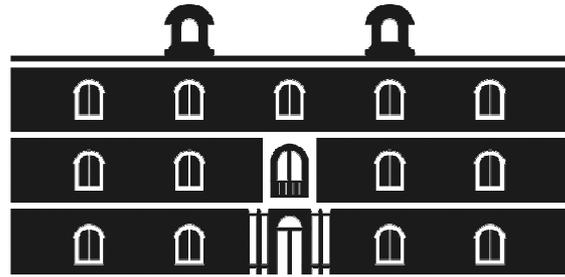


Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

TRABAJO FIN DE CARRERA

“Análisis del mercado fotovoltaico”

La fotovoltaica como estrategia energética en la empresa española. Caso real.

Titulación: Ingeniería en Organización Industrial

Alumno: Francisco Frutos Rubio

Director: Antonio Juan Briones Peñalver

Departamento: Economía de Empresa

Cartagena, 20 de septiembre de 2016.

SUMARIO

	<u>Página</u>
1. Introducción. Objetivo del trabajo.....	5
2. La energía fotovoltaica.....	7
2.1- En qué consiste.....	7
2.2- Cadena de distribución del sector fotovoltaico.....	12
2.3- Rentabilidad de la energía fotovoltaica. Paridad de red.....	13
2.4- Sostenibilidad, seguridad y salud, tipos, fabricación y reciclaje.	19
2.5- Amortización energética. Huella de carbono.....	26
3. Análisis del mercado fotovoltaico.....	27
3.1- Desarrollo del ámbito internacional.....	27
3.1.1- Antecedentes y situación actual.	
3.1.2- Cifras de empleo	
3.1.3- Evolución de I+D+i	
3.2- Desarrollo del ámbito nacional.....	35
3.2.1- Antecedentes y situación actual.	
3.2.2- Cifras de empleo.	
3.2.3- Evolución de I+D+i	
4. Regulación del sector español.....	52
4.1- Marco normativo actual.	
4.2- Autoconsumo.	
4.3- Benchmarking internacional.	
5. Fotovoltaica como estrategia energética en la empresa. Caso real.....	63
5.1- Introducción.	
5.2- Principios de gestión estratégica de la energía.	
5.3- Estrategia de gestión energética para caso real de negocio.	
5.4- Objetivos el plan de gestión energética.	
5.5- Preguntas clave en una inversión fotovoltaica.	
5.6- Motivaciones tras la inversión en energía verde.	
5.7- Descripción de la instalación y resultados de explotación.	
5.8- Análisis de sensibilidad de la inversión.....	79
6. Conclusiones.....	82
7. Bibliografía.....	85
Anexo I. Balance energético.....	86
Anexo II. Balance económico.....	88
Anexo III. Flujo de Caja.....	90

INDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura nº 1. Esquema general y principales componentes de la instalación solar.	7
Figura nº 2. Comparativa entre módulos fotovoltaicos.	9
Figura nº 3. Esquema de funcionamiento y ejemplos de inversores.	10
Figura nº 4. Componentes secundarios de una instalación solar.	11
Figura nº 5. Ejemplos de ubicación de instalaciones fotovoltaicas.	11
Figura nº 6. Paridad de red y distribución de la energía producida y demandada.	12
Figura nº 7. Cadena de distribución de las instalaciones solares fotovoltaicas.	12
Figura nº 8. Comparativa de precios en Las Palmas (España).	14
Figura nº 9. Consumo diario de electricidad y generación fotovoltaica.	14
Figura nº 10. Histórico de precios de módulos fotovoltaicos.	15
Figura nº 11. Precios típicos de módulos en España.	16
Figura nº 12. Rango de precios según el segmento por potencia instalada en 2014.	16
Figura nº 13. Evolución de los precios de los sistemas ftv en España en 2014.	17
Figura nº 14. Matriz de posicionamiento de países en el segmento comercial.	17
Figura nº 15. Rentabilidad de instalaciones según zona geográfica.	18
Figura nº 16. Relación entre superficie en una cubierta y máxima instalada.	19
Figura nº 17. Potencial anual de las energías renovables.	20
Figura nº 18. Distribución de tecnologías en el mercado a nivel mundial en 2010.	22
Figura nº 19. Componentes de una célula solar.	23
Figura nº 20. Dentro de una fábrica de producción de módulos solares en China.	24
Figura nº 21. Consumo de agua en la fabricación de paneles solares	27
Figura nº 22. Consumo electricidad en la fabricación de paneles solares.	28
Figura nº 23. Consumo para fabricación de planta ftv de 80 KW nominales.	28
Figura nº 24. Amortización energética de planta fotovoltaica.	28
Figura nº 25. Huella de carbono de fuentes de generación.	29
Figura nº 26. Evolución de instalaciones fotovoltaicas en el mundo.	30
Figura nº 27. Capacidad fotovoltaica acumulada a final de 2014.	32
Figura nº 28. Evolución del ranking de top 10 en el mercado fotovoltaico.	33
Figura nº 29. Evolución regional de las instalaciones fotovoltaicas.	34
Figura nº 30. Proporción entre instalaciones solares conectadas a red y aisladas.	36
Figura nº 31. Cifras de empleo en renovables en Europa.	37

	Página
Figura nº 32. Inversiones realizadas en tecnologías de generación renovables.	38
Figura nº 33. Evolución de la cobertura por energías renovables.	39
Figura nº 34. Evolución de la producción en todas las fuentes de energía.	40
Figura nº 35. Evolución de producción de electricidad y de capacidad instalada.	41
Figura nº 36. Cobertura mensual de la demanda por energía fotovoltaica.	42
Figura nº 37. Planificación de capacidad acumulada e instalada hasta 2020.	43
Figura nº 38. Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España.	43
Figura nº 39. Evolución de la tarifa fotovoltaica en España.	44
Figura nº 40. Media mensual de los precios del mercado spot.	45
Figura nº 41. Evolución de la energía fotovoltaica generada por CCAA.	46
Figura nº 42. Evolución del porcentaje de cobertura.	46
Figura nº 43. Plan de crecimiento de ftv hasta 2020.	48
Figura n 44. Plan de crecimiento alternativo de ftv hasta 2020.	49
Figura nº 45. Evolución de puestos de trabajo indirecto en fotovoltaica.	49
Figura nº 46. Cargos a la energía autoconsumida según RD 900/2015.	53
Figura nº 47. Fases de apoyo a la fotovoltaica en España.	55
Figura nº 48. Esquema de transporte de Red Eléctrica Española.	56
Figura nº 49. Reparto de territorios por compañía de distribución de electricidad.	57
Figura nº 50. Estructura del sistema eléctrico español.	57
Figura nº 51. Ejemplo de flujo de la energía en el caso de autoconsumo.	58
Figura nº 52. Comparación entre los perfiles de producción y consumo.	59
Figura nº 53. Resumen de esquemas de autoconsumo.	60
Figura nº 54. Principales características del autoconsumo.	61
Figura nº 55. Benchmarking internacional de autoconsumo.	62
Figura nº 56. Distribución del consumo anual de DELTA SA.	71
Figura nº 57. Flujo de caja de la inversión.	76
Figura nº 58. Sensibilidad del VAN frente al coste del vatio fotovoltaico.	79
Figura nº 59. Sensibilidad del VAN frente al coste del peaje de respaldo.	81

1.- INTRODUCCION. OBJETIVO DEL TRABAJO.

La actividad de producción de energía eléctrica en España y en el mundo se ha caracterizado por un esquema de generación centralizada, unidireccional y complementada con medidas de incentivo y control sobre la actuación de la demanda.

En los últimos años la aparición de nuevos conceptos, desarrollos y sistemas de generación y control van a permitir la evolución gradual de este modelo hacia otro donde la generación de electricidad distribuida, generalmente de pequeña potencia, comience a integrarse de una manera eficaz en la red como un elemento de eficiencia, de producción y de gestión, y no tan sólo como una simple conexión para la entrega de la energía eléctrica producida.

Uno de los nuevos sistemas de generación de energía aparecidos en los últimos años es la fotovoltaica.

Esta búsqueda de nuevas tecnologías de producción viene empujada por la acuciante necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y frenar el cambio climático. En este sentido la tecnología fotovoltaica se abandera como una energía limpia llamada a aprovechar el recurso energético más abundante del planeta. Esta tecnología es ya una tecnología madura y ello permite su implantación a todos los niveles de usuarios, debido a la reducción de costes.

Esta tecnología presenta más ventajas a parte del ahorro en emisiones de CO₂ a la atmósfera. Es una tecnología barata, cuya fuente de energía (el sol) es inagotable y gratuita, está al alcance de cualquier usuario ya sea doméstico o industrial, y se puede instalar casi en cualquier ubicación geográfica con un mínimo de horas de sol. Por todo ello se convierte en una herramienta óptima para desarrollar a gran escala un esquema de generación centralizada.

Objetivo.

Este TFC trata el mercado fotovoltaico haciendo un análisis de la evolución y la situación actual. Debido a los recientes cambios regulatorios, la aparición de nuevas tecnologías fotovoltaicas y la necesidad imperiosa de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera, hemos considerado de mucha utilidad abordar esta fuente de generación y refrescar los puntos de vista desde varios ángulos para tratar de llegar a conclusiones que validen o descarten esta tecnología en post de otras que puedan resultar más idóneas.

En el primer capítulo se hará una sencilla introducción a esta tecnología persiguiendo familiarizar al lector con su filosofía y funcionamiento, lo cual consideramos clave para poder abordar un estudio más en profundidad del sector puesto que las cifras, la rentabilidad y los modelos de inversión dependen muchas veces del tipo de tecnología

utilizada. Se describirá el funcionamiento y principales componentes de una instalación fotovoltaica, así como la cadena de valor desde que se produce la materia prima hasta que se monta dicha instalación. También se pretende analizar la conveniencia de esta tecnología en la actualidad en cuanto a rentabilidad, eficiencia y sostenibilidad. Introduciremos el concepto de paridad de red, y el de autoconsumo, ya que esta modalidad de uso de la energía fotovoltaica es actualmente el único esquema legal y viable en España para el caso de instalaciones en el segmento comercial que estén conectadas a la red eléctrica. Es importante resaltar que este TFC se centra en el segmento comercial, es decir, instalaciones que no tienen más de 100 KW de potencia. Así mismo trataremos de dar luz en materia de sostenibilidad, seguridad y salud, y cuidado del medio ambiente, aportando datos de fabricantes y estudios en la materia. También analizaremos el coste energético de la fabricación de paneles solares y la huella de carbono de esta tecnología frente a otras fuentes tradicionales.

A continuación pasaremos a estudiar el mercado desde el ámbito internacional, repasando las cifras de diferentes países en cuanto a desarrollo, estado actual de implantación, cuotas de mercado, empleo e I+D. De la misma manera procederemos después con el mercado nacional español.

En el siguiente capítulo vamos a analizar la normativa en vigor que es de aplicación para la generación fotovoltaica en el mercado español. Trataremos de llegar a conclusiones que relacionen la influencia que tiene la regulación con el desarrollo del sector. La normativa más reciente ha establecido el autoconsumo como único esquema para explotar una instalación fotovoltaica cuando se trata del segmento comercial, que es el que agrupa al mayor número de usuarios potencialmente posible, y por ello dedicaremos un apartado a explicar y desarrollar el concepto de autoconsumo, y a describir las variantes identificadas entre todos los países donde la fotovoltaica está desarrollada en mayor o menor medida.

En el último capítulo de este TFC se analizará la tecnología fotovoltaica desde el punto de vista estratégico empresarial presentando un caso real para justificarlo. Concretamente se analizará el caso de una empresa española donde se ha puesto en marcha una instalación fotovoltaica siguiendo las directrices de su plan estratégico de gestión energética. Este último apartado concluirá con un análisis de sensibilidad de la instalación fotovoltaica desde las variables de coste y peajes regulados.

2.- LA ENERGIA FOTOVOLTAICA.

2.1- En qué consiste.

Una instalación solar fotovoltaica es, por lo general, una pequeña central de producción de energía eléctrica, que inyecta la corriente producida a la red eléctrica. En función de las características de la corriente que circula por los distintos componentes podemos dividir la instalación en dos partes: corriente continua y corriente alterna.

Como síntesis de funcionamiento, podemos decir que los módulos fotovoltaicos absorben la radiación solar y la transforman en corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica generada es continua, por lo que es necesario un inversor o conjunto de inversores que transformen la corriente continua en alterna, ya sea para el autoconsumo dentro de la red interior del usuario, o para el vertido a la red de la compañía eléctrica en el caso en que la producción se dedique íntegramente a la venta en el mercado mayorista.

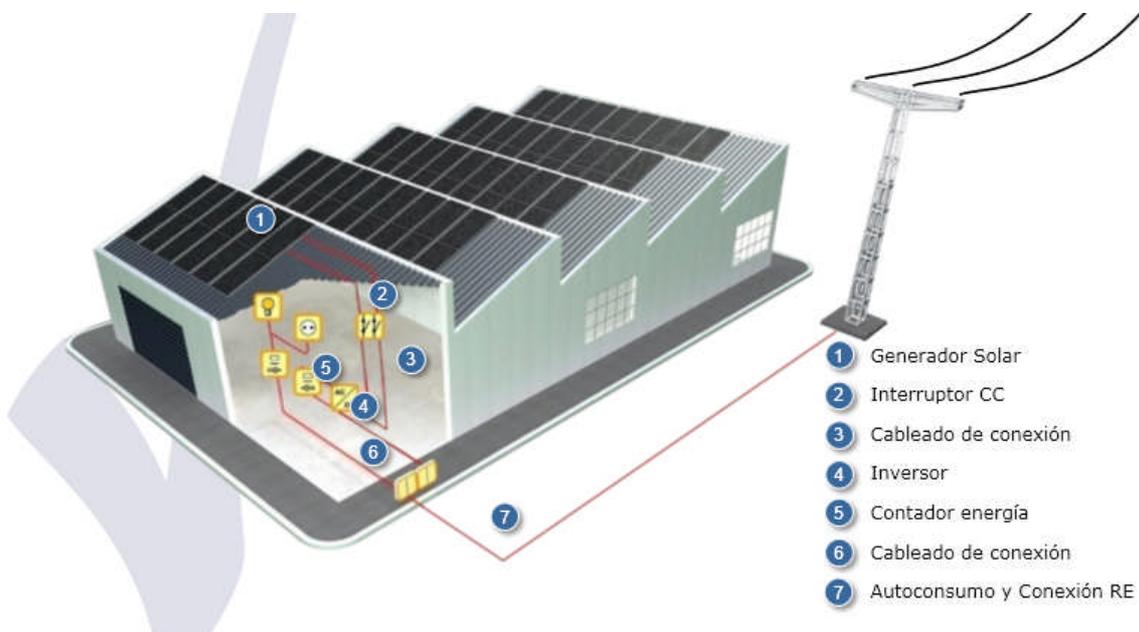
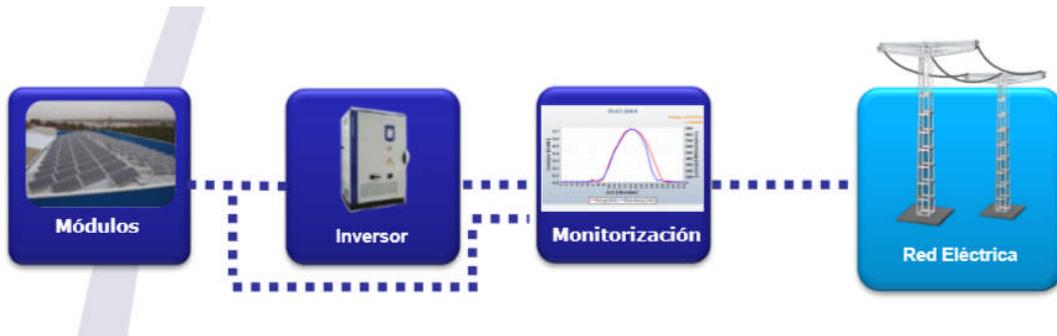


Figura nº 1. Esquema general y principales componentes de la instalación solar. Fuente: Endesa.

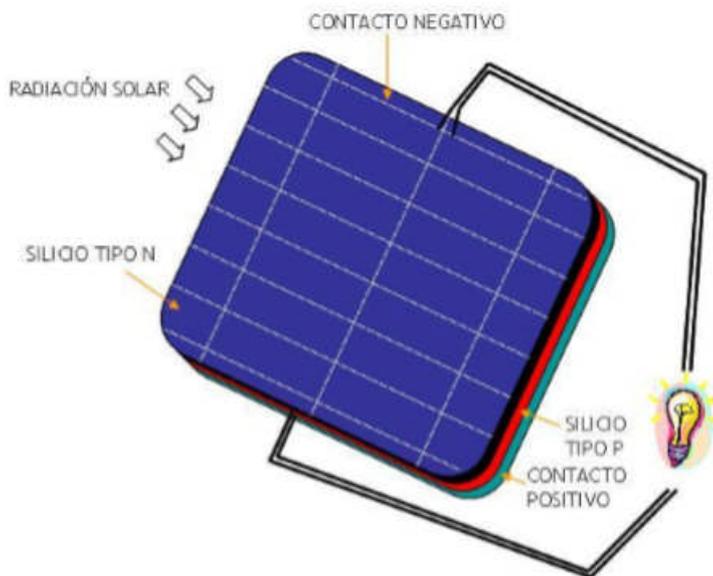
Para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica, son 4 los principales componentes a dimensionar y tener en cuenta:

1. Campo Solar. Es la suma de los módulos fotovoltaicos conectados para conseguir una potencia pico de la instalación determinada.
2. Cableado. Entre los módulos, entre el campo de paneles y el inversor, y entre el inversor y el punto de conexión con la red eléctrica.
3. Inversor. Define la potencia nominal del sistema. Transforma la corriente continua generada por los módulos en corriente alterna para introducirla en la red.
4. Monitorización. Registra el funcionamiento de los principales componentes de la instalación solar, permite detectar fallos, analizar rendimiento, etc



La tecnología fotovoltaica consiste en el aprovechamiento de la luz del sol (radiación electromagnética) que incide sobre una célula fotoeléctrica o fotovoltaica que produce energía eléctrica.

Célula fotovoltaica: dispositivo electrónico capaz de generar energía eléctrica de forma directa al recibir la luz solar.



Un conjunto de células fotovoltaicas forman un módulo, y varios módulos unidos por cables forman el campo solar.

El campo solar es la suma de los módulos fotovoltaicos conectados para conseguir una potencia pico de la instalación determinada.

Los tipos de células fotovoltaicas son principalmente dos:

Cristalinas

- Mono-cristalinas (1,5% - 2% + eficientes que policristalinas)
- Poli-cristalinas (menor coste que mono-cristalinas)

De capa fina (amorfos y otros materiales, ocupan más superficie q las 2 anteriores):

- CGIS (Cobre-Galio-Indio-Selenio)
- CIS (Cobre-Indio-Selenio)
- CdTe (Telurio de Cadmio)
- A-Si •H triple (silicio amorfo unión triple)
- H tándem (silicio amorfo unión doble)
- H single (silicio amorfo)

La clasificación de los módulos se hace según el tipo de material empleado y descrito anteriormente, y mediante la figura a continuación comparamos ambas tecnologías desde varios puntos de vista:

TECNOLOGIA CRISTALINA	PRECIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	EFICIENCIA	ESPACIO REQUERIDO
Monocristalino		Tecnología Madura	Dependencia del coste de la materia prima	+	-
Policristalino					
CAPA FINA (Thin Film)					
CGIS (Cobre Galio Indio Selenio)		Comportamiento frente a la temperatura	Experiencia de funcionamiento limitada	↑	↓
CIS (Cobre Indio Selenio)					
CdTe (Telurio de Cadmio)					
A - Si: triple (Silicio amorfo triple unión)					
A - Si: H tandem (Silicio amorfo doble unión)					
A - Si: H single (Silicio amorfo)					

Figura nº 2. Comparativa entre módulos fotovoltaicos. Fuente: Propia.

Más adelante, en el capítulo dedicado a la sostenibilidad (página 19), entraremos en detalle en cada tecnología.

El inversor es el corazón de la instalación solar, debe obtener la máxima potencia del campo solar que tiene conectado:

- Su coste representa entre el 6% – 9% de la instalación
- Su eficiencia está entre el 95% - 98%



Figura nº 3. Esquema de funcionamiento y ejemplos de inversores. Fuente: fabricante Ingeteam.

Otros componentes de la instalación solar son:

- Estructura Soporte módulos solares
- Cajas de protecciones CC y CA
- Cable Solar
- Picas de tierra de la instalación
- Transformador (en caso conexión en MT)
- Contador de energía producida

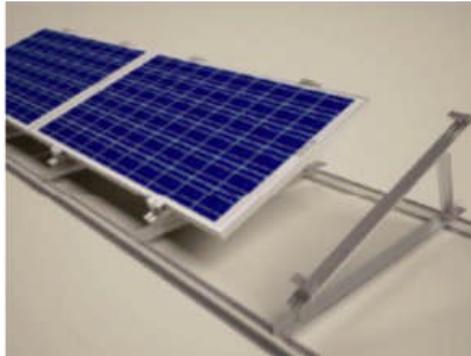
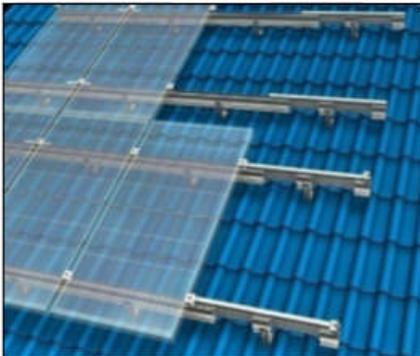




Figura nº 4. Componentes secundarios de una instalación solar. Fuente: Propia.

La instalación del campo solar se puede hacer en diferentes ubicaciones:

- Cubiertas Planas
- Cubiertas Inclinadas
- Aparcamientos
- Instalaciones de integración arquitectónica

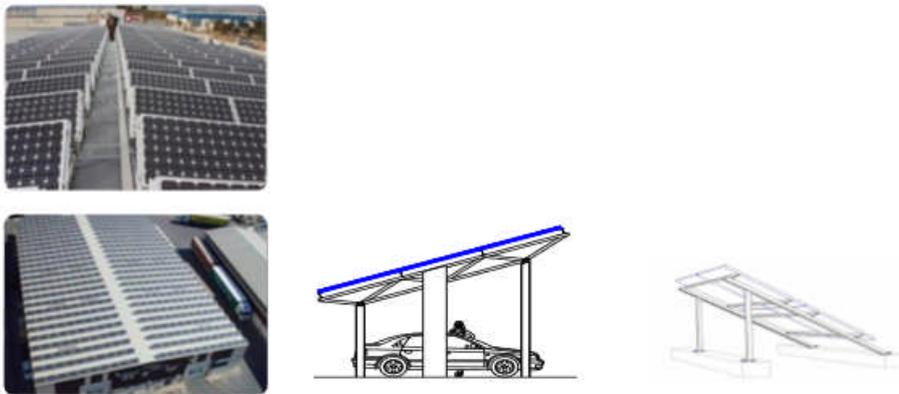


Figura nº 5. Ejemplos de ubicación de instalaciones fotovoltaicas. Fuente: propia.

Aunque luego profundizaremos en el funcionamiento, avanzaremos diciendo que las curvas de generación energía fotovoltaica y de demanda de energía del cliente no tienen por qué estar acopladas, lo que provoca que, según el momento del día, el consumidor tenga excedentes de generación o déficit de energía.

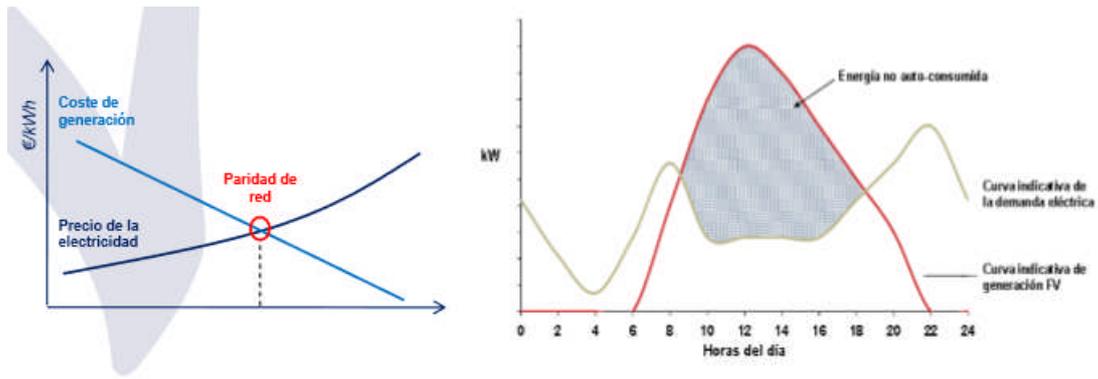


Figura nº 6. Paridad de red y distribución de la energía producida y demandada. Fuente: propia.

Sin entrar todavía en materia, podemos señalar que la viabilidad económica de este tipo de proyectos pasa por obtener unos ratios de rentabilidad de la inversión realizada en la planta solar fotovoltaica atractivos, y para ello es importante conseguir que la energía generada por la planta solar fotovoltaica y autoconsumida instantáneamente por el usuario tenga un coste de generación inferior al coste de compra de esta misma energía a la compañía distribuidora. Esto ya es un hecho, y es a lo que llamamos paridad de red, y en función de los hábitos de demanda de energía de los clientes (consumos estables durante los periodos de producción de la planta solar FV, actividad y consumo energético todos los días de la semana, etc) los periodos de amortización de la inversión oscilan entre los 3 años y los 15 años con ratios de rentabilidad alcanzados con un TIR superior al 12%. En un apartado posterior analizaremos financieramente este tipo de instalaciones para empresas y usuarios particulares mediante análisis comparativo entre los costes de la energía comprada a la red y la generada por la propia instalación fotovoltaica.

2.2- Cadena de distribución del sector fotovoltaico.

Los principales actores o grupos del negocio fotovoltaico por orden de participación, desde la fabricación hasta el uso final de la energía producida, se puede sintetizar en el siguiente cuadro:



Figura nº 7. Cadena de distribución de las instalaciones solares fotovoltaicas. Fuente: propia.

1. Extractores y purificadores de polisilicio hasta su grado solar para el uso como materia prima en la fabricación de módulos. Durante los primeros años de desarrollo de la fotovoltaica fue controlado por unas pocas empresas,

pero actualmente el mercado está más diversificado (Wagner Chemie AG, MEMC, LDK, etc).

2. Fabricantes de Obleas para transformación en células para la fabricación de paneles solares. Las principales empresas suministradoras son asiáticas (China y Taiwán), junto con holdings europeos con centros productivos en la zona para la producción de este material (Suntec Powe, JA Solar, Trinasolar, Yingli, Motech Sharp, Gintech, Kyocera, etc)
3. Fabricantes ensambladores de paneles solares. Utilizan células solares y resto de elementos necesarios para la fabricación de módulos solares, numerosos actores si bien el grupo anterior suele ensamblar sus propios módulos.
4. Fabricación resto de componentes. Principalmente inversores solares para la transformación de corriente, cable solar, equipos de monitorización, cajas de conexión, protecciones eléctricas, estructura de soporte, etc.
5. Distribución de componentes. Empresas locales que proporcionan los principales componentes para la construcción de las plantas solares fotovoltaicas, mediante el acuerdo con los principales fabricantes.
6. Financiación. Entidades bancarias o de otros sectores afines a las utilities que proporcionan financiación para la contratación del proyecto solar.
7. Diseño, instalación y mantenimiento de instalaciones. Ingenierías para la realización de los proyectos, trámites administrativos y legalización de plantas solares, e instaladores para la ejecución de los trabajos y mantenimiento de la planta solar.
8. Cliente o inversor. Compra el sistema solar para uso propio o como inversión.

2.3- Rentabilidad de la energía fotovoltaica. Paridad de red.

Para el caso de España, la normativa actual ha fijado una frontera de potencia entre las instalaciones solo para autoconsumo y las que pueden actuar además como generadores de energía y vender toda su producción en el mercado mayorista. Esta frontera se ha fijado en 100 KW, y por tanto aquellas instalaciones por debajo de dicha cifra sólo podrán trabajar en régimen de autoconsumo, y es en este segmento en el que se centra este TFC.

Como se ha indicado anteriormente, la viabilidad económica de este tipo de proyectos pasa por obtener unos ratios atractivos de rentabilidad de la inversión realizada en la planta solar fotovoltaica, y esto se alcanza cuando conseguimos que la energía generada por la planta solar fotovoltaica y autoconsumida instantáneamente por el usuario tenga un coste de generación inferior al coste de compra de esta misma energía a la compañía distribuidora. Si además conseguimos que la energía sobrante que no se autoconsume se nos retribuya o incentive la rentabilidad de nuestro proyecto será aún mayor. Se puede entonces definir el concepto de paridad como el punto en el cual los costes de producción fotovoltaica y convencional se igualan.

Como ya hemos apuntado, la paridad de red ya es un hecho, y esto queda patente de manera clara en la siguiente gráfica en que la consultora Creara refleja la evolución de los precios de generación de electricidad convencional para clientes en el segmento comercial (instalaciones de menos de 100 KW de potencia) frente a los costes de energía fotovoltaica en la isla de las Palmas de Gran Canaria.

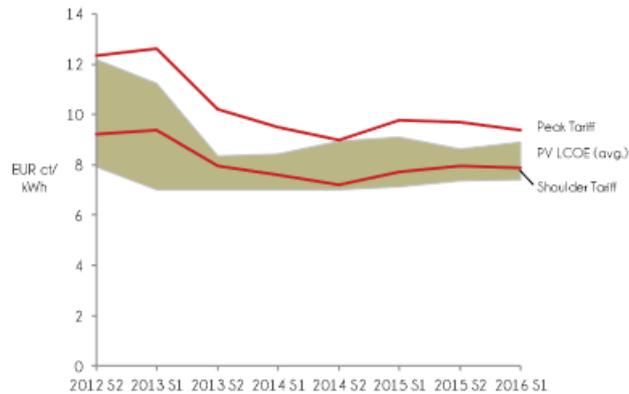


Figura nº 8. Comparativa de precios en Las Palmas (España). Fuente: Unelco Endesa – Creara PV Grid Paity Monitor.

Para simplificar el análisis se ha asumido que el 100% de la electricidad se autoconsume in situ, lo cual es técnicamente posible si se hace una buena planificación entre la demanda energética del consumidor y la producción fotovoltaica. También se ha centrado el estudio en una planta fotovoltaica sobre techo de una nave industrial del segmento comercial, con 30 KW de potencia contratada.

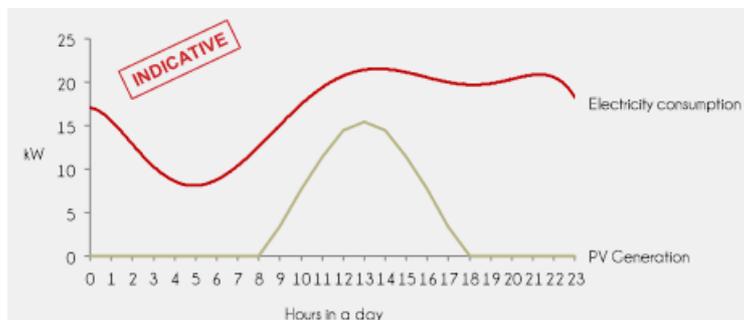


Figura nº 9. Consumo diario de electricidad y generación fotovoltaica. Fuente: Creara, 2016.

En las Palmas el precio de la fotovoltaica ya es competitivo frente al precio de la electricidad convencional en el sector comercial, lo cual se ha producido principalmente por dos factores:

- La importante caída de precios de los sistemas fotovoltaicos.
- La alta irradiación solar en la isla.

Sin embargo, la competitividad de la fotovoltaica se ha visto afectada negativamente por el cambio regulatorio de la tarifa eléctrica convencional en los últimos años, que ha reducido notablemente el coste de la parte variable de la factura, es decir, el precio de los kilovatios/hora consumidos, y ha incrementado el componente fijo, que es la

potencia contratada, y que tienen que pagar también las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Además es importante destacar que la percepción de los usuarios en el riesgo que suponen los cambios regulatorios (no sólo en el sector fotovoltaico sino en el de los precios de la electricidad), impactan negativamente en acercamiento a la paridad de red. Esta percepción se ha mantenido a pesar de la publicación del nuevo real Decreto 900/2015, sobre autoconsumo, y que en teoría venía a fomentar el uso de esta tecnología de régimen de autoconsumo.

La manera de analizar la competitividad de un sistema fotovoltaico frente a la electricidad convencional de la red es estudiando el coste de producción de la energía fotovoltaica, y para ser lo más ecuanimes posible se ha de tener en cuenta el coste de la electricidad generada durante toda la vida útil de la instalación, y que una vez calculado este, el precio futuro de la electricidad convencional en el futuro podría diferir a la previsión que hayamos fijado para nuestro estudio, aun teniendo en cuenta las revisiones del valor de la moneda, impuestos, etc.

La competitividad ha mejorado considerablemente, principalmente por la dramática reducción de los costes, que hace muy rentable de por si a esta tecnología en algunos países, como se verá más adelante en una comparativa. Esta realidad económica, cuando se combina con el apoyo de los gobiernos (mediante de esquemas de balance neto o mecanismos equivalentes) ha animado notablemente a los usuarios de muchos países para introducirse en sistema de generación cuyo precio del kilovatio producido y vertido a la red no está primado, como estuvo en España para las instalaciones conectadas a la red hasta el año 2011, lo que supuso un crecimiento insostenible del polémico y politizado déficit tarifario.

Aunque la tendencia indica un estancamiento de los precios a nivel global, la reducción de los costes de los últimos años desde los comienzos de la implantación de esta energía ha sido siempre a la baja gracias a la curva de experiencia inherente al desarrollo de cualquier tecnología.

Con los datos de España publicados en 2014, observamos que el precio de los módulos fotovoltaicos ha seguido la tendencia mundial descendente según podemos apreciar en el siguiente gráfico:

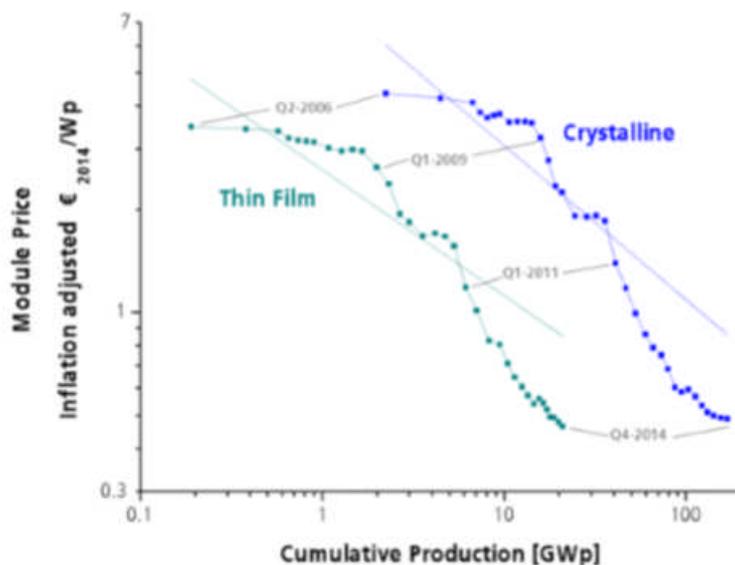


Figura nº 10. Histórico de precios de módulos fotovoltaicos. Fuente: Navigant Consulting EUPD, Agosto 2015.

Según Navigant Consulting, la reducción de costes podemos resumirla según las tablas siguientes:

Año	2014
Precio de módulo estándar	0,60 €/Wp
Mejor precio encontrado	0,50 €/Wp

Figura nº 11. Precios típicos de módulos en España en 2014. Fuente: Navigant Consulting, Agosto 2015.

Se trata de precios detectados en los catálogos de fabricantes durante el periodo de 2014.

Categoría/tamaño	Aplicaciones y descripción breve	Precio actual por watio(W)
Desconectadas de la red hasta un 1 KW	Aplicaciones domésticas, comunicaciones, carreteras, etc.	4,8
Desconectadas de la red > 1 KW	Agricultura (alternativa a motores diésel)	3,8
Conectadas a red sobre techo hasta 10 KW (residencial)	Cobertura de demanda doméstica	2,2
Conectadas a red sobre techo desde 10 a 250 KW (comercial)	Centros comerciales, hospitales, etc	1,5
Conectadas a red sobre techo mas de 250 KW (industrial)	Centros comerciales, hospitales, etc	1,2
Conectadas a red sobre suelo de mas de 1 MW	Venta mayorista de energía	0,45

Figura nº 12. Rango de precios según el segmento por potencia instalada en 2014. Fuente: Navigant Consulting, Agosto 2015.

Los costes globales de un proyecto de fotovoltaica se reducen notablemente conforme aumenta la escala del mismo. Para parques solares de grandes dimensiones el precio del watio instalado justifica la entrada de este tipo de productores en la venta mayorista en el mercado diario o intradiario de la electricidad, pero la rentabilidad de este tipo de instalaciones no es objeto de este TFC, como ya hemos apuntado anteriormente.

Precio/Wp	2011	2012	2013	2014
Sistemas residenciales < 10 KW	2,7	2,6	2,4	2,2
Comercial e Industrial	2	1,8	1,6	1,5
Sobre suelo (gran escala)	1,6	1,4	1,2	1,2

Figura nº 13. Evolución de los precios de los sistemas ftv en España en 2014. Fuente: Navigant Consulting, Agosto 2015.

Por otra parte, como se ha visto en varios países, la creciente penetración de estos sistemas de distribución distribuida, y no centralizada en grande centrales gestionadas por las principales compañías eléctricas, está empezando a poner sobre la mesa nuevos retos que tienen un impacto en el tema de la paridad de red:

- Para cubrir el coste del precio fijo de la factura de electricidad, países como Bélgica fijaron una bonificación por cada KW solar instalado, como hicieron en Estados Unidos estados como Arizona o Idaho.
- Para compensar la merma de ingresos que los gobiernos están sufriendo vía impuestos asociados a la electricidad que los usuarios compran a las energías eléctricas, países como España han valorado imponer una tasa a la generación de electricidad

Aunque la paridad de red es ya una realidad, la ayuda desde el punto de vista regulatorio es necesaria para espolear el mercado de la energía fotovoltaica. Se debería entender que esto no implica sólo medidas económicas sino de diversa índole como son el marco administrativo y medio ambiental. En este sentido, el estudio de Creara Consultores analiza varios países clave en el desarrollo de la fotovoltaica y en este gráfico muestra cómo influye la ayuda a la tecnología por la vía regulada a la penetración y competitividad de esta tecnología.

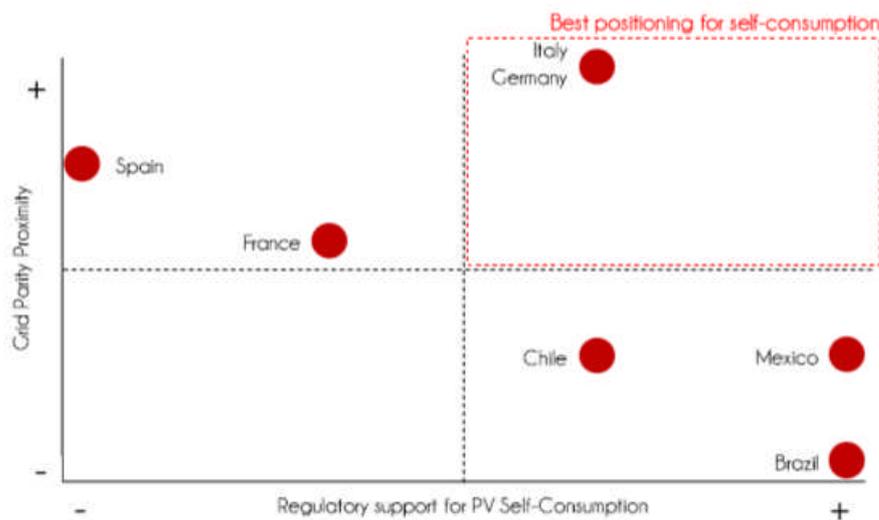


Figura nº 14. Matriz de posicionamiento de países en el segmento comercial en el primer semestre de 2016. Fuente: Creara PV report 2016.

Aunque más adelante desarrollaremos desde el punto de vista estratégico y económico una instalación concreta de una empresa española, disponemos de datos proporcionados por Endesa Energía sobre las rentabilidades de los proyectos fotovoltaicos según el segmento y el territorio en que se encuentre. Es importante señalar que este resumen se confeccionó justo antes de la entrada en vigor del último real decreto 900/2015, y por tanto estos números aun no estaban mermados por el llamado “impuesto al sol” que se describirá más adelante.

ANDALUCIA					
Consumo Anual kWh/año	Potencia FV kWn	Ahorro Generado €	Coste Sistema FV €	T.I.R %	PAYBACK años
90.000	10	2.462	20.110	12,4	8
180.000	20	4.788	39.103	12,4	8
360.000	40	9.577	75.972	12,6	8
540.000	60	14.365	107.255	13,1	8
720.000	80	19.153	134.069	13,6	7
900.000	100	24.159	165.254	13,6	7
ISLAS CANARIAS					
Consumo Anual kWh/año	Potencia FV kWn	Ahorro Generado €	Coste Sistema FV €	T.I.R %	PAYBACK años
100.000	10	2.585	20.110	13,1	8
190.000	20	5.170	39.103	13,5	7
380.000	40	10.341	75.972	13,7	7
570.000	60	15.511	107.255	14,1	7
760.000	80	20.681	134.069	14,4	7
950.000	100	25.826	165.254	14,4	7
CENTRO Y NORTE					
Consumo Anual kWh/año	Potencia FV kWn	Ahorro Generado €	Coste Sistema FV €	T.I.R %	PAYBACK años
100.000	10	2.252	20.110	11,2	9
190.000	20	4.503	39.103	11,5	9
380.000	40	9.006	75.972	11,7	9
570.000	60	13.510	107.255	12,3	8
760.000	80	18.013	134.069	12,7	8
950.000	100	22.516	165.254	12,7	8

Figura nº 15. Rentabilidad de instalaciones según zona geográfica. Fuente: propia

Superficie Util	POTENCIA DE LA INSTALACIÓN SOLAR FV	
	Cubierta Plana	Cubierta Inclinada
100 m ²	5 kW	10 kW
200 m ²	10 kW	20 kW
400 m ²	20 kW	40 kW
600 m ²	30 kW	60 kW
800 m ²	40 kW	80 kW
1.000 m ²	50 kW	100 kW
1.200 m ²	60 kW	
1.400 m ²	70 kW	
1.600 m ²	80 kW	
1.800 m ²	90 kW	
2.000 m ²	100 kW	

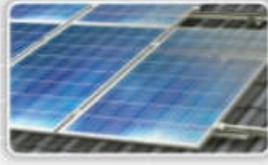



Figura nº 16. Relación entre superficie en una cubierta y máxima instalada. Fuente: Endesa Energía. 2015

Los cálculos anteriores se obtienen teniendo en cuenta la estimación de los siguientes parámetros técnico-económicos:

- Incremento anual del IPC del 3%
- Campo solar orientado al sur y con 20% de inclinación.
- Previsión de actualización de tarifa eléctrica +4% anual.
- Inclinación 20%.
- Autoconsumo simultáneo de 100% de la energía generada.
- Coste energía del cliente fijado en el precio medio de la cartera de clientes de Endesa Energía en el sector comercial.
- Paneles solares de silicio policristalino.
- Considerados gastos de mantenimiento y seguro de instalación.

2.4- Sostenibilidad, seguridad y salud. Tipos de tecnología, fabricación y reciclaje.

El sol es en el mundo la fuente de energía más abundante y limpia que existe, pero todavía nuestra electricidad y sistemas de transporte y distribución se apoyan en combustibles fósiles, y no en energía solar.

Poniendo recursos de combustibles fósiles del mundo en perspectiva con el sol, nos encontramos con que la energía producida a partir de todo el petróleo crudo actualmente en la Tierra es equivalente a la energía de aproximadamente 15 horas de luz solar que llega al planeta. Todo el gas natural en el suelo es de aproximadamente 24 horas de luz solar que alcanzan la Tierra, y todo el carbón actualmente en la Tierra tiene el mismo potencial de energía en forma de 80 horas de luz solar que llega a la superficie terrestre.

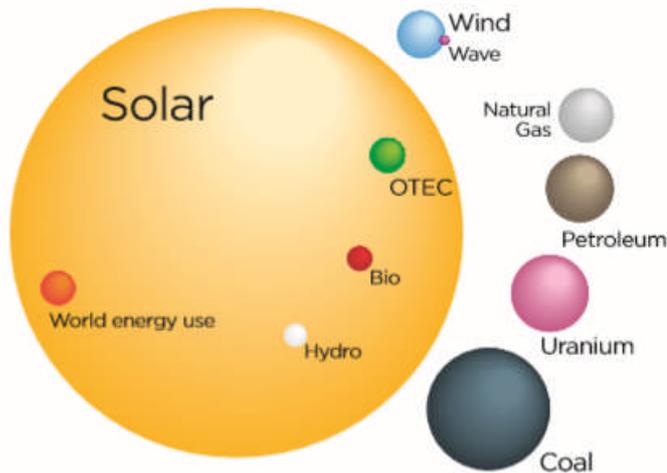


Figura nº 17. Potencial anual de las energías renovables. Fuente: Clean&Green Report 2015.

Históricamente, la industria solar ha afrontado el reto de competir en costes contra los combustibles fósiles, y afronta también retos adicionales ya que la fabricación a gran escala de paneles solares actualmente requiere numerosos componentes que son tóxicos para el ser humano y para el medioambiente. Durante años pasados, algunos fabricantes de importantes marcas no han cumplido con las normas de seguridad y salud e incontroladamente han usado químicos nocivos, incrementando la preocupación de la sociedad sobre la fabricación de paneles solares.

Al examinar los retos que la industria solar tiene por delante es importante tener en cuenta el impacto que los diferentes tipos de generación eléctrica tienen en el ser humano y en el medio ambiente. Aunque hay elementos químicos que son tóxicos usados en la fabricación de la mayoría de paneles solares, la generación de electricidad producida aprovechando el sol es significativamente más segura para el medioambiente y los trabajadores que aquella producida usando carbón, gas natural, o fisión nuclear. Por ejemplo, una vez que un panel solar se instala genera electricidad con cero emisiones, mientras que en 2010, centrales eléctricas de carbón en los Estados Unidos emitieron 1.996 millones de toneladas de dióxido de carbono y hubo 13.200 muertes en ese país directamente atribuibles a partículas procedentes de plantas que queman carbón como fuente primaria.

Diversos estudios, como Clean&Green, Best Practices (2015), destacan que muchos fabricantes de fotovoltaica batían continuamente estándares límite fijados para las emisiones de carbono, reducen el consumo de agua y la reutilizan en sus procesos, y están participando en programas internacionales voluntarios relacionados con la seguridad laboral. Algunas compañías también están migrando sus procesos para usar

materiales cada vez más seguros, apoyándose en energía renovable para suministrar los procesos que demandan más energía, reduciendo los desechos desarrollando procesos de reciclaje y recuperación de materiales, y mejorando la relación con sus trabajadores y las cadenas de suministro en las comunidades.

Según aumenta la demanda de energía fotovoltaica, es importante que las compañías continúen reduciendo el grosor de los materiales, los reutilicen y reciclen durante la fabricación. En combinación, esto puede redundar en un descenso de la demanda de materia prima y un descenso de la presión sobre los materiales con recursos limitados en la naturaleza. Yendo más lejos, paulatinamente la selección de proveedores teniendo en cuenta criterios de derechos laborales y respeto medioambiental y monitorizando continuamente dicho proceso de selección redundará en una mejora de las condiciones para trabajadores, protegerá el medio ambiente e irá minimizando las trabas y problemas que se producen en la cadena de suministro.

Para caminar hacia una fuente de generación más limpia es necesario que las políticas gubernamentales ayuden al desarrollo de energías alternativas, a las nuevas instalaciones e interactúen con las grandes eléctricas para que asuman un futuro donde una parte de la población genere energía de manera distribuida por todo el territorio. Las políticas debieran revisar los incentivos que actualmente tienen los combustibles fósiles y que suponen un gran obstáculo a los combustibles limpios a la hora de competir en costes.

En comparación con los combustibles fósiles, la energía solar ha sido históricamente cara sobre la base del coste por kilovatio. Además, la competencia global, en particular de China, está cambiando la dinámica de costes de manufacturing. Recientemente, el Departamento de Energía de Estados Unidos ha puesto en marcha una iniciativa, "SunShot," para reducir el costo de los sistemas de energía solar instalados a \$ 1 por vatio en 2020, y no es un objetivo irreal ya que el fabricante First Solar ya ha roto la barrera de \$ 1 por vatio para la fabricación de sus módulos y proyectos. Bloomberg New Energy Finance afirma que los costes de tecnología solar podrían caer hasta en un 40 por ciento en 2010-20 debido a la experiencia efectos de la curva de experiencia, que se producen cuando los costes disminuyen debido a la mejora de rendimiento a través de la eficiencia del trabajo, la creación de redes, cambios en la mezcla de recursos, la estandarización y la mejora de los métodos.

Tipos de tecnología.

Hay dos tipos principales de fotovoltaica (PV en adelante): silicio cristalino y de película delgada (Thin Film).

Dentro de las de película delgada, en la actualidad hay cinco tecnologías que han alcanzado o está próximas a llegar a la comercialización:

- telurio de cadmio (CdTe).
- silicio amorfo (a-Si).
- seleniuro de cobre, indio, galio (CIGS).
- la fotovoltaica orgánica (OPV).
- y células solares de tintes sensibilizados (DSSC).
- Las células de arseniuro de galio (GaAs), también se encuentran en producción. Son muy eficientes, pero actualmente muy caras de fabricar y se utilizan casi exclusivamente en los satélites y sistemas de energía solar concentrada.

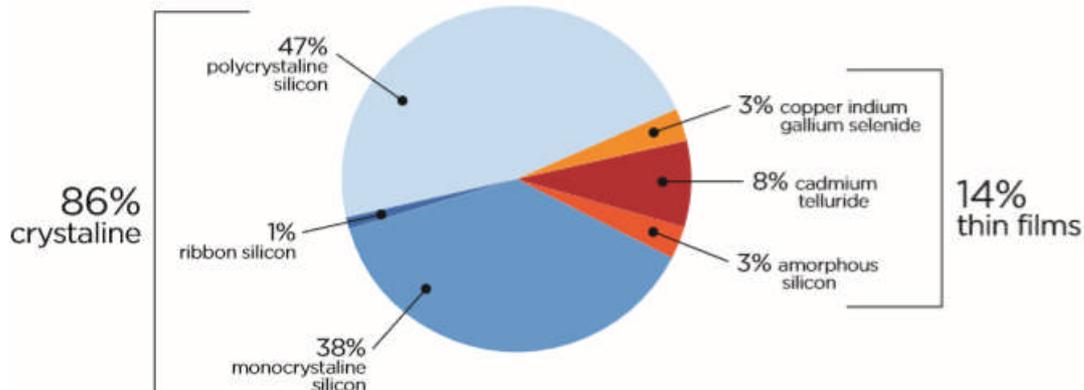


Figura nº 18. Distribución de tecnologías en el mercado a nivel mundial en 2010. Fuente: Clean&Green Report 2015.

En 2010, la PV de silicio cristalino cubrió el 87% del mercado. Las estimaciones para 2011 indicaban que la tecnología cristalina alcanzaría una cuota de mercado del 86%. 38% para el silicio monocristalino, 47% para el silicio policristalino, y 1% de silicio cinta. El 14% restante del mercado está en manos de las células de película delgada: 8% telurio de cadmio; 3% de silicio amorfo; y el 3% de cobre indio galio selenide.

Las células solares de silicio fueron las primeras en ser fabricadas y las células monocristalinas son, hasta el momento, el tipo más eficiente de PV para la transformación de la luz en energía eléctrica. El silicio puro necesita mucha energía para su fabricación, es costoso de producir, y se necesita una capa relativamente gruesa en las células solares con el fin de que la luz sea absorbida. Como tal, ha habido mucha innovación en las últimas décadas con el fin de reducir el espesor requerido para la producción de electricidad y para ampliar el espectro de la luz que las células solares pueden convertir en electricidad.

La historia de la energía fotovoltaica comenzó en 1839, cuando Alexandre Edmond Becquerel observó por primera vez la creación de voltaje o corriente, como resultado de la exposición de un material a la luz. Su historia continuó con el trabajo de Albert Einstein sobre el efecto fotoeléctrico, publicado en 1905, y el desarrollo de un proceso de Jan Czochralski para producir silicio monocristalino purificado en 1918. En 1954, fue desarrollada la primera célula solar capaz de alimentar los aparatos eléctricos en los Laboratorios Bell, y en 1963 se produjeron los primeros módulos solares en serie.

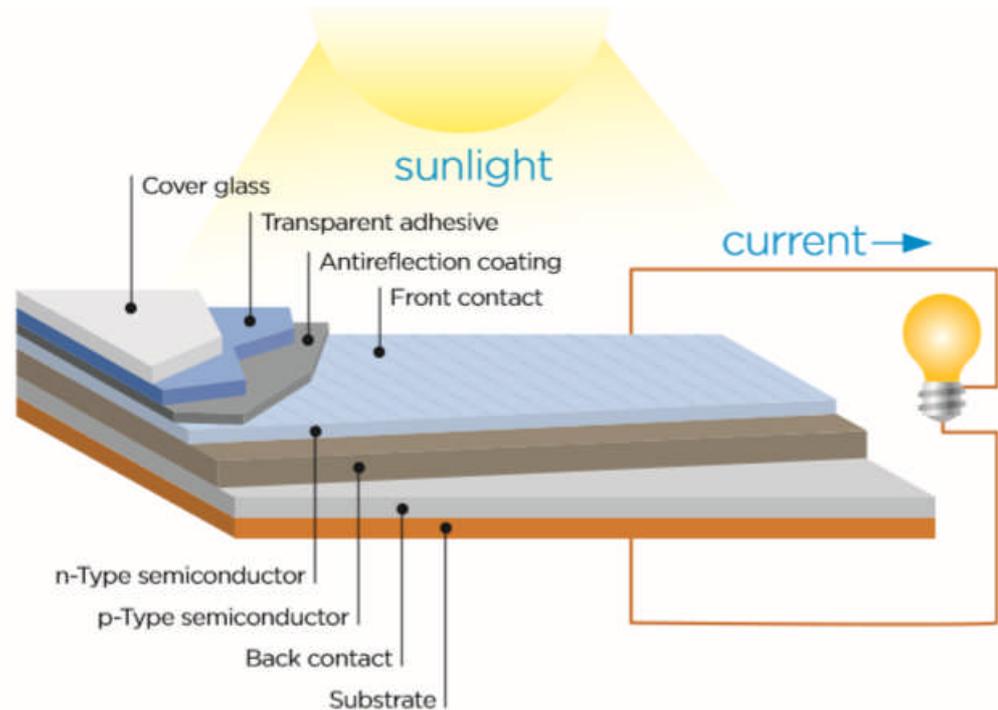


Figura nº 19. Componentes de una célula solar. Fuente: First Solar website (www.firstsolar.com).

Las nuevas invenciones en PV, incluidas nuevas tecnologías, estudian las distintas limitaciones de los módulos - la mejora de materiales, reducción de los costes de producción, y la creación de nuevas aplicaciones - y aumentan la eficiencia y la facilidad de uso de la energía solar.

Debido al alto coste de fabricación de silicio purificado y el espesor requerido con el fin de crear energía eléctrica, la tecnología de película delgada le ha ido ganando terreno. Las películas delgadas son menos caras de fabricar, pero son actualmente menos eficientes que los módulos de silicio cristalino. Las eficiencias de películas delgadas están aumentando, pero el rango de eficiencia varía significativamente entre las diferentes subtecnologías. La eficiencia de las células de laboratorio realizadas con CIGS es del 20,3%; CdTe 17,3%; a-Si 12,5%; sensibilizadas por colorante 11,1%; y OPV 8,3%, mientras que la eficiencia del silicio cristalino es del 27,6%.

Una de las razones de que existen diferentes tecnologías de película delgada es que cada material absorbe diferentes espectros de luz y requiere diferentes espesores de material para hacerlo. Cada color en el espectro de la luz tiene una cantidad diferente de energía. El material semiconductor de banda prohibida coincide con un espectro específico de la luz. Si la coincidencia es correcta, la luz libera un electrón a partir del material - si la luz tiene menos energía que la banda prohibida, no se liberan electrones para producir energía eléctrica. Si la luz tiene más energía que la banda prohibida, el electrón está en libertad, pero la célula también pierde el exceso de energía en forma de calor. Por lo tanto, las capas de materiales con diferentes espacios entre bandas se pueden combinar en una sola célula con el fin de convertir la mayoría de la luz en energía eléctrica sin perder energía del sol en forma de calor. Cuanta más luz se convierta sin pérdida de calor, la célula es más eficiente.

Otras innovaciones en PV están siendo impulsadas por la aplicación de otros materiales

solares. Los paneles de células cristalinas son rígidos, como un panel de vidrio. La tendencia en el mercado se centra en crear materiales solares integrados en edificios según las curvas y superficies de las unidades arquitectónicas. También en el interés de recoger la energía solar y generar electricidad en telas - desde mochilas para teléfonos móviles y ordenadores portátiles a tiendas de campaña para generar electricidad para las tropas en el ejército. Sin embargo, el mercado actual para PV sigue estando dominado por los módulos rígidos.

Fabricación

La luz solar es capturada y convertida en electricidad mediante módulos fotovoltaicos. La fabricación de los paneles requiere una cantidad significativa de energía eléctrica y, en función de la ubicación de la instalación de fabricación, la electricidad deriva principalmente de combustibles fósiles. Por ejemplo, el 45% de la electricidad generada en los EE.UU. es a partir del carbón, el 23% de gas natural. El 81% de la generación de energía de China es fuente térmica convencional. Por lo tanto, la fabricación de paneles solares que utilizan la electricidad en los EE.UU. o en China depende significativamente de los combustibles fósiles.

Cada vez más, las compañías fotovoltaicas tienden a elegir emplazamiento teniendo en cuenta la cercanía a la fuente de generación de energía limpia de la región, y a utilizar sus paneles para reducir aún más la dependencia de combustibles fósiles. Por ejemplo, las instalaciones de REC en Noruega son alimentadas por energía hidroeléctrica, en Singapur por el gas natural y la energía solar, y en los EE.UU. por el gas natural y la hidroelectricidad. First Solar ha comenzado a instalar plantas de energía solar en los tejados de sus instalaciones de fabricación. Se ha instalado 1,3MW en el techo de su planta de Frankfurt (Oder), y ha instalado 1.7MW de un 2.8MW planeado en sus instalaciones en Perrysburg, Ohio - un estado en el que se genera el 83,7% de la electricidad con carbón. La fuente de electricidad para el consumo durante la producción del módulo tiene un impacto significativo sobre la huella de carbono de dicho módulo.



Figura nº 20. Dentro de una fábrica de producción de módulos solares en China. Fuente: Yingli Solar website (www.yinglisolar.com).

En una fábrica de PV, la principal preocupación es la protección de los trabajadores frente a la exposición en su entorno inmediato a materiales que tendrían un impacto negativo en la salud. En ese orden de ideas, es importante que las instalaciones de fabricación utilicen protocolos de seguridad firmes. Las empresas encuestadas en el informe de Green&Clean respondieron que realizan análisis de riesgos de trabajo, cursos de formación, auditorías, e implementan controles internos desde los comités de seguridad laboral. Además, las instalaciones cumplen con el Código Internacional de Construcción (IBC) y el Código Internacional de Incendios (IFC), y están certificados ISO 14001, SA 8000, OHSAS 18001, NFPA, y CGA. First Solar también tiene equipos de seguridad que incluyen un proceso de rotación laboral e incluye un sitio web interno para fomentar la comunicación interna. La compañía también tiene un proceso de replicación, copia inteligente, en la que asegura que todo el equipo y el sistema de cambios, incluidas las realizadas por razones ambientales, de salud y seguridad, son revisados, probados, y administrados a nivel corporativo y luego implementados de manera sistemática en cada sitio.

Reciclaje.

La reciclabilidad y el reciclado de paneles solares son elementos importantes para un proceso de control de calidad. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE) encontró residuos electrónicos (e-waste) en el sector, que es uno de los de más rápido crecimiento en flujos de residuos, y en particular de residuos tóxicos electrónicos. Es el crecimiento del comercio de materiales electrónicos y sus desechos una preocupación tanto por los compuestos tóxicos que pueden ser liberados en el medio ambiente, como por la exposición a los seres humanos al final de la vida útil del producto, y porque estos y otros compuestos son económicamente valiosos y pueden ser reutilizados en otros productos.

La reutilización de metales y compuestos es un aspecto importante para la sostenibilidad corporativa de las empresas, ya que la reutilización de metales tiene mucho menos impacto ambiental que los materiales vírgenes, y se consigue un mayor nivel de seguridad de los productos, la salud y la seguridad cuando los compuestos tóxicos están restringidos.

Una buena práctica en la industria manufacturera es la que tiene en cuenta la vida útil del producto además del diseño. La idea detrás de esto es que el producto está diseñado para que sus componentes se puedan desmontar y volver a utilizar en nuevos productos.

Como Suntech, que fabrica los paneles con el 85% de material reciclado y ellos mismos a su vez son 100% reciclables y no tóxicos. First Solar también diseña sus paneles con el final de su vida útil en mente. Más del 90% de los componentes de los paneles solares se reciclan específicamente y tanto Solar como First Solar recuperan y reciclan los materiales semiconductores de sus módulos. SolarWorld ha inaugurado recientemente una empresa asociada, SolarCycle, con un programa que genera metales a partir de materiales reutilizados en los paneles.

Por tanto, la mejora de la responsabilidad corporativa del productor (EPR) puede garantizar que las empresas reduzcan el desperdicio durante la fabricación, que los módulos sean recuperados al final de su vida útil, y que las partes componentes se vuelven a utilizar ya sea en nuevos módulos o en diferentes productos. Como parte de sus programas de ERP, Solar y First Solar incluyen el coste de la recuperación del módulo al final de su vida útil como parte del precio de venta.

First Solar tiene un programa de recogida y reciclaje. Se ha estructurado del tal manera que garantiza los recursos para la recuperación y el reciclaje, independientemente de la situación financiera de First Solar. De esta manera el propietario del panel solicita la recogida de los módulos al final de su vida útil y la compañía proporciona el material de embalaje y transporte para la recuperación, y gestiona su reciclado con el fin de formar un bucle cerrado en la cadena de producción.

2.5.- Análisis de amortización energética en la fabricación de paneles solares. Huella de carbono.

Como ya hemos visto, los fabricantes tienen todavía un largo recorrido en cuanto a temas de reciclaje y contaminación ambiental de los materiales utilizados y su impacto en la salud de los trabajadores, pero queremos también preguntarnos qué pasa específicamente con la huella de la tecnología fotovoltaica en el medioambiente en cuanto a consumo de agua y energía necesaria para la fabricación de los paneles fotovoltaicos. Para ello hemos consultado la información que aporta cada fabricante, más o menos generosa dependiendo del caso, y hemos encontrado valores netos muy parecidos.

Para poder sacar conclusiones sobre el impacto ecológico traemos a la palestra los datos aportados por el primer fabricante en el ranking de 2015, según la consultora IHS. En concreto, los mayores proveedores fueron Trina Solar y Yingli Green Energy. Los diez mayores proveedores tuvieron una cuota del 49 por ciento en conjunto. Según el informe PV Integrated Market Tracker de IHS, a Trina y Yinli les siguen como mayores proveedores de módulos en 2014 por este orden Canadian Solar, Hanwha Solarone, Jinko Solar, JA Solar Sharp, Renesola, First Solar y Kyocera.

El fabricante TRINA SOLAR afirma supervisar cuidadosamente sus emisiones anuales de fabricación y la huella de carbono de sus productos. Reducen el uso de sus recursos de producción y las auditorías anuales del British Standards Institute (BSI) les ayudan a

monitorizar y realizar informes fiables sobre su progreso. En los últimos, publican, han reducido su consumo, tanto energético como hidráulico, en más de 60 % en cada caso.

En cuanto a la reducción del consumo de agua se refiere, toman las siguientes medidas:

- Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para tratar y reciclar el agua de la instalación.
- Medición cuidadosa del uso del agua.
- Maximización del uso de agua reciclada y del agua utilizada.

Y publican los siguientes resultados sobre los m³ de agua consumidos en relación a un MW fotovoltaico fabricado:

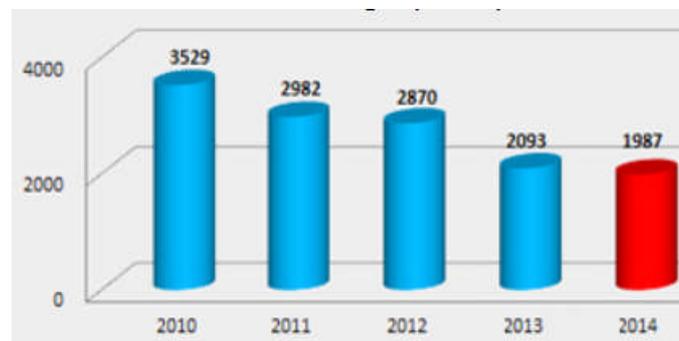


Figura nº 21. Consumo de agua (m³/MW) en la fabricación de paneles solares. Fuente: Trina Solar. 2016. (www.trinasolar.com)

Para la reducción del uso de energía eléctrica empleada en la fabricación de paneles solares toman las siguientes medidas:

- Recuperación y reutilización del calor residual de nuestra planta de silicio con agua de refrigeración.
- Uso selectivo de las unidades de refrigeración y de las bombas de calor enfriadas por aire.
- Recogida y reutilización del agua concentrada por osmosis inversa.
- Reducción del tiempo de regeneración del sistema de aire seco comprimido

Y aportan la siguiente estadística en cuando al consumo eléctrico de fabricación en Mwh con respecto a 1 MW de paneles producidos.

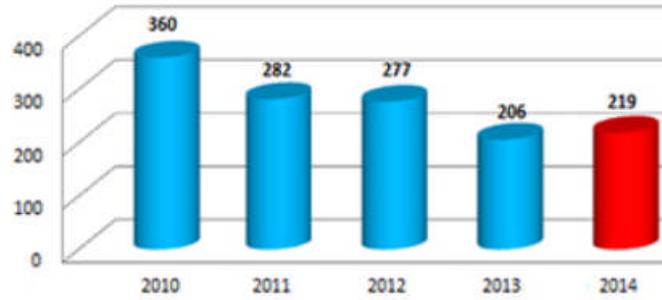


Figura nº 22. Consumo electricidad (MWh/MW) en la fabricación de paneles solares. Fuente: Trina Solar. 2016. (www.trinasolar.com)

Con esta estadística que, como hemos apuntado antes, es bastante aproximada a la publicada por el resto de fabricantes, podemos analizar el plazo de amortización energética de una planta fotovoltaica, es decir, cuanto tiempo necesitan los paneles fotovoltaicos para producir la energía que se ha requerido en su fabricación. En este TFC se expone, en su último capítulo, el caso real de una instalación fotovoltaica de 80 KW instalados, por lo que, para darle continuidad el proyecto, vamos a calcular el plazo de amortización energética de dicha instalación, que será obviamente extrapolable a cualquier otra potencia instalada.

En el año 2014, TRINA SOLAR necesitó emplear 219 megavatios/hora (MWh) por cada megavatio (MW) de potencia fotovoltaica fabricada en paneles fotovoltaicos. Lo que quiere decir que se necesitan 219 kwh para fabricar un 1 Kw de paneles fotovoltaicos.

Potencia (KW)	Energía usada en fabricación (Kwh)
1	219
80	17.520

Figura nº 23. Consumo para fabricación de planta ftv de 80 KW nominales: Fuente: Propia.

Potencia de planta (Kw)	80
Vida útil (años)	25
Energía anual generada (kwh)	141.674
Energía generada durante vida útil (kwh)	3.541.850
Energía consumida en fabricación (kwh)	17.520
Tiempo de amortización (días)	45

Figura nº 24. Amortización energética de planta fotovoltaica. Fuente: Propia.

Como podemos observar, el período de amortización energética de una planta fotovoltaica es notablemente reducido si lo comparamos con su vida útil, lo que quiere decir que el balance neto de emisiones de CO2 evitadas con esta tecnología es muy respetuoso con el medio ambiente.

Siguiendo por la senda del párrafo anterior, podemos comparar la huella de la generación fotovoltaica frente a otras fuentes de energía tradicionales. La Huella de Carbono es el conjunto de gases de efecto invernadero (GEI) asociados a las fases del ciclo de vida de la instalación, medidos en unidades de dióxido de carbono (CO2) equivalente. Con esta consideración, vamos a comparar las huellas de carbono netas anuales de las diferentes tecnologías.

Combustible	Producción anual kWh	Tn de CO2 eq
Fotovoltaica	141.674	-54,5
Gas natural	141.674	28,6
Gasóleo	141.674	37,2
Fuel	141.674	38,8
GLP Genérico	141.674	33,2
Carbón nacional	141.674	57,1
Carbón de importación	141.674	50,5

Figura nº 25. Huella de Carbono de fuentes de generación. Fuente: propia.

En todos los casos se ha supuesto una energía anual generada de 141.674 Kwh, aprovechando el cálculo del ejercicio anterior. Aunque la tabla habla por sí sola, en un año las emisiones de CO2 evitadas con una planta de generación fotovoltaica igualan al CO2 emitido por una planta de carbón, lo que nos muestra una clara magnitud del impacto ecológico que tiene cada tecnología.

3.- ANALISIS DEL MERCADO FOTOVOLTAICO.

3.1.- Desarrollo del ámbito internacional.

3.1.1.- Antecedentes y situación actual.

Capacidad Instalada global

Los 24 países asociados a la AIE (Agencia internacional de la energía) acumularon más de 156 GW de instalaciones fotovoltaicas por todo el mundo, en su mayoría conectadas a la red, a finales de 2014. Los otros 38 países que han sido considerados en este informe y no forman parte del programa de la AIE representaron 21 GW adicionales. En Europa: Reino Unido, con cerca de 5,3 GW, Grecia con 2,6 GW, República Checa con 2,1 GW instalado, Rumania con 1,2 GW y Bulgaria, con 1,0 GW y más abajo aun Ucrania y Eslovaquia. Fuera de Europa, los principales países con más instalaciones acumuladas en 2014 fueron la India con más de 3 GW, África del Sur con 0,9 GW, Taiwán, con 0,6 GW y en Chile con 0,4 GW. Muchos otros países de todo el mundo han comenzado a desarrollar PV pero pocos todavía han alcanzado un nivel de desarrollo significativo en términos de capacidad instalada acumulada a finales de 2014 como para ser mencionados anteriormente. Por tanto parece bastante certero afirmar que son 177 GW la capacidad de PV instalada a finales de 2014.

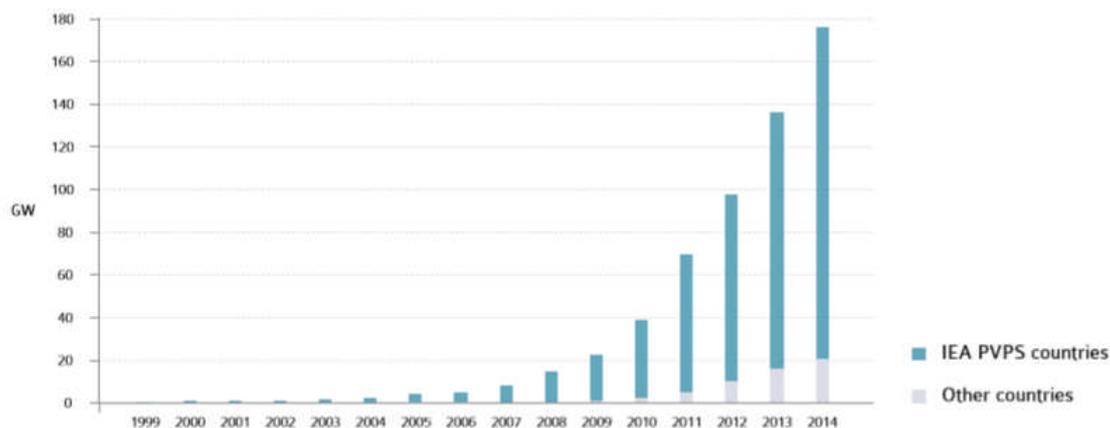


Figura nº 26. Evolución de instalaciones fotovoltaicas en el mundo. Fuente: PV Markets developments trends 2015.

La evolución del mercado.

Los 24 países de la AIE instalaron al menos 34,3 GW de energía fotovoltaica en 2014, con un mínimo de capacidad instalada en el mundo que asciende a 39,8 GW. Aunque es difícil rastrear instalaciones en los países no miembros de la AIE, la capacidad anual

mundial estaría alrededor de 40 GW acumulada solo en 2014. Sigue la tendencia de crecimiento mundial en 2014, después de otro año de crecimiento en 2013, y un estancamiento en 2012 en comparación con 2011. Los números finales de 2013 fueron revisados a la baja hasta 38 GW debido a una revisión de las instalaciones fotovoltaicas chinas. Con cerca de 40 GW, el mercado creció en 2014 en torno al 4,6%, el ratio más alto hasta la fecha.

China instaló 10,6 GW en 2014, un nivel sin precedentes ligeramente inferior al de 10,95 GW que colocó al país en el primer lugar con respecto a todas las instalaciones fotovoltaicas instaladas en 2013. El número inicial de 12,92 GW publicado el año pasado se revisó a la baja por las autoridades chinas en 2014. Estos números están en perfecta consonancia con su voluntad política para desarrollar fuentes renovables y, en particular PV en el corto y medio plazo.

El segundo lugar fue una vez más para Japón, con 9,7 GW instalados en el país en 2014, quedando muy cerca del récord chino.

EE.UU. instaló 6,2 GW de sistemas fotovoltaicos en 2014, con una participación creciente de las instalaciones de PV a gran escala en comparación con las instalaciones sobre techo.

El Reino Unido creció significativamente en 2014, convirtiéndose en el primer país en Europa con 2,4 GW.

Alemania instaló 1,9 GW, después de tres años a nivel de 7,5 GW por año, y un 2013 con 3,3 GW. La capacidad total instalada fotovoltaica es ahora más de 38 GW, siendo todavía el récord mundial en valor absoluto.

En conjunto, estos cinco países representan el 78% de todas las instalaciones registradas en 2014, y 72% en términos de capacidad instalada.

Ningún país restante ha instalado más de 1 GW en 2014. Los siguientes cinco lugares los ocupan Francia (0,9 GW), Corea (0,9 GW), Australia (0,9 GW), Sudáfrica (0,8 GW) y India (0,8 GW). En conjunto, estos 10 países cubrieron el 90% del mercado mundial de 2014.

Canadá y Tailandia instalaron respectivamente 633 y 475 MW. Italia instaló sólo 424 MW, frente a los 9,3 GW en 2011, 3,6 GW en 2012 y 1,7 GW en 2013. Se ha alcanzado, respectivamente, una capacidad de 1,9 GW, 1,2 GW y 18,6 GW.

Hay países que se han comportado de manera dispar con el tiempo. Bélgica tenía instalados sólo 79 MW y en 2014 ha llegado a más de 3 GW. Algunos países que crecieron de manera espectacular en los últimos años se han estancado: España asciende actualmente a 4,8 GW, seguido de República Checa con 2,1 GW.

En Dinamarca, el esquema de medición neta permitió que el mercado fotovoltaico a creciera rápidamente, pero en 2014 la transición hacia el autoconsumo empujó las instalaciones hasta los 42 MW frenando su tendencia muy positiva. Los Países Bajos (400 MW de 2014) registraron adiciones significativas, mientras que el mercado se ha estabilizado en Suiza (305 MW) y disminuyó en Austria (159 MW).

Malasia instaló 88 MW en el tercer año de su sistema de arancel (FIT), y Taiwán ha instalado 223 MW en un mercado creciente.

En América Latina, los datos oficiales para Chile muestran la instalación de 395 MW, un primer paso hacia el despliegue de energía fotovoltaica en la región. Varios GW adicionales de plantas fotovoltaicas se validaron en Chile y estaban en fase de construcción, mientras que más proyectos estaban apareciendo en Brasil y Honduras. El desarrollo real de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, parece que ha iniciado un camino sin retorno en la región, pero se espera que en 2015 se consolide esta tendencia.

En el Oriente Medio, Israel progresó rápidamente (200 MW), mientras que las instalaciones fotovoltaicas en Turquía comenzaron lentamente con alrededor de 40 MW instalados en 2014. Se anunciaron y confirmaron un gran número de proyectos, especialmente en los EAU y en Egipto.

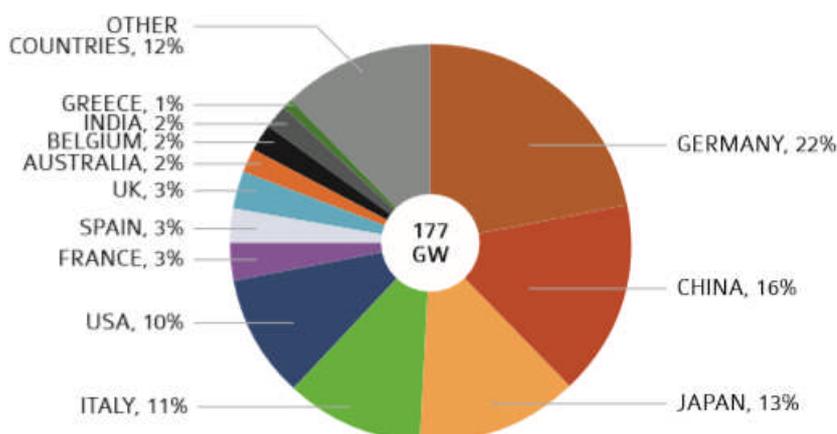


Figura nº 27. Capacidad fotovoltaica acumulada a final de 2014. Fuente: PV Markets developments trends 2015.

Con respecto a 2014, mientras que los grandes mercados como Alemania o Italia intercambiaron los dos primeros lugares entre 2010 y 2012, China, Japón y los EE.UU. obtuvieron los 3 primeros lugares en 2013 y 2014. La mayoría de los 10 líderes principales no han cambiado, excepto Rumania, que entró en el top 10 en 2013.

Francia regresó en 2014. El número de países de tamaño pequeño, con evoluciones impresionantes e insostenibles disminuyó, especialmente en Europa. En 2014, sólo los mercados con más experiencia fotovoltaica alcanzaron el top 10, siendo el final de una tendencia de crecimiento de pequeños mercados europeos en auge durante un año antes de colapsar. La República Checa experimentó una dramática absorción por el mercado en 2010, seguido inmediatamente por un colapso. Bélgica y Grecia instalaron cientos de MW varios años de una tacada. Grecia y Rumanía obtuvieron la marca GW en 2013 antes de derrumbarse. 2014 comenzó a mostrar una división de mercado más razonable, con China, Japón y USA remontando hasta los puestos de cabeza, mientras que la India, Rusia y Australia confirmaron su potencial de mercado. Sin embargo, el nivel de mercado necesario para entrar en este top 10, que creció muy rápido hasta el

año 2012, se redujo desde entonces: en 2014 solamente 779 MW fueron necesarios para llegar al top 10, en comparación con 811 MW en 2013 y 843 MW en 2012. El número de GW instalados también se redujo en 2014 a sólo cinco. Puede verse como un hecho que el crecimiento del mercado fotovoltaico se llevó a cabo en países con un mercado maduro y bien establecido, mientras que los mercados en auge no contribuyeron significativamente en 2014. La reducción del tamaño de varios mercados europeos no fue compensada por el crecimiento de nuevo mercados de Asia o América.

RANKING	2012	2013	2014
1	GERMANY	CHINA	CHINA
2	ITALY	JAPAN	JAPAN
3	USA	USA	USA
4	CHINA	GERMANY	UK
5	JAPAN	ITALY	GERMANY
6	FRANCE	UK	FRANCE
7	AUSTRALIA	ROMANIA	KOREA
8	INDIA	INDIA	AUSTRALIA
9	GREECE	GREECE	SOUTH AFRICA
10	BULGARIA	AUSTRALIA	INDIA
MARKET LEVEL TO ACCESS THE TOP 10			
	843 MW	811 MW	779 MW

Figura nº 28. Evolución del ranking de top 10 en el mercado fotovoltaico. Fuente: IEA PVPS 2014.

“Prosumers” en alza (ver significado del término en apartado 3.2.4).

Se ha identificado en muchos países el avance progresivo hacia esquemas de auto-consumo. Mientras que los mercados como Bélgica o Dinamarca se están alejando de la medición neta sobre una base progresiva (a través de impuestos, por ejemplo), se espera que los mercados emergentes se acerquen a este esquema de negocio. Son más fáciles de instalar en cualquier lugar y no requieren mucha inversión, ni es obligatorio formar parte del complejo y regulado mercado mayorista de la electricidad para obtener beneficios por los excesos de electricidad fotovoltaica. La medición neta se ha anunciado o puesto en práctica en Dubai, Líbano, Chile, Ontario (Canadá), y algunos estados de la India. La tendencia va en la dirección del auto-consumo de energía eléctrica fotovoltaica, con una regulación adecuada que ofrece un valor para el exceso de electricidad, ya sea por su ajuste, medición neta, o facturación neta.

El crecimiento continuado de los proyectos a gran escala.

La tendencia más destacable de 2014 es casi seguro el anuncio de decenas de proyectos fotovoltaicos a gran escala en los nuevos países de todo el mundo. Los

proyectos aparecían y se esperaba que los números de instalación comenzaran a ser visibles en los países donde el desarrollo fotovoltaico estaba limitado hasta 2014. Muchos países publicaron licitaciones con el fin de seleccionar los proyectos más competitivos. Esta tendencia ha continuado en 2014 con nuevas ofertas que propusieron Alemania, Dubai, Jordania, Brasil, Honduras y otros. Debido a la necesidad de competir con los bajos precios de la electricidad al por mayor, las ofertas ofrecen una alternativa para liberar el mercado, al tiempo que favorece las soluciones más competitivas.

Italia tenía el record de fotovoltaica instalada por grandes proyectos con 9,3 GW de potencia anual instalada, siendo batido en 2013 por China con sus 10,95 GW, y se ha mantenido en 2014 con 10,6 GW. Japón, con 9,7 GW en 2014 y 6,9 GW en 2013 representa la segunda entrada de esta lista para ambos años. EE.UU. con sus 6,2 GW instalados en 2014 se clasifica en 3er lugar seguido por el Reino Unido. Incluso con 1,9 GW, instalaciones de Alemania en 2014 permitieron a este país acceder al top 10 y perder un solo lugar, en comparación con 2013. Los países que instalan al menos 1 GW de sistemas fotovoltaicos en un año disminuyeron por primera vez en varios años. Sólo cinco países alcanzaron la marca en 2014, mientras que varios otros estaban justo por debajo de la marca (Francia, Corea, Australia, África del Sur y la India).

Como se ha destacado también en la siguiente figura, los incrementos de capacidad fotovoltaica se han trasladado de Europa a Asia desde 2012.

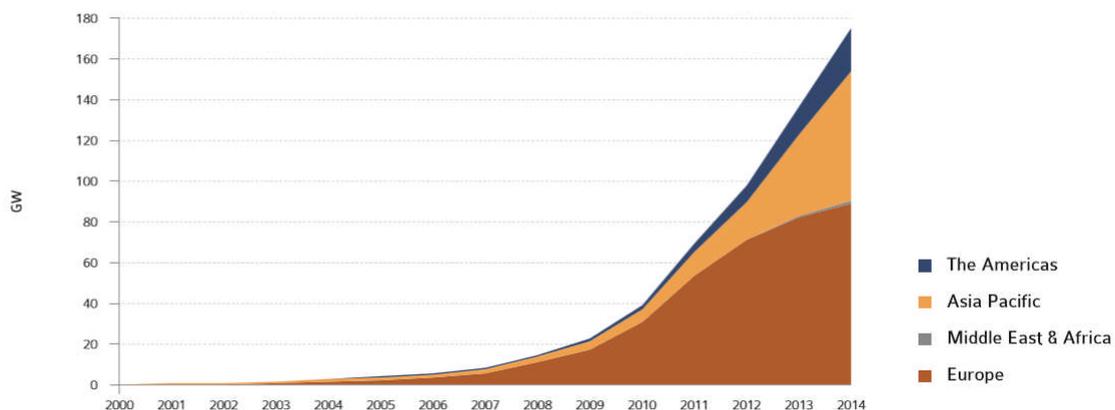


Figure nº 29. Evolución regional de las instalaciones fotovoltaicas. Fuente: IEA PVPS 2014.

Desarrollo de mercado de las instalaciones aisladas de la red.

El mercado de instalaciones aisladas apenas puede compararse con el mercado conectado a la red. El rápido despliegue de la energía fotovoltaica conectada a la red empuja dramáticamente al mercado aislado de la red que la siguiente figura muestra claramente.

Sin embargo, en varios países las aplicaciones fuera de red se desarrollaron más rápidamente que en el pasado impulsadas por algo de apoyo específico por parte de los gobiernos.

En Australia, 16 MW de instalaciones aisladas se instalaron en 2014. En China, se estima que se instalaron 40 MW de aplicaciones fuera de la red en 2014, con un porcentaje desconocido de sistemas híbridos. Se puede considerar que la mayoría de las aplicaciones industriales y sistemas de electrificación rural son muy probablemente híbridos. En la mayoría de los países europeos, el mercado de fuera de red sigue siendo muy pequeño, dedicado sobre todo a aplicaciones en sitios remotos, ocio e instalaciones de comunicación aisladas. Algunos sitios de montaña están equipados con PV como alternativa a llevar combustible a lugares remotos, de difícil acceso. Sin embargo, este mercado sigue siendo, como decimos, bastante pequeño, con un máximo de pocos MW instalados por año y por país, como fueron los 1,1 MW en Suecia.

En Japón se instalaron algunos MW, con lo que la capacidad instalada superó los 125 MW, principalmente en el segmento no doméstico.

En algunos países, los sistemas conectados a la red con generadores diésel o baterías químicas de respaldo representan una alternativa viable con el fin de llevar la red a zonas remotas. Esta tendencia es específica para países con horas de sol suficientes durante todo el año para hacer una instalación fotovoltaica viable. En los países más desarrollados de Europa, Asia o América, esta tendencia se mantiene oculta y el desarrollo futuro de las aplicaciones fuera de la red, muy probablemente se vea por primera vez en islas remotas. El ejemplo de Grecia es bastante interesante en Europa, con numerosas islas que no están conectados a la red continental donde se han instalado decenas de MW de sistemas fotovoltaicos en los años anteriores. Estos sistemas, que proporcionan electricidad a algunos miles de clientes, requieren una rápida flexibilidad de gestión de las mini-redes que abastecen con el fin de hacer frente a fuertes crecimientos en la demanda de energía fotovoltaica. Por ejemplo, en las islas francesas del Mar Caribe y el Océano Índico ya se han impuesto los códigos de red específicos para los propietarios de sistemas PV: la producción de energía fotovoltaica ha de ser planificada según un plan de gestión de demanda de la red. Otro ejemplo es la isla de la Reunión (Francia), que operaba más de 150 MW de PV en finales de 2014 para una población total de 840.000. Si bien esto representa aproximadamente el 50% de la nueva energía fotovoltaica en Alemania, la capacidad de la red en una pequeña isla para absorber los cambios rápidos de producción y consumo es mucho más limitada.

Fuera de la red de AIE, Bangladesh instaló una impresionante cantidad de sistemas de PV fuera de la red en los últimos años. Más de 3 millones de sistemas estaban en funcionamiento a finales de 2014, con al menos 135 MW instalados. Se espera a finales de 2017 que 6 millones de instalaciones fotovoltaicas abastezcan las necesidades de electricidad de más de 30 millones de personas.

Perú se ha comprometido, como muchos otros países, con un programa de electrificación rural con PV.

India ha previsto hasta 2 GW de instalaciones conectadas a la red en 2017, incluyendo 20 millones de luces solares en su Misión Solar Nacional. Estas impresionantes cifras muestran cómo la fotovoltaica ahora representa una alternativa competitiva para el suministro de electricidad en las zonas donde todavía no se han desplegado las redes tradicionales. En la misma forma que los teléfonos móviles conectan a las personas sin

las líneas tradicionales, la fotovoltaica se percibe como una forma de proporcionar electricidad sin costosas redes de distribución. El reto de proporcionar electricidad para la iluminación y la comunicación, incluido el acceso a Internet, verá el progreso de la energía fotovoltaica como una de las fuentes más fiables y prometedoras de la electricidad en los países en desarrollo en los próximos años.

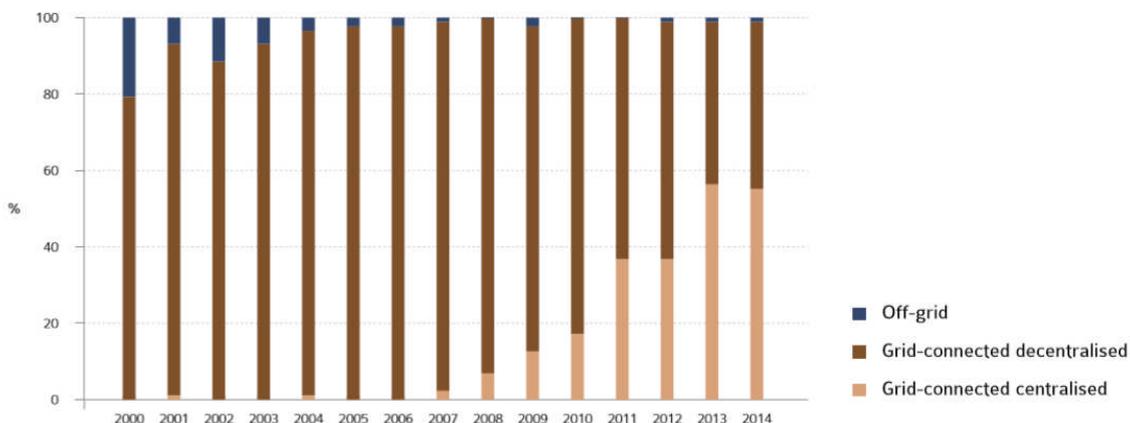


Figura nº 30. Proporción entre instalaciones solares conectadas a red y aisladas. Fuente: IEA PVPS 2014.

Almacenaje de la energía producida. Baterías.

2014 fue un año de importantes anuncios en materia de almacenamiento de electricidad, aunque en paralelo el mercado no se mueva muy rápido. La razón es bastante simple: existen pocos incentivos y por tanto el número de oportunidades de mercado donde el almacenamiento de electricidad podría ser competitivo se reduce. De hecho, sólo Alemania tiene incentivos para el almacenamiento con batería en los sistemas fotovoltaicos e Italia tiene un sistema de devolución de impuestos.

En general, el almacenamiento de electricidad con baterías es visto por algunos como una oportunidad para resolver algunos problemas técnicos y operativos de integración de la fotovoltaica en la red convencional y para aumentar los ratios de autoconsumo de las instalaciones fotovoltaicas. Sin embargo, el coste de una solución de este tipo les impide en gran medida utilizarla por el momento. En las instalaciones fotovoltaicas a gran escala, las baterías se pueden utilizar para estabilizar la inyección de la red y, en algunos casos, para proporcionar servicios auxiliares a la red.

3.1.2- Cifras de empleo en el mundo.

En 2014 el conjunto de las tecnologías renovables, excluida la gran hidroeléctrica, han generado casi 8 millones de empleos. La fotovoltaica, por su propia naturaleza, es la tecnología que más empleos generó, con 2,5 millones a nivel global. En consonancia con los datos de instalación, 1,6 millones de dichos empleos se generaron en China. Los empleos crecieron también en Japón y EE UU, y disminuyeron en Europa. Irena calcula que el descenso del empleo relacionado con la fotovoltaica en la Unión Europea descendió en más de 150.000 empleos sólo en 2013 (último año con datos completos).

En contraposición con el retroceso en Europa, los datos de EE UU son claramente positivos. En 2014 se crearon en el mercado norteamericano alrededor de 160.000 empleos relacionados con la tecnología. Más de dos tercios estuvieron relacionados con la construcción de nuevas instalaciones, pero también fueron destacados los crecimientos de empleo en manufactura de placas fotovoltaicas y equipos.

A nivel global, los próximos años auguran un gran crecimiento del empleo fotovoltaico, sobre todo en áreas relacionadas con la actividad de satisfacción del cliente como son el servicio postventa. Un crecimiento que se dará no sólo gracias a la construcción de grandes plantas fotovoltaicas en todo el mundo, sino especialmente al desarrollo de instalaciones de generación distribuida



Figura nº 31. Cifras de empleo en renovables en Europa. Fuente: Irena Report 2016.

3.1.3.- Evolución de I+D+I

La producción de paneles fotovoltaicos en el mundo alcanzó los 46 GW en 2014. Pese al crecimiento de nueva potencia instalada, en 2015 existe un riesgo de sobreproducción. Esta situación está llevando a las empresas fabricantes de paneles y otros componentes básicos a avanzar en la obtención de economías de escala. Como resultado, continúan reduciéndose los costes de fabricación, que consolidan la tendencia descendente de los últimos años.

La reducción de los costes de la tecnología fotovoltaica es tal, que a pesar del gran aumento del número de instalaciones, el coste total de inversión es cada año menor.

La asimetría que vive el sector entre diferentes regiones se expresa también en los fondos dedicados para investigación. Así, EE UU anunció un presupuesto de 439 M\$ en programas de investigación fotovoltaica, que duplicaba el presupuesto del ejercicio anterior, mientras que Alemania reducía ligeramente los fondos hasta los 54,7 M\$.

La era de las bajadas rápidas de precios para células y módulos fotovoltaicos todavía no ha acabado. Todos los tipos de módulos tienen todavía un amplio margen de mejora, pero los módulos de silicio cristalino continúan dominando el mercado con una cuota del 90%. Los fabricantes de película delgada (thin-films), pueden todavía aumentar la

eficiencia y la durabilidad de sus módulos. Los proveedores fotovoltaicos de baja y alta concentración también se están esforzando por reducir sus costes y competir con los sistemas sin concentración, en las zonas de alta irradiación.

La industria fotovoltaica ha demostrado que puede continuar reduciendo los costes y aumentando la eficiencia de los módulos comerciales.

El mayor despliegue ha impulsado la mayoría de las reducciones de costes en la última década. Sin embargo, son las mejoras tecnológicas actuales las que darán lugar a las reducciones futuras de costes.

El record en células de alta eficiencia, alcanzado en superficies muy pequeñas, no tiene por qué traducirse inmediatamente en módulos de altas eficiencias comerciales y asequibles. De hecho, los mayores ahorros han venido de pequeñas mejoras.

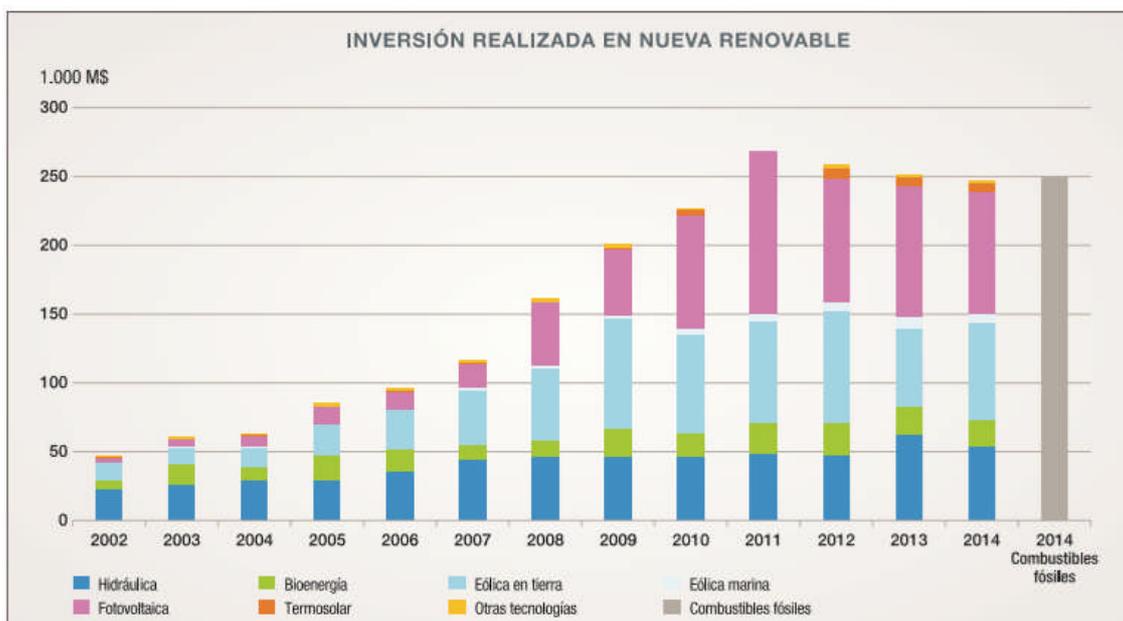


Figura nº 32. Inversiones realizadas en tecnologías de generación renovables. Fuente: IAE

3.2.- Desarrollo del ámbito nacional.

3.2.1- Antecedentes y situación actual.

Marco general.

Durante el año 2015 apenas hubo potencia fotovoltaica nueva agregada a la red eléctrica española. Se hicieron algunas instalaciones de autoconsumo, pero sin conexión a la red, por lo que es muy difícil dar un número razonable de nuevas incorporaciones de potencia.

Con el precio real de los componentes fotovoltaicos y las condiciones de irradiación en España, la paridad de red se consigue con facilidad en toda la geografía española, sin

embargo, las instalaciones de autoconsumo conectadas a red parecen no ser un buen negocio en España, dados los impuestos aplicados al productor de electricidad fotovoltaica y la estructura tarifaria del precio del kilovatio fotovoltaico que lo hace muy poco atractivo con respecto a la oferta estándar.

En estas circunstancias, el desarrollo de la empresa fotovoltaica está fuertemente influenciado por los resultados de pruebas o decisiones políticas.

Sin embargo, en este ambiente turbulento, ha habido también hechos positivos. En concreto, Iberdrola, la eléctrica española, ofrecía a los clientes el estudio, construcción y financiación de instalaciones llave en mano de autoconsumo como producto estándar. No hay noticias todavía sobre el éxito de una iniciativa de este tipo, pero podría ser el origen de futuras nuevas propuestas. Endesa también está ofreciendo propuestas llave en mano de un carácter similar, y en este proyecto se expondrá un caso de oferta concreta. En relación con el marco general de las energías renovables y la energía solar fotovoltaica en particular, 2015 ha experimentado una disminución neta de cobertura de la demanda de electricidad producida por renovables por primera vez en los últimos 10 años. La cobertura de la demanda eléctrica ha sido 37,3% para el año 2015 (42% en 2014). La siguiente figura muestra la evolución de ese parámetro desde 2008 y, aparte de una "estabilización" en 2010-2011, 2015 es un verdadero paso atrás con respecto a la tendencia anterior.



Figura nº 33. Evolución de la cobertura de la demanda eléctrica en España por energías renovables. Fuente: (2008, 2009 de la CNE, y 2010 -2015 de REE)

El análisis de la contribución de las diferentes tecnologías renovables (hidráulica, eólica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica, fuentes de carbono bajas térmicas y otras renovables) muestra una clara disminución de la energía hidroeléctrica (del 16% al 11,9%) y una notable baja cobertura de viento (de 19,3% a 18,4%). Como ninguna nueva capacidad se ha añadido en la energía eólica en España, parece que la menor contribución de esas energías podría haber sido debido a las causas climáticas. Sin embargo, mientras que la cobertura de electricidad eólica había ido en aumento, junto con un aumento de la potencia instalada, la hidroeléctrica presenta una capacidad estable que parece moverse históricamente de una manera cíclica. Las tecnologías solares han aumentado ligeramente la cobertura de la demanda (la solar térmica se aproxima a 2,0% y la fotovoltaica cerca de 3,14%). En resumen, la fotovoltaica ha contribuido a la cobertura de la demanda eléctrica con 8.264 GWh, un 3,14%, valor ligeramente superior a la de años anteriores que permiten posicionarla en tercer lugar en el ranking de productores de energías renovables, mientras que la energía eólica sigue líder de la contribución renovable a la la generación de electricidad con 4.380 GWh, un 18,4% del total. La siguiente figura muestra la evolución de la generación de electricidad para las diversas fuentes en España desde 2007.

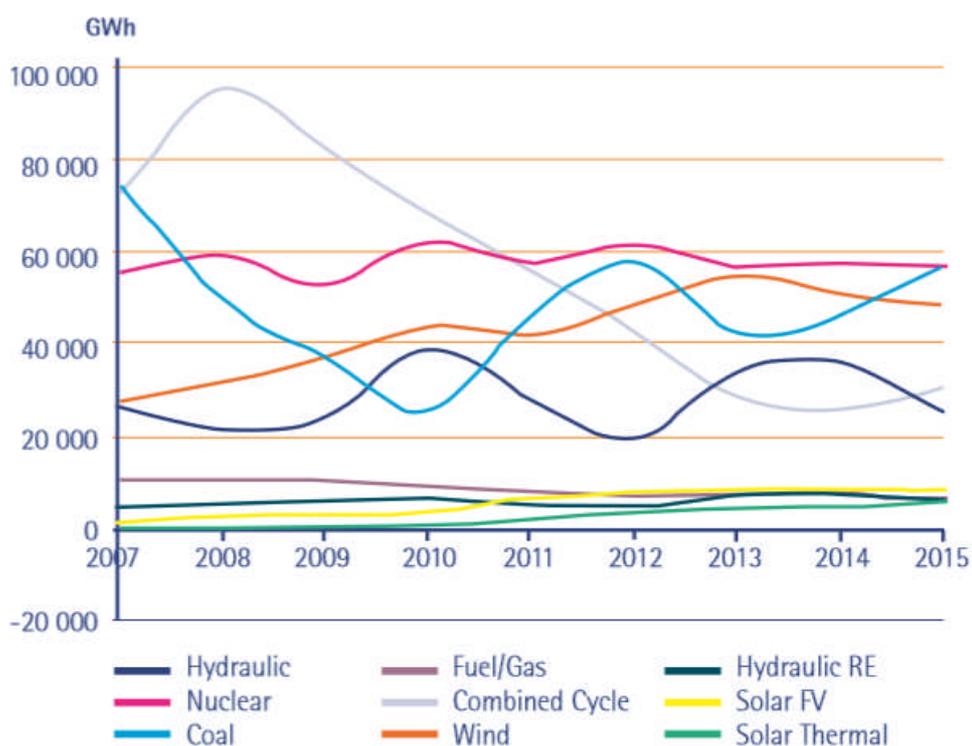


Figura nº 34. Evolución de la producción de electricidad en España en todas las fuentes de energía. Fuente: REE (Red Eléctrica Española)(www.ree.es).

En valores absolutos, el lado renovable en 2015 ha ido claramente hacia abajo en el conjunto de tecnologías. La eólica y la hidráulica se han visto superadas este año por el carbón y ciclo combinado. La contribución de fotovoltaica (lejos) permanece casi constante al no añadir nuevas capacidades y, en la parte superior, la nuclear permanece bastante estable. Sin embargo, en este escenario, debe mencionarse que la demanda

total de electricidad durante el 2015 en España se redujo a 263.094 GWh; 1,41% menos con respecto al número en 2014.

La siguiente figura muestra la evolución de la capacidad fotovoltaica instalada, y la correspondiente generación de electricidad debido a la capacidad absoluta de fotovoltaica. El gráfico muestra la casi nula evolución durante los 3 últimos años, debido principalmente a la falta de nueva potencia fotovoltaica añadida (por lo menos en los que se refiere a instalaciones conectada la red). Sin embargo, la UNEF (asociación fotovoltaica en España) ha estimado un aumento de la capacidad de cerca de 40 MW debido al autoconsumo.

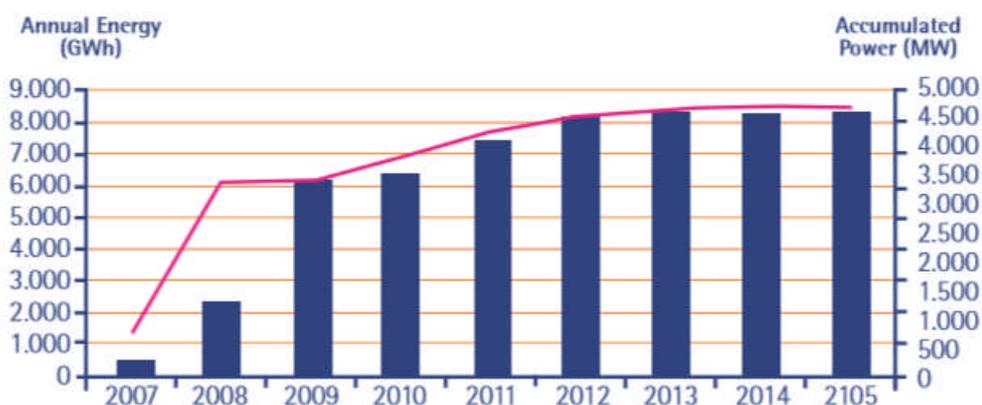


Figura nº 35. Evolución de producción de electricidad y de capacidad instalada de energía fotovoltaica. Fuente: UNEF-CNMC; La producción entre 2012 – 2015 son datos preliminares de REE).

Otro punto de interés en relación con la electricidad producida por fotovoltaica es la cobertura de la demanda mensual. En la siguiente figura, el parámetro se presenta desde el año 2010. El valor máximo en la cobertura de la demanda por fotovoltaica se ha dado en verano y corresponde a los meses de irradiación más altas, pero no es el caso en el año 2015. El verano muy caliente de 2015 tuvo una demanda de primera calidad y la contribución de PV para cubrir la demanda de los meses de julio y agosto bajó a valores en el rango de 3,7%, lo que por lo general, desde 2011, se encontraban dentro del rango del 4,5%.

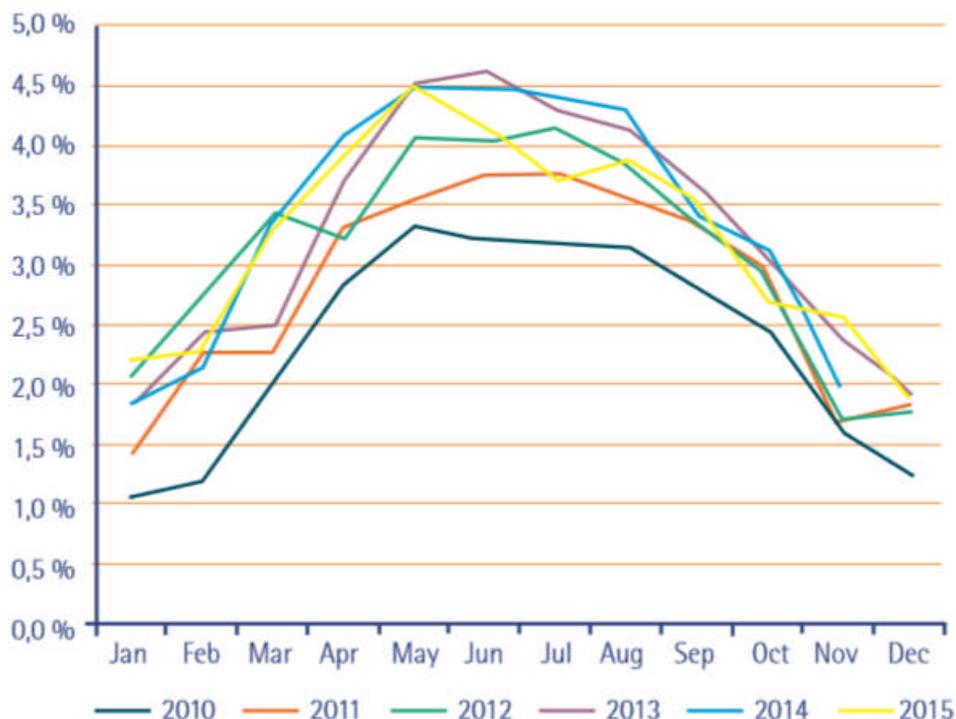


Figura nº 36. Cobertura mensual de la demanda por energía fotovoltaica. Fuente. REE

Los valores para el año 2015 se obtuvieron a partir de los datos preliminares reportados por REE, operador de la red (Red Eléctrica de España), a partir de diciembre de 2015 para ambos territorios peninsulares y extra-peninsulares, y la información final para el año aparecerá en el plazo de julio-septiembre de 2016.

Programa nacional de energías renovables (PER)

El 37,3% de cobertura de la demanda eléctrica con energías renovables registrada en 2015 puso a España de nuevo en el camino para alcanzar la meta de 38,1% establecido en el PER (Plan de Energías Renovables) para la cobertura de la demanda eléctrica en 2020. En anteriores años ese valor fue claramente superado, lo cual no ha sido el caso en 2015. Las condiciones climáticas específicas y ninguna incorporación nueva a la capacidad instalada de renovables han sido la causa de esto.

Sin embargo, la situación relativa de la fotovoltaica es más complicada, si miramos desde 2011, y tenemos en cuenta la senda de potencia acumulada prevista por el PER (valores para lograr el objetivo de 2020 en una rampa razonable). El caso es que el acumulado real para el tipo de instalación fotovoltaica ha sido muy inferior a lo se requería, y la FV instalada a partir de 2015 debe ser 5,41 GW, mientras que todavía está en 4,67 GW. La brecha se está acercando a 1 GW y seguirá en un aumento si no se toman medidas en relación con la instalación fotovoltaica en España. La figura siguiente muestra la evolución de los valores reales de la instalación fotovoltaica anual y potencia acumulada instalada hasta el 2015, en comparación con los originalmente estimados sobre la base de los PER con el fin de alcanzar los objetivos de 2020. Se deberían tomar acciones claras en materia fotovoltaica para recuperar la senda marcada por el plan.

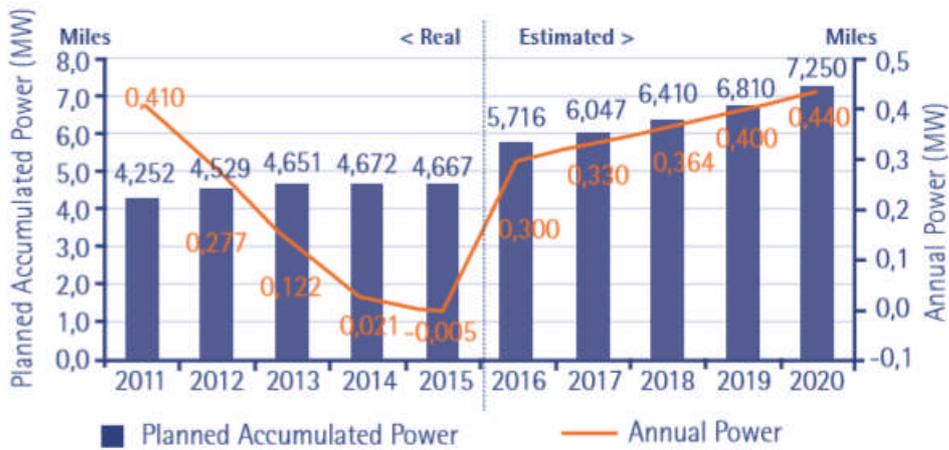


Figura nº 37. Planificación de capacidad fotovoltaica acumulada e instalada hasta 2020. Fuente: REE (Valores reales hasta 2015 y según PER hasta 2020).

Evolución.

El año 2015 ha pasado sin tener un agregado neto de capacidad fotovoltaica. De hecho, en los resultados preliminares del operador de la red de REE (Red Eléctrica de España), el número parece haber disminuido en 5 MW, por lo que se considera que el valor es constante durante el año 2015. La siguiente figura presenta la evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España desde el año 2000.

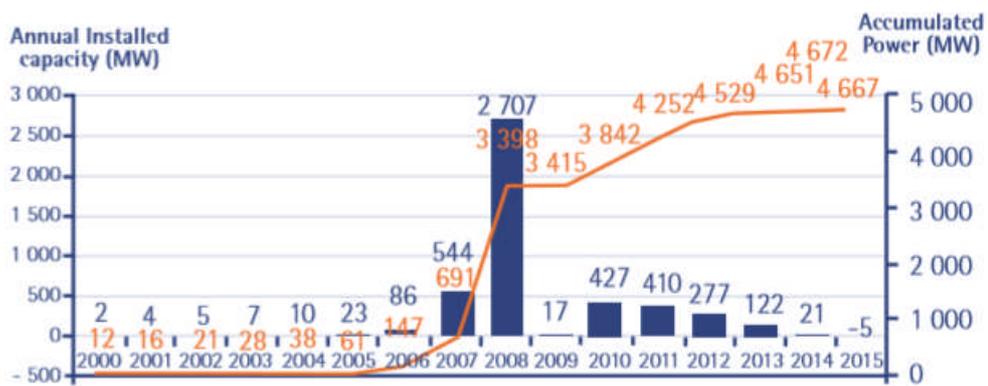


Figura nº 38. Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España. Fuente: REE (Red eléctrica Española)

Como está ocurriendo en la mayoría de los países que tenían un sistema de primas a la producción fotovoltaica, al principio, las instalaciones fueron claramente impulsadas por razones económicas (2004 - 2008). Pero más tarde, en España se produjo la reducción de primas en las tarifas, desde el año 2008 y desde 2012, la eliminación total de las dichas primas. En estas circunstancias, e incluso cuando la paridad de red se logra con

claridad en el país y las grandes plantas fotovoltaicas podrían ser un negocio muy rentable, las grandes instalaciones de este tipo parecen no haberse materializado. Seguramente, los promotores retienen sus inversiones esperando un marco jurídico más claro y estable.

La siguiente figura muestra la evolución de los precios de la energía fotovoltaica conectada a red. La comparación se realiza con respecto al precio medio EUR/cents/kWh pagado por la electricidad generada (precio del pool) a partir de 2015. No ha habido ninguna tarifa "feed-in" desde 2012.

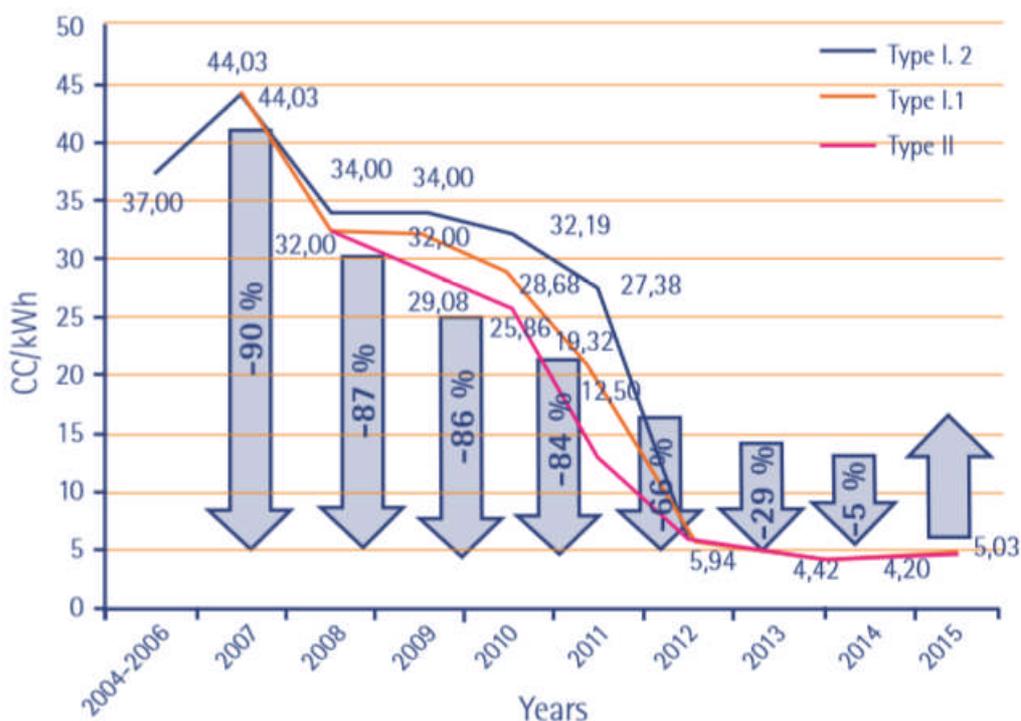


Figura nº 39. Evolución de la tarifa fotovoltaica en España. Fuente: UNEF.

Los valores de la electricidad utilizados para calcular la evolución en el gráfico anterior son el promedio anual. El precio spot promedio mensual no es una constante y depende de muchos hechos (mezcla de tecnologías de generación, el precio del combustible, recurso renovable, la demanda, etc.). Los valores de 2015 se representan en la siguiente figura. El valor medio (5,03 EUR/cents) es mayor que el de 2014 (4,20 EUR/cents).

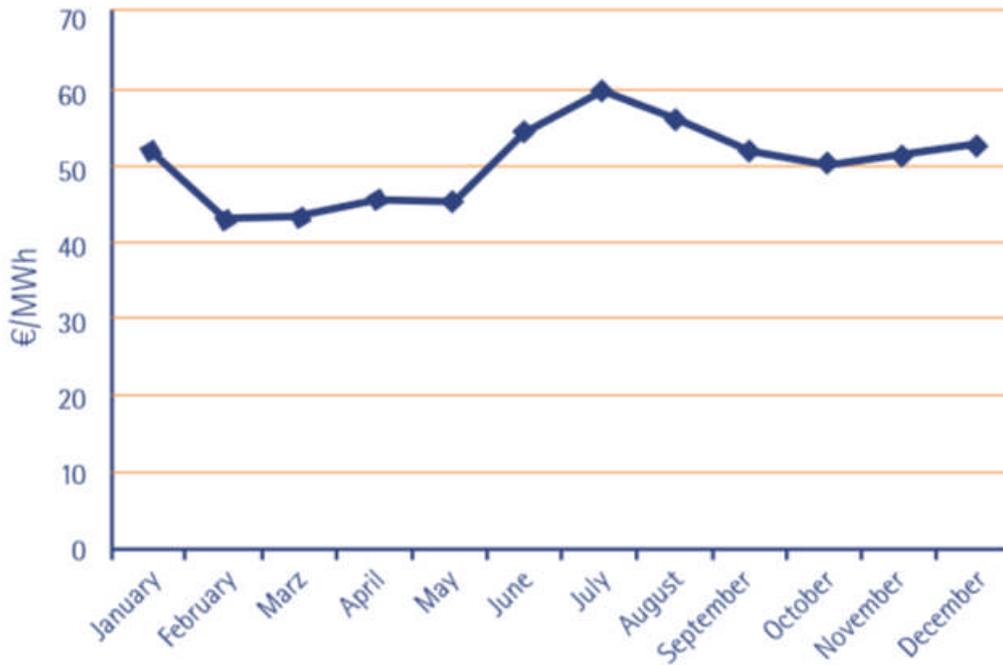


Figura nº 40. Media mensual de los precios del mercado spot. Fuente: OMIE (www.omie.es)

Con estos valores de precio spot (el mismo en toda España) en la figura nº 40, y dependiendo de las condiciones de irradiación de diferentes áreas, es evidente que algunas regiones van a tener ventajas en el caso de la generación fotovoltaica, y que es la principal razón para el crecimiento no uniforme. La siguiente figura muestra la electricidad generada por energía fotovoltaica en las diferentes comunidades autónomas en España.

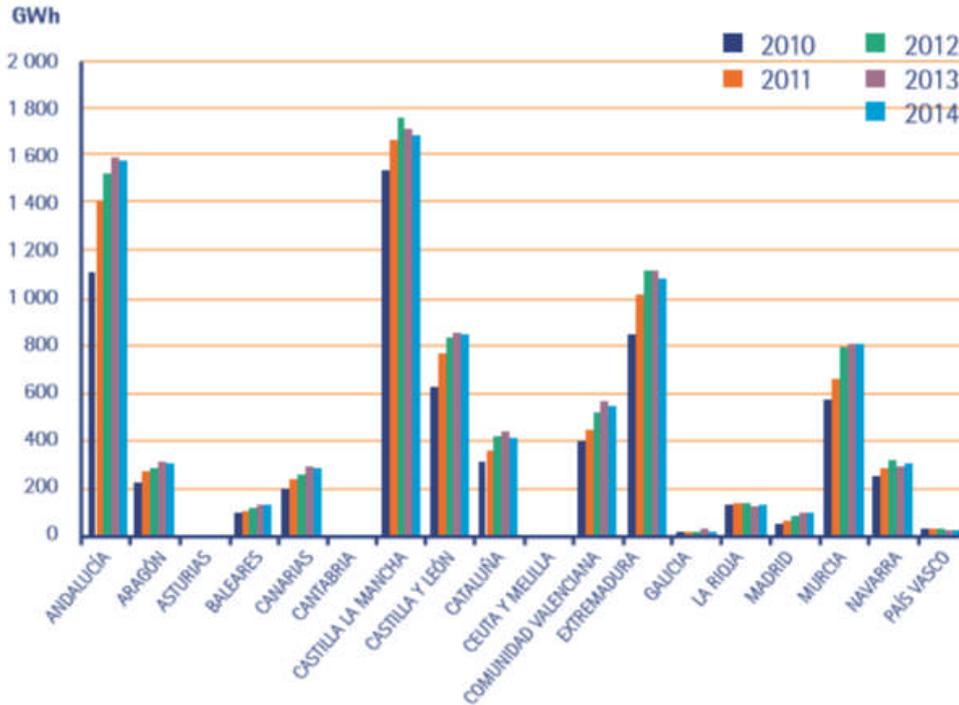


Figura nº 41. Evolución de la energía fotovoltaica generada por Comunidad Autónoma. Fuente: REE.

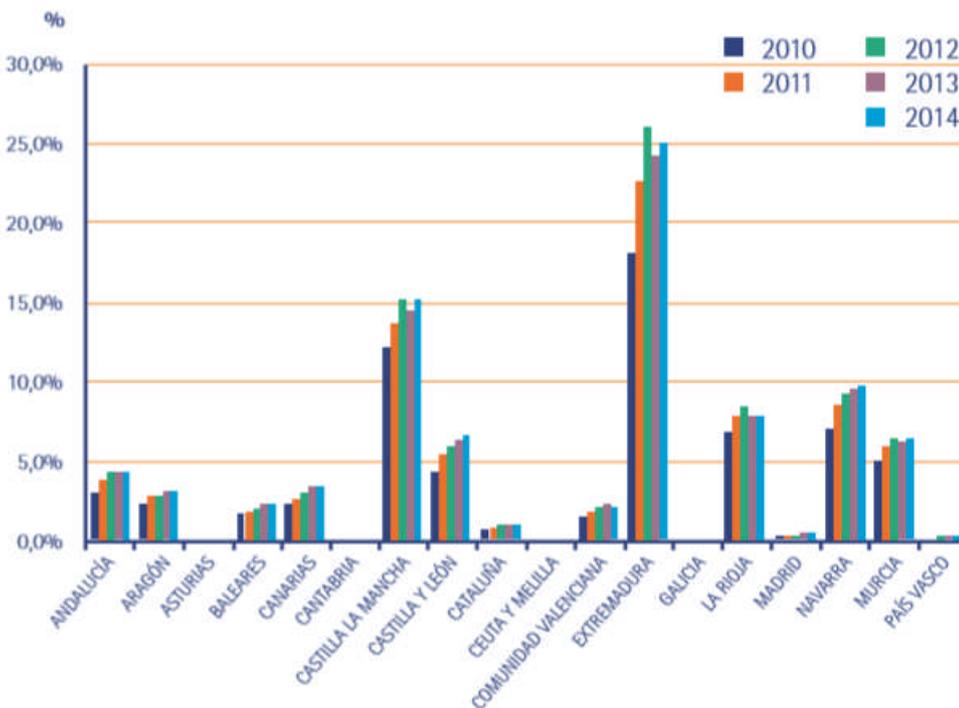


Figura nº 42. Evolución del porcentaje de la demanda cubierta con energía fotovoltaica. Fuente: REE.

También en función de la actividad en todas las regiones, el porcentaje de cobertura de la demanda local varía ampliamente por lo que es interesante ver la figura anterior sobre la cobertura de la demanda en porcentaje. La irradiación solar no es el único factor en

el desarrollo de la instalación fotovoltaica en España, como se ve en la capacidad instalada en todo el país.

Estado de la industria fotovoltaica.

Durante 2015, la industria fotovoltaica en España ha ido por el camino lento. El mercado interior también se encuentra en la misma situación y en resumen no se añadió casi ninguna energía fotovoltaica durante el año. Sin embargo, ha habido excepciones importantes que merecen mencionarse. En el lado de los componentes, la empresa BIPV Onyx Solar (www.onyx-solar.com) tiene una amplia actividad en nuevos diseños de integración arquitectónica fabricación e instalación de todo el mundo. El fabricante de módulos de ATERSA (www.atersa.com) o el fabricante del conversores INGETEAM (www.ingeteam.com) también han presentado buenos resultados de ventas en todo el mundo. Para los materiales, vale la pena mencionar la actividad de Silicio Ferrosolar (www.ferroatlantica.com). En [/ index.php / es / Ferrosolar el hogar](http://www.ferroatlantica.com/index.php/es/Ferrosolar-el-hogar)) en relación con UMG-silicio o EVASA para la fabricación de material encapsulante (www.evasa.net). Sin embargo, la actividad más exitosa de entre todas las empresas españolas en el mercado fotovoltaico en 2015, parece estar en el lado de la construcción de grandes plantas fotovoltaicas. TSK, FRW (antes FOTOWATIO), Acciona, ISOLUX, GESTAMP (futuro parte de X-HELIO) están entre aquellos que han sido responsables de las más recientes y más grandes construcciones de plantas en todo el mundo.

El desarrollo del mercado

El desarrollo del mercado en España ha sido muy bajo en 2015. Los enganches a la red han disminuido según el informe preliminar de operador de la red, Red Eléctrica de España (www.ree.es). Sin embargo, las buenas condiciones de irradiación y el precio de los componentes hacen de "paridad de red" una realidad en el país y, por lo tanto, tarde o temprano, las grandes plantas fotovoltaicas que están conectadas a la red sin tarifas reguladas o para autoconsumo empezarán a protagonizar la realidad en España de nuevo.

En ese sentido, todos los aspectos relacionados con la integración arquitectónica o de autoconsumo tienen recorrido claro en el mercado. Como muestra de ello, durante la última edición de la feria española de energías renovables, GENERA (febrero de 2015), el mayor éxito entre las conferencias y expositores estaba en las iniciativas y productos relacionados con el autoconsumo y la arquitectura, y el interés que ha suscitado.

Cabe esperar que, puesto que la integración arquitectónica de la energía fotovoltaica va ligada más en principio a la nueva construcción que a la reforma, tengan que pasar unos años para que el aporte a la capacidad fotovoltaica de esta técnica arquitectónica empiece a sumar de manera relevante en la capacidad fotovoltaica instalada.

Como hemos avanzado antes, el plan PER (Plan de energías renovables), contempla que la cota de energía fotovoltaica instalada en 2020 sea de 7,25 GW. Para alcanzar esa cifra es deseable que se produzca un crecimiento sostenible de la capacidad instalada, que debiera ser una rampa razonable, si no fuera porque ya en 2015 se

produjo una brecha importante entre lo conseguido y lo previsto (la FV instalada a partir de 2015 debe ser 5,41 GW, mientras que todavía está en 4,67 GW). La brecha se está acercando a 1 GW y seguirá en un aumento si no se toman medidas en relación con la instalación fotovoltaica en España.

Según los datos registrados por UNEF, la instalación de nueva capacidad fotovoltaica en España se ha duplicado en 2015 (+55%) hasta alcanzar los 49MW instalados frente a los 22MW de 2014. Esta nueva potencia instalada se reparte entre instalaciones de autoconsumo e instalaciones desconectadas de la red, sobre todo para uso agrícola, muy difícil de cuantificar en cuanto al número ya que no todas se registran en Industria para evadir el impuesto al sol. Sólo 2 MW corresponden a 43 instalaciones de potencia mayor a 100 KW, que no están en régimen de autoconsumo.

Para hacernos una idea del problema y de la solución, a continuación diseñamos una tabla con lo que debería ser la senda de crecimiento desde 2016 hasta 2020 para alcanzar el objetivo propuesto. Tomando como ejemplo lo sucedido en el año 2015 en cuanto a la tipología de instalaciones puestas en marcha, seguiremos el criterio de que cada año, el 5 % de la cuota va a ser cubierta con instalaciones a gran escala de más de 100 KW (grupo II), suponiendo una potencia instalada media de 100 KW, y el otro 95% por cierto por pequeñas instalaciones de autoconsumo en el segmento comercial, con una potencia media instalada de 30 KW (grupo I).

año	Consecución real MW	Objetivo neto MW	Crecimiento necesario MW	%	nº instalaciones grupo I	nº instalaciones grupo II
2015	4670	-	-	-	-	-
2016	-	5186	516	10	16340	258
2017	-	5702	516	9	16340	258
2018	-	6218	516	8	16340	258
2019	-	6734	516	8	16340	258
2020	-	7250	516	7	16340	258
					81700	1290

Figura nº 43. Plan de crecimiento de ftv hasta 2020. Fuente: Propia.

Se aprecia que sería necesario un ritmo de crecimiento constante de cerca de un 10% anual para alcanzar la cota prevista, y que el número de instalaciones anuales dadas de alta debiera ser de 16.598.

Otra manera de enfocar la previsión del crecimiento sería también tomando como ejemplo lo acontecido en 2015, pero en cuanto al dato del crecimiento de la cantidad instalada con respecto a 2014, en el que como vemos se dobló la cantidad. Si prevemos que el crecimiento neto va a ser siempre el doble del año anterior podemos confeccionar la siguiente tabla.

año	Consecución real MW	Consecución prevista MW	Crecimiento previsto MW	%	nº instalaciones grupo I	nº instalaciones grupo II
2015	4670	-	-	-	-	-
2016	-	4768	98	2	3103	49
2017	-	4964	196	4	6207	98
2018	-	5356	392	7	12413	196
2019	-	6140	784	13	24827	392
2020	-	7708	1568	20	49653	784
					96203	1519

Figura nº 44. Plan de crecimiento alternativo de ftv hasta 2020. Fuente: propia.

De esta manera no sólo se alcanzaría, sino que se superaría el objetivo marcado por el Plan de Energías Renovables de instalar 7250 MW fotovoltaicos a final de 2020.

3.2.2. - Cifras de empleo en España.

La realidad del sector expresada en la incertidumbre regulatoria no sólo pone en duda la rentabilidad de las plantas existentes y la viabilidad de las futuras, sino que genera efectos negativos en el empleo.

El desarrollo del sector fotovoltaico en España, de la mano del clima de confianza creado con los sucesivos sistemas de apoyo al desarrollo hasta 2008, generó empleo de calidad.

La paulatina pérdida de empleo se explica por los sucesivos recortes y por la falta de definición de horizontes por parte de los legisladores. Sin embargo, la expresión numérica no refleja otro factor derivado del deterioro de la confianza en el marco jurídico nacional: la pérdida de conocimiento y talento profesional y empresarial.

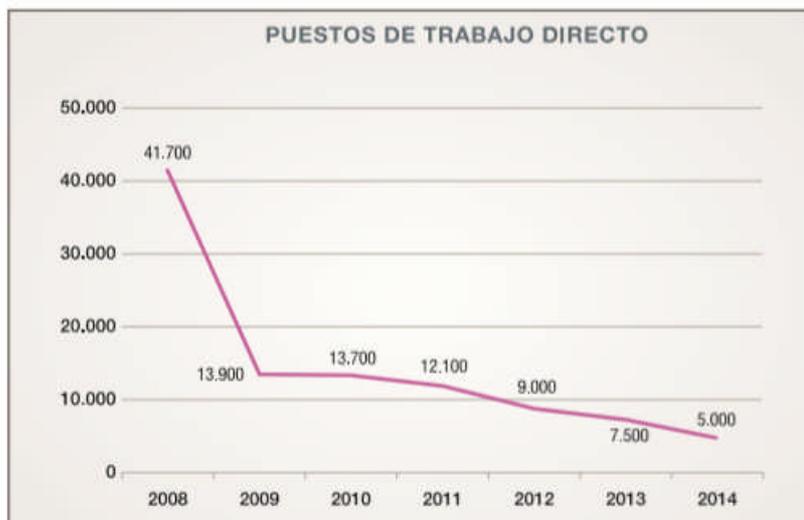


Figura nº 45. Evolución de puestos de trabajo directo en fotovoltaica. Fuente: UNEF

3.2.3 - Evolución de I+D+i en España.

Pocos ámbitos tecnológicos han mostrado una pujanza y nivel de excelencia en I+D+i semejantes al ocurrido en el sector fotovoltaico español en las últimas dos décadas. La eclosión del mercado de instalaciones fotovoltaicas en España y otros países del entorno europeo como Alemania e Italia durante el periodo 2005-2010, gracias a la aplicación de políticas de subvención a la producción de electricidad de origen fotovoltaico, originó un fenómeno sin precedentes, con la multiplicación de agentes y la creación de un tejido industrial de alto contenido tecnológico.

En pocos años vimos cómo se fue configurando en toda la geografía de la península un entramado de empresas fabricantes e instaladoras dispuestas a satisfacer las necesidades de un mercado creciente cuyo potencial fue incluso entonces subestimado. En aquel momento, todas las tecnologías fotovoltaicas que competían por obtener los mejores ratios de rendimiento y coste, tuvieron su oportunidad para dar el salto a la producción a gran escala.

Un modelo de negocio basado en la ejecución de grandes inversiones, con el apoyo de las administraciones (central, autonómicas y locales), y un contexto de fortaleza macroeconómica, permitieron arrancar iniciativas para fabricar en toda la cadena de valor del silicio (purificación, producción de obleas, células y módulos); se erigieron plantas de fabricación con tecnologías de capa fina y concentración fotovoltaica; se adaptaron o emergieron negocios para suministrar todo aquello que requerían los sistemas fotovoltaicos (inversores, seguidores solares, componentes o estructuras auxiliares); surgió una industria de bienes de equipos capaz de diseñar y proveer líneas automatizadas de fabricación de módulos. El buque insignia en este despegue fue la empresa malagueña Isofotón, que en aquellos años se posicionó en el top 10 de los fabricantes mundiales de módulos con una tecnología propia desarrollada años atrás por el Instituto de Energía Solar (IES) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Precisamente, ésta es una de las características diferenciadoras de este fenómeno y que lo convirtieron en algo inusual en el contexto tecnológico español: muchas de las iniciativas industriales que proliferaron durante esos años, se alimentaron de tecnologías desarrolladas en laboratorios y centros de investigación nacionales. La comunidad investigadora que protagonizó este proceso pasó en muchos casos a formar parte de las plantillas de estas empresas y paralelamente, la actividad de estos centros de I+D+i en ciencia y tecnología fotovoltaica creció en consonancia.

Esto dio lugar a un entramado de universidades, centros de investigación e innovación y departamentos de I+D+i de empresas que situó la actividad investigadora en energía solar fotovoltaica entre las más productivas del Estado y una de las más competitivas en su ámbito en el contexto global. A los centros pioneros como el IES de la UPM, el Instituto de Microelectrónica (TIM) de la Universidad del País Vasco (UPV-EHU), la Unidad de Fotovoltaica del CIEMAT, la Universidad de Barcelona, el Centro Tecnológico ROBOTIKER

La colaboración público privada situó la actividad investigadora en energía solar fotovoltaica entre las más productivas de España (actualmente integrado en la Fundación TECNALIA R&I) o la Universidad de Jaén, se sumaron pronto una larga lista

de actores que enriquecieron el espectro y crearon una masa crítica investigadora apreciable.

Al mismo tiempo, universidades y centros formativos articularon herramientas para la capacitación de personal especializado y se produjo un fenómeno de captación de talento expatriado sin precedentes.

A partir del año 2009 la situación cambió por causas varias entre las que cabe destacar la entrada en los mercados europeos de módulos fotovoltaicos de bajo coste fabricados en China con tecnología de silicio cristalino y, en particular, en España, por el giro radical de las administraciones en las políticas de apoyo a las energías renovables. Ante esta situación, las empresas españolas abordaron distintas estrategias, entre ellas la potenciación de la I+D+i dirigida a mejorar su competitividad, ya no sólo frente a otras fuentes de generación de electricidad sino frente al módulo fotovoltaico procedente de China. Pero a pesar de la desconfianza inicial de las entidades financieras valedoras de los proyectos de inversión ante una tecnología poco contrastada en instalaciones reales, el módulo chino se impuso por su agresiva reducción de costes (sobre la que siempre han pesado fundadas sospechas de prácticas de dumping).

Algunos datos facilitados por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) sobre la ejecución del VII Programa Marco de I+D de la UE en el periodo 2007-2013 permiten valorar la dimensión del proceso descrito: en fotovoltaica se ejecutaron 33 proyectos con una subvención de 132,2 M€ (5,9% de todos los recursos aplicados en las tecnologías energéticas); en 16 de ellos las empresas españolas participaron captando 15,7 M€ y, en 7 de aquellos, dirigieron el desarrollo. Este es un ratio destacable: el 21,2% de todos los proyectos europeos fueron liderados por entidades españolas; siendo las más destacadas, por orden, UPM, TECNALIA, Isofotón, ITMA, TSolar, Soldaduras Avanzadas, ISFOC, CENER, Acciona y Mondragón.

Gracias a la FV, el 21,2% de todos los proyectos europeos fueron liderados por entidades españolas

Por otro lado, datos facilitados por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) sobre el programa nacional INNPACTO en el periodo 2011-2013, muestran que, sobre un total de 193 proyectos aprobados, 24 de ellos correspondieron a fotovoltaica y, de los 329,4 M€ de ayudas totales (subvención + financiación) aportadas por MINECO, 45,6 M€ (13,8%) se aplicaron a la fotovoltaica.

La historia que sigue es de sobra conocida. En un contexto de crecimiento acelerado del mercado global de instalaciones fotovoltaicas, la industria europea de fabricantes de células y módulos no ha sido capaz de competir con el módulo chino "low cost" y en los últimos años hemos asistido al cese paulatino de la actividad de numerosas empresas fabricantes o a la venta de estos negocios a los propios productores asiáticos. España no es ajena a este fenómeno y, en 2014, de aquellos fabricantes de módulos que abundaron en 2008, solo la empresa ATERSA del grupo ELECNOR se mantiene como tal, gracias entre otras razones a un esfuerzo continuado y una apuesta clara por la I+D+i.

A la situación descrita hay que añadir, en el contexto español, por un lado, la magnitud de los recortes a la I+D+i por parte de las administraciones que, en el caso de proyectos de programas nacionales, puede estimarse en torno a un 40% desde 2008 y, por otro lado, la persistencia en las políticas contrarias al desarrollo de un mercado nacional de las energías renovables y, en particular, de la solar fotovoltaica.

Si volvemos a mirar a los datos, vemos que en 2014 el naciente programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea, continuación de los Programas Marco, ha financiado en fotovoltaica 4 proyectos con 16,83 M€ y una participación de dos entidades españolas con una financiación de 0,9 M€. Los datos de la primera mitad de 2015, apuntan a 3 proyectos liderados por entidades españolas que comentaremos más adelante, dos de ellos mediante el

Pese al clima adverso el programa europeo Horizonte 2020 financia 4 proyectos FV con 16,83 M€.

Por otro lado, en 2014, el programa Retos Colaboración de MINECO, ha financiado 4 proyectos en fotovoltaica, sobre un total de 37 proyectos en tecnologías energéticas; la ayuda total recibida ha sido de 4,1 M€, lo que refleja una caída cercana al 50% de los valores históricos, pero que se ve contrastada por la aprobación, en el mismo año, dentro de las líneas de financiación del CDTI, de 13 proyectos en fotovoltaica con una ayuda de 7,7 M€.

4.- Regulación del sector español.

4.1.- Marco normativo actual.

A la fecha de la publicación de este TFC, la normativa publicada más reciente que ampara a la fotovoltaica en España es el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

En el real decreto 900/2015 se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo definidas en los apartados a), b) y c) del artículo 9.1 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que son las que tecnológicamente existen en la actualidad. El artículo 9.1.d) relativo a cualquier otra modalidad de consumo de energía eléctrica proveniente de una instalación de generación de energía eléctrica asociada a un consumidor, queda reservado para aquellas nuevas tecnologías que puedan surgir y que requerirán de un desarrollo reglamentario posterior, previo a su efectiva implantación. Ello no obstante, entre tanto, si llegara a existir alguna instalación, deberá cumplir con los requisitos administrativos, técnicos y económicos regulados en este real decreto.

Además, en el real decreto se regulan las condiciones económicas de aplicación a las modalidades de autoconsumo definidas en los apartados a), b) y c) del artículo 9.1 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, determinando la aplicación tanto de los peajes de acceso como de los cargos asociados a los costes del sistema.

La ley en relación con el autoconsumo, tiene por finalidad garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto. En este sentido, el articulado de dicha ley establece la obligación de las instalaciones de autoconsumo de contribuir a la financiación de los costes y servicios del sistema en la misma cuantía que el resto de los consumidores. De manera simplificada, los consumidores eléctricos abonarán en sus facturas tres conceptos económicos: el coste de las redes, el resto de costes del

sistema (fundamentalmente retribución primada a las renovables, cogeneración y residuos, retribución adicional para las instalaciones de producción en los sistemas eléctricos no peninsulares y anualidad del déficit) y la energía (incluyendo el respaldo del sistema). Así los consumidores que realizan autoconsumo abonarán los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución como contribución a la cobertura de los costes de dichas redes y serán abonados por el uso real que se realiza de ellas, es decir, por la potencia contratada y la energía medida en el punto frontera asociada a ella. Los cargos serán de aplicación a todos los consumidores como contribución a otros costes del sistema eléctrico que son, principalmente, los destinados a cubrir las cuantías que correspondan del régimen retributivo específico de la actividad de generación a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración de alta eficiencia y residuos, de la retribución del extracoste de la actividad de producción en los sistemas eléctricos en los territorios no peninsulares, y las anualidades correspondientes a los déficit del sistema eléctrico, con sus correspondientes intereses y ajustes. Estos costes derivados de decisiones de política energética, deberán ser financiados por los consumidores conectados al sistema eléctrico, de manera solidaria. Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que el precio que pagan los consumidores, cuando adquieren su electricidad en el mercado, se destina a cubrir una serie de costes que tienen por objetivo retribuir tanto el respaldo que requiere el sistema para garantizar el balance entre generación y demanda en el horizonte diario y en tiempo real como la capacidad necesaria para dicho equilibrio a medio y largo plazo. En el caso de un consumidor que pudiera estar acogido a una modalidad de autoconsumo, cuando su red se encuentre conectada al sistema, éste se beneficiará del respaldo que le proporciona el conjunto del sistema eléctrico aun cuando esté autoconsumiendo electricidad producida por su instalación de generación asociada, al contrario de lo que ocurriría si este consumidor se encontrara eléctricamente aislado del sistema.

Por destacar algunos de los polémicos cargos a los que hace referencia el real decreto, y conocidos coloquialmente en sector como “**impuesto al sol**”, trasladamos los valores que son de aplicación a partir del 1 de enero de 2016, según el tramo de capacidad que tenga la instalación fotovoltaica, y que cada usuario tendrá que pagar por cada kWh de energía autoconsumida:

Peaje de acceso	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ($P_c \leq 10$ kW)	0,049033					
2.0 DHA ($P_c \leq 10$ kW)	0,063141	0,008907				
2.0 DHS ($P_c \leq 10$ kW)	0,063913	0,009405	0,008767			
2.1 A ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,060728					
2.1 DHA ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,074079	0,018282				
2.1 DHS ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,074851	0,021301	0,014025			
3.0 A ($P_c > 15$ kW)	0,029399	0,019334	0,011155			
3.1A(1 kV a 36 kV)	0,022656	0,015100	0,014197			
6.1A (1 kV a 30 kV)	0,018849	0,016196	0,011534	0,012518	0,013267	0,008879
6.1B (30 kV a 36 kV)	0,018849	0,013890	0,010981	0,011905	0,012871	0,008627
6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,020138	0,016194	0,011691	0,011696	0,011996	0,008395
6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,022498	0,017414	0,012319	0,011824	0,011953	0,008426
6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	0,018849	0,013138	0,010981	0,011104	0,011537	0,008252

Figura nº 46. Cargos a la energía autoconsumida según RD 900/2015. Fuente: RD 900/2015.

A continuación, hacemos un resumen de los aspectos más relevantes del RD 900/2015:

- Se permite el autoconsumo.
- La potencia de la planta fotovoltaica no puede superar a la potencia contratada en el punto de suministro al que está adscrito dicha planta.
- La regulación cambia dependiendo del tamaño de la planta fotovoltaica, dividiéndose en dos tipos:
 - Menores de 100 KW. El autoconsumo se permite pero los propietarios no recibirán ninguna compensación por los excedentes de energía vertidos a la red.
 - Igual o superiores a 100 KW, sin límite. Se permite el autoconsumo y los excedentes de energía producida y no consumida se podrán vender al mercado mayorista directamente o a través de un intermediario. Se pagará un impuesto específico de 0,0005 €/kwh como respaldo a la distribución de electricidad convencional, además de un 7% de impuesto por la energía producida.
- Todos los sistemas para autoconsumo que tengan una capacidad de más de 10 KW pagarán un peaje por cada kwh producido. Esto se justifica como un peaje de respaldo al mantenimiento de la red de distribución, y se ha bautizado coloquialmente como "impuesto al sol". Las islas Canarias y Baleares, además de Ceuta y Melilla, quedan exentas de este impuesto.
- En la instalación se deben instalar obligatoriamente 2 contadores como mínimo, dependiendo de que se trate de baja o alta tensión.
- Añadir baterías de acumulación de energía implica también un impuesto adicional.
- No se permite el autoconsumo para varios usuarios desde una misma instalación, ni en comunidades de vecinos.

Además del reciente decreto sobre autoconsumo, hay otra normativa que sigue en vigor en España y con la que se regula el sector fotovoltaico desde todos los ángulos:

- Ley 54/1997 (Asegurar garantía y calidad de suministro)
- RD 1663/2000 (Conexión de Inst. Fotovoltaicas a red de Baja Tensión)
- RD 1955/2000 (Regulación procedimientos autorización instalaciones eléctricas)
- RD 842/2002 (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión)
- RD 1436/2004 (Regulación producción régimen especial, jurídico y económico)
- CTE HE5 (Código Técnico de la Edificación)
- RD 661/2007 (Instalaciones de producción de energía en régimen especial)
- RD 1110/2007 (Reglamento Unificado de Puntos de Medida)
- RD 1578/2008 (Retribución instalaciones producción Energía mediante FV)
- Directiva 2009/28/CE (Compromiso abastecimiento EERR del 20% en 2020)
- PANER 2011-2020 (Plan Acción Nacional de Energías Renovables)
- RD 1003/2010 (Trazabilidad conexión de instalaciones solares FV)
- RD 1565/2010 (Modificación algunos aspectos del régimen especial)
- RD 14 / 2010 (Medidas urgentes corrección del déficit tarifario)
- RD 1/2012 (Suspensión primas a productores en Régimen Especial)
- Pliego condiciones técnicas de IDAE
- Certificación Fabricación, productos, etc (IEC 61215, 61646, 61730, CE, ...)

Consideramos interesante echar la vista atrás y repasar cual ha sido la evolución de la normativa y el marco fotovoltaico en cuanto a fotovoltaica se refiere. En el siguiente gráfico confeccionado por ASIF podemos ver resumidamente como han sido las fases de apoyo gubernamental a la fotovoltaica en España, desde la entrada de esta fuente de energía hasta el momento justo anterior a la publicación del RD1699/2011 “Conexión a red de instalaciones de baja potencia” y el RDL 1/2012.

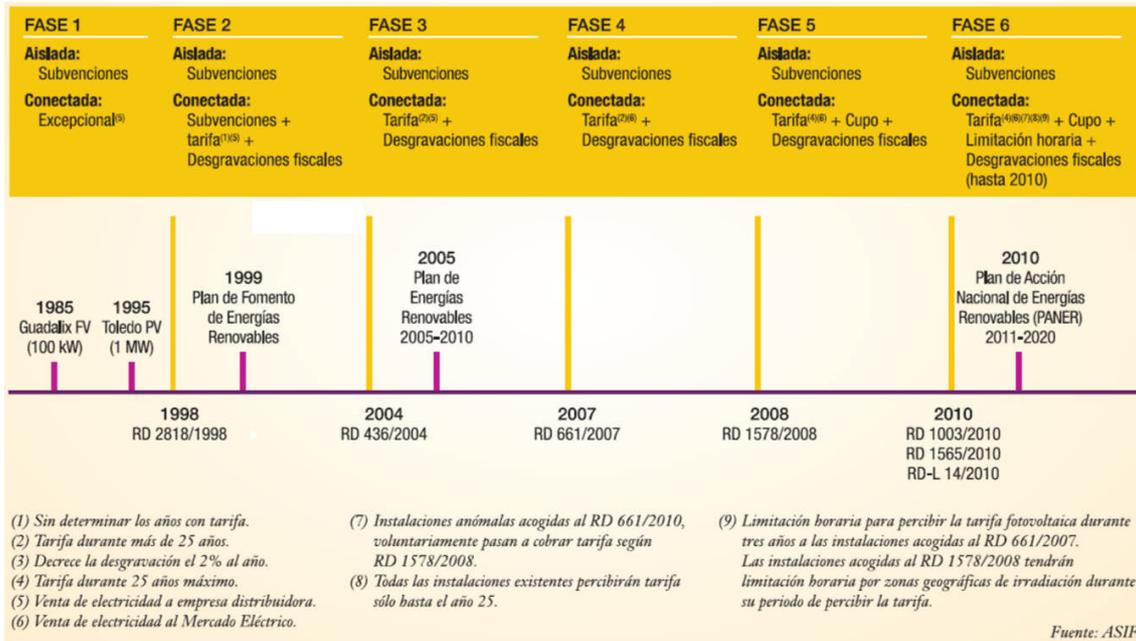
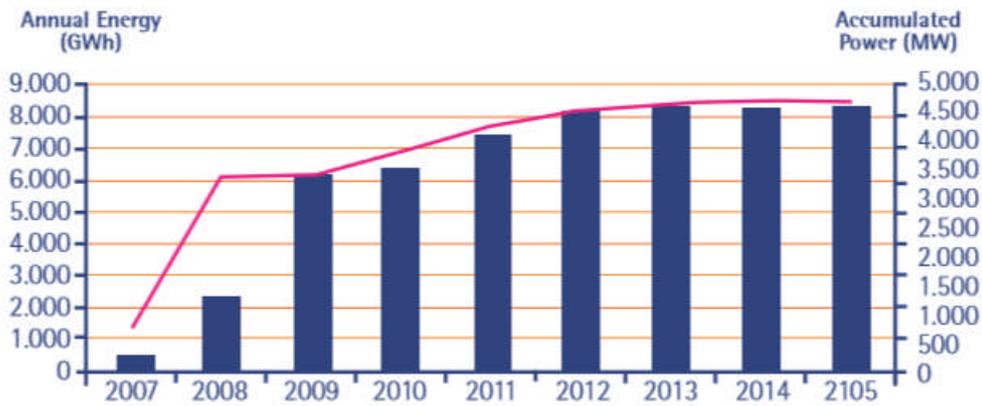


Figura nº 47. Fases de apoyo a la fotovoltaica en España. Fuente: ASIF.

Conviene recuperar la siguiente figura para observar cuál ha sido el efecto de cada normativa publicada en el desarrollo de la capacidad fotovoltaica instalada en España, en particular la ya expuesta en el apartado 3.2.1 sobre la evolución de la fotovoltaica instalada en nuestro país. Comparando ambas, vemos que el Decreto de 2007, donde se subvencionaba fuertemente el precio del kilovatio producido mediante energía fotovoltaica, supuso un espaldarazo para el crecimiento del sector, claramente atraído por los altos retornos obtenidos por este tipo de instalaciones.

De igual manera, vemos como el crecimiento se estanca cuando el gobierno deroga el RD de 2007, recortando las primas con carácter retroactivo, e introduciendo cupos muy restrictivos a la hora de solicitar el alta de instalación solar para vender la energía producida.



4.2.- Autoconsumo.

Es muy importante reincidir en el hecho de que en España se ha pasado de un panorama en que se incentivaba a las instalaciones fotovoltaicas para ser productores de energía en régimen especial, vertiendo el 100% de su producción a la red, con un precio de venta del kwh producido muy competitivo, a otro panorama en el que lo que se persigue es el fomento de la generación distribuida y el autoconsumo de la energía producida mediante el aprovechamiento de la luz solar.

Lo contrario a la generación distribuida es el sistema tradicional de producción y distribución de electricidad en la península Ibérica, y que está formado por una serie de grandes centrales de producción eléctrica de diferentes fuentes, controladas por una serie de compañías eléctricas que controlan la mayoría de la cuota de mercado en cuanto a usuarios de electricidad se refiere. En este sentido exponemos a continuación el siguiente mapa que nos da una idea de lo que decimos.



Figura nº 48. Esquema de transporte de Red Eléctrica Española. Fuente: REE

Las centrales de producción eléctrica están localizadas a grandes distancias entre ellas y por ello es precisa una red de alta tensión que es gestionada por REE (Red Eléctrica

Española), y se dedica al transporte de la electricidad hasta los puntos frontera de las empresas que se dedican a la distribución.



Figura nº 49. Reparto de territorios por compañía de distribución de electricidad. Fuente: propia.

La energía, desde que se produce en las centrales, hasta que llega hasta los usuarios finales, circula primero a través de las redes de transporte de REE como hemos apuntado, y según el territorio donde esté el usuario, esta electricidad le será entregada por una de las principales distribuidoras de electricidad que existen en España, y que casualmente, pertenecen a la misma matriz empresarial de las compañías que producen la electricidad. Como vemos en la figura nº 49, cinco grandes distribuidoras se reparten el territorio español en la actividad de la distribución de la energía hasta los consumidores finales.

La manera en que se relacionan los diferentes actores del mercado eléctrico también puede esquematizarse en la siguiente figura.

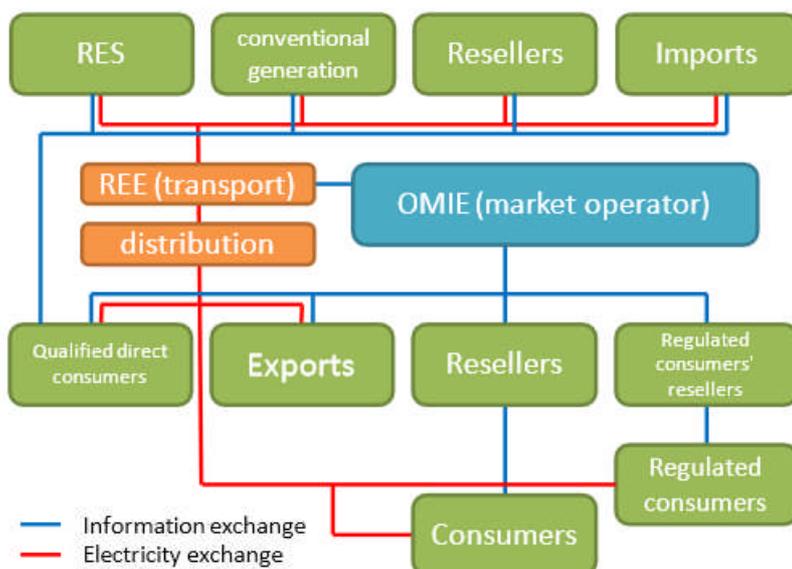


Figura nº 50. Estructura del sistema eléctrico español. Fuente: OMIE

Como vemos en la figura nº 50, REE y OMIE (Operador Mercado Ibérico de la energía) son los principales actores que operan el sistema nacional español, y los que hacen de intermediarios entre la producción y los compradores finales. OMIE se encarga de la coordinación entre la producción y la demanda, en los mercados intradiario, diario y a plazos.

Aunque ya hemos ido aludiendo a este concepto en apartados anteriores de este proyecto, hemos creído conveniente y útil dedicar un capítulo a explicar el autoconsumo, desde las diferentes variantes de negocio que se pueden dar, que siempre va a depender del marco regulatorio de cada país. En concreto en España, el único formato de autoconsumo posible no permite ningún tipo de compensación por la energía sobrante vertida a la red.

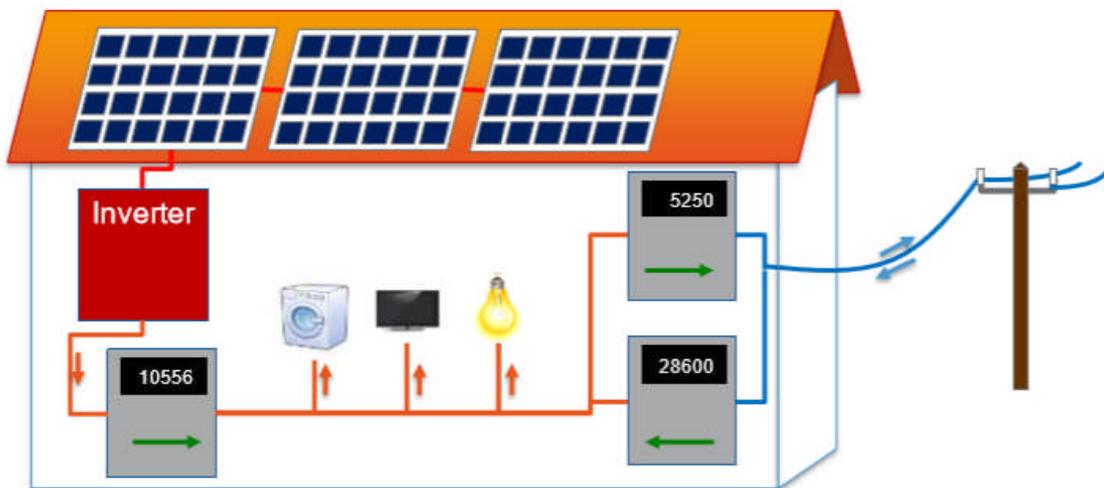


Figura nº 51. Ejemplo de flujo de la energía en el caso de autoconsumo. Fuente: propia.

Actualmente está de moda, en el mundo anglosajón, el término “prosumer”, referido a un usuario consumidor de electricidad que apoya a su propio consumo y que puede también ayudar a apoyar la demanda de consumo de la red convencional. La palabra se construye por la asociación de “producer” (productor) y “consumer” (consumidor). Podríamos decir que un prosumer es el propietario de una instalación de autoconsumo.

La palabra autoconsumo no se debe confundir con autosuficiencia. El porcentaje de autoconsumo describe el uso local que se hace de la energía fotovoltaica producida mientras que el porcentaje de autosuficiencia describe como la producción fotovoltaica puede cubrir las necesidades del punto de suministro donde está instalada. Son por tanto conceptos diferentes, pero a tener en cuenta en el debate sobre esquemas de autoconsumo.

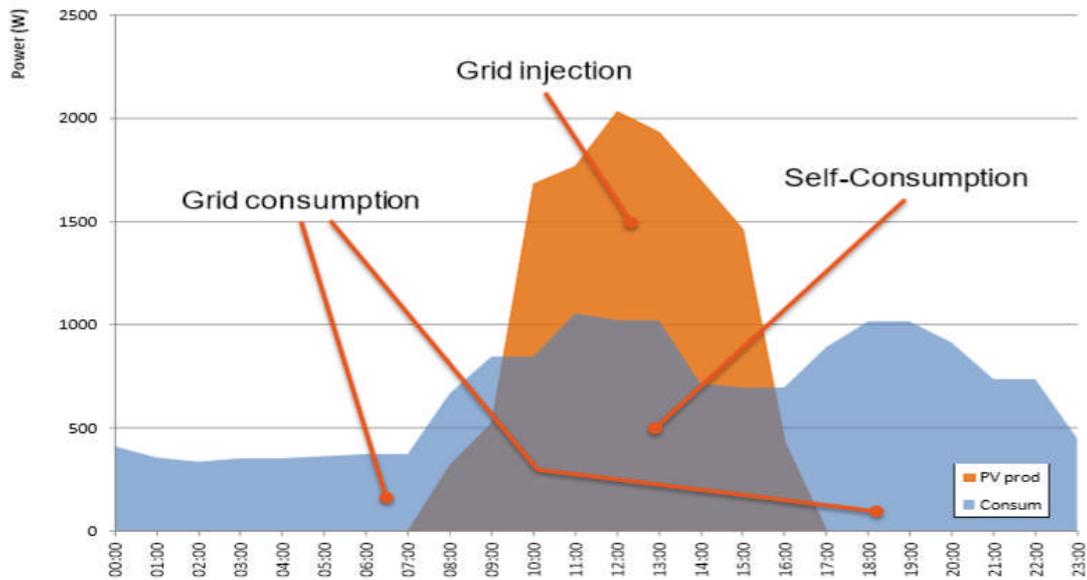


Figura nº 52. Comparación entre los perfiles de producción y consumo para un “prosumer”. Fuente: IEA.

Los mecanismos que promocionan el autoconsumo de la electricidad están basados en la idea de que la energía fotovoltaica va a ser usada en primer lugar para el consumo local y que por tanto toda esta electricidad producida no debería tener que ser inyectada a la red. La parte de la factura que puede ser compensada, primada, o bonificada depende de varias opciones, que dependen de cada país como veremos más adelante.

En la actualidad hay un vivo debate en el mercado sobre si la compensación de los excedentes debería reconocerse solo según el precio de la electricidad de red, o si deben reconocerse otros factores como los costes de distribución de la electricidad y los impuestos relacionados con el sector de las eléctricas.

De entre todos los mecanismos detectados en diferentes países en el mundo vamos a destacar los principales esquemas que se pueden dar:

- Al mecanismo donde el autoconsumo de energía se produce en tiempo real (o cada 15 minutos, según se hace el conteo en el contador digital), le llamaremos simplemente Esquema de autoconsumo simple (Self consumption and no compensation scheme).
- Un esquema de incentivos que permita compensar la producción excedentaria durante un periodo de tiempo determinado (generalmente de un año) recibirá el nombre de Esquema de autoconsumo de medición neta (Net metering scheme).
- En el caso en que la compensación se calcule en términos de flujos de caja y no de flujos de energía, nos referiremos al esquema como Esquema de autoconsumo de facturación neta (Net-billing scheme).

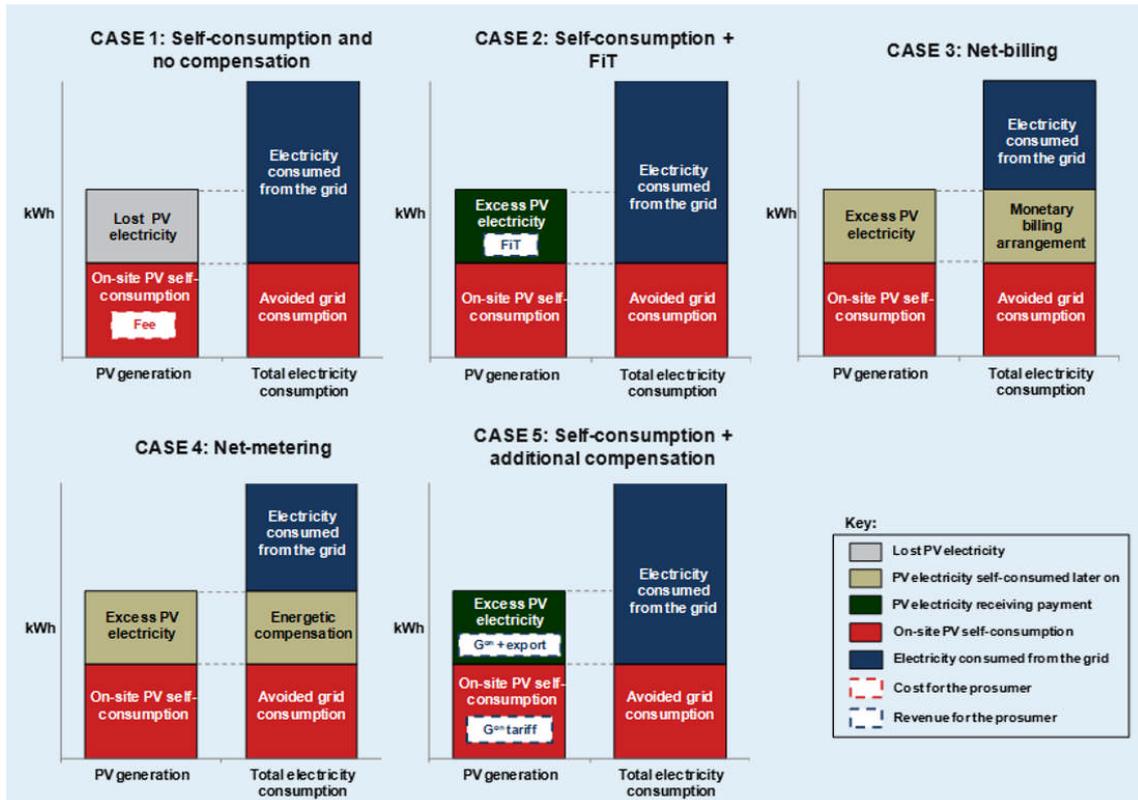


Figura nº 53. Resumen de esquemas de autoconsumo. Fuente: Eclareon Analysis, 2015.

En la anterior ilustración se ha resumido los diferentes mecanismos de autoconsumo, según el modelo de negocio.

El autoconsumo se podría describir como el uso local de la electricidad para conseguir reducir la compra de energía desde otras fuentes de energía a través de la red eléctrica convencional. Pero en la práctica, los ratios de autoconsumo pueden variar entre el 100% teórico hasta porcentajes mucho más bajos, dependiendo del dimensionamiento de la instalación y de la demanda del usuario. Por tanto, en función de la curva de consumo de cada caso se van a producir excedentes que, según el esquema, aplicado se van a retribuir de diferentes maneras. Recordemos que en España en la actualidad, para instalaciones de autoconsumo, este excedente no se retribuye de ninguna manera.

Por resumir el tratamiento que se hace de los excedentes según los diferentes mecanismos de autoconsumo que existen, aportamos este cuadro a este estudio.

Energía autoconsumida	Derecho a autoconsumir	- El autoconsumo está permitido
	Ventajas sobre la energía autoconsumida	- Ahorros sobre el precio variable de la electricidad convencional
	Impuestos	- Se pueden aplicar tasas o impuestos a la energía autoconsumida
Excesos de energía	Valor de los excesos	- Net-metering: Se produce una compensación mediante crédito energético (kilowatios a cuenta) - Net-billing: Se produce una compensación mediante crédito monetario.
	Máximo periodo de compensación	- Autoconsumo en tiempo real (por ejemplo, medido cada 5 minutos) - Para Net y Bill meterings el periodo de tiempo es típicamente un año aunque hay algunas excepciones (créditos que pueden ser desplazados y compensados trimestral o cuatrimestralmente)

Figura nº 54. Principales características del autoconsumo. Fuente: Propia.

4.3.- Benchmarking internacional del autoconsumo.

Como hemos ido comentando, el autoconsumo va a tener un retorno energético y financiero que va a depender del esquema al que se pueda acoger, y esto va a depender de la legislación de cada país.

A continuación analizamos la situación de algunos países en cuanto a los esquemas de autoconsumo comentados, que nos da una idea clara de la posición en que se encuentra España.

RESUMEN BENCHMARKING INTERNACIONAL - 2016



BALANCE NETO		Países				
		USA	Dinamarca	Italia	Alemania	España
EXCEDENTE	Tarifas Feed In	-	-	SI	SI	NO
	Compensación Kwh	SI	SI	-	-	NO
	Compensación económica (venta a pool o incentivo)	SI	-	-	SI (autocon)	NO
	Contrato bilateral	SI	-	-	-	NO
B. FISCALES	Desgravaciones	SI	-	-	-	NO
	Subvenciones	SI	-	-	-	NO
	Deducciones fiscales	SI	SI	-	-	NO
	Créditos blandos	-	-	-	SI	NO

Figura nº 55. Benchmarking internacional de autoconsumo. Fuente: Propia.

Como apreciamos en la tabla, en los países con un desarrollo fotovoltaico notable, como Estados Unidos, Noruega, Italia o Alemania, los esquemas donde se compensa y reconoce el excedente de energía fotovoltaica están implantados y en funcionamiento en mayor o menor medida, cosa que no sucede en España, donde los excedentes no están reconocidos de ninguna manera, y además, tal y como vimos en el resumen del último RD 900/2015, el kilovatio de energía generado mediante autoconsumo está gravado con una tasa.

5.- Fotovoltaica como estrategia energética en la empresa. Caso real.

5.1.- Introducción.

En este capítulo describiremos el Plan Estratégico de Gestión de la Energía que una clínica de reproducción asistida del sureste de España ha implementado. El nombre de dicha clínica no se desvela para mantener la confidencialidad que la dirección de dicho hospital desea. Ficticiamente le llamaremos Delta Hospital SA.

Por este plan, junto con otras medidas y actuaciones, se ha decidido incorporar la energía fotovoltaica en modalidad de autoconsumo como fuente de energía limpia.

El propósito del Plan Estratégico y las políticas de gestión de la energía del sistema de salud del hospital es promover la buena administración de los recursos del medio ambiente y la comunidad. De acuerdo con sus valores fundamentales de la eficiencia y la responsabilidad financiera, el programa de gestión de la energía del sistema de salud de Delta Hospital reducirá los costos de operación y permitirá proporcionar un mejor servicio de salud a un mayor número de personas en la comunidad. Este plan está alineado con la normativa que requiere que los centros sanitarios, tanto públicos como privados, informen sobre su consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero al año.

Los costes de servicios y energía son una parte importante de los costos totales de operación. Los gastos en electricidad y gas natural en 2014 fueron de 95.000 € anuales. Con la gestión de la energía como parte integral de las decisiones empresariales, la dirección de la clínica desea alcanzar los siguientes hitos, en concordancia con el plan marcado por el sector de clínicas a nivel estatal:

- Ahorros en energía de 3.000 m3 de gas natural y de 200.000 kwh de electricidad al año.
- Ahorro en gastos operativos de 15.000 € anuales.
- Reducir los gases de efecto invernadero (GEI) en 60 toneladas de dióxido de carbono (CO2) por año.

Actividades recientes asociadas a la gestión de costes se han materializado en las siguientes acciones: análisis en profundidad, estudio y sustitución de iluminación, de calderas, de calentadores de agua caliente, implementados en conjunto, incluyendo además una instalación de paneles fotovoltaicos que vamos a describir posteriormente más en detalle.

Para potenciar las fortalezas y obtener el máximo valor de las actividades de gestión de energética se tomará un enfoque estratégico: la organización va a integrar plenamente la gestión de la energía en sus procedimientos de toma de decisiones empresariales, políticas, y de operación.

La gestión activa de los costes relacionados con la energía proporcionará un beneficio económico significativo para la organización y apoyará otros objetivos clave de la organización.

Visión de la gestión energética.

"Juntos en la excelencia - Líderes en Salud", nuestra visión sobre la gestión de la salud y el bienestar de las personas se traslada a la gestión de la energía. Juntos, a través del

cambio consciente, haremos todo lo posible para sobresalir y ser líderes responsables en la comunidad para mejorar continuamente y reducir el consumo y las emisiones”

5.2.- Principios de gestión estratégica de la energía.

La gestión de la energía en Clínica Delta se guiará por los siguientes principios establecidos en la industria:

Tomar un enfoque estratégico: Mientras que el sistema de salud de Delta gestione activamente los costes de energía mediante la implementación de oportunidades a medida que se identifiquen, al actuar estratégicamente, el sistema de salud de la clínica puede mejorar significativamente su desempeño relacionado con la energía. La internalización de la gestión de la energía en el día a día, las políticas y los procedimientos de operación de la organización ayudarán a asegurar reducciones sustanciales en el consumo de energía.

Apoyar objetivos clave: La gestión estratégica de la energía apoyará directamente los objetivos principales de Delta a través de respeto al medio ambiente y la comunidad; la optimización y cuidado del ambiente de trabajo; la mejora de resultados financieros del hospital mediante la reducción de los costes energéticos innecesarios; la optimización de la capacidad de los sistemas de energía existentes para satisfacer las necesidades operativas actuales y en expansión. Sobre el impacto de las medidas de gestión de energía, Delta SA realizará un seguimiento continuo y los resultados serán informados siempre que sea posible.

Perseguir el cambio a largo plazo de las prácticas comerciales básicas: La clave de un enfoque estratégico consiste en una incorporación coherente en nuestra organización de las prácticas de gestión de la energía y de toma de decisiones como son la planificación estratégica y el budgeting. Las prácticas de gestión energética cubrirán todos los ámbitos y estadios de gestión de la energía - nueva construcción y renovaciones importantes, operaciones de las instalaciones existentes y mejoras, así como el análisis económico de los costes que estas prácticas suponen para la empresa.

Fomentar el compromiso de la organización y la participación: el compromiso Ejecutivo y de la organización, así como la participación, es crítico para el éxito de la gestión estratégica de la energía. La alta dirección de Delta trabajará con los administradores y el resto del personal para asegurarse de que el apoyo organizacional es adecuado y se proporcionan recursos para maximizar los beneficios de la gestión de la energía.

Obtención de un rendimiento económico sólido: las inversiones en gestión de energía producirán, siempre que sea posible, retornos económicos sólidos con Tasas Internas de Retorno (TIR) adecuadas a los estándares de inversión de la política presupuestaria de Delta. Se aplicarán métodos coherentes de análisis financiero, que tengan en cuenta el ciclo de vida para reducir el coste de amortización y operación de las instalaciones, y su vez sean compatibles con las políticas corporativas,

El uso de los recursos disponibles: Usar fuentes nacionales, regionales y locales de asistencia estratégica, técnica y financiera para ayudar a lograr nuestros objetivos de gestión de energía. Estos incluyen los servicios públicos y los gubernamentales.

5.3.- Estrategia en gestión energética para este caso real de negocio.

A continuación se describen los argumentos que Delta persigue con esta estrategia. Estos son los principios, que están basados en estándares establecidos en el sector industrial:

Fortalecimiento del liderazgo comunitario y el ejemplo medioambiental. La gestión de la Energía es un compromiso visible, público a la comunidad y el medio ambiente. A través de una agresiva gestión de la energía, Delta podrá liderar la promoción de comunidades sostenibles, prácticas de negocios eficientes y cuidado del medio ambiente. Frente a la disminución de los recursos y el aumento de los costes de operación, es una excelente oportunidad para dirigir y reducir los costes al mismo tiempo.

Mejora de la práctica médica y el ambiente de trabajo. En las instalaciones existentes, mejorar las prácticas de operación de los pacientes, así como la comodidad de los empleados regulando la temperatura, y mejorando la calidad del aire interior y la iluminación. En las nuevas instalaciones más luz del día y el control de la comodidad del personal contribuyen a un entorno de curación centrada en el paciente, y un mejor entorno de trabajo.

Mejora de la salud financiera y la reducción de costes de funcionamiento. La Gestión estratégica de energía presenta una excelente oportunidad reducir los costes de operación y un impacto positivo en el balance final de Delta. El ahorro de costes operativos mejoran directamente el margen operativo. Además, las inversiones en proyectos de energía suelen tener un menor riesgo en el tiempo en relación con otras inversiones, y los ahorros de los proyectos de energía son más fáciles de predecir de forma fiable que los ahorros o aumento de los ingresos esperados en otro tipo de inversiones más complejas.

Optimización de capacidad energética para cumplir con las necesidades actuales o las previstas por expansión operacional. Una eficiencia en energía optimiza equipos y sistemas ineficientes o mal diseñados, y además aprovecha energía desperdiciada o sobrante que puede ser utilizada para cubrir otras necesidades operativas actuales y en expansión. Esta energía sobrante puede eliminar la necesidad de hacer nuevas inversiones o hacer que dichas inversiones sean mucho menos costosas y con mayor rentabilidad.

Propósito empresarial de este plan:

- Si las propuestas y medidas derivadas del plan estratégico de la energía influyen y se integran de manera notoria en las prácticas empresariales, políticas, procedimientos y en el proceso de toma de decisiones, Delta podría reducir sus costes en torno a un 25% anual.

- La integración del plan de gestión de la energía en la organización a todos los niveles podrá redundar en más valor intangible en un medio largo plazo.
- Para conseguir beneficios financieros, Delta invertirá en medidas de ahorro relacionadas con el aumento del activo y con mejoras operativas, cumpliendo a su vez con las exigencias del consejo de administración en cuando a tasas de retorno deseadas.

5.4.- Objetivos del plan de gestión energética.

Estas son las líneas principales en cuanto a los objetivos que Delta perseguirá. Serán revisadas periódicamente de manera fluida y se harán los cambios que se estimen necesarios. El plan no está limitado a estos objetivos y podrán añadirse más en función de los resultados.

Objetivo 1. Aprobación de gabinete estratégico para la energía en la Dirección. Este gabinete liderará el plan, propondrá a los equipos responsables, y proporcionará los medios y recursos necesarios para el desarrollo del plan.

Objetivo 2. Implementar un protocolo de prácticas financieras y toma de decisiones. El equipo asignado se encargará del estudio de inversiones. El dinero empleado en ahorrar energía se verá como una inversión y no como un coste. Se analizarán las inversiones en todo su ciclo de vida (Life Cycle cost Analysis).

Objetivo 3. Establecer especificaciones de compra de equipos eficientes y servicios. Estas especificaciones se fijarán para minimizar el coste del ciclo de vida de la inversión.

Objetivo 4. Implementar prácticas de diseño y construcción eficientes. Se aplicarán cuando sea posible a instalaciones existentes y se tendrán en cuenta siempre para nuevas ampliaciones.

Objetivo 5. Se revisarán todos los procedimientos operativos en todas las instalaciones buscando la eficiencia energética.

Objetivo 6. Se hará una gestión activa de la contratación de suministros de energía. Con ello se minimizará el riesgo que pueda suponer la volatilidad de los mercados de energía.

Objetivo 7. Monitorización, seguimiento y reconocimiento de logros alcanzados. Trimestralmente se hará un seguimiento de los ahorros obtenidos y reconocerá a los responsables en toda la escala operativa.

5.5.- Preguntas clave en una inversión fotovoltaica.

Como hemos leído anteriormente, entre los objetivos del plan de gestión energética se encuentra el de estudiar las inversiones que se puedan realizar desde el punto de vista financiero y operativo. En su búsqueda y estudio de opciones de ahorro la Dirección propuso estudiar la tecnología fotovoltaica.

Según lo esperado, el riesgo de la inversión dependerá de la percepción que tenga el equipo encargado de estudiar esta propuesta. Tratando de aislar al máximo las preferencias personales, para ayudar a la toma de decisión se diseñan y plantean preguntas clave, considerando una proyección en el tiempo de 25 años, entre las que están las siguientes:

- ¿Es interesante plantear una inversión que tiene un ciclo de vida de 25 años?
- ¿Cuáles son nuestras motivaciones a parte del retorno económico esperado?
- ¿Cuál es el coste de oportunidad que supone invertir en una instalación fotovoltaica para autoconsumo?
- ¿Cómo de relevante es nuestra liquidez con respecto a esta inversión?
- ¿Cómo de relevante es para Delta reducir la exposición a la volatilidad del coste de la energía en los mercados, aparentemente al alza?

5.6.- Motivaciones tras la inversión en energía verde fotovoltaica.

Entre los motivos principales por los que Delta se ha decidido a ejecutar esta inversión se encuentran las siguientes.

- Blindaje de un porcentaje de la demanda energética ante fluctuaciones del precio de la energía.
- Eficiencia energética. Siguiendo la senda de ahorro energético, y una vez implementadas una serie de medidas operativas y de inversión, como han sido la revisión de procedimientos de trabajo, la monitorización del clima y la sustitución de lámparas halógenas por leds, y disponiendo de una superficie en techo necesaria para instalar una planta fotovoltaica, este tecnología es otro paso más en la mejora continua de la eficiencia energética, y proporciona un ahorro anual del 25% del consumo de energía.
- Fortalecimiento de la imagen corporativa y potenciación del compromiso social que se espera de un negocio que vela por la salud de las personas. Respetar el medio ambiente es una medida indirecta para cuidar la salud de nuestros pacientes. La percepción de la empresa ha ido cambiando, de una concepción en la que la empresa sólo contribuye al desarrollo económico de la sociedad a una en la que colabora de forma muy activa en el desarrollo medioambiental y social de la comunidad.
- Se consigue reducir el impacto que el funcionamiento de la clínica Delta SA tiene en el medio ambiente reduciendo las emisiones de CO₂ a la atmósfera. La Huella de Carbono es el conjunto de gases de efecto invernadero (GEI) asociados a las fases del ciclo de vida de la instalación, medidos en unidades de dióxido de carbono (CO₂) equivalente. El objetivo es reducir y compensar esas emisiones en los futuros ejercicios. Además, una de las líneas maestras del Plan Estratégico de eficiencia es el compromiso de perseguir el objetivo de ser, algún día, 100% renovables en el uso de la energía.

5.7. - Descripción de la Instalación y resultados de explotación.

Funcionamiento básico de la planta solar fotovoltaica

Una instalación solar fotovoltaica es una pequeña central de producción de energía eléctrica, que inyecta la corriente a producida a la red eléctrica. En función de las características de la corriente que circula por los distintos componentes podemos dividir la instalación en dos partes: corriente continua y corriente alterna.

Los módulos fotovoltaicos absorben la radiación solar y la transforman en corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica generada es continua, por lo que es necesario un inversor o conjunto de inversores que transformen la corriente continua en alterna para el autoconsumo dentro de la red interior del edificio.

Para la realización del diseño de la instalación, Endesa Energía S.A. busca prioritariamente la optimización energética de la misma, utilizando equipos y materiales de máxima calidad, previamente probados e integrados para el correcto funcionamiento del conjunto de la instalación, asegurando así la máxima fiabilidad y eficiencia de la planta solar adaptándose a las características del emplazamiento seleccionado y a la configuración final del generador fotovoltaico. Igualmente, la configuración final elegida garantiza en todo momento la seguridad tanto de las personas, como de la propia red y los restantes sistemas que están conectados a ella.

Descripción de la Planta Solar Fotovoltaica

La Planta Solar Fotovoltaica estará constituida por 1 instalación fija de 80 kW de potencia nominal, ubicada en las cubiertas del establecimiento. Los módulos fotovoltaicos se ubicarán de forma que se maximice la generación de energía y se integren arquitectónicamente en el espacio determinado.

Los componentes fundamentales de la planta solar fotovoltaica son:

- Generador fotovoltaico
- Estructura de soporte
- Inversor electrónico
- Protecciones eléctricas y equipos de medida
- Componentes para seguimiento y monitorización de la planta solar

Generador Fotovoltaico: Los módulos fotovoltaicos, elementos principales de una instalación solar fotovoltaica, son los dispositivos físicos encargados de transformar la energía que en forma de radiación electromagnética les llega, en electricidad por medio del efecto fotoeléctrico.

El módulo solar que se va a utilizar es ATERSA modelo A250 P, de 250 Wp., o similar especialmente diseñado para aplicaciones de conexión a red, con una tolerancia positiva.

Los módulos solares están certificados según las exigencias europeas e internacionales vigentes:

- Declaración de conformidad CE (directiva CE 2004/108/CE de compatibilidad electromagnética y directiva 2006/95/CE de Baja Tensión).
- Certificación según UNE – EN 61215
- Cualificación según IEC 61730
- Seguridad Eléctrica de Clase II

Además de estas exigencias de certificación y cualificación al fabricante de los módulos solares, Endesa Energía S.A. realiza de forma independiente y a través de un organismo certificador con laboratorio acreditado, la repetición de los ensayos de medida de los parámetros y curvas característicos (I-V, I_{sc} , V_{oc} , I_m , V_m , P_m y FF) , junto con los ensayos climáticos de envejecimiento acelerado a todos y cada uno de los modelos de módulos fotovoltaicos que utiliza en sus instalaciones, existiendo un compromiso por parte del fabricante de sustitución en el caso de detectar variaciones respecto a los valores descritos en la ficha técnica del producto.

Estructura Soporte: Uno de los elementos importantes en una instalación fotovoltaica, para asegurar un perfecto aprovechamiento de la radiación solar es la estructura soporte, encargada de sustentar los módulos solares, dándoles la inclinación y orientación que optimice y maximice la producción de electricidad en las distintas épocas del año. En cualquier caso se busca la solución óptima que dé como resultado la mayor rentabilidad para la instalación.

La estructura soporte será de aluminio extruido, de forma que quede protegida superficialmente contra la acción de los agentes ambientales, será calculada según normativa vigente (CTE DB-SE AE (Código Técnico de la Edificación, Documento Básico - Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación)) para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos tales como viento y nieve.

La tornillería será de acero inoxidable, cumpliendo la norma EAE (Instrucción de Acero Estructural).

Este tipo de estructura posee una larga vida útil, un mantenimiento prácticamente nulo y es de gran resistencia frente a acciones agresivas de agentes ambientales.

La estructura soporte irá conectada a tierra con motivo de reducir el riesgo asociado a la acumulación de cargas estáticas o tensiones inducidas por fenómenos meteorológicos

Inversor Electrónico: El inversor es el elemento que transforma la energía eléctrica generada en forma de corriente continua por los módulos fotovoltaicos, en corriente alterna, para que sea posible su aprovechamiento instantáneo, o en su caso, la evacuación a la red eléctrica de distribución.



Se utilizará un inversor trifásico de la Marca SOLARMAX de 80 kW de potencia nominal, o similares, conectado al generador fotovoltaico.

El sistema de control incorpora un microcontrolador que asegura la extracción de la potencia máxima en cada instante del generador fotovoltaico, funcionamiento llamado MPPT (Maximum Power Point Tracking), seguimiento de la máxima potencia del generador.

La tipología de estos inversores proporciona la inyección en la red eléctrica de corrientes senoidales con muy bajo contenido en armónicos (distorsión en corriente < 3% a potencia nominal), eliminando los errores de sincronización de aquellos inversores que utilizan tipologías de generación en tensión, como por ejemplo:

1. Sensibilidad a las bruscas variaciones de tensión de red
2. Sensibilidad a variaciones de fase de la red
3. Sensibilidad frente a distorsiones transitorias de red que provocan la circulación de sobreintensidades y en ocasiones el disparo del inversor o de sus protecciones .

Componentes para el seguimiento y monitorización de la planta solar: El sistema de seguimiento y monitorización de la instalación fotovoltaica se emplea no sólo para la monitorización de la instalación fotovoltaica sino también para optimizar el rendimiento. Es el encargado de recopilar la información de todos los módulos solares así como del inversor para la gestión de la planta solar.

La comunicación por medio del sistema de seguimiento y monitorización posibilita las siguientes funciones:

- Obtener de forma continua los datos de funcionamiento de el/los inversores conectados y de los grupos de módulos FV pertenecientes a ellos.
- Controlar el estado de funcionamiento e indicar posibles averías.
- Transmitir los datos medidos desde un inversor seleccionado.
- Identificar las series averiadas.
- Representar gráficamente los datos del inversor (Energía producida, Tensiones e intensidades, potencia, frecuencia, factor potencia, etc.).

El sistema registrará también las alarmas que se produzcan en los inversores o por comportamiento anómalo de la planta FV, así como los fallos de comunicaciones de los distintos componentes.

Los datos se envían a un servidor donde se gestionan y almacenan. La información de la instalación se puede consultar vía Web. Además de los valores instantáneos, se muestra la evolución de las variables en el último día, y datos históricos agregados por días, meses y años.

Situación actual.

Adjuntamos en el gráfico adjunto, la distribución mensual de sus consumos energéticos, de acuerdo con los datos recopilados durante los últimos 12 meses.

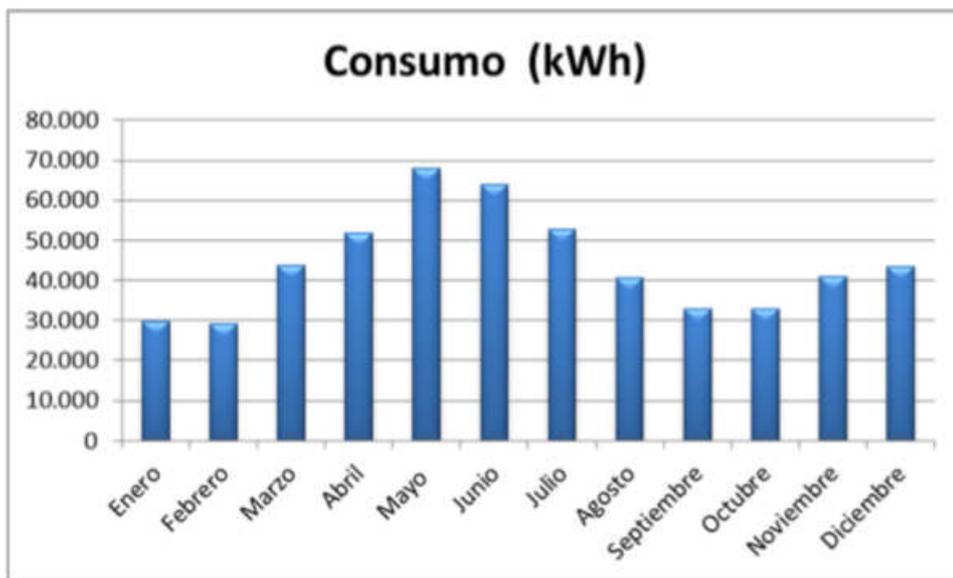


Figura nº 56. Distribución del consumo anual de DELTA SA. Fuente: Endesa Energía.

Condiciones de Suministro de energía eléctrica:

	P1	P2	P3
Potencia Contratada (kW)	140	140	140
Compañía Distribuidora	IBERDROLA		
Tarifa Contratada	3,0A		

Precios Energía	€/kWh
P1	0,088921
P2	0,079533
P3	0,053014

IMPUESTO ELECTRICIDAD	
Coficiente	1,0511
Tipos imp.	4,86%
Total Impuesto	5,11%

Situación propuesta.

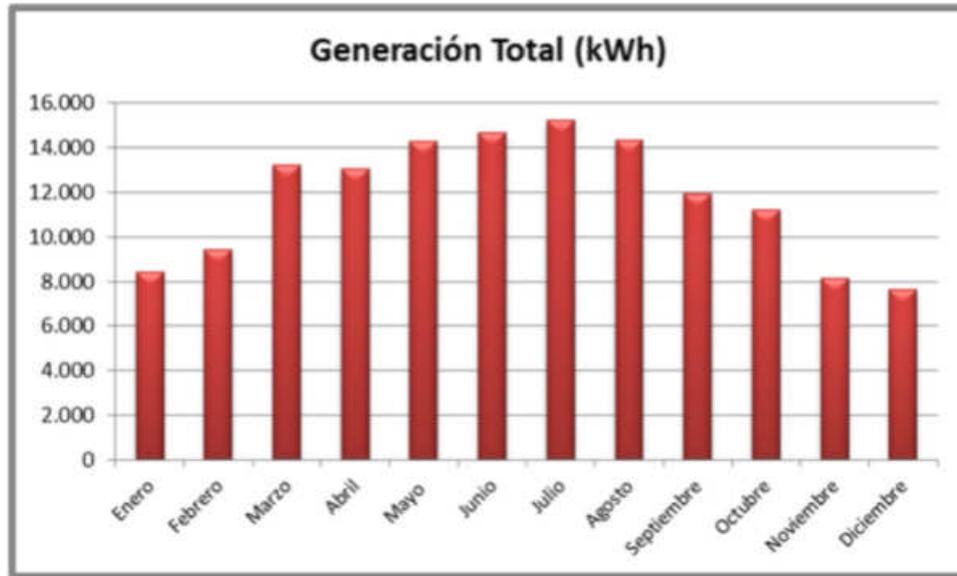
Una vez conocidos los hábitos de consumo y la superficie disponible se propone la siguiente configuración técnica para la instalación solar fotovoltaica:

Datos Técnicos

Potencia Nominal (kW)	80
Potencia Pico (kWp)	88
Potencia del Inversor	80
Número de Inversores	1
Horas Equivalentes (kWh/kWp año)	1.610

Inclinación módulo	30
Orientación (desviación Sur)	30

La producción estimada viene representada en la siguiente gráfica:

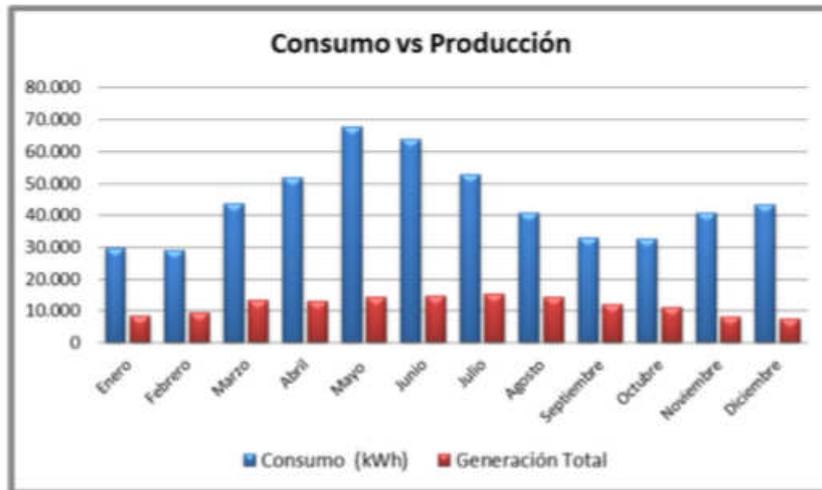


Comparativa entre el consumo vs producción fotovoltaica.

MES	Consumo (kWh)	Generación Total	Generación simultánea	Cobertura simultánea	Excedentes	%Aprovechamiento
Enero	29.781	8.412	7.643	25,66	769	90,86
Febrero	29.055	9.444	8.564	29,48	879	90,69
Marzo	43.805	13.219	13.000	29,68	218	98,35
Abril	51.742	13.083	13.081	25,28	2	99,99
Mayo	67.892	14.290	14.290	21,05	0	100,00
Junio	64.009	14.706	14.703	22,97	3	99,98
Julio	52.739	15.230	14.995	28,43	236	98,45
Agosto	40.616	14.359	13.728	33,80	631	95,60
Septiembre	32.884	11.934	11.116	33,80	818	93,15
Octubre	32.739	11.211	10.407	31,79	804	92,83
Noviembre	40.821	8.158	7.985	19,56	173	97,88
Diciembre	43.459	7.630	7.553	17,38	77	98,99
Total Anual	529.542	141.674	137.064	25,88	4.610	96,40

El consumo anual de la clínica es de unos 529.542 kWh. Con la instalación solar fotovoltaica estaríamos ahorrando el consumo de red eléctrica de 137.064 kWh al año, lo que significa un ahorro aproximado del 25,88% del consumo total de energía.

Con un aporte mensual de energía distribuido de la siguiente manera:



Tarifa 3.0A	Comparativa : Consumo vs Producción FV (kWh)					
MES	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Enero	4.311	19.314	6.156	0	8.412	0
Febrero	3.916	18.233	6.906	4	9.440	0
Marzo	7.308	26.645	9.852	1.670	11.395	153
Abril	10.502	30.041	11.199	6.563	6.054	466
Mayo	11.349	36.527	20.016	6.819	6.710	760
Junio	11.399	34.648	17.962	7.015	6.891	800
Julio	10.858	28.819	13.062	7.239	7.230	761
Agosto	9.066	22.429	9.121	7.050	6.765	543
Septiembre	8.310	17.722	6.852	6.121	5.474	339
Octubre	7.691	17.580	7.468	5.322	5.678	210
Noviembre	5.757	24.851	10.213	0	8.158	0
Diciembre	6.541	25.264	11.654	0	7.630	0
Total Periodos	97.008	302.073	130.461	47.804	89.837	4.034
Total Anual		529.542		141.674		

Resultados de explotación.

Como resumen, en cuanto a balance energético, tendríamos:

Energía Generada	kWh	141.674
Energía Demanda	kWh	529.542
Energía Autoconsum. Instantánea	kWh	137.064
Energía excedentaria	kWh	4.610
Energía comprada a Cx	kWh	392.478

En cuanto a balance económico, tendríamos:

Balances económicos		
		Año 1
Balance Económico CLIENTE -> Ahorros = Ingresos VS Costes		
Ahorros en consumo anual		9.320
Factura eléctrica - business as usual	€	51.344
Potencia Contratada (término fijo)	€	9.280
Término de Energía Variable - sin placa	€	39.567
Impuesto eléctrico	€	2.497
IVA	€	0
Factura eléctrica - con SFV instalada	€	42.024
Potencia Contratada (término fijo)	€	9.280
Cargo fijo	€	0
Término de Energía Variable - Con placa	€	28.338
Peaje de respaldo	€	2.362
Impuesto eléctrico	€	2.044
IVA	€	0

En este caso la facturación anual por consumo de energía eléctrica comprada a la compañía distribuidora asciende a 51.344 €. Con la instalación solar fotovoltaica se obtendrá un ahorro anual de consumo de energía equivalente a 9.320 €.

Balance de la inversión:

Delta Clínica SA actualmente una facturación de consumo anual de:

Consumo Anual Actual (kWh)	529.542
Gasto Económico Actual (€)	51.344

Después de poner en marcha la instalación solar FV obtenemos los siguientes rendimientos:

Consumo Anual (kWh)	529.542
Gasto Económico Anual (€)	42.024
Ahorro Energético Anual (kWh)	137.064
Ahorros Anuales Generados (€)	9.320

Reducción Consumo Energía	25,88%
Reducción de Gasto Económico	18,15%
Simultaneidad Consumo - Producción	96,40%

Inversión Inicial:	133.074 €
Retorno inversión:	16
TIR (25 años):	5,4 %

Adjuntamos gráfico de flujo de caja de la instalación

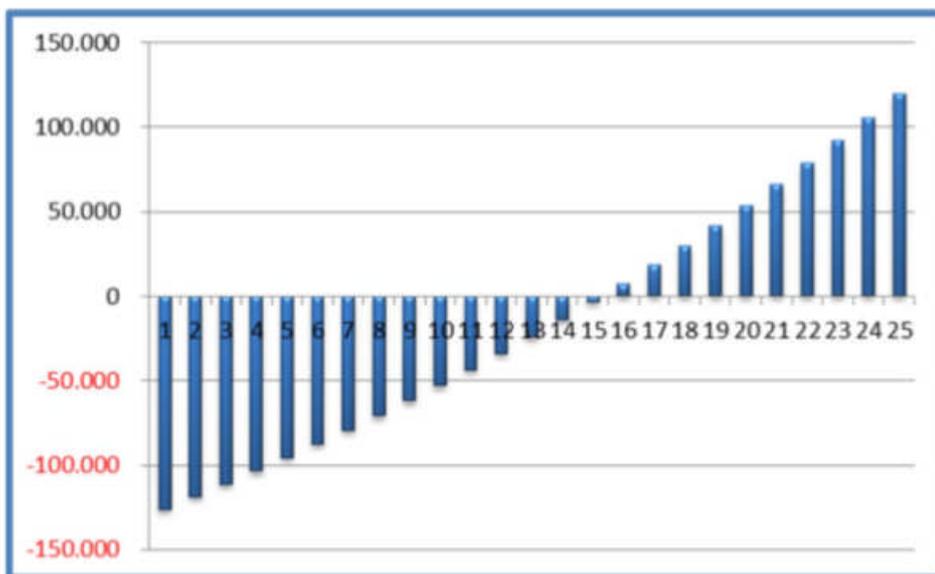


Figura nº 57. Flujo de caja de la inversión. Fuente: Propia.

A los 16 años habrá acumulado un saldo positivo de 7.187 € y a los 25 años de 119.434 €.

Valoración económica de la instalación.

Importe total de la instalación “llave en mano” (€)133.074 €

Importe total en €/Wp: 1,66 Eur/Wp

Resumen de garantías de la instalación.

Las garantías y coberturas ofrecidas en este caso por Endesa Energía SA, al promotor son las siguientes:

- Módulos fotovoltaicos (conforme a la garantía del fabricante):
 - 10 años funcionamiento 90 % potencia nominal
 - 25 años funcionamiento 80 % potencia nominal
- Inversores:
 - 5 años, conforme a la garantía del fabricante.
- Estructura de sustentación:
 - 10 años durabilidad a la intemperie
- Resto materiales, montaje y construcción contra defecto o vicio oculto.
 - 2 años.
- Funcionamiento de la instalación
 - 2 años

Principales logros de la inversión en fotovoltaica:

- Se ha mejorado notablemente la eficiencia energética, reduciendo un 25,88% el aporte de energía a través de la red eléctrica.
- Se ha reducido la facturación de energía en un 18,15 % aproximadamente.
- El ahorro económico anual alcanzado asciende a 9.320 €.

- Ahorro anual de emisiones de CO₂, equivalente a 52,7 toneladas. El 25 años, la vida útil de la instalación, se habrán evitado la emisión a la atmósfera de 1.317,5 toneladas de CO₂.
- A la vista del balance económico de la inversión, no se trata de una inversión rentable, pero existen para cliente otras motivaciones relacionadas con la imagen corporativa y la responsabilidad social que prevalecen y justifican este proyecto y que ya hemos descrito en un apartado anterior.

ANEXOS

Al final de este documento se han incluido 3 anexos que muestran en detalle el rendimiento energético y financiero de la instalación fotovoltaica:

- Anexo I – Balance energético.
- Anexo II – Balance económico.
- Anexo III – Flujos de cada.

Para el cálculo de los balances se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Variación del precio final de la electricidad:	3,5%
Variación del IPC:	1,5%
IVA:	21%
Impuesto de sociedades:	28%
Peaje a la generación:	6%
Impuesto eléctrico:	5,1%
Cargo peaje de respaldo:	0%.

5.8.- Análisis de sensibilidad de la inversión.

Aprovechamos este caso real de la clínica DELTA SA para hacer un análisis de sensibilidad del rendimiento económico de la instalación frente a las variables de coste de dicha instalación y el coste del peaje del respaldo por autoconsumo según el RD 900/2015.

Sensibilidad al coste de la instalación.

La valoración económica de esta instalación de 80 KW de potencia instalada es de 133.074 €, con un precio de 1,66 €/vatio. Con estos guarismos el VAN de esta operación se sitúa en 17.628 € negativos.

Hemos hecho un análisis del retorno de la inversión sensible al precio del vatio fotovoltaico, y estos son los resultados obtenidos.

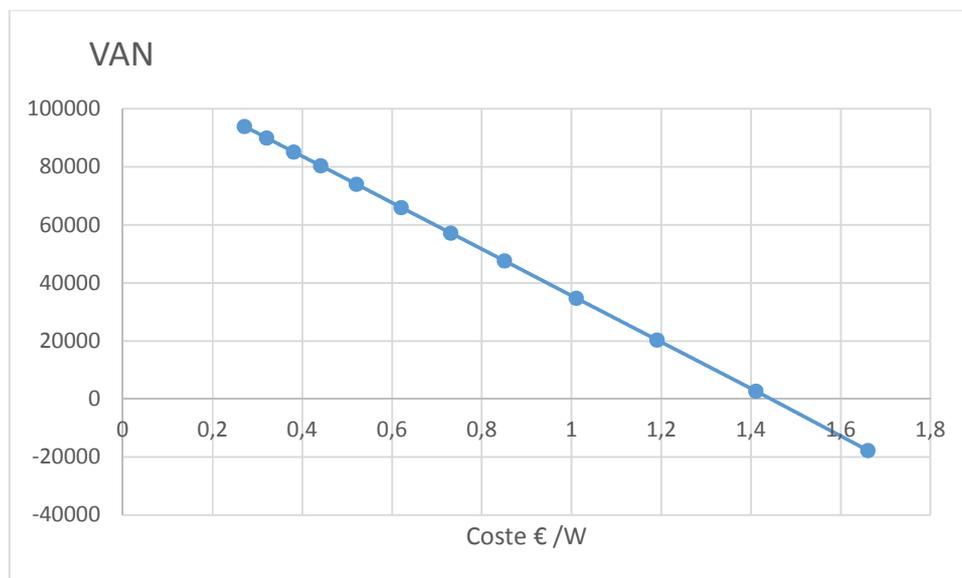


Figura nº 58. Sensibilidad del VAN frente al coste del vatio fotovoltaico. Fuente: propia.

Con un descenso del 14% en el coste de la instalación, hasta los 1,44 €/vatio, la instalación partiría de un VAN igual a cero.

El coste de los módulos fotovoltaicos es probable que caiga drásticamente en 2017, impulsado por un exceso de oferta en el mercado global de fabricación que podrían ofrecer precios por debajo de los 0,27 €/vatio, según un análisis de Bloomberg New Energy Finance (septiembre de 2016).

BNEF no es el único analista que sugieren grandes caídas. Deutsche Bank también espera una caída a alrededor de 0,36 €/vatio desde los niveles actuales por encima de

los 0,45 € / vatio. Los expertos de BNEF vaticinan lo mismo, pero van más allá dice que hay un riesgo de que el precio podría caer aún más, a 0,27 € / vatio.

Eso sería una gran noticia para los constructores de plantas solares y para las personas que ponen sistemas solares en los tejados de sus casas o negocios. Es menos bueno para la salud financiera de los fabricantes, a pesar de que podría provocar otra ronda de eficiencia en la fabricación.

Recordemos que la última recesión terminó con la quiebra de docenas de fabricantes de productos fotovoltaicos en todo el mundo, incluidos jugadores del primer nivel como la alemana Q-Cells y la china Suntech de China, ambas posteriormente adquiridas por otras compañías.

La última recesión llegó a su fin cuando el propio mercado solar interno de China despegó, absorbiendo la mayor parte del exceso de oferta. En los últimos años, China se ha convertido, con mucho, en el mayor mercado solar del mundo habiendo añadido cerca de 20 GW de nueva capacidad de generación fotovoltaica solo en la primera mitad de 2016.

Sin este flotador solar, las consecuencias podrían ser mucho peores para los fabricantes. Para los instaladores fotovoltaicos y los usuarios finales, sin embargo, la noticia es buena, ya que unos módulos más baratos pueden estimular una nueva ola de crecimiento del mercado en todo el mundo.

Los precios de los módulos, según otro estudio de Zindler, caerán un 20% en el próximo año, y se hundirán por debajo de los 0,36€ /w y, en algunos casos, incluso por debajo de 0,27 € / W.

Sensibilidad al peaje de respaldo.

Esta instalación, según el RD 900/2015, está incluida dentro del grupo de peaje de acceso 3.1A. Por ello, y según la curva de carga del suministro, por cada kwh producido y autoconsumido el cliente deberá abonar 0,017232826 €/kwh. Con la situación actual recordamos que anualmente el cliente está pagando 2.362 € por el peaje de respaldo. Llevamos a cabo un análisis de sensibilidad del retorno de la instalación frente a este peaje de respaldo regulado por el gobierno.

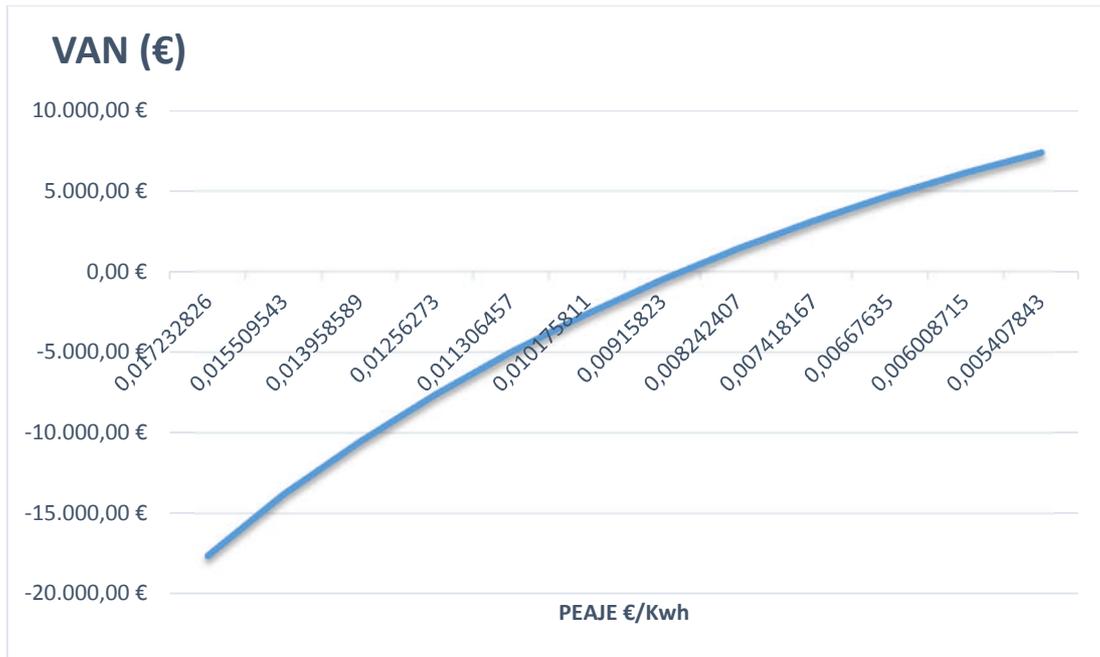


Figura nº 59. Sensibilidad del VAN frente al coste del peaje de respaldo por autoconsumo. Fuente: propia.

Con un descenso en el cargo publicado por el real decreto 900/2015 por energía autoconsumida de un 48%, hasta los 0,0084 €/kwh el VAN de la inversión sería cero, y a partir de ahí la inversión empieza a ser financieramente interesante.

5.- CONCLUSIONES.

Tras la introducción que hemos hecho en este trabajo sobre la tecnología fotovoltaica, en cuando a su filosofía, su arquitectura, sus opciones técnicas, rentabilidad y sostenibilidad llegamos a la basta conclusión de que la energía fotovoltaica era algo que tenía que llegar a la sociedad tarde o temprano y ser explotada a todos los niveles, desde los grandes proyectos empresariales hasta los usuarios domésticos. No en vano, parecería una frivolidad que aun disponiendo de la fuente energética más abundante en la naturaleza, inagotable, limpia y gratuita como es el sol, esta no se utilizara y que siguiéramos dependiendo exclusivamente de recursos fósiles, explotados en oligopolio, y que necesitan de un procesado muy costoso, cuyo uso le supone al planeta una huella contaminante que va a ser muy difícil de remontar, si es que no es ya demasiado tarde.

La tecnología fotovoltaica está ya en un estado lo suficientemente maduro como para que la energía producida pueda competir en coste con la obtenida de manera tradicional. Prácticamente todos los países con un mínimo desarrollo fotovoltaico han alcanzado ya la paridad de red, y lo que empezó siendo un sector de grandes instalaciones fotovoltaicas ha ido descendiendo irremediamente hasta llegar a los usuarios domésticos.

Entre los objetivos propuestos, nos marcamos el de demostrar que la energía fotovoltaica puede ser considerada energía verde sin dejar, en lo posible, lugar a dudas. Para ello hemos indagando sobre posibles lagunas que pudieran ensombrecer dicha consideración. Se ha estudiado esta materia desde el punto de vista de los residuos generados y su impacto en la comunidad y el ecosistema, y por otro lado desde el punto de vista del balance energético y la huella de carbono en comparación con otras tecnologías de generación.

En cuando a medio ambiente, nos ha costado mucho encontrar información fehaciente y específica sobre esta materia. Todos los fabricantes, dentro de una estrategia corporativa que busca la mejora continua de imagen y el respeto al medio ambiente, por lo menos de cara a la galería, ponen a disposición pública informes anuales sobre las normas y protocolos que cumplen, así como los procesos de reciclaje y medidas de seguridad y salud para sus trabajadores. No hemos encontrado estudios concluyentes sobre mediciones del impacto que la fabricación de los paneles solares tiene sobre el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

También hemos hecho un análisis sobre la amortización energética y la huella de carbono, y podemos afirmar que en cuanto a estas dos variables, la fotovoltaica es una tecnología limpia, sobre todo si las comparamos con fuentes tradicionales como puede ser el carbón o el gas natural. La energía empleada en la fabricación de paneles es amortizada en cuestión de meses desde la puesta en marcha de la instalación fotovoltaica y la huella de carbono es por tanto insignificante en comparación a la que dejan las centrales con combustibles fósiles.

En el panorama internacional hemos visto que son 5 países los que marcan el paso del mercado fotovoltaico, y son China, Japón, Estados Unidos, Reino Unido y Alemania. Esto no deja de ser una paradoja, ya que España tiene una intensidad lumínica mucho mayor que los dos últimos países del top 5 y sin embargo nos encontramos en un lugar casi residual en cuanto a la cuota de mercado. Recordemos que China tenía en 2014 el 16 % de la capacidad mundial instalada, y España apenas el 3%. En cuanto al crecimiento, concluimos que viene marcado por las nuevas instalaciones fotovoltaicas a gran escala y que empieza a llamar la atención la incorporación a las redes de

instalaciones de pequeña escala, en formato sobre todo de autoconsumo, y también aisladas.

Cuando nos vamos al panorama nacional hemos comprobado el frenazo sufrido por la capacidad instalada del sector desde el año 2007, cuando se recortaron los beneficios a la fotovoltaica, después de que la generación de energía fotovoltaica estuviera fuertemente subvencionada por el gobierno (40 c€ por cada kwh producido), hasta no tener ningún tipo de prima desde 2012. El año 2015 ha reflejado un crecimiento bastante modesto de la potencia fotovoltaica instalada, si no un estancamiento, lo que está significando un alejamiento del objetivo de España para alcanzar la cuota prevista en el PER (Plan de energías renovables) en 2020. Según la simulación de crecimiento que hemos aportado, se desprende que el número de pequeñas instalaciones de autoconsumo a poner en marcha para cumplir con el objetivo puede parecer inalcanzable, aunque no imposible si se dieran cuotas de crecimiento razonables.

Todo este panorama está detrás del real decreto 900/2015, pensado y publicado por el gobierno de España para fomentar el autoconsumo y por ende la generación distribuida. Una idea plausible para intentar aumentar la cuota de la fotovoltaica en el mix de generación con un potencial en España de millones de usuarios, pero que a tenor de las solicitudes presentadas parece insuficiente, ya que los usuarios no han percibido este decreto como una oportunidad sino como otro hachazo a la fotovoltaica. Como hemos expuesto en este trabajo, el autoconsumo está gravado con el llamado “impuesto del sol” y además está limitado en cuanto a los excedentes producidos por la instalación fotovoltaica y que el usuario no llega a autoconsumir, vertiéndolos a la red sin beneficio ninguno. El hecho de que el cliente tenga que pagar un peaje por estar conectado a la red sin obtener ningún beneficio a cambio hace que este mecanismo sea bastante impopular, por mucho que el gobierno trate de justificar esta medida por razones de respaldo y mantenimiento de la red eléctrica.

Sea como sea, el autoconsumo en si es una herramienta de eficiencia energética que tiene sus ventajas si se saben aprovechar. Como hemos visto reiteradamente en este proyecto, el autoconsumo es más rentable cuanto más se aproveche la energía producida por las placas solares, es decir, que toda la energía se autoconsume, y que no haya excedentes. Para ello, habrá que dimensionar la planta fotovoltaica de manera óptima. Es decir, ya no consiste en llenar un techo o un suelo con el máximo número de placas posibles, que era el criterio de dimensionamiento cuando el negocio estaba en vender toda la producción generada.

De tal manera, podemos concluir en unos clientes tipo donde el autoconsumo es una inversión inteligente:

- Clientes con demanda significativa de energía, consumo estable durante las horas de sol y preferiblemente los siete días de la semana.
- Clientes que es propietario de una nave/edificio con contrato de suministro eléctrico y superficie disponible en su cubierta para la instalación de paneles solares.
- Preferiblemente, clientes con capacidad económica para afrontar el proyecto o acceso a financiación a través de terceros.
- Edificios de Nueva Construcción obligados a la instalación de paneles solares fotovoltaicos para el cumplimiento del CTE (HE5) (código técnico de la edificación).

La otra gran ventaja y consecuencia del autoconsumo es la generación de electricidad de manera distribuida. La generación distribuida presenta beneficios para el sistema, fundamentalmente en lo relativo a reducción de pérdidas de la red en los supuestos en los que las instalaciones de generación se encuentren cerca de los puntos de consumo y reduzcan los flujos de energía por la red, suponiendo además una minimización del impacto de las instalaciones eléctricas en su entorno.

Este trabajo finaliza con la exposición de un caso real de una empresa española, que se ajusta al perfil de cliente para autoconsumo. Las conclusiones de esta empresa al apostar por esta tecnología son las previstas según su plan estratégico de gestión de la energía: una reducción de la factura energética, una mayor eficiencia energética, un ahorro de emisiones de CO₂ a la atmósfera, y una mejora de la visión de la empresa de cara a la comunidad, ya que respeta el medio ambiente, y por tanto indirectamente la salud de sus usuarios. Aunque los indicadores financieros de la inversión no son buenos a priori, no son tan malos como para descartarla ya que otros argumentos corporativos, como hemos visto, tienen mucho peso en la toma de decisión.

En los análisis de sensibilidad de la inversión de la instalación fotovoltaica de la clínica Delta SA, hemos estudiado cómo influyen dos variables fundamentales en la viabilidad de este tipo de inversiones: una de ellas, la del coste de instalación, que depende del desarrollo y la madurez del mercado, y la otra, la del peaje al autoconsumo, que depende de la regulación del gobierno. De seguir evolucionando a la baja los costes de los paneles fotovoltaicos, tendremos instalaciones muy rentables en el corto-medio plazo. También hemos cuantificado el impacto que tiene la variación del cargo al kilowatio/hora de la energía autoconsumida que reguló el gobierno en el real decreto 900/2015, y hemos visto que para la inversión estudiada sería necesaria una reducción a la mitad de este peaje para que empiece a ser atractiva de cara a potenciales usuarios e inversores.

Recomendaciones

Hemos demostrado, con ejemplos en varios países desarrollados, como la ayuda regulada desde la administración es capital para el desarrollo de la generación fotovoltaica. En este sentido, y habiendo analizado en concreto una instalación del segmento comercial, que es el que más potencial tiene en cuanto a número de instalaciones, recomendamos ejercer más presión sobre el gobierno para que reconsidere el valor del peaje sobre el autoconsumo. Este trabajo pretenda tomar esa senda.

De cara a próximos trabajos sobre el mercado fotovoltaico, o ampliaciones del estudio que ahora presentamos, proponemos abordar el mercado mayorista de venta de energía fotovoltaica. Según la normativa actual, las instalaciones de más de 100 KW instalados tienen la posibilidad de acudir a dicho mercado. Se podrían analizar las mismas variables que se han tenido en cuenta en este TFC en el segmento comercial, de hasta 100 KW.

También nos hubiera gustado abordar un estudio de rentabilidad de integración arquitectónica fotovoltaica, que consideramos que es uno de los futuros prometedores de esta tecnología y que más recorrido tiene. Pensamos que el recorrido del autoconsumo en las edificaciones existentes es menor y la penetración de esta modalidad va a depender, a partes iguales, de la curva de experiencia de esta tecnología y de la regulación y la incentivación pública, tanto en lo económico como en lo administrativo.

6.- BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

- World Energy Statistics 2015, IEA (2016).
- PVPS Anual Report 2015, IEA (2016)
- PVPS – A methodology for the Analysis of PV Self- consumption Policies, IEA, (2016).
- Memo Unef 2015 (2016)
- Irena – Renewable Energy Statistics 2016 (2016)
- Página web de IEA (Internacional Energy Agency): www.iea.org
- Creara PV Grid Parity Monitor, (2016).
- Página web de la UNEF (Unión Española Fotovoltaica): www.unef.es
- Página web de REE (Red Eléctrica Española): www.ree.es
- Página web de OMIE (Operador del Mercado Ibérico de la Energía): www.omie.es
- Clean&Green Best Practices, (2012)
- National Survey Report Spain 2014, Unef, (2015)
- Photon International magazine, (April 2014).
- Solar Resource Assessment and Forecasting, Dave_Renne, (2013)
- Introduction to IEA-PVPS High_Penetration_PV_in_Electricity_Grids; Roland Brundlinger, Chistof Mayr (2013)
- PV production forecast of balance zones in Germany, Elke_Lorenz (2013)
- Ensemble model solar forecasting for NW Europe, Kristian Pagh Nielsen (2013)
- How Self-Consumption Could Reshape Rooftop Markets, Valerick Cassagne (2014)
- Photovoltaics_Report, Fraunhofer ISE, 2015.
- Ley 54/1997 (Asegurar garantía y calidad de suministro)
- RD 1663/2000 (Conexión de Inst. Fotovoltaicas a red de Baja Tensión)
- RD 1955/2000 (Regulación procedimientos autorización instalaciones eléctricas)
- RD 842/2002 (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión)
- RD 1436/2004 (Regulación producción régimen especial, jurídico y económico)
- CTE HE5 (Código Técnico de la Edificación)
- RD 661/2007 (Instalaciones de producción de energía en régimen especial)
- RD 1110/2007 (Reglamento Unificado de Puntos de Medida)
- RD 1578/2008 (Retribución instalaciones producción Energía mediante FV)
- Directiva 2009/28/CE (Compromiso abastecimiento EERR del 20% en 2020)
- PANER 2011-2020 (Plan Acción Nacional de Energías Renovables)
- RD 1003/2010 (Trazabilidad conexión de instalaciones solares FV)
- RD 1565/2010 (Modificación algunos aspectos del régimen especial)
- RD 14 / 2010 (Medidas urgentes corrección del déficit tarifario)
- RD 1/2012 (Suspensión primas a productores en Régimen Especial)

ANEXO I – BALANCE ENERGÉTICO

Análisis del mercado fotovoltaico

Balances energéticos		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Balance Energético													
Energía Generada	kWh	141.674	141.108	140.543	139.981	139.421	138.863	138.308	137.755	137.204	136.655	136.108	135.564
Energía Demanda	kWh	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542
Energía Autoconsum. Instantánea	kWh	137.064	136.516	135.970	135.426	134.884	134.345	133.808	133.272	132.739	132.208	131.679	131.153
Energía excedentaria	kWh	4.610	4.592	4.573	4.555	4.537	4.519	4.500	4.482	4.465	4.447	4.429	4.411

Balances energéticos		Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
Balance Energético														
Energía Generada	kWh	135.022	134.482	133.944	133.408	132.874	132.343	131.813	131.286	130.761	130.238	129.717	129.198	128.681
Energía Demanda	kWh	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542	529.542
Energía Autoconsum. Instantánea	kWh	130.628	130.106	129.585	129.067	128.551	128.036	127.524	127.014	126.506	126.000	125.496	124.994	124.494
Energía excedentaria	kWh	4.394	4.376	4.358	4.341	4.324	4.306	4.289	4.272	4.255	4.238	4.221	4.204	4.187

ANEXO II – BALANCE ECONÓMICO

Análisis del mercado fotovoltaico

Balances económicos													
	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
Balance Económico CLIENTE -> Ahorros = Ingresos VS Costes													
Ahorros en consumo anual	13.521	13.947	14.387	14.840	15.308	15.790	16.288	16.801	17.331	17.877	18.441	19.023	19.622
Factura eléctrica - business as usual	€ 76.752	79.369	82.075	84.874	87.769	90.762	93.859	97.061	100.372	103.797	107.339	111.003	114.792
Potencia Contratada (término fijo)	€ 13.230	13.627	14.036	14.457	14.891	15.338	15.798	16.272	16.760	17.263	17.781	18.314	18.863
Término de Energía Variable - sin placa	€ 59.789	61.881	64.047	66.289	68.609	71.010	73.495	76.068	78.730	81.486	84.338	87.290	90.345
Impuesto eléctrico	€ 3.733	3.861	3.992	4.128	4.269	4.415	4.565	4.721	4.882	5.049	5.221	5.399	5.583
IVA	€ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factura eléctrica - con SFV instalada	€ 63.231	65.422	67.689	70.034	72.461	74.972	77.571	80.259	83.041	85.920	88.898	91.980	95.169
Potencia Contratada (término fijo)	€ 13.230	13.627	14.036	14.457	14.891	15.338	15.798	16.272	16.760	17.263	17.781	18.314	18.863
Cargo fijo	€ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Término de Energía Variable - Con placa	€ 43.523	45.105	46.745	48.444	50.204	52.028	53.917	55.875	57.904	60.006	62.184	64.440	66.778
Peaje de respaldo	€ 3.402	3.507	3.615	3.727	3.842	3.960	4.082	4.208	4.338	4.472	4.610	4.752	4.899
Impuesto eléctrico	€ 3.076	3.182	3.292	3.406	3.525	3.647	3.773	3.904	4.039	4.179	4.324	4.474	4.629
IVA	€ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros costes	€ 1.894	1.922	1.951	1.980	2.010	2.040	2.071	2.102	2.133	2.165	2.198	2.231	2.264
<i>En este modelo estos costes son opcionales</i>													
Mantenimiento	€ 1.157	1.175	1.192	1.210	1.228	1.247	1.266	1.284	1.304	1.323	1.343	1.363	1.384
Seguros	€ 737	748	759	770	782	793	805	817	830	842	855	868	881
IVA	€ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión y financiación CLIENTE													
Cuenta de resultados CLIENTE													
Ingresos (Ahorros)	€ 13.521	13.947	14.387	14.840	15.308	15.790	16.288	16.801	17.331	17.877	18.441	19.023	19.622
Costes	€ 1.894	1.922	1.951	1.980	2.010	2.040	2.071	2.102	2.133	2.165	2.198	2.231	2.264
O&M	1.157	1.175	1.192	1.210	1.228	1.247	1.266	1.284	1.304	1.323	1.343	1.363	1.384
Seguros	737	748	759	770	782	793	805	817	830	842	855	868	881
IVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EBITDA	€ 11.627	12.025	12.436	12.860	13.298	13.750	14.217	14.700	15.198	15.712	16.243	16.792	17.358
Amortización	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323	5.323
EBIT	€ 6.305	6.702	7.113	7.537	7.975	8.427	8.894	9.377	9.875	10.389	10.920	11.469	12.035
Intereses	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EBT	€ 6.305	6.702	7.113	7.537	7.975	8.427	8.894	9.377	9.875	10.389	10.920	11.469	12.035
Impuesto de sociedades	1.765	1.877	1.992	2.110	2.233	2.360	2.490	2.625	2.765	2.909	3.058	3.211	3.370
Beneficio neto	€ 4.539	4.826	5.121	5.427	5.742	6.068	6.404	6.751	7.110	7.480	7.863	8.257	8.665

ANEXO III- FLUJO DE CAJA

Análisis del mercado fotovoltaico

Cash flow del CLIENTE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Flujo de caja acumulado	-126.013	-118.759	-111.304	-103.641	-95.765	-87.668	-79.342	-70.780	-61.975	-52.919	-43.602	-34.017

Cash flow del CLIENTE													
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Flujo de caja acumulado	-24.155	-14.006	-3.562	7.187	18.252	29.643	41.370	53.444	65.875	78.680	91.865	105.446	119.434

Vida útil

VAN (€)	-17.628
TIR (%)	5,43%
Payback (años)	16