalaciones fotovoltaicas en España.

4.1.1 Plan de Energías Renovables

El PER fue aprobado por el gobierno Español en el año 2005 y trataba de reforzar los objetivos prioritarios de la política energética, basadas en la seguridad, calidad y respeto al medio ambiente. Los objetivos que se marcaron para el año 2010 de acuerdo al contexto energético y sus perspectivas de evolución en el año 2005 fueron al menos el 12 % del consumo total de energía para 2010 de origen renovable y el 29,4 % de la generación eléctrica con renovables. En cuanto a la energía solar fotovoltaica se fijó el objetivo para el año 2010 de 400 MW instalados, por los 37 MW que había en suelo Español en el año 2004. Para superar las barreras tecnológicas, económicas y normativas el gobierno estimó primar al sector fotovoltaico en este periodo con 542 millones de € Así mismo, se estimó generar 9.186 empleos para la fotovoltaica en fabricación, instalación o mantenimiento con los 363 MW nuevos de instalación en el este período.

Además España viene realizando planificaciones en eficiencia energética, estando vigente en la actualidad la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) 2004-2012, instrumentada a través de sus Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012. En la tabla IV se puede ver el efecto positivo en la disminución de consumo energético del E4 dividido por sectores. También se ha notado el efecto coyuntural de la crisis actual.

Tabla IV.

Evolución consumo de energía final 2005-2010

ktep	2005	2010
Industria	30.675	25.733
Transporte	37.956	36.394
Residencial, servicios y otros	29.954	28.258
Total usos energéticos	98.585	90.385
Usos no energéticos:	7.842	6.785
Total usos finales	106.426	97.170

Fuente: MITYC

4.1.2 Código Técnico de la Edificación

El CTE es el marco normativo que establece las exigencias que tienen que cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de habitabilidad y seguridad. Dentro de las exigencias básicas de habitabilidad hay un apartado para el ahorro de energía, el gobierno trata de potenciar el uso de las renovables enunciando los criterios que deben cumplir los edificios.

Por lo tanto según el CTE desde el año 2007 es obligatorio instalar sistemas solares fotovoltaicos para aquellos edificios que superen las dimensiones establecidas en la tabla V. Asimismo da las excepciones que pueden darse a la norma y la potencia pico mínima a instalar.

Tabla V.

Condiciones límite establecidas por el CTE para obligatoriedad de instalar fotovoltaica.

Tipo de uso	Límite aplicación
Hipermercado	5000 m2 construidos
Multitienda y centros de Ocio	3000 m2 construidos
Nave almacenamiento	10000 m2 construidos
Administrativos	4000 m2 construidos
Hoteles y Hostales	100 Plazas
Hospitales y clínicas	100 Camas
Pabellones de recintos feriales	10000 m2 construidos

Fuente: MICINN (Ministerio de ciencia e innovación).

4.1.3 *Retribución de primas*

Durante la relativamente corta vida de las instalaciones fotovoltaicas en España, la regulación llevada a cabo está jugando un rol fundamental para su desarrollo y que ésta alcance la madurez necesaria frente a otras. Hasta el momento cuatro RD han sido los causantes del desarrollo:

- RD 2818/1998
- RD 436/2004
- RD 661/2007 (con el previamente anunciado cambio regulador 7/2006)
- RD 1578/2008

Real Decreto 2881/1998 de 23 de Diciembre sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas con fuentes o recursos de energías renovables, residuos y cogeneración.

Aquí se establece la retribución de la energía vertida, una actualización anual de las primas y revisadas cada cuatro años. Las primas se aplicarán en instalaciones fotovoltaicas hasta que España alcance los 50 MW (las tarifas eran de 66 Ptas./kWh para instalaciones menores de 5 kW y 36 Ptas./kWh para las mayores en 1998).

Real Decreto 436/2004 de 12 de Marzo, por el que se establece el régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Define la revisión de tarifas, primas e incentivos, los cuales serán definidos cada cuatro años a partir de 2006, afectando sólo a las nuevas instalaciones. Por lo tanto se deroga el RD2881/1998.

La retribución pasará a ser de hasta el 575% de la TMR (Tarifa media o de referencia) durante los primeros años y luego del 80% de esa cantidad durante el resto de vida de la instalación sólo para instalaciones menores a 100 kW. Estas condiciones se mantendrán hasta que España alcance los 150 MW instalados.

Real Decreto 661/2007 de 25 de Mayo, por el que se establece el régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Debido a él, la revisión de primas, incentivos y tarifas se definirán cada cuatro años a partir de 2010 en que se procederá la primera revisión. Se deroga el RD 436/2004 y se anula la retribución con respecto al TMR y pasa a ser retribuida con respecto al Índice de Precios al Consumo (IPC). Estas condiciones se mantendrán hasta que haya instalados en España 371 MW.

Real Decreto 1578/2008 de 26 de Septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica.

Tras la oleada de nuevas instalaciones por el último Real Decreto vigente el gobierno trata de seguir fomentando las energías renovables, pero de una forma mucho más ordenada.

Así se diferencia en instalaciones que estén sobre construcciones o edificaciones (Tipo I) y las que estén sobre el suelo (Tipo II), se establecen unos cupos de potencia máxima a instalar anualmente a partir de 2009 que se adaptará año a año dependiendo del comportamiento del mercado y se establece un “pre-registro” con cuatro convocatorias anuales. Las retribuciones se modificaran trimestral dependiendo si se llenan o no los cupos.

Tabla VI.

Evolución de las tarifas reguladas en los RD de 1998, 2004 y 2007.

		TARIFAS REGULADAS				
		RD 2818/1998		RD 436/2004		RD 661/2007
		pta/kWh	c€/kWh	% sobre TMR	c€/kWh	c€/kWh
TMR año 2007: 7,6588 c€/kWh						
Solar fotovoltaica menor o igual a 5 kW						
	Primeros 25 años desde su puesta en servicio	66,00	40,00			
	A partir de los 25 años	66,00	40,00			
Solar fotovoltaica mayor de 5 kW hasta 50 MW						
	Primeros 25 años desde su puesta en servicio	36,00	22,00			
	A partir de los 25 años	36,00	22,00			
Solar fotovoltaica menor o igual a 100 kW						
	Primeros 25 años desde su puesta en servicio	36,00	22,00	575 %	44,03810	44,0381
	A partir de los 25 años	36,00	22,00	460 %	35,23048	35,2305
Solar fotovoltaica mayor de 100 kW e igual o menor de 10 MW						
	Primeros 25 años desde su puesta en servicio	36,00	22,00	300 %	22,97640	41,7500
	A partir de los 25 años	36,00	22,00	240 %	18,38112	33,4000
Solar fotovoltaica mayor de 10 MW e igual o menor de 50 MW						
	Primeros 25 años desde su puesta en servicio	36,00	22,00			22,9764
	A partir de los 25 años	36,00	22,00			18,3811
						Necesidad de Centro de control (> 10 MW)

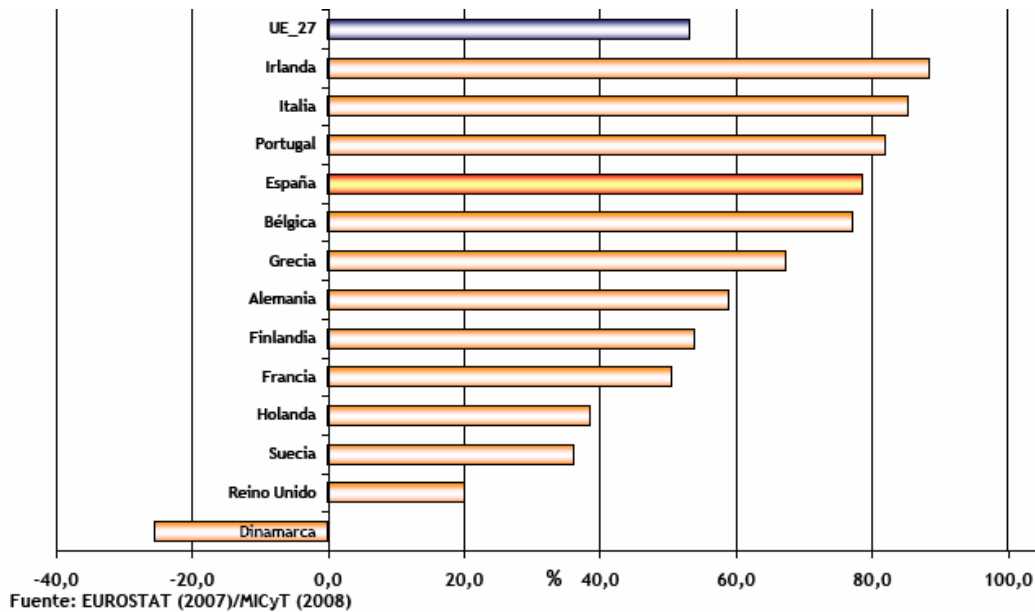
Fuente: MITYC

4.1.4 *Objetivos de Europa*

Desde Europa también se están dando pasos para fomentar las renovables debido a su dependencia energética del exterior (82% del Petróleo, 57% del gas y 97% del Uranio). En 2005 se creó la Política Energética Europea, una de sus cuestiones claves es bajar un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero de todas fuentes de energía primaria para el año 2020 comparado a niveles del año 1990, un uso mínimo de biocombustibles del 10% para el año 2020 y desarrollar un plan estratégico en tecnologías energéticas (SET Plan) para posicionar la Unión Europea al frente de los mercados con tecnología baja en carbón.

Ilustración VI.

Dependencia energética UE27; Año 2007



Para cumplir con todos estos objetivos desde el Parlamento Europeo y del Consejo se emitió la Directiva de 2009/28/CE de 23 de Abril para fomentar el uso de las energías procedentes de fuentes renovables. Para cumplir con dichos objetivos la Directiva establece la necesidad de que cada Estado miembro elabore y notifique a la CE un Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) para el periodo 2010-2020.

El Ministerio de Industria, Tecnología y Comercio (MITYC) a puertas del año 2011 presentó el PANER, en él da a conocer previsiones interesantes de la evolución del panorama energético español. Según el contexto de escenario de referencia, se prevé un aumento del 20% del consumo de energía primaria respecto al nivel de 2010, lo que implica un crecimiento anual a una tasa cercana al 2%. En la siguiente tabla se puede ver la evolución, especialmente significativa en el caso de las energías renovables, cuya contribución a la demanda primaria crecerá desde cerca del 11% en 2010 al 18% en 2020.

Para la definición de este escenario se han suprimido las medidas de eficiencia energética a partir del año 2010.

Tabla VII.

Consumo de energía primaria (escenario referencia)

ktep	2005	2010	2015	2020
Carbón	21.183	9.198	10.641	10.533
Petróleo	71.765	60.594	58.132	59.360
Gas Natural	29.116	32.314	38.402	45.141
Nuclear	14.995	14.594	14.490	14.490
Energías Renovables	8.371	13.966	19.798	28.095
Saldo Electr.(Imp.-Exp.)	-116	-688	-688	-688
Total Energía Primaria	145.314	129.978	140.775	156.930

Fuente: MITYC

La energía fotovoltaica jugará un papel importante en este crecimiento para cumplir los objetivos vinculantes según el MITYC [6], se estima generar 14.316 GWh para 2020, por una potencia instalada acumulada de 8.367 MW, por lo tanto el incremento de potencia se estima en 4.346 MW en el periodo 2011-2020. Todo estimado bajo la continuidad del marco actualmente vigente, que establece un sistema de cupos y tarifas asociados para dos topologías diferentes (suelo y edificación). Se prevé un parque con un 67% instalaciones fijas en edificaciones y un 33% en suelo con seguimiento para las nuevas instalaciones de este periodo.

Tabla VIII.

Estimación de contribución total de la fotovoltaica en el sector de la electricidad.

	2005		2010		2011		2012		2013		2014	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
<i>energía fotovoltaica</i>	60	41	4.021	6.417	4.498	7.324	4.921	8.090	5.222	8.709	5.553	9.256
	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
<i>energía fotovoltaica</i>	5.918	9.872	6.319	10.565	6.760	11.345	7.246	12.222	7.780	13.208	8.367	14.316

Fuente: MITYC

En el documento del PANER (2011-2020) también hay un apartado destacado dedicado al impacto positivo de las energías renovables en el empleo, a través de un estudio llevado a cabo y no público, estiman que el volumen de empleo directo en el sector fotovoltaico en el año 2010 es de 19.552 personas y de 8.798 el volumen de empleo indirecto. Lo que hacen un total de 28.350 empleos en el sector fotovoltaico.

Considerando la evolución marcada del PANER (2011-2020), y teniendo en cuenta las previsiones socio-económicas se estima que el empleo directo total para el año 2020 será de 47.527 personas, divididas en 40.873 para fabricación e instalación y 6.654 para operación y mantenimiento. Esto supone un incremento mayor al 100% del número de empleos involucrados en la fotovoltaica para los próximos 10 años.

Tabla IX.

Estimación de empleos directos para la fotovoltaica en España.

Tipo de empleo/Año	2010	2020
Empleo directo	19.552	47.525
Empleo Indirecto	8.798	21.386
Empleo total	28.350	68.911

Fuente: MITYC [6]

4.1.5 Aragón

En referencia a Aragón, una comunidad autónoma con abundantes recursos energéticos (agua, lignito y viento), que la han convertido en un referente energético dentro de España por su desarrollo en energías renovables como por su elevada exportación de energía eléctrica a otras regiones (el 60% de la energía producida [7]).

Aragón cuenta con una característica fundamental para el desarrollo de las energías renovables en general y fotovoltaica en particular y es su amplia superficie territorial, ocupa el 9,4% del territorio Español y apenas cuenta con el 3% de la población. Además de la amplia superficie para desarrollar estas energías en Aragón hay amplias zonas con menos de 3 habitantes por kilómetro cuadrado, por ello una generación eléctrica en el lugar de consumo puede ahorrar los altos costes de transporte.

El departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón publicó el *Plan Energético de Aragón 2005-2012*, para lograr los objetivos energéticos para el año 2012 en un territorio con excelentes posibilidades, en él se estimaba una potencia fotovoltaica instalada de 50,91 MW para el 2012, dividida en 48,91 MW aislado y 2 MW conectados a red.

Los últimos datos de los que disponemos son de Octubre de 2010 según la CNE, aquí se comprueba que se supera con creces lo estimado por el Gobierno de Aragón. En Octubre la Comunidad Autónoma disponía de 1325 Instalaciones fotovoltaicas, acumulando un total de 132 MW.

Tabla X.

Evolución de la energía fotovoltaica en Aragón.

Año	Energía vendida (MWh)	Potencia Instalada (MW)	Nº Instalaciones
2003	0	0	2
2004	0	0	14
2005	0	0	28
2006	1	2	95
2007	6	8	202
2008	62	118	1.273
2009	197	125	1.294
2010	147	132	1.325

Fuente: CNE.

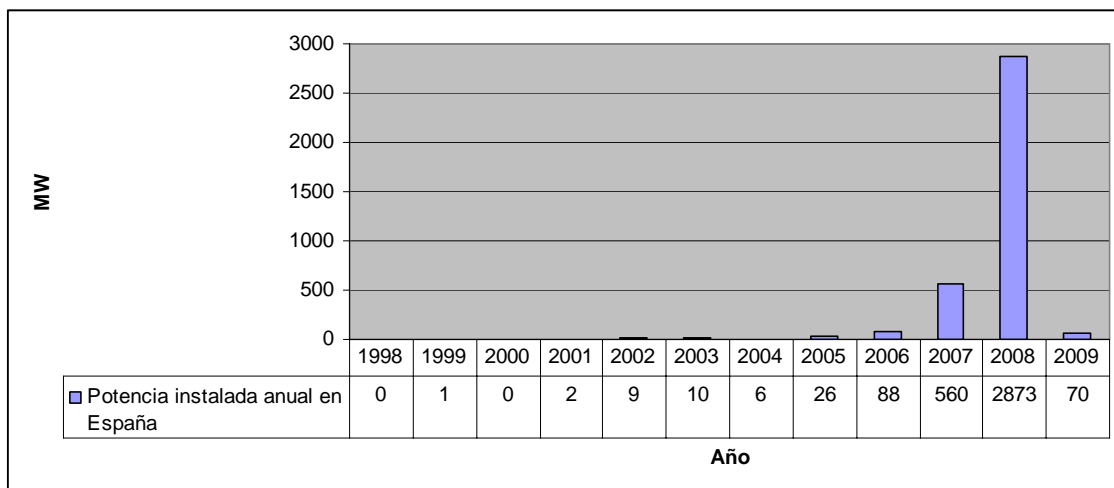
4.2 Evolución histórica

La evolución histórica en España de la fotovoltaica es muy breve por el momento. Hace 10 años cuando las primeras instalaciones experimentales fueron construidas para sistemas remotos en lugares sin acceso a la electricidad, en el periodo 2002-2004 la fotovoltaica comenzó a ser competitiva en ciertas condiciones con las fuentes de generación eléctrica convencionales y empezó a ser valorada como alternativa, ya en el año 2005 con las ayudas impulsadas por Gobiernos como por la nueva concienciación medioambiental tuvo un crecimiento exponencial debido al aplicación de ciertos promotores como forma de negocio a través de la venta a red de la generación eléctrica, además de ser una solución ante los problemas medioambientales producidos durante años por las fuentes de generación tradicional. La evolución de potencia instalada ha sido exponencial hasta el año 2008, donde España instaló más del 45% de la potencia total instalada en todo el mundo [27] ese año. El RD 1578/2008 comentado previamente ha sido la causa del espectacular descenso de nueva potencia instalada en 2009.

La tabla XI muestra los MW instalados en España desde el año 1998.

Tabla XI.

Potencia instalada anualmente en España desde 1998.



Fuente: EPIA [27].

5. La industria fotovoltaica

A continuación se presentan las distintas actividades que generan empleo en la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica tipo, se han considerado únicamente aquellas actividades directas, es decir, las implicadas en la producción, instalación, mantenimiento y servicio de las instalaciones fotovoltaicas:

- (1) Consultoría
- (2) Ingeniería (desarrollo de proyectos)
- (3) Financiación proyectos
- (4) Fabricante equipos
- (5) Generación/ Distribución electricidad
- (6) Venta/ Importación/ Distribución de equipos
- (7) Instaladores
- (8) Gestora de servicios/ Operador de la instalación
- (9) Mantenimiento de equipos
- (10) Desinstalación/ Reciclaje

Si se analiza detenidamente el periodo de tiempo en el que están implicadas dichas actividades a lo largo del ciclo de vida de la instalación se podrían agrupar en 4 etapas:

- Desarrollo de proyectos (1,2,3)
- Fabricación de componentes(4)
- Construcción, instalación y desinstalación (6,7,10)
- Servicio, operación y mantenimiento (5,8,9)

Estas cuatro etapas son comunes para las tecnologías renovables, por tanto identificando las actividades específicas dentro de cada etapa podría seguirse un análisis similar para dichas tecnologías.

A continuación se analizará las características de las etapas en el desarrollo del sector y especialmente en la deslocalización del empleo, la temporalidad de dichas etapas y el nivel de cualificación del empleo generado.

Desarrollo de proyectos: Esta etapa genera un **empleo local**, cercano al lugar de la instalación, ya que debe conocer las características del lugar y el entorno, así como las leyes, permisos y documentación a obtener para la instalación. El **volumen de empleo** generado es **bajo** y **temporal**, es decir una vez diseñada la instalación fotovoltaica pueden dedicarse a cualquier otro campo de la ingeniería, es fácil intuir que el nivel de cualificación del personal en esta etapa es **muy alta** y preparado para trabajar en diversos campos de la ingeniería.

Fabricación de componentes: En esta etapa inicial los equipos demandados por el sector fotovoltaico compatibles con las necesidades de la instalación pueden ser fabricados en cualquier parte del mundo, por consiguiente la probabilidad de que este **empleo sea lejano al lugar de la instalación es muy alta**, y además el países con mano de obra económica y mayores ventajas fiscales, el **volumen de generación de empleo es alto**. El nivel de **cualificación** del personal en esta etapa podría dividirse en dos grupos, aquellos responsables de investigación y desarrollo con un nivel muy alto y los operarios encargados de la fabricación con un nivel de cualificación bajo. Esta etapa genera un empleo **estable**, ya que a pesar de que en unos países no aumente el número de instalaciones siempre se puede exportar y los cambios de tecnología deben planificarse con suficiente antelación, debido a la insuficiente versatilidad de los equipos.

Construcción e instalación +Desmantelamiento: Estas dos etapas se pueden agrupar en una sola, aunque estén separadas en la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica son sucesivas en el tiempo si se considera la renovación de dichas instalaciones. La desinstalación n-ésima de una instalación fotovoltaica ira seguida por la construcción e instalación n-ésima+1 y la mano de obra encargada de estas etapas será la misma, los encargados de la desinstalación serán los mismo que en la instalación. El personal demandado es muy probable que sea **local**. El **volumen de empleo generado es alto** aunque esta etapa discurre en un corto periodo de tiempo genera numerosos empleos pero **temporales**, puesto que si no se aumenta el número de instalaciones fotovoltaicas esta mano de obra emigra a otros campos como la construcción o en el peor de los casos al paro. Su nivel de especialización es **medio**, con cierta formación en aspectos técnicos de la fotovoltaica.

Servicio, operación y mantenimiento: Esta etapa es la más larga del ciclo de vida de la instalación, suele oscilar entre 25 y 30 años. El empleo que se genera es netamente **local**, ya que debe estar cerca de la instalación en caso de avería para interrumpir la generación de energía el mínimo tiempo posible, así como realizar el mantenimiento preventivo con la periodicidad adecuada. El **volumen de generación es bajo y muy estable**, debido a que no desaparece durante la vida de la instalación y a mayor acumulación de potencia fotovoltaica instalada mayor demanda de personal. El **nivel de especialización es medio**.

Con las características básicas del empleo generado en las diferentes actividades a lo largo de la cadena de suministro de la energía fotovoltaica se puede ser capaz de identificar las acciones ha introducir que incentiven la creación de empleo en una de las cuatro etapas, a través del impulso a las empresas de fabricación de componentes que permita aumentar el empleo local reduciendo el exterior o formación para aumentar el número de personal especializado en la instalación aumentando así el impacto local en esta actividad.

En la tabla XII se muestra un resumen de las características principales de cada etapa.

Tabla XII.

Características más generales en cuanto al empleo de las etapas fotovoltaicas.

Etapas	Volumen de generación	Localización	Temporalizad	Cualificación
1) Desarrollo de Proyectos	Muy bajo	Local	Temporal	Muy alta
2) Fabricación componentes	Alto	Exterior	Estable	Alta/bajo
3) Instalación/desinstalación	Alto	De local a exterior	Temporal	Medio
4) Operación/mantenimiento	Bajo	Local	Estable	Medio

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que no se han incluido las actividades que generan empleo indirecto, es decir, trabajos creados en la producción de cualquier proceso en las etapas intermedias de la industria fotovoltaica, como podría ser: Arquitectos, constructores, publicistas, políticos, personal público, industrias del metal, de cables, electricistas... que según la fuente consultada se valora con diferentes ratios. Se va a considerar en todo el proyecto el ratio que da MICYT en el PANER (2011-2020) publicado a finales del año 2010 [12] que estima los empleos indirectos un 45% de los empleos directos.

Pero a lo largo de todas las fuentes se han encontrado diferentes ratios que se presentan en la tabla XIII.

Tabla XIII.

Ratios de empleo indirecto/empleo directo de diferentes fuentes.

Fuente	Ratio (empleo indirecto/empleo directo)
Gobierno España [6]	45%
APPA [22]	35%
PV employment [9]	33%
University California [2]	90%

Fuente: Elaboración propia.

6. Fase experimental del proyecto

6.1 Tipos de análisis

Hay dos tipos de estudios en cuanto al impacto en el empleo se refiere: (i) aquellos que usan modelos input-output (I/O) de la economía y (ii) los que usan métodos analíticos. Se va a exponer las características principales de cada uno de ellos porque será la base de nuestro proyecto y según el método escogido se obtendrá unos resultados u otros. Ambos tienen ventajas y desventajas.

Los modelos I/O tienen en cuenta toda la economía como interacción de bienes y servicios entre varios sectores industriales y consumidores. Éstos capturan efectos multiplicadores de empleo, impactos macroeconómicos de cambios entre sectores, es decir, tienen en cuenta pérdidas en un sector (e.g. Carbón) creado por el crecimiento de otro (e.g. fotovoltaica), por ello pueden calcular impactos en empleos directos e indirectos [3].

En la práctica los modelos I/O son muy complejos y pueden ser difíciles de entender, además con grandes estudios hay problemas para disgregar el empleo generado y aislar el impacto de políticas específicas o cambios repentinos. Por todo ello es necesario disponer de amplia información, por lo que resulta limitado en ámbitos regionales o locales y existe el riesgo de sufrir incoherencias temporales entre cuando los datos han sido recogidos y el momento de desarrollar el modelo.

Los modelos analíticos por su parte calculan únicamente el empleo directo, para los indirectos tenemos que estimarlos a través de ratios o coeficientes estándar. Otro aspecto negativo de este tipo de modelos es que no tienen en cuenta reajustes laborales que puedan producirse en otros sectores. Como ventajas son mucho más fáciles de modelar y entender, se adaptan a políticas específicas o cambios y los datos pueden ser recogidos más frecuentemente que con modelos I/O.

El presente proyecto se basará en este segundo tipo de análisis, por la imposibilidad de encontrar información precisa de una tecnología tan reciente sin sufrir incoherencias temporales y porque la actual crisis económica sería muy difícil de aislar en un estudio económico actual. Además con los métodos analíticos se pueden realizar en el periodo de tiempo disponible siendo más fáciles de modelar y entender.

6.2 Base de datos

Para establecer contacto con las empresas con sede en España se creó una base de datos, en ella se incorporó a todas empresas involucradas en alguna de las actividades relacionadas directamente en la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica.

Para la creación de la base de datos se utilizaron las siguientes fuentes:

- Directorio de Empresas del IDAE: Entidad pública empresarial adscrita al MITYC que coordina y gestiona con las Comunidades Autónomas las medidas y fondos destinados por el Gobierno.
- Directorio de Empresas de Asociación de la industria fotovoltaica (ASIF): Asociación de encuentro de empresas que desarrollan actividades relacionadas con la Energía Solar Fotovoltaica.
- Directorios de Internet: páginas de empresas relacionadas con energías renovables.

A continuación se procedió a depurar dicha base de datos (Originalmente de 372 registros) verificando que cada empresa continuaba en activo y que se dedican con cierta asiduidad al sector de la energía fotovoltaica.

El número de empresas final en nuestra base de datos fue de 257, todas ellas se encuentran en el Anexo III. A través de visitas a su página Web se identificaron las siguientes características de todas las empresas: el nombre de la empresa, su correo de contacto, tecnologías en las que participa, la actividad en la que participa dentro de la fotovoltaica, si disponen de oficina en la Comunidad Autónoma de Aragón y el número de empleados.

Esté último dato se obtuvo de diversas fuentes de información externas a las propias compañías:

- SABI: Base de datos que contiene información financiera de más de 800.000 empresas.
- Directorio de Empresas del IDAE.

El método utilizado para la medición del empleo involucrado a lo largo de suministro de una instalación fotovoltaica fue la encuesta, que continúa siendo la estrategia más popular, por su efectividad y por su ahorro tanto a nivel económico como temporal. Su rigor y consiguiente significatividad de los datos recopilados están supeditados al rigor aplicado en su diseño y ejecución [10]

El proceso de realizar una encuesta conlleva tener claro la muestra a la que se va a realizar la encuesta y el método de medida. En nuestro caso la muestra serán las 257

empresas pertenecientes a la fotovoltaica identificadas en la base de datos y el método ha sido a través de la aplicación de Google Docs destinada para tal efecto.

El método escogido para realizarla fue Internet por su discreción, inmediatez y comodidad. Se escogió la aplicación que tiene Google en Internet para la realización de formularios en *Google Docs*. Las razones por las que se seleccionó fueron múltiples, en primer lugar por ser gratuito, por la marca que representa Google dando fiabilidad y formalidad para las empresas encuestadas, porque las respuestas son recibidas automáticamente a una hoja de cálculo donde se recopilan todos los datos de una forma ordenada, porque se crea en una página Web y por facilitar a los encuestados un link para su realización en el momento que deseen. De esta forma se evitaban tener que descargar y adjuntar archivos para luego volver a enviarlos, lo que genera mayor dudas en la participación. Pensando siempre desde el punto de vista de los encuestados, era más cómodo con un solo clic estar participando en la encuesta.

Además con Google docs resulta fácil de manejar y crear nuevas encuestas, dispone de 7 tipos de cuestiones que se adaptan a multitud de formatos y se puede dirigir cada página dependiendo las respuestas dadas previamente y reducir el número preguntas a responder para su comodidad. Además se evita contestaciones de etapas en las que no participaba la empresa y no son conocidas en profundidad por tales empresas. En el Anexo V se profundiza en el uso de esta aplicación.

Durante el diseño de la encuesta se prepararon varios bocetos, en ellos era fundamental preguntar todo lo que queríamos conocer para discernir el empleo generado en cada etapa, ya que solo se disponía de una oportunidad para recopilar la información de las empresas. Aunque la encuesta contenía 7 páginas en total cada empresa solo debía responder entre 3 y 5 páginas, dependiendo las etapas en las que participaba, que son en las que realmente más podían aportar debido a su conocimiento. Para todas ellas el esquema era el siguiente: una página de características generales (año fundación, tecnologías en las que participa, tamaño de la empresa...), otra página donde ellos mismos se clasificaban (Consultoría, fabricación, instalación, operación y/o mantenimiento) y una página más por cada actividad en las que participan dentro de la cadena de suministro. Podían elegir una o varias opciones y solo se respondía a una página más por cada etapa en la que participaban. Por ello la encuesta era reducida, de respuestas inmediatas y en la mayoría de ellas se trataba de seleccionar una opción entre una lista de respuestas, para animar a la participación y para una mayor estandarización de los datos recogidos.

Para identificar las profesiones más demandadas por la fotovoltaica se debe identificar previamente las categorías ocupacionales involucradas a lo largo de la cadena de suministro. En España se rigen las distintas categorías por la *Clasificación Nacional de Ocupaciones 1994* [14], cuyo organismo responsable es el Instituto Nacional de Estadística (INE), en él se reconocen 784 ocupaciones diferentes. Este número se consideró demasiado extenso para nuestro proyecto y difícil de identificar para los encuestados, por ello se optó por usar las categorías ocupacionales del departamento de empleo de los Estados Unidos [15], dividido en 23 categorías ocupacionales diferentes, que fueron adaptadas a las categorías demandadas en la tecnología fotovoltaica para reducir a tan sólo siete: puestos de dirección, oficina técnica, comercial, instaladores, operarios, personal mantenimiento y personal administrativo.

Finalmente se debía proceder a la recogida de información. Se hizo partícipe a todas las empresas de nuestra base de datos para que respondieran la encuesta sobre la mano de obra necesaria en las diferentes actividades dentro de la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica. De este modo logramos los datos más interesantes de cara a nuestro estudio, actualizados, dados todos ellos en el mismo periodo de tiempo y de una fuentes fiables, ya que han sido las empresas de primera mano que están cada día aumentando el número de instalaciones fotovoltaicas las que facilitaron dichos datos. En el Anexo I se muestra dicha encuesta.

La encuesta se dirigió al correo de contacto facilitado por las empresas en su página Web o en su ausencia al correo de contacto que aparecía en nuestras fuentes de datos. Se les comunicó el motivo de la encuesta, el centro para el cual se realizaba, las características que se presuponían a las empresas seleccionadas y el periodo que disponían para la realización de la encuesta (1 mes). También advertimos de la total confidencialidad de los encuestados y de sus respuestas para tratar de animar a la participación. Además se envió un correo recordatorio los últimos días del plazo previsto para rellenar la encuesta. Al finalizar dicho periodo se recibieron un total de 45 respuestas completas, lo que supone un 17,5% de participación, además de respuestas incompletas o erróneas que fueron eliminadas.

La participación de las empresas se identificó como uno de los escollos a superar, se presuponía la dificultad de recibir un alto número de respuestas y más en ciertas actividades que solo hay dos compañías en toda España. Con las 45 respuestas recibidas se completaron todas las actividades por lo que se pudo realizar un estudio bastante aproximado. A pesar de que el objetivo prioritario del proyecto no era la búsqueda de métodos para incrementar la participación de las encuestas, es cierto que resultó muy recomendable la mayor posible por los motivos descritos anteriormente. En el Anexo V se citan algunos de los pequeños métodos de difusión usados para obtener el mayor número posible de respuestas.

7. Resultados del estudio

7.1 Tipos de empresas

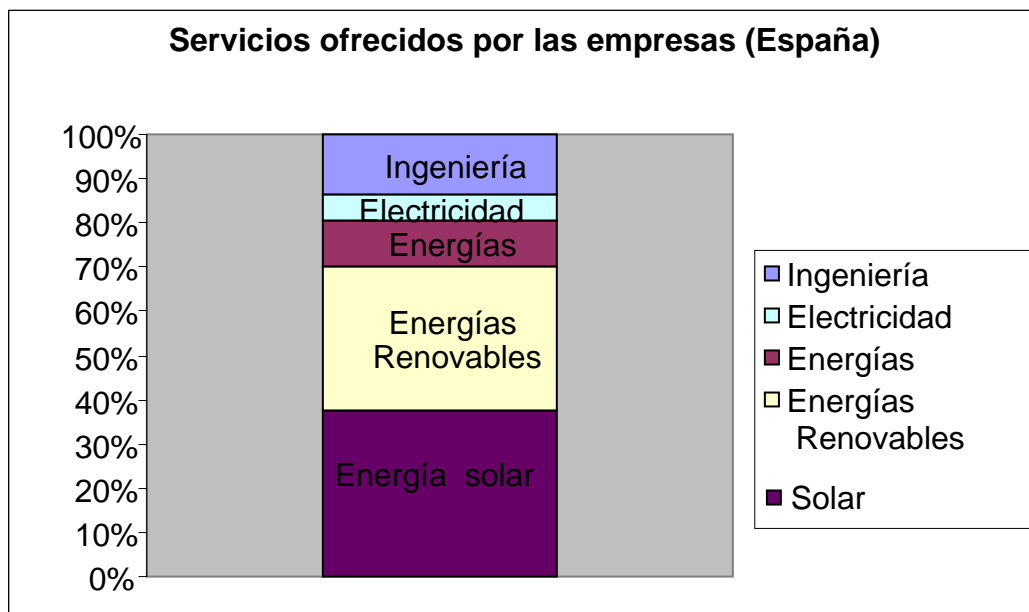
Aunque los resultados que se presentan a continuación se han desarrollado para la tecnología fotovoltaica, podrían haber sido realizados siguiendo la misma metodología para cualquier tecnología renovable. Se escogió la fotovoltaica porque posee unas cualidades diferenciales que la hacen esencialmente atractivas dentro de las tecnologías de generación renovables, por ser la que más empleos genera por potencia instalada, por recibir la mayor subvención del Gobierno y dado el creciente aumento de nuevas instalaciones en los últimos años, España se ha situado entre los países punteros en potencia instalada y el segundo país en el año 2010 en potencia per cápita. Por todo ello consideramos interesante realizar un análisis a las empresas y al empleo generado en este sector.

Según los resultados hallados en nuestra base de datos, la especialización de las empresas en el sector de la fotovoltaica es elevada (Véase Ilustración VII), una de cada tres empresas se dedica únicamente a la energía solar (33,4%), ello tiene un doble punto de vista, habla en positivo por el alto grado de especialización que disponen las empresas del sector que les permite conocer más en profundidad la tecnología y el mercado, pero centrar toda la actividad de una empresa en un único sector supone un riesgo ante una posible disminución en nuevas instalaciones, debido a una crisis de dicha tecnología como la que vivimos en la situación actual, llegando a provocar situaciones extremas para muchas empresas ante la falta de trabajo.

Otro tercio de las empresas (31,2%) esta dedicado al sector de las energías renovables (geotérmica, eólica, biomasa...) y el resto de las empresas (35,4%) son: ingenierías, consultorías, instaladores eléctricos, de telecomunicaciones y empresas dedicadas a las energías convencionales.

Ilustración VII.

Actividades desarrolladas por las empresas.



Fuente: Elaboración propia.

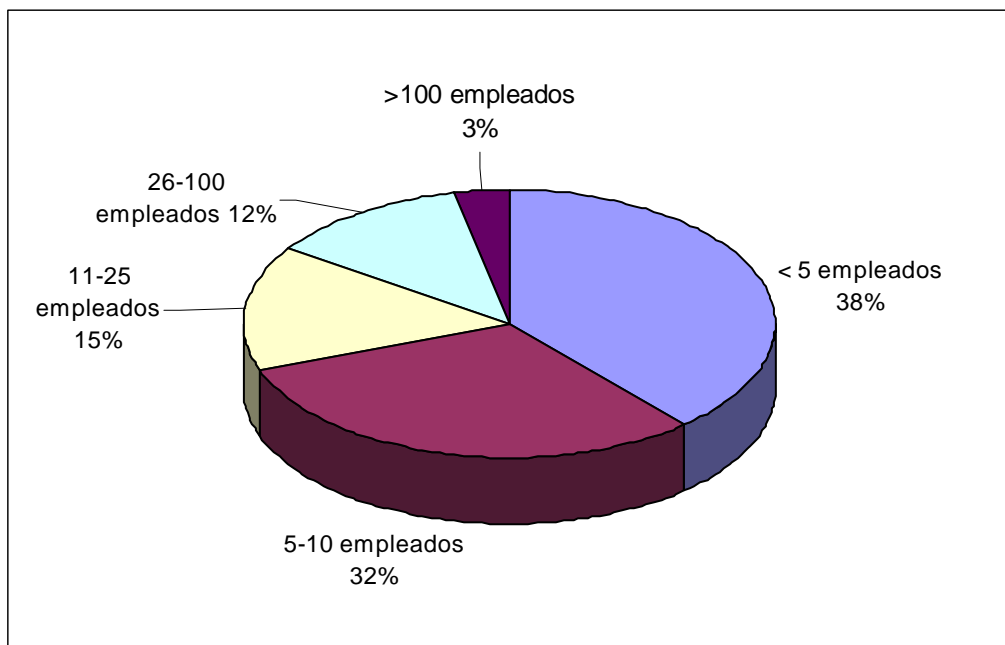
Tamaño empresas:

En cuanto al tamaño de las empresas en relación al número de empleados, de las 257 compañías introducidas en nuestra base de datos, se obtuvo los datos del empleo generado del 73% de las empresas. Entre todas hacían un total de 5.175 empleos. Un porcentaje bastante significativo para obtener unos datos generalizados sobre las compañías del sector.

La mayoría de las empresas del sector tienen un tamaño pequeño o mediano, un 85% de las empresas tienen menos de 26 empleados, mientras que solo un 3% cuenta con más de 100 empleados. En la Ilustración VIII se ve dicha distribución

Ilustración VIII.

Distribución de las empresas fotovoltaicas según tamaño de la empresa.



Fuente: Elaboración propia.

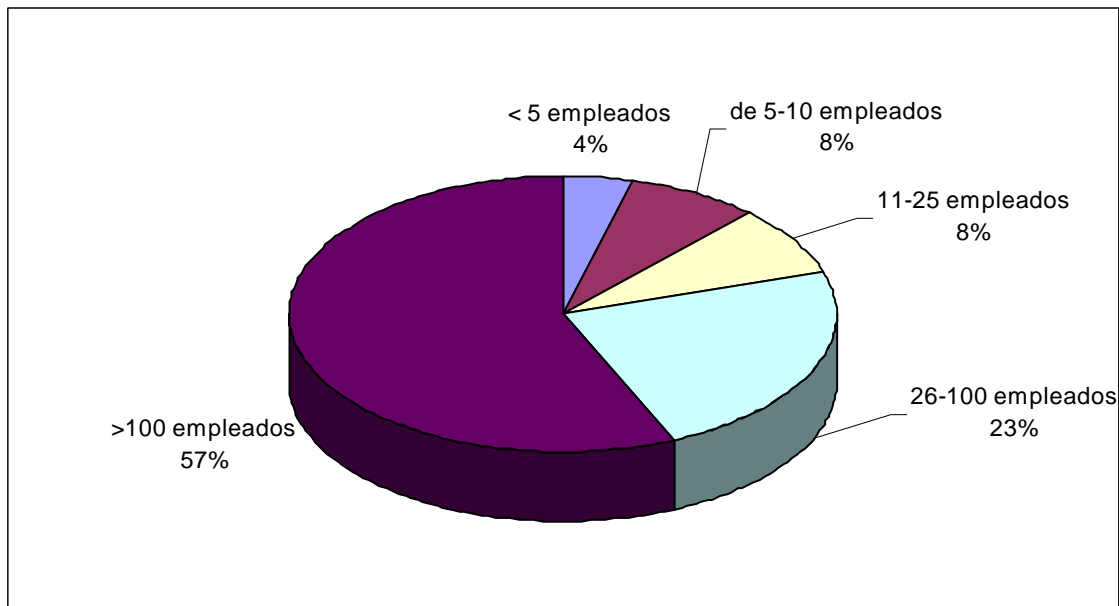
El sector de la fotovoltaica presenta una estructura empresarial polarizada desde el punto de vista del tamaño empresarial. Por un lado, se encuentra un pequeño número de empresas de gran tamaño, dedicadas fundamentalmente, a la fabricación de componentes o a la instalación de los mismos en ámbito nacional, y en algunos casos, internacional. Existe, por otro lado, un gran número de empresas de pequeño tamaño dedicadas, fundamentalmente, a la venta de equipos, mantenimiento y desarrollo de proyectos en el ámbito regional.

Aunque parezca contradictorio, el colectivo de las grandes empresas que apenas representa el 3% de la población empresarial, tiene una contribución al empleo sectorial del 57%, en tanto que las pequeñas y medianas empresas que representan el 85% de la población empresarial, dan lugar al 20% del empleo. Esta representación de la fotovoltaica es similar a la de todas las tecnologías renovables, por ser sectores emergentes con una gran necesidad de capital, lo que supone una barrera ante nuevos inversores provocando que las empresas tradicionalmente dedicadas a la producción de energía han sido las encargadas de dedicarse a la producción de las renovables en estas primeras fases de la tecnología.

En la Ilustración IX se muestra la distribución del empleo en el sector fotovoltaico según el tamaño de las empresas.

Ilustración IX.

Distribución del empleo en la fotovoltaica según tamaño de las empresas.



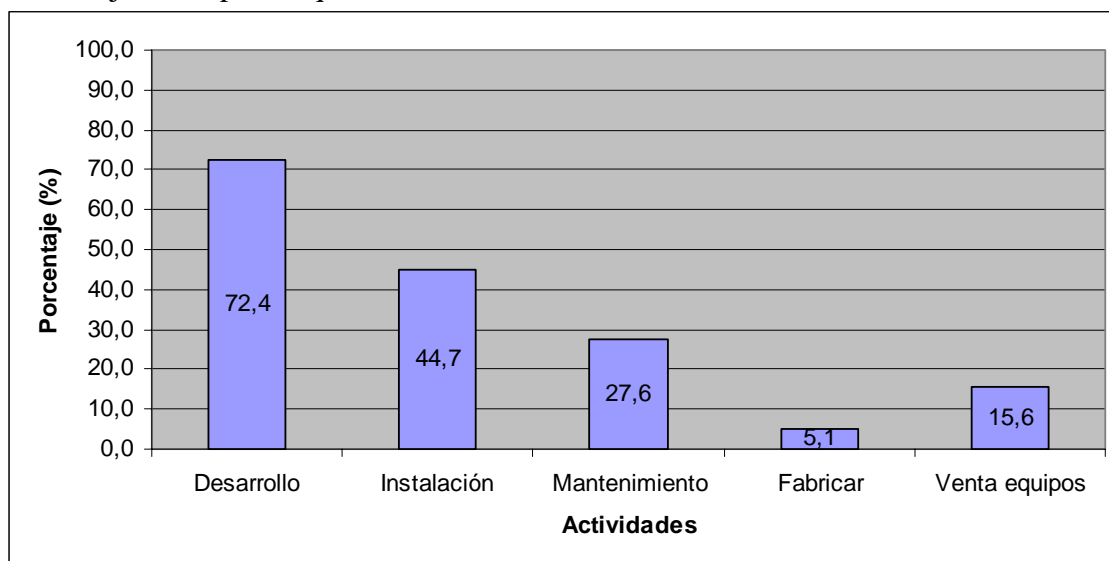
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración X se puede observar el porcentaje de empresas que se dedican a cada actividad. En cuanto a las actividades que desarrollan mayoritariamente las empresas cabe destacar que un 72% de las empresas tienen entre otras actividades la de desarrollar los proyectos, es decir labores de ingeniería o consultoría especializada en la energía fotovoltaica. También un 15% se dedica a la venta de material fotovoltaico, mayoritariamente pequeñas empresas que importan módulos fotovoltaicos para venderlos en nuestro país y tan sólo un 5% se dedican a fabricar equipos fotovoltaicos. Como conclusión y analizando detenidamente las gráficas anteriores podemos dividir las empresas que participan en el sector fotovoltaico en cuatro grandes tipos:

- Pequeño número de empresas con gran número de empleados que se dedican a la fabricación de equipos (células, módulos, inversores, cables, seguidores...)
- Microempresas que se dedican a la comercialización e importación de equipos para venderlos a través de Internet.
- Consultorías, Ingenierías y gestoras de servicios de pequeño tamaño que se dedican únicamente al sector de la energía solar y/o energías renovables. Estas empresas suelen requerir el servicio de empresas externas para la instalación y mantenimiento de las instalaciones.
- Consultorías, Ingenierías y gestoras de servicios de mediano/gran tamaño, suelen proceder y dedicarse a diversos sectores relacionados con la ingeniería y tiene personal de distinta cualificación para entregar proyectos llave en mano sin ayuda de empresas exteriores.

Ilustración X.

Porcentaje de empresas que desarrollan cada actividad.



Fuente: Elaboración propia.

7.2 Empleo involucrado

Con las respuestas recibidas en la encuesta descrita anteriormente se elaboró la tabla XV, donde se muestran las horas totales necesarias divididas por categorías ocupacionales para desarrollar las 8 actividades involucradas en las etapas de fabricación, instalación, mantenimiento y servicio a lo largo de la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica tipo de 1 MW. Para poder comparar los empleos generados en las diferentes etapas es necesario dar los resultados en una misma unidad de tiempo, por ello a lo largo del presente proyecto siempre que hablemos de empleos los mediremos en FTE (Full Time Equivalent), esto considera empleos a tiempo completo durante todo un año de trabajo.

Los datos obtenidos no muestran variación entre instalaciones en edificación o en suelo, salvo en la etapa de instalación donde los datos oscilan entre 2,5 empleos-año/MW para instalaciones en suelo hasta los 10 empleos-año/MW en instalaciones en edificación. Pero en las instalaciones en edificación los módulos fotovoltaicos se integran en los edificios sin la necesidad de usar seguidores solares, por ello, se reducen las horas-hombre necesarias, que sí son necesarios en las instalaciones en suelo. En el resto de actividades no hay variación entre el tipo de instalación. En conclusión la variación máxima de empleos involucrados oscilará entre los 20 empleos-año/MW para instalaciones fijas en suelo hasta los 34 empleos-año/MW para instalaciones en edificación con seguidores solares. En la tabla XIV se muestra las variaciones de horas-hombre y empleo FTE involucrados según tipos de instalación.

Tabla XIV.

Horas-hombre y empleos según tipo de instalación.

Tipo instalación	Horas-hombre	Empleos FTE
Suelo- sin seguidor (No usual)	34.179	19,5
Suelo- con seguidor	45.325	25,9
Edificación- sin seguidor	47.304	27
Edificación- con seguidor (No usual)	58.450	33,5

Fuente: Elaboración propia

Para contabilizar las horas tampoco se ha considerado economías de escala, es decir, hay empresas que han participado más en numerosas instalaciones de pequeña potencia y otras en pequeño número de ellas de alta potencia. Simplemente se ha extrapolado a 1 MW de potencia instalada que es la unidad estándar donde se suelen hacer comparaciones entre tecnologías. En la tabla XV se muestra el número de horas-hombre por categorías ocupacionales para una instalación fotovoltaica estándar.

Tabla XV.

Horas-hombre de trabajo por MW instalado de fotovoltaica.

Actividades	Categoría Ocupacional							TOTAL actividad (horas)
	Puestos Dirección	Oficina técnica	Comercial	Instaladores	Operarios	Personal Mantenimiento	Personal Administración	
Proyectos/ Estudios	145	290	58				87	580
Silicio	83				1.408		235	1.726
Células	1.760	880			1.232		352	4.224
Ensamblado módulos	3.520	1.760			7.040		3.520	15.840
Seguidores solares	1.702	1.819	1.467		4.458		1.700	11.146
Inversores	1194		780		1.430		1.136	4.540
Instalación	1.863	2.354	1.176	4.040			1.180	10.613
Operación	517	620	362			827	568	2.894
TOTAL Ocupación (horas)	10.784	7.723	3.843	4.040	15.568	827	8.778	51.563
TOTAL Empleos-año	6,2	4,4	2,2	2,3	8,8	0,5	5,3	29,7

Fuente: Elaboración propia.

Los datos muestran que 1 MW de fotovoltaica genera cerca de 51.500 horas-hombre de trabajo directo, trasladando éstas a empleos FTE son cerca de 30 empleos-año. Suponiendo que cada FTE son 1.750 horas de trabajo al año, que representa la jornada laboral media según Eurostat [16]. El número de horas requeridas sólo contabiliza las actividades directas de la fotovoltaica, según publica el Gobierno de España en el PANER (2011-2020) [12] el empleo indirecto de la fotovoltaica genera un 45% del empleo directo, en consecuencia, supondría 75.000 horas directas e indirectas de trabajo y 43 empleos FTE totales estarían involucrados a lo largo de la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica de 1 MW de potencia.

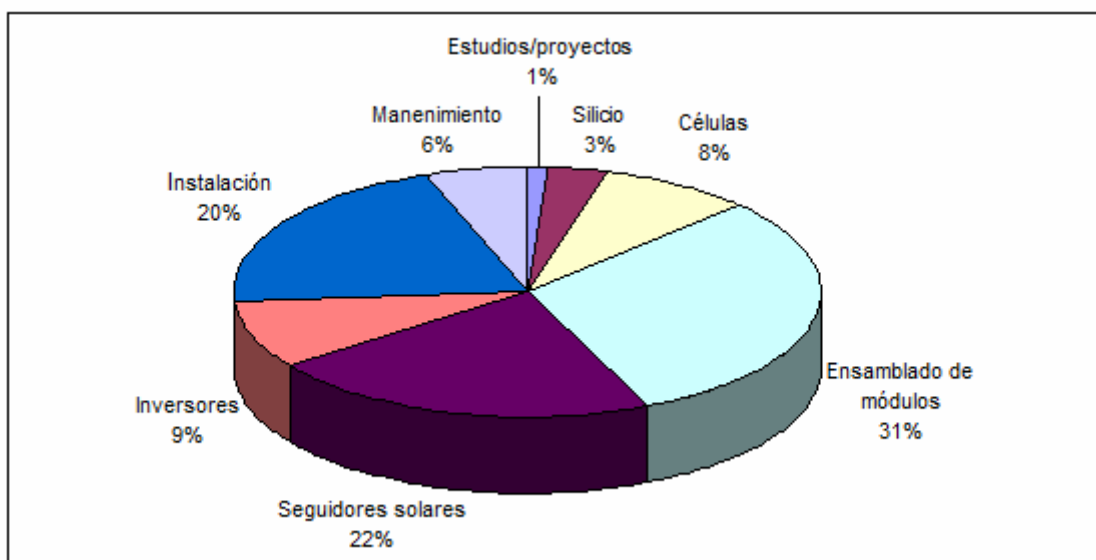
EPIA presentó en 2010 [17] un resultado de 30 empleos directos generados por MW fabricado e instalado. En el proyecto aquí presentado, se obtiene un resultado de 28 empleos para estas etapas, por ello, el resultado se puede considerar dentro de los márgenes de error que se generan de la diferencia temporal entre estudios y las más que posibles diferencias en el lugar de estudio (se recuerda que EPIA es una asociación Europea), por las diferentes jornadas laborales y técnicas en los procesos productivos.

Cabe destacar el dato aportado por el Gobierno de España en el año 1999 en el informe “Fomento de las energías renovables 1999-2010” [18] donde calculaba el número de empleos generado a lo largo de la cadena de suministro en 92,8 FTE por MW. Se observa como ha ido evolucionando esta tecnología, reduciendo costes y empleo de una manera vertiginosa. EPIA calcula el mínimo de personal demandado para la obtención del MW fotovoltaico en 20 empleos y estima que se alcanzará en el año 2050, cuando la tecnología fotovoltaica sea más que competitiva por sí sola.

Las actividades que involucran mayor número de horas-hombre actualmente son el ensamblado de módulos, seguido por la fabricación de seguidores solares y la instalación de los módulos fotovoltaicos. En la Ilustración XI se desglosa el impacto del trabajo generado en las diferentes actividades.

Ilustración XI.

Porcentaje del empleo involucrado por actividad.



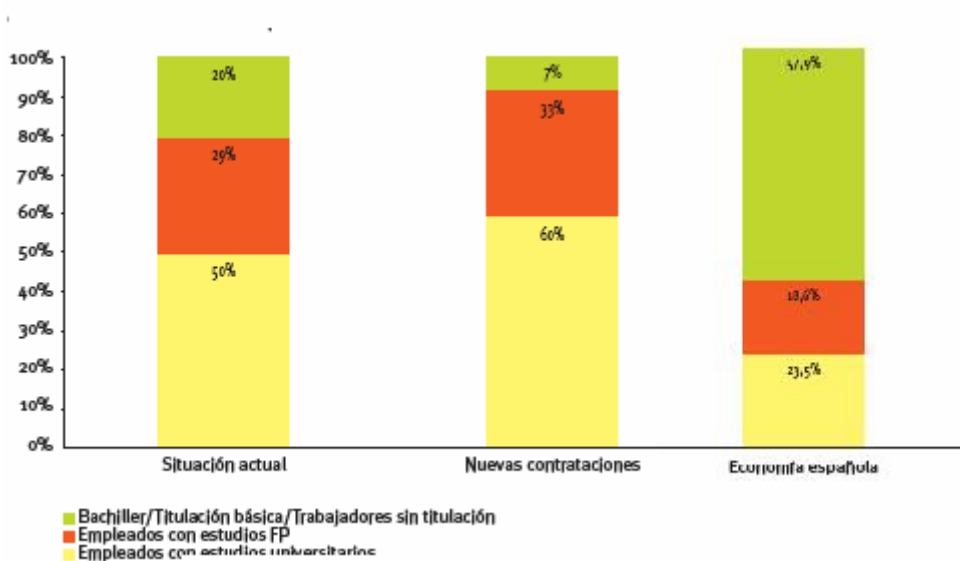
Fuente: Elaboración propia.

7.3 Tipos de empleo

Por categorías profesionales cabría destacar que la mayor demandada corresponde a la categoría de operarios, con 9 empleos anuales por MW. También se ratifica una de las ventajas señaladas a la hora de hablar sobre la fotovoltaica, la cualificación del empleo generado. El 55% pertenece a categorías de muy alta cualificación como son puestos de dirección, oficina técnica o personal administrativo que requieren titulación universitaria, mientras que tan solo un 30% de los trabajadores del sector no requieren formación básica del sector. Esta cifra se aproxima a la dada por el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) [19] sobre las diferentes actividades verdes en España. En él se observa como las energías renovables demandan una cualificación superior a la economía española. Entre un 50% y 60% de los empleos fotovoltaicos requiere titulación universitaria, mientras en la economía española ronda el 23,5%. En la Ilustración XII se muestra una comparación del nivel formativo de los profesionales del sector actualmente, de las nuevas contrataciones y de la economía española.

Ilustración XII.

Comparativa del nivel formativo actual y de las nuevas contrataciones de las energías renovables y de la población ocupada española (Año 2010)



Fuente: OSE.

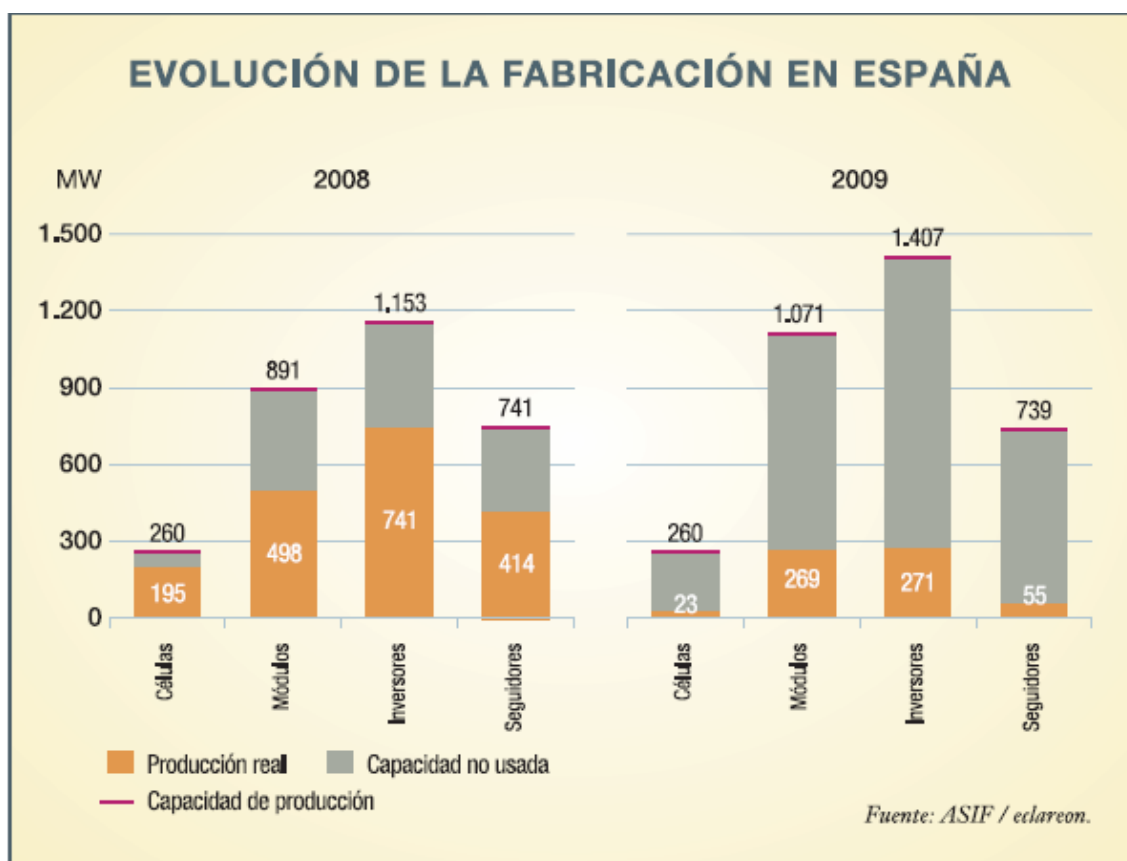
En la Ilustración XI se observa que apenas un 26% del empleo involucrado tiene un carácter local (personal mantenimiento y desarrollo de proyectos) y el 74% del empleo se genera en la fabricación de los equipos, por eso, una estructura empresarial fuerte es necesaria para la generación de nuevos empleos fotovoltaicos, porque no sólo hará reducir las importaciones de estos equipos, además supondrá fortalecer el I+d+i que facilitará mayor número de exportaciones de equipos y generará empleo local con megavatios de instalaciones en el exterior.

Si se produce un fomento de empresas en la etapa de fabricación la competitividad hará reducir el coste de los equipos y cada compañía se buscará su nicho de mercado ya sea local o exterior. Pero si esta apuesta no es decidida, se siembran dudas sobre la madurez del sector, o no se rechazan de inmediato posibles medidas retroactivas el frenazo en la generación de empleo esta asegurado.

Según ASIF [13] la industria fotovoltaica en España ha pasado de ser un país netamente importador en 2008, a exportar más del 75% de su producción en el año 2009, esto sucedió por el tremendo parón del sector fotovoltaico que pasó de instalar 2.873 MW en 2008, a 70 MW en el año 2009. A finales de 2009 había en España 51 empresas fabricantes de equipos fotovoltaicos, excluyendo aquellas con centro productivo en el extranjero o que todavía no habían comenzado a producir, esto supone un aumento del 24% con respecto a las registradas en el año anterior, a pesar de la dificultad para dar salida a sus productos en el escaso mercado Español. En la Ilustración XIII se muestra la producción real de equipos y la capacidad de fabricación ociosa en los años 2008 y 2009 en España.

Ilustración XIII.

Capacidad productiva en MW de equipos en España años 2008 y 2009.



* No se aportan datos de la producción Silicio debido al bajo número de empresas que atendería contra la confidencialidad de los datos.

Fuente: ASIF.

Con la ilustración XIII se comprueba que la capacidad ociosa de producción es demasiado elevada, entre el 75% y el 92% dependiendo los equipos en el año 2009. A pesar de ello sólo se instalaron 70 MW en ese año, por lo que todo el exceso de producción tuvo que ser exportado. El fenómeno inverso se dio en el año 2008, donde la capacidad ociosa fue menor entre el 25% y el 44% pero las importaciones muy elevadas hasta obtener los equipos necesarios para instalar los 2.873 MW instalados ese año. Por ello el crecimiento de la potencia instalada debe de ser constante y continuado para dar salida al producto nacional, esto sólo puede conseguirse dando estabilidad al sector. Con la tendencia actual de introducir tres RD en tan solo cuatro años la industria fotovoltaica está conducida a la inestabilidad, las dudas y el estancamiento. Por otra parte los beneficios para instalaciones con equipos fabricados en España deberían ser significativos para reducir de forma considerable el número de exportaciones y dando mayor oportunidad a la capacidad ociosa.

La fotovoltaica todavía se encuentra en una fase inicial y pocos países han apostado decididamente por esta tecnología, por lo que todavía se está a tiempo de ser un país de referencia en la fabricación de equipos fotovoltaicos a pesar del constate crecimiento, según la IEA [20] en los últimos cinco años el mercado mundial creció una media del 40%. Hoy en día la industria fotovoltaica se localiza mayoritariamente en países que ofrecen ventajas para los inversores y tienen sus economías volcadas en la exportación, hecho que perjudica notablemente a Europa que demanda más del 75% de los sistemas y apenas suministra un 25% de los mismos.

7.4 Comparativa entre tecnologías de generación de electricidad

En el estudio de Max Wei [21] realizado en el año 2010 y basado en una recopilación de estudios de todas tecnologías de generación de energía desde el año 2001 al 2009 basados tanto en modelos analíticos como I/O, recoge un rango entre 10,25 y 41,5 empleos FTE directos por MW instalado para la fotovoltaica, por lo tanto el resultado obtenido de 29,7 empleos estaría dentro del rango su estudio.

Para comparar entre diferentes tecnologías se debe tener en cuenta dos variables más: el factor de capacidad (porcentaje de tiempo que dicha tecnología produce energía) y la vida de la instalación. En la tabla XVI se muestran los datos típicos de ambas variables para diferentes tecnologías.

Tabla XVI.

Factor de capacidad y periodo de vida para diferentes tecnologías.

<i>Tecnología</i>	<i>Factor de capacidad (%)</i>	<i>Periodo de vida(años)</i>
Biomasa	85	40
Geotérmica	90	40
Hidráulica (Baja potencia)	55	40
Fotovoltaica	20	25
Solar térmica	40	25
Eólica	35	25
Nuclear	90	40
Carbón	80	40
Gas Natural	85	40

Hasta ahora se daban los resultados de empleos involucrados por MW instalado, pero debemos tener en cuenta estas dos variables que son diferentes para cada tecnología, por ello se darán los empleos involucrados entre tecnologías en MW de potencia generado durante todo el ciclo de vida de la instalación. Se puede convertir a energía transformando a través de las unidades pertinentes para dar los resultados en GWh.

En la tabla XVII se muestra una comparativa del empleo directo FTE involucrado entre diferentes tecnologías según potencia y energía generada. La última fila de la tabla (en negrita) corresponde con los resultados obtenidos en nuestro estudio según la tabla XV.

Tabla XVII.

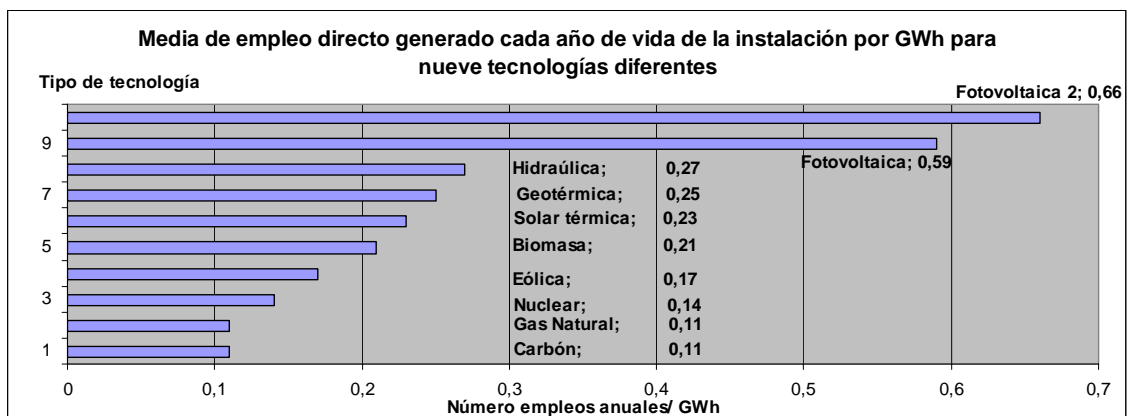
Comparativa del empleo entre involucrado entre tecnologías.

<i>Tecnología</i>	<i>Total empleos durante un año por MW instalado</i>	<i>Total empleos sobre la vida útil por MW producido</i>	<i>Total empleos sobre la vida útil por GWh producido</i>
Biomasa	61,2	1,8	0,21
Geotérmica	78,11	2,17	0,25
Mini Hidráulica	51,31	2,33	0,27
Fotovoltaica	25,87	5,15	0,59
Solar térmica	20,17	2,03	0,23
Eólica	12,57	1,43	0,17
Nuclear	43,2	1,2	0,14
Carbón	32	1,00	0,11
Gas natural	32	0,94	0,11
Fotovoltaica 2	30	6	0,66

Fuente: Max Wei.

Ilustración XIV.

Distribución del empleo involucrado entre diferentes tecnologías de generación eléctrica.



Fuente: Max Wei.

7.5 Calculadora de empleo.

Para finalizar el proyecto se desarrolló una calculadora de empleos generados a lo largo de todo un año para un país, una zona o una empresa. Este último caso podría ser interesante para compañías que desean ampliar su capacidad productiva o bien desean incorporar a sus servicios una nueva actividad fotovoltaica, para ello introduciendo los nuevos parámetros de su nivel productivo pueden disponer previamente el número de empleos FTE necesarios para satisfacer ese aumento productivo, desglosando en las categorías ocupacionales descritas anteriormente (Personal administrativo, de dirección, operarios...) y así tener información exacta de la mano de obra necesaria previamente al aumento de capacidad.

En el Anexo II se explican las instrucciones de uso y se muestra en detalle el proceso de cálculo de empleos para un año o periodo determinado, en ella se deben introducir 9 parámetros que deben ser conocidos haciendo referencia al año o periodo a calcular. Los parámetros a introducir con sus unidades entre paréntesis son los siguientes:

- Potencia Instalada (MW)
- Potencia Instalada en los últimos 25 años (MW)
- Producción de Silicio (MW)
- Producción de Células (MW)
- Ensamblado total de módulos (MW)
- Fabricación seguidores solares (MW)
- Fabricación Inversores (MW)
- Semanas laborables (nº semanas)
- Horas a la semana de trabajo (horas/semana)

Para anular una actividad del cálculo, se deja la casilla en blanco o se introduce 0, este sería el caso de empresas que no participan en todas las actividades. Puede resultar extraño que se deba introducir el número de semanas laborables que se quiere contabilizar y las horas semanales de trabajo, así tenemos una calculadora versátil, que puede adaptarse a diferentes condiciones laborables o diferentes periodos de cálculo. Por ejemplo si se quiere realizar una serie de instalaciones en un periodo de 5 meses y se realizan horas extras sería capaz de adaptarse la calculadora al número de horas-hombre introducido.

Se va a comparar los resultados obtenidos con la calculadora para España durante los años 2008 y 2009 con los empleos FTE involucrados en la fotovoltaica según diferentes fuentes de datos para dichos años. En la Ilustración XV se muestra la calculadora con los datos del año 2009.

Ilustración XV.

Simulación de la calculadora. Datos: España 2009.

Empleo directo involucrado en la fotovoltaica en el año			2009	para	España
Rellene los siguientes datos *(Dar todas respuestas en MW)					
Lugar para el que desea la evaluación	España				
Año de estudio	2009				
Potencia fotovoltaica instalada durante todo el año	38	MW			
Potencia fotovoltaica instalada en los últimos 25 años	3459	MW			
Producción total de Silicio	250	MW			
Producción total de células	23	MW			
Ensamblado total de módulos	269	MW			
Fabricación total de seguidores solares	55	MW			
Fabricación total de inversores para fotovoltaica	271	MW			
Número de semanas	43,75	semanas			
Número de horas a la semana de trabajo	40	horas			
EMPLEOS TOTALES GENERADOS PARA EL AÑO	2009	en	España	es de	10.662
A continuación se muestra una tabla con el número de ocupaciones requeridas a lo largo del periodo introducido					
Puestos de dirección	3.406				
Oficina técnica	3.174				
Comercial	1.909				
Instaladores	473				
Operarios	1.792				
Personal mantenimiento	3.376				
Personal administración	3.186				

En la Tabla XVIII se muestra los cálculos para el año 2008 y 2009 de nuestra calculadora con los datos obtenidos en el estudio y los de las principales asociaciones fotovoltaicas en España. Entre paréntesis la desviación de nuestro dato.

Tabla XVIII.

Comparativa de empleos directos en la fotovoltaica para diferentes fuentes y años.

Fuente	2008	2009
Calculadora	29.135	10.662
APPA [22]	25.063 (+ 16,2%)	10.889 (-2,1%)
ASIF [13]	31.300 (-6,9%)	13.900 (-23,3%)

Fuente: Elaboración propia.

Otra aplicación de nuestra calculadora de empleos es realizar una previsión de empleos para el futuro, se limitó hasta el año 2020 porque se prevé que las horas de trabajo requeridas para las diferentes actividades varíen, además éstas también podrían sufrir una evolución hacia tecnologías con mayor eficiencia por ello un nuevo estudio para actualizarlas debería hacerse previamente. Para la simulación es necesario introducir 7 nuevas variables: el año a simular y los aumentos anuales previstos para potencia instalada, producción de silicio, producción de células, ensamblado de módulos, fabricación seguidores solares y fabricación inversores.

El MITYC a través del PANER (2011-2020) [6] estudió el número de empleos directos para el año 2020, cercano a 47.500 puestos de trabajo fotovoltaicos. Pero lo sorprendente es que para esta simulación el único dato aportado es la evolución de potencia instalada a pesar que genera el 32% de las horas-hombre requeridas a lo largo de la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica. Aplicando los resultados de la tabla XV si la industria fotovoltaica creciera al mismo ritmo que la potencia instalada los empleos directos involucrados en el año 2020 sería de 40.000. No se puede asegurar que dato, a priori, es más preciso, pero con este proyecto se puede dividir por actividades o categorías profesionales el empleo involucrado y presentar unos resultados más descompuestos.

Según la calculadora de empleos para que la previsión del gobierno pueda ser cierta se necesita un país autosuficiente, es decir, que todos los MW instalados hayan sido fabricados en nuestro país, situación que actualmente no se da en la producción de células y seguidores solares, por ello es básico potenciar y estimular todas etapas de fabricación de componentes que generan el 68% del empleo generado.

8. Conclusión

Respecto al objetivo marcado previamente a la realización del proyecto, identificar el empleo involucrado a lo largo de la cadena de suministro de una instalación fotovoltaica, se puede concluir que se ha alcanzado con éxito, porque se ha sido capaz de identificar todas las horas-hombre necesarias en el desarrollo de cada actividad, dividido por categorías ocupacionales.

Analizando los resultados obtenidos de los diferentes estudios analíticos, se puede concluir que:

- ✓ El número de horas demandadas de mano de obra a lo largo de toda cadena de suministro de una instalación fotovoltaica oscila entre 35.000 horas-hombre y 57.000 horas-hombre por MW instalado, dependiendo la tecnología usada y el tipo de instalación.
- ✓ Para las instalaciones más comunes hoy en día, instalaciones en suelo con seguidores solares o en edificación sin seguidores solares, el número de empleos directos involucrados durante un año de trabajo a tiempo completo es de 30, considerando la jornada laboral media en España, por cada MW instalado.
- ✓ Además otros sectores de la economía española se ven beneficiados de la fotovoltaica indirectamente, ya que involucra alrededor de 13 empleos FTE indirectos por MW.
- ✓ La energía fotovoltaica genera un 55% del empleo para personal cualificado con titulación universitaria, mientras la economía española demanda un 23,5% de este tipo de profesionales.
- ✓ Comparado con las demás fuentes de generación eléctrica la fotovoltaica involucra 0,65 empleos FTE durante toda la vida de la instalación por GWh producido, mientras el resto oscila entre 0,11 y 0,27. Lo que conlleva entre 2,5 y 6 veces más empleos FTE durante toda la vida de las instalaciones.
- ✓ La predicción de empleos involucrados para el año 2020 en la fotovoltaica crecerá cerca de un 400% si se cumple la previsión detallada por el MITYC de potencia instalada, siempre y cuando la industria fotovoltaica sea autosuficiente.

Este proyecto ha cumplido todas las expectativas esperadas, por el análisis detallado de la situación actual en lo referente al empleo, lo que permite cuantificar y tener un

elevado control sobre uno de los beneficios sociales que aporta la energía fotovoltaica. De este modo se podrán realizar acciones correctivas que favorezcan o no su uso. Además la base de datos creada sobre las empresas del sector con sus correspondientes características puede ser utilizada por los investigadores de CIRCE para cualquier estudio de esta tecnología.

Este proyecto actualmente queda cerrado para la tecnología fotovoltaica, pero no así para las demás fuentes de generación eléctrica renovables, como ya se explicó este proyecto trataba de crear una metodología estándar que fuera aplicable al resto de energías renovables y por ello sería recomendable realizar análisis similares para estas tecnologías.

La automatización del trabajo es una de las preocupaciones en cuanto a la destrucción del empleo se refiere, por consiguiente sería recomendable realizar análisis para la fotovoltaica en años venideros, ante posibles cambios en la demanda de personal y así analizar en que actividades se ha producido, la tendencia de las diferentes categorías ocupacionales... ya que la evolución del empleo involucrado ha de ser descendente, alcanzando el mínimo de empleos involucrados en el año 2050 y será de 20 FTE por MW [17].

Además con la base de datos creada se podrá realizar un observatorio de la evolución de las empresas, actividades que han generado o destruido mayor número de éstas, actividades que han presentado aumentos y descensos de personal, hacia que sectores han diversificado su actividad las empresas ante el actual 'frenazo' de nuevas instalaciones...

En plano personal el proyecto ha supuesto un gran reto para mí por lo siguientes aspectos:

- Por ser un tema que aparece referenciado en multitud informes pero que apenas se encuentran monotemáticos como este, que pretenden analizar el tema con la mayor profundidad posible, teniendo que innovar para encontrar nuevas aplicaciones que sean útiles para el proyecto como la calculadora de empleos.
- Por ser un tema del que apenas se ha trabajado en la Universidad, por lo que he tenido que informarme en estudios especializados en energías, en lo referente a los aspectos a tratar, las tipos de análisis que pueden hacerse, las variaciones en la tecnología como pueden influir, la evolución marcada por las leyes en la tecnología...
- Tener la oportunidad de recopilar información de 372 empresas del sector, ver los servicios que ofrecen, como algunas tratan de innovar buscando nichos de mercado o la evolución histórica de algunas empresas hasta llegar a consolidarse.

- Además el trabajar en un proyecto a 5 meses vista ha permitido poner a prueba mi capacidad de trabajo y que puede asemejarse a lo encuentre en mi futuro profesional.

9. Fuentes

- AEF: Asociación Empresarial Fotovoltaica
- APPA: Asociación Productores Energías Renovables
- ASIF: Asociación Industria Fotovoltaica
- CNE: Comisión Nacional de la Energía
- Energy Police
- EPIA: European Photovoltaic Industry Association
- Fundación CIRCE: Centro de Investigación de Recursos y Consumo Energético
- IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- IEA: International Energy Agency
- INEM: Instituto Nacional de Empleo
- MITYC: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
- SABI

10. Referencias bibliográficas

- [1] Estudio sobre las necesidades formativas en el Sector de las Energías Renovables en Aragón. CIRCE; 2007.
- [2] Kammen D, Kapadia K, Fripp M. Putting renewables to work: how many jobs can the clean industry create. In: Report of the renewable and appropriate energy laboratory. Berkeley, CA: University of California; 2004.
- [3] Llera E, Aranda A, Zabalza I, Scarpellini S. Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 679-690: CIRCE; 2009.
- [4] Singh V, Fehrs J. The Work that Goes into Renewable Energy. Washington, DC, Renewable Energy Policy Project. REPP Research Report No. 13.; 2001
- [5] MITYC. Plan de Energías Renovables para España 2005-2010. Gobierno de España; 2005.
- [6] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Gobierno de España. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020; 2010.
- [7] Asensio. S. El plan Energético de Aragón 2005-2012 y las Energías Renovables. Departamento de Industria, Comercio y Turismo. Gobierno de Aragón; 2009.
- [8] Kenny R, Law C, Pearce J. Towards real energy economics: Energy Policy driven by life-cycle carbon emission. Renewable and Sustainable Energy Reviews 38 (2010) 1969-1978. Queen's University; 2009.
- [9] EPIA. Solar Employment photovoltaic in Europe. Available at: www.pvemloyment.org; 2009.
- [10] García M, Ibáñez J, Alvira F. El análisis de la realidad social: Métodos y técnicas de investigación. Alianza Universidad Textos; 1986.
- [11] Eurostat. European Commission. Climate Change and Energy, Energy dependency; 2008.
- [12] EPIA & Greenpeace. Solar Generation V; 2008.
- [13] ASIF. Hacia la implantación Internacional de la fotovoltaica en España, <<http://www.asif.org/principal.php?idseccion=569>>; 2010.
- [14] Instituto Nacional de Estadística. Clasificación Nacional de Ocupaciones, <<http://www.madrid.org/iestadis/fijas/clasificaciones/cno94.htm>>;1994.
- [15] Department Of Labor. Standard Occupational Classification, <http://www.bls.gov/soc/soc_structure_2010.pdf >; 2010.
- [16] Eurostat. European Commission. Employment and social Policy and equality indicators; 2010.
- [17] EPIA & Greenpeace. Solar Generation 6; 2010
- [18] Ministerio de Industria y Energía. Gobierno de España. Fomento de las Energías Renovables 1999-2010; 1999.
- [19] Observatorio de la Sostenibilidad en España. Empleo Verde en una Economía Sostenible; 2010.
- [20] International Energy Agency. Key World Energy Statistics; Paris, 2010

- [21] Wei M, Patadia S, Kammen D. Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?. Energy Policy 38 (2010) 919-931. University of California, Berkeley; 2009.
- [22] APPA. Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España; Barcelona, 2009.
- [23] Eurostat. European Commission. Sustainable consumption and production; 2011
- [24] Red200. El país y su cultura. Disponible en: <http://www.red2000.com/spain/primer/1data.html>. 2010.
- [25] Instituto Nacional de Estadística. Demografía y población; 2010.
- [26] EPIA. Electricity from sun; Marzo 2010.
- [27] EPIA. Global market outlook for photovoltaics until 2013; 2009.

11. Lista de acrónimos

APPA: Asociación Productores Energías Renovables
ASIF: Asociación de la Industria fotovoltaica
CE: Comisión Europea
CNE: Comisión Nacional de Energía
CdTe: Telururo de Cadmio
CIGS: Cobre, Indio, Galio y Selenio
CIRCE: Centro de Investigación de Recursos y Consumo Energético
CTE: Código técnico de la Edificación
E4: Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España
FTE: Full Time Equivalent
GWh. Gigavatio Hora
IDAE: Instituto para la diversificación y el ahorro de energía
IEA: International Energy Agency
INE: Instituto Nacional de Estadística
I/O: Input-Output
MICINN: Ministerio de Ciencia e Innovación
MITYC: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
OSE: Observatorio de la Sostenibilidad en España
PANER: Plan de Acción Nacional de Energías Renovables
PER: Plan de Energías Renovables
REPP: Renewable Energy Policy Project
RD: Real Decreto
Wp: Vatio-pico