eclareon

Con el apoyo de:

Cu Copper Alliance™

PV GRID PARITY MONITOR

Sector Residencial

2do número

Patrocinadores platino:

YINGLI SOLAR
Power Your Life

GESTERNOVA

Colaboradores técnicos: 3TIER SUNPOWER

AGOSTO 2013

Patrocinadores platino:

Patrocinadores oro:

Asociaciones colaboradoras:

Con el apoyo de:

ECLAREON garantiza que esta información es resultado de un análisis independiente, objetivo e imparcial, que está libre de influencias internas o externas de los patrocinadores u otras partes.

Este documento es la traducción al español de un informe publicado en mayo de 2013 y que analiza el periodo enero 2009/febrero 2013.

Autores:

David Pérez (Socio)
Víctor Cervantes (Gerente)
María Jesús Báez (Asociada)
Francisco Teniente Domínguez (Analista)

Información de contacto:

ECLAREON S.L.
Email: dpn@eclareon.com
Tel: +34.91.395.01.55
Web: http://www.eclareon.com

La información aquí contenida es de naturaleza general y no pretende abordar las circunstancias de ningún individuo o entidad en particular. Aunque procuramos proveer información correcta y oportuna, no puede haber garantía de que dicha información sea exacta en la fecha en que se reciba o que continuará siendo correcta en el futuro. Nadie debe actuar basándose en dicha información sin asesoramiento profesional tras un análisis exhaustivo de la situación particular.

© 2013 ECLAREON S.L. Derechos reservados

ÍNDICE

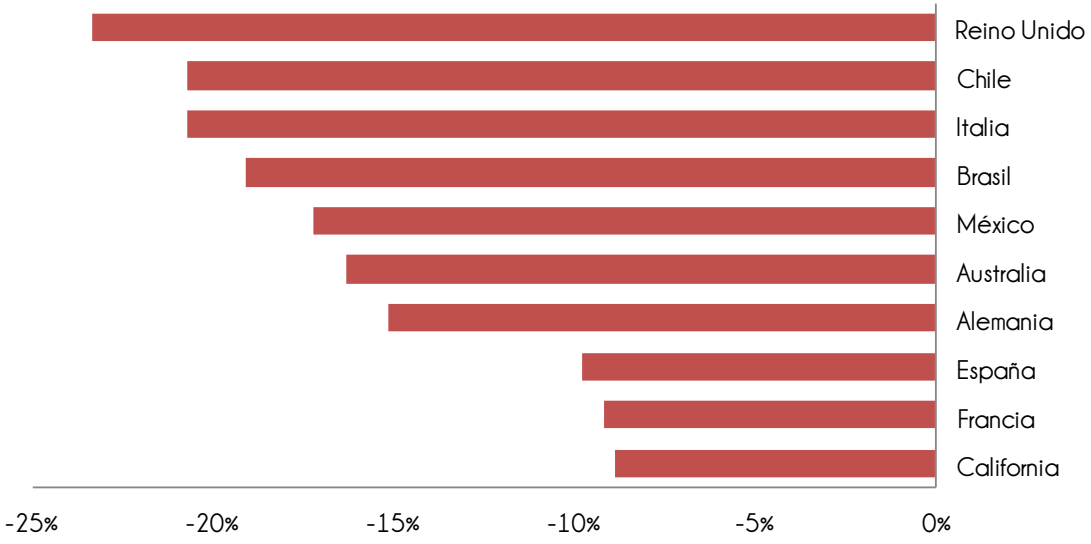
1 Resumen Ejecutivo 5
2 Introducción 9
3 Resultados del Grid Parity Monitor 16
3.1 Alemania 18
3.2 Australia 22
3.3 Brasil 25
3.4 Chile 29
3.5 EE.UU. (California) 32
3.6 España 35
3.7 Francia 38
3.8 Italia 41
3.9 México 44
3.10 Reino Unido 47
4 Metodología 51
4.1 Cálculo del LCOE FV 51
4.2 Datos de Fuentes Primarias 55
4.3 Otros Datos y Consideraciones 61
4.4 Precios de la Electricidad 71
5 Anexo: Colaboradores del GPM 85
6 Anexo: Acrónimos 93
7 Anexo: Referencias 95

Resumen ejecutivo

1 Resumen Ejecutivo

Este documento es el segundo número del PV Grid Parity Monitor para consumidores residenciales. Desde la publicación del primer número del GPM residencial (2do semestre de 2012), casi todos los países mejoraron su situación de paridad de red. Esto se debe principalmente a la reducción del LCOE FV, que se muestra en la Figura siguiente. Esto ha sido causado por una reducción del coste de los sistemas FV, impulsada por los bajos precios de los equipos (en todos los ámbitos), y por una mayor competencia en mercados emergentes (como Brasil, Chile o México).

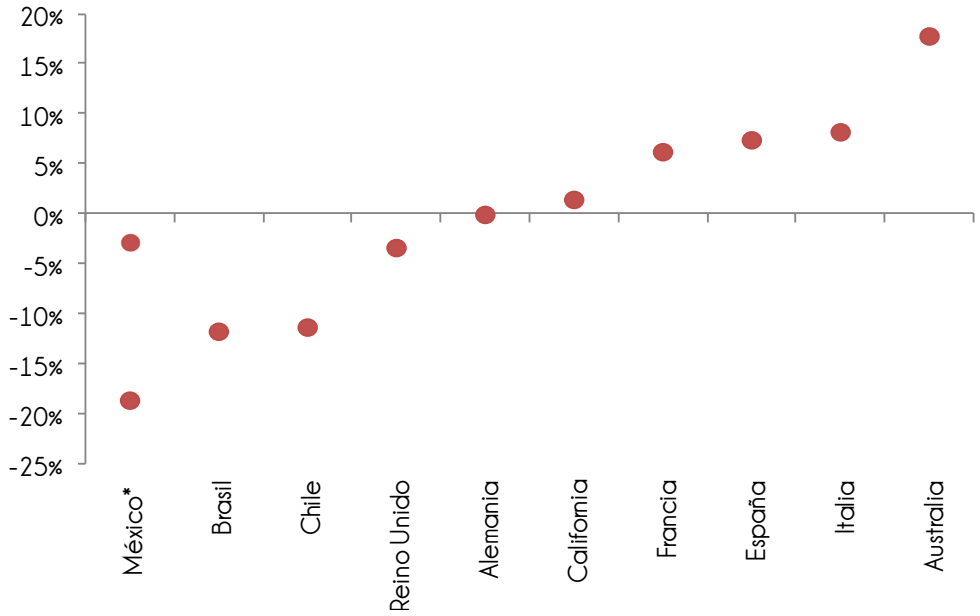
Figura 1: Evolución del LCOE FV para consumidores residenciales del 2do semestre de 2012 al 1er semestre de 2013



Fuente: Análisis de Eclareon

Si observamos la evolución del precio de la electricidad de la red para consumidores residenciales (véase la siguiente Figura), podemos notar una tendencia creciente en la mayoría de los mercados europeos, mientras que en los países de Latinoamérica se advierten reducciones.

Figura 2: Evolución de los precios minoristas de la electricidad para consumidores residenciales del 2do semestre de 2012 a enero/febrero de 2013

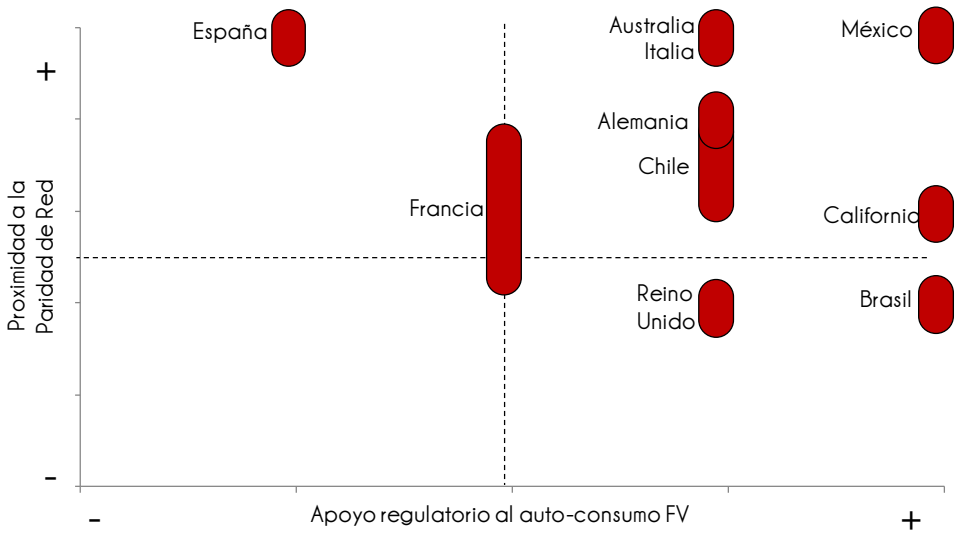


Nota: * Para el consumidor DAC, el precio de la electricidad ha disminuido un 0,66%, mientras que el precio de la electricidad para el consumidor estándar ha disminuido un 18,60%. Para el resto de países, se han utilizado los precios finales estándar.

Fuente: Análisis de Eclareon

Junto con la proximidad a la paridad de red, el apoyo regulatorio (principalmente a través de mecanismos como el net metering) varía considerablemente de país a país. Estas dos variables ("Proximidad a la Paridad de Red" y "Apoyo regulatorio al auto-consumo FV") son representadas en la siguiente Figura.

Figura 3: Matriz de posicionamiento de los países analizados



Nota: Datos de enero/febrero de 2013

Fuente: Análisis de ECLAREON

Las siguientes conclusiones se pueden extraer de la Figura anterior:

- La paridad de red FV está siendo alejada por la alta tasa de descuento en Brasil y la baja irradiación en Reino Unido, junto con los altos costes de instalación en ambos mercados.
- En California, la FV está todavía lejos de ser competitiva debido principalmente a los generosos incentivos gubernamentales que permiten altos márgenes en toda la cadena de valor elevando los precios.
- El sur de Francia ya ha alcanzado la paridad de red, mientras que el norte del país aún está lejos de la competitividad FV debido a los bajos niveles de irradiación.
- En México, el auto-consumo FV es una buena oportunidad de inversión para los consumidores DAC (hogares que pagan más del doble de la tarifa residencial media).
- En España, a pesar de que existe una situación clara de paridad de red, no existe una regulación conveniente que permita a los auto-consumidores FV verter los excesos de su generación a la red a cambio de una compensación (ya sea monetaria o de energía).
- El sistema de net metering (balance neto) en California es un buen ejemplo de cómo promover el auto-consumo FV. La regulación aprobada recientemente en Brasil y Chile parece, en una primera evaluación, un excelente instrumento para fomentar el auto-consumo FV.

Esta realidad económica debe conducir a la creación de mercados FV basados en sistemas de auto-consumo FV, especialmente en países donde la paridad de red es más evidente. Esto ya está pasando en algunos de los casos. A pesar de que el pobre apoyo regulatorio suele ser un obstáculo para la creación de negocio, pensamos que la ausencia de consumidores conscientes (muchos consumidores aún no entienden y no confían en los sistemas de auto-consumo) y de una industria FV bien preparada (sobre todo en los mercados emergentes) son las razones principales por las que no se genera un mayor volumen de negocio.

2
Introducción

2 Introducción

El PV Grid Parity Monitor analiza la competitividad FV con respecto al precio de la electricidad de la red para los consumidores residenciales y evalúa la regulación local para el auto-consumo de 19 ciudades en 10 países. Está basado en una metodología rigurosa y transparente (detallada en la Sección 4) y utiliza datos actuales y reales proporcionados por instaladores FV locales, asociaciones FV locales y otros actores de la industria FV. Además incluye un análisis específico y detallado de las tarifas eléctricas tomadas en cuenta para cada una de las ciudades.

El resultado del análisis muestra que la Paridad de Red FV (definida como el momento en que el coste de generar electricidad FV es igual al coste de la electricidad de la red, asumiendo que el 100% de la electricidad es auto-consumida instantáneamente[1]) ya ha sido alcanzada en varias de las ciudades analizadas en este informe. Este hecho no implica que la tecnología FV ya no necesite apoyo gubernamental. Por el contrario, con el fin de hacer posible el desarrollo de un mercado de auto-consumo FV, las autoridades deben concentrar sus esfuerzos en reducir obstáculos administrativos y en crear o mejorar los mecanismos regulatorios que permitan a los auto-consumidores FV verter sus excesos de generación a la red a cambio de una compensación (ya sea una compensación monetaria bajo el sistema de facturación neta o una compensación de energía en el mecanismo de balance neto). En este sentido, nuestro análisis muestra que la regulación aún se puede mejorar en muchos países. Cabe señalar que es la combinación de ambos elementos (paridad de red y regulación apropiada) lo que genera la oportunidad de inversión. La existencia de únicamente uno de ellos, no generará ningún efecto en el mercado.

Incluso en el caso ideal donde la paridad de red FV se combina con un marco regulatorio eficiente, no se espera que se desarrolle un mercado masivo debido a la propia naturaleza de la inversión (esto es, basada en ahorros). Sin embargo, dado que la paridad de red es una realidad económica, las autoridades deben crear los marcos apropiados para

[1] Dado que el 100% de auto-consumo instantáneo es improbable que ocurra en sistemas residenciales, mecanismos como el balance neto serán cruciales para lograr la viabilidad económica de este tipo de instalaciones, siempre que no se consiga ajustar la curva de generación a la de consumo.

adaptar el sistema energético a la creciente importancia de la generación distribuida, y asegurarse de que es monitorizada, canalizada y regulada adecuadamente.

Es importante entender que la Paridad de Red representa una oportunidad única para desarrollar una tecnología de generación de energía local y sostenible de forma rentable, sin embargo, se deben realizar cambios adecuados en la regulación para hacer esto posible. Esto es parte del desafío de una Red Inteligente, el cual requerirá tomar en cuenta factores económicos para diseñar la red del futuro: una preparada para la penetración masiva de la generación distribuida.

Consideraciones importantes

- Este informe está enfocado exclusivamente al sector residencial. Las instalaciones de auto-consumo FV en el sector industrial y comercial también pueden representar una oportunidad muy interesante pero éstas deben ser analizadas por separado debido a que varias de sus características difieren de las de las instalaciones residenciales. Los sectores industrial y comercial serán analizados en una edición independiente de la Serie GPM.
- Este informe compara el LCOE FV con los precios minoristas de la electricidad. Sin embargo, bajo algunos mecanismos locales de balance neto/facturación neta, la electricidad FV que se vierte a la red es compensada/remunerada por debajo de las tarifas de la electricidad, haciendo que esta inversión sea menos atractiva.
  - Cuando exista esta normativa, debe llevarse a cabo un análisis caso por caso para determinar la viabilidad económica de cada instalación FV individual (instalaciones con un alto porcentaje de auto-consumo serán más rentables que las instalaciones que vierten una parte importante de su producción a la red).
- Sólo dos ciudades por país fueron analizadas. Esto implica que en algunos países (como lo son Chile y Brasil) donde la irradiación y los precios minoristas de la electricidad varían significativamente, la evaluación de la proximidad a la Paridad de Red puede diferir en gran medida de una región a otra.
- Otras barreras que podrían obstaculizar el desarrollo del mercado de auto-consumo FV (por ejemplo barreras administrativas) no han sido analizadas en el presente informe.

En los últimos años, la competitividad de la tecnología FV ha experimentado una evolución considerable: el notable crecimiento del mercado FV global generó economías de escala, lo cual, sumado a las constantes mejoras tecnológicas y los desequilibrios de oferta y demanda, ha llevado a una reducción significativa de los costes de esta tecnología.

Junto con la reducción del coste de la electricidad FV generada, el constante crecimiento de los precios eléctricos ha presionado la llegada de la "paridad de red" FV: el momento en el que el coste para un consumidor de generar su propia electricidad FV es igual al precio pagado a las compañías por la electricidad de la red.

Supuesto relevante para definir la Paridad de Red

Como consecuencia del desfase[2] entre la generación FV y el consumo eléctrico, parte de la electricidad producida por el sistema FV no será auto-consumida instantáneamente por el hogar, y por lo tanto, será vertida a la red eléctrica.

El valor de este "exceso de electricidad FV" depende de la legislación de cada país:

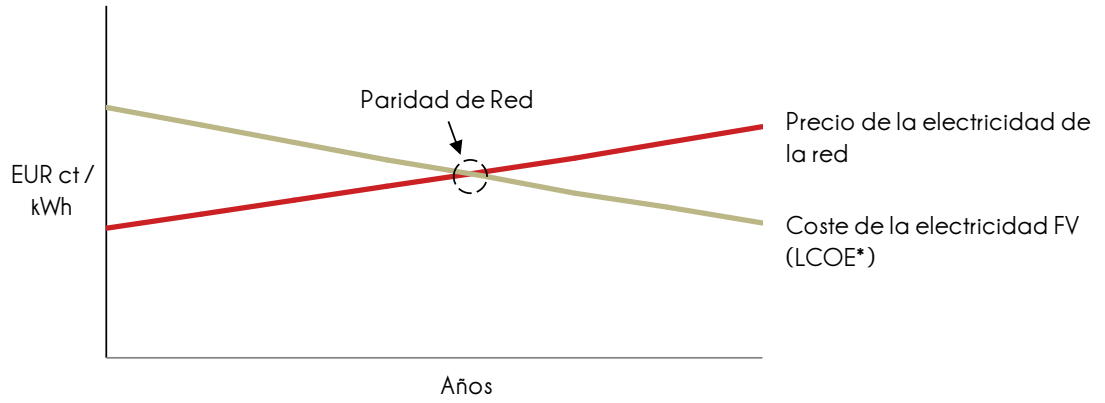
- Si el auto-consumo no está regulado, el productor FV no recibe ninguna compensación a cambio de la electricidad FV excedente vertida a la red.
- Si existe una regulación de auto-consumo (por ejemplo un mecanismo de balance neto/facturación neta) el usuario recibe una compensación (ya sea monetaria o como créditos de consumo en kWh) por la electricidad FV excedente vertida a la red.
  - Dependiendo de la regulación, el valor de esta compensación puede ser igual o menor al coste minoritario de la electricidad.

Para simplificar el análisis, este informe compara el coste nivelado de la energía FV (LCOE, por sus siglas en inglés) con los precios de la electricidad de la red, pero el lector debe tener en cuenta que, dependiendo de la legislación local, una parte de la generación FV (por ejemplo el exceso de electricidad FV) podrá perderse o ser valorada a una tasa más baja.

Una vez que se ha alcanzado la paridad de red FV, para algunos consumidores finales de electricidad tendrá sentido desde un punto de vista económico auto-consumir la electricidad FV generada en lugar de comprar electricidad de la red.

[2] Los sistemas de almacenamiento (baterías) no son considerados en este informe.

Figura 4: Ilustración Simple de la Paridad de Red FV



Nota: * Coste Nivelado de la Electricidad
Fuente: Análisis de Eclareon

Como es de esperar, esta realidad ha despertado la curiosidad de consumidores eléctricos, reguladores, compañías eléctricas, instaladores y fabricantes FV, entre otras entidades.

En línea con este interés, el objetivo del PV Grid Parity Monitor es aumentar el conocimiento de las posibilidades de auto-consumo FV residencial analizando periódicamente la competitividad del coste FV en algunos de los principales mercados FV actuales y potenciales.

Para evaluar la competitividad del coste FV en cada país, se debe comparar los costes de generación de la electricidad FV con los precios minoristas residenciales de la electricidad:

- El coste de la electricidad FV generada se expresa como el coste nivelado de la electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés), el cual se define como el coste constante y teórico de generar un kWh de electricidad FV, que incorpora todos los costes asociados con el sistema FV durante su vida útil.
  - En este estudio, el LCOE FV se calcula específicamente para cada país (o ciudad en su caso) con las variables necesarias para cuantificar de manera precisa el coste de la electricidad FV generada (vida útil media del sistema FV, inversión inicial, gastos de operación y mantenimiento, capacidad de generación de electricidad durante la vida útil del sistema FV y tasa de descuento, entre otras variables).
- En cuanto a los precios minoristas de la electricidad, se consideran un máximo de 3 precios variables de la electricidad pagados por los consumidores residenciales.

El GPM es uno de los estudios más detallados sobre la paridad de red hasta la fecha por distintos motivos:

- Está basado en una metodología rigurosa y transparente (detallada en la Sección 4).
- Usa datos reales y actualizados que incluyen presupuestos llave en mano aportados por instaladores locales de cada ciudad analizada, no estimaciones.
- Incluye información específica y detallada de cada país o ciudad como la tasa de descuento, precios de la electricidad e inflación.
- Es recurrente, ya que se actualizará periódicamente para mostrar la evolución de la proximidad de la paridad de red FV.
- No sólo analiza mercados potenciales europeos sino también algunos de los mercados emergentes más prometedores como Brasil, Chile y México.

El GPM consta principalmente de dos secciones:

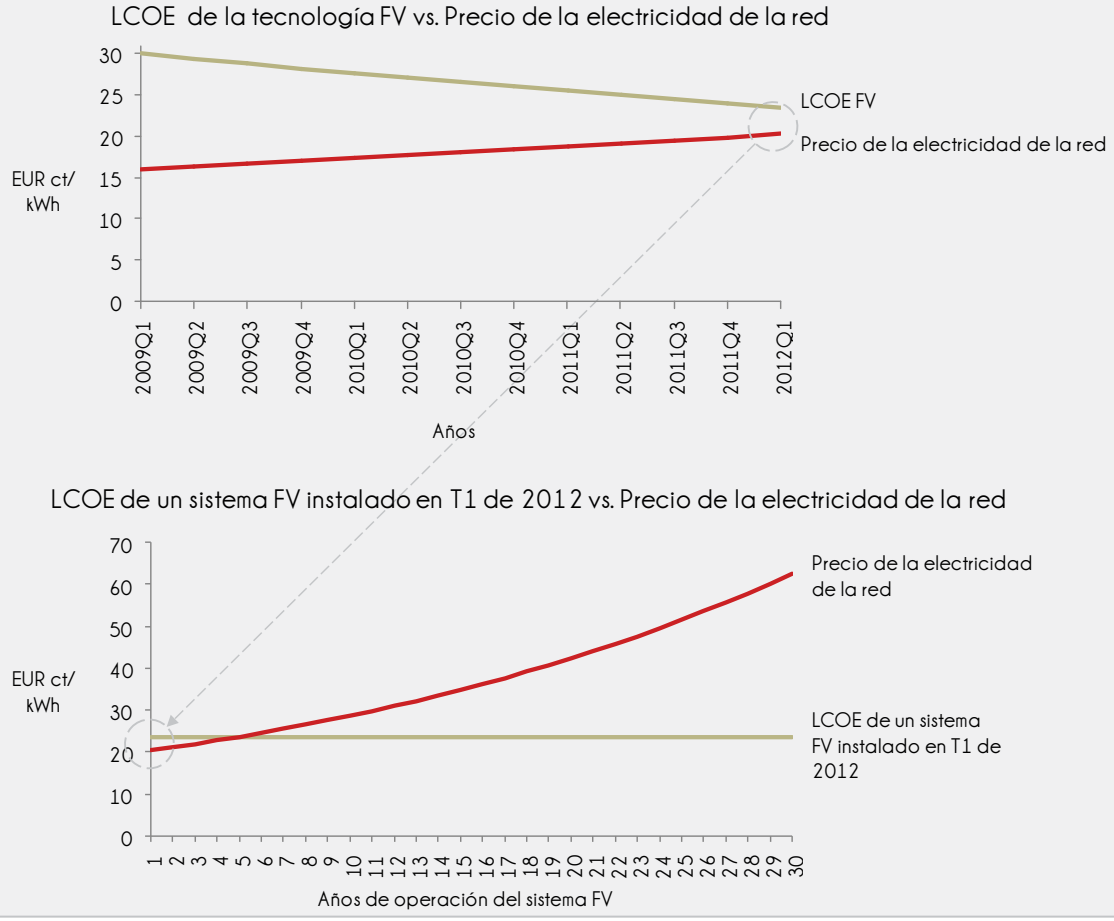
- Sección de resultados, donde se cuantifica el LCOE FV y se analiza la paridad de red para cada una de las ciudades incluidas en el estudio.
- Sección de metodología, donde se explica de forma detallada el concepto de LCOE, así como los datos y consideraciones más relevantes.

LCOE vs. Precio de la electricidad de la red: consideraciones para una comparación justa

Cuando analizamos la competitividad de la tecnología FV con respecto a los precios de la electricidad de la red, deberíamos tener en cuenta que lo que realmente está siendo comparado es el coste de la electricidad FV generada durante toda la vida útil del sistema FV con los precios minoristas de la electricidad a día de hoy. Esto tiene importantes implicaciones pues, en el futuro, los precios de la electricidad probablemente cambien, mientras que el LCOE FV se mantiene constante durante toda la vida útil del sistema FV.

Consecuentemente, para contrarrestar este hecho, al valorar la competitividad FV con la red, el LCOE FV debería ser comparado con el precio actual de la electricidad, pero tomando en cuenta los incrementos esperados de los precios minoristas de la electricidad durante toda la vida útil del sistema FV.

Figura 5: Diferencias entre el LCOE de la tecnología FV y de un sistema FV ESPECÍFICO



3
Resultados del GPM FV

3 Resultados del Grid Parity Monitor

En esta sección, el GPM compara la evolución del LCOE con los precios minoristas de la electricidad, desde el primer semestre de 2009 hasta los primeros meses de 2013, en cada uno de los países analizados, y evalúa la proximidad de la paridad de red en cada ciudad atendiendo a los siguientes criterios:

Criterios para evaluar la proximidad de la Paridad de Red

Figura 6: Escala cualitativa para evaluar la proximidad de la Paridad de Red

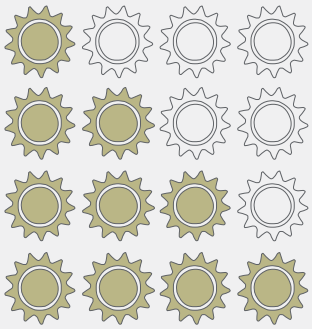
Donde:

- Lejos de la Paridad de Red: El LCOE más bajo es mayor que el 150% del precio de la electricidad de la red más alto y menor que el 200%.
- Cerca de la Paridad de Red: El LCOE más bajo es mayor que el 100% del precio de la electricidad de la red más alto y menor que el 150%.
- Paridad de Red Parcial: El LCOE más bajo es menor que la tarifa con discriminación horaria más alta (esto es, la tarifa que sólo se aplica durante un periodo de tiempo limitado, por ejemplo, en verano, de lunes a viernes, etc.).
- Paridad de Red: El LCOE más bajo es menor que la tarifa estándar sin discriminación horaria o que la tarifa con discriminación horaria más baja.
- Paridad de Red completa: El LCOE más alto es menor que la tarifa estandár sin discriminación horaria o menor que la tarifa con discriminación horaria más baja.

Además, se resume brevemente el marco regulatorio para el auto-consumo FV en cada país para evaluar la existencia de mecanismos legales que fomenten el auto-consumo FV.

Criterio usado para evaluar el apoyo nacional al auto-consumo FV

Figura 7: Escala cualitativa para evaluar el apoyo regulatorio para auto-consumo



Donde:

- Muy pobre: No hay un sistema de balance neto o equivalente que fomente el mercado de auto-consumo[3], ni ningún otro mecanismo de apoyo (primas, ventajas fiscales, etc.).
- Pobre: No hay un sistema de balance neto ni un sistema equivalente. Existen otros mecanismos de apoyo (primas, FiT, ventajas fiscales, etc.) para las instalaciones FV pero no incentivan el auto-consumo.
- Bueno: Existe un sistema de balance neto o un sistema equivalente pero la compensación que ofrece por la electricidad vertida a la red es menor que el precio minorista de la electricidad.
- Excelente: Existe un sistema de balance neto o un sistema equivalente y la compensación que ofrece por la electricidad vertida a la red es igual al precio minorista de la electricidad.

[3] A lo largo de este informe, cuando se refiere a los mecanismos de apoyo como el balance neto o facturación neta, también se incluye cualquier otro mecanismo que tenga el mismo efecto en el mercado.

3.1 Alemania

3.1.1 Proximidad a la Paridad de Red

Figura 8: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Berlín, Alemania (impuestos incluidos)[4]

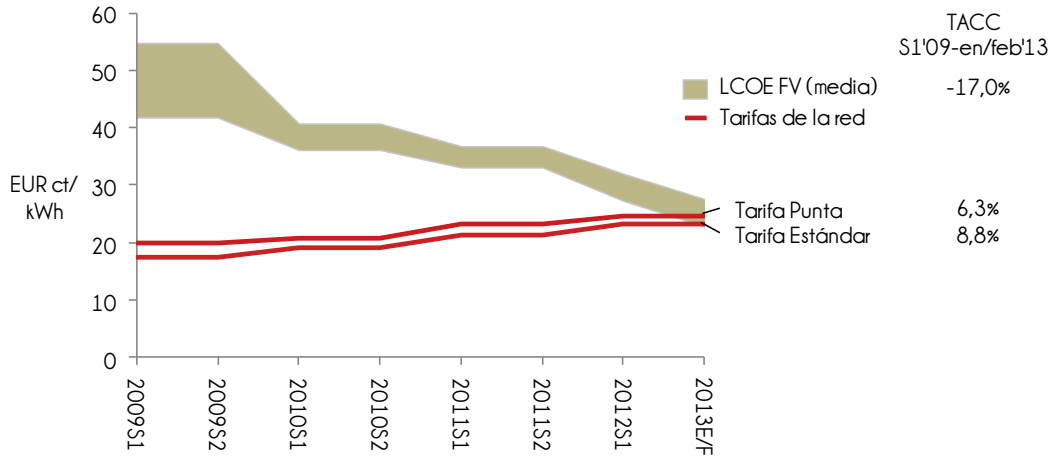


Figura 9: Proximidad a la paridad de red en Berlín

Figura 10: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Múnich, Alemania (impuestos incluidos)[4]

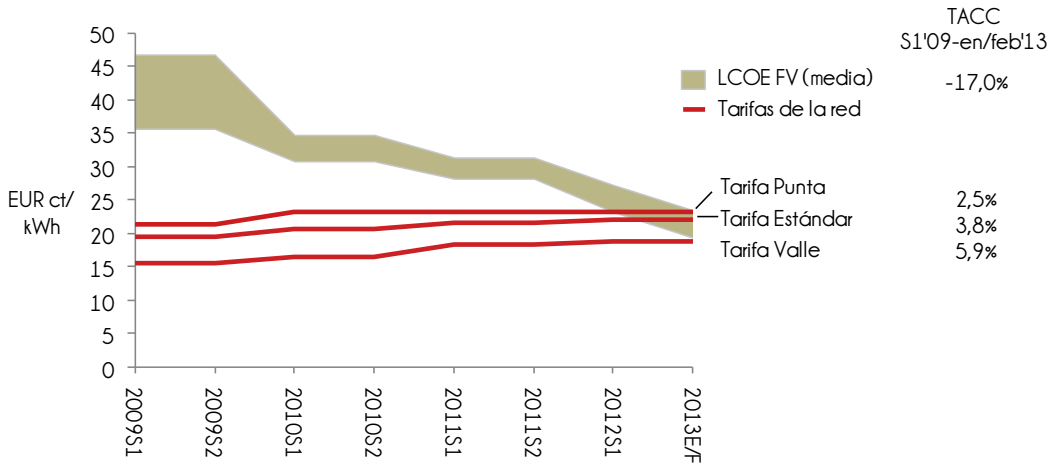


Figura 11: Proximidad a la paridad de red en Múnich

[4] Los precios FV son de enero/febrero de 2013, por lo que no consideran el reciente impuesto de importación establecido por la CE sobre los productos solares chinos.

- A pesar de los bajos niveles de irradiación en Alemania, ya se ha alcanzado la paridad de red en Múnich:
  - El LCOE FV de las tarifas más competitivas, recibidas para enero/febrero de 2013, es menor que la tarifa eléctrica máxima de SWM y la tarifa estándar sin discriminación horaria.
- Recientemente, se ha alcanzado parcialmente la paridad de red en Berlín:
  - El LCOE FV de las tarifas más competitivas es menor que la tarifa eléctrica máxima de SWM y ligeramente menor a la tarifa estándar.
- La proximidad de la paridad de red en un país con niveles relativamente bajos de irradación como lo es Alemania se explica debido a tres factores principales:
  - El nivel de precios FV en Alemania se encuentra entre los más bajos del mundo, clara señal de la madurez del mercado.
  - La tasa de descuento utilizada para calcular el LCOE es baja (5%, véase la Sección 4.3), lo que refleja el retorno que un consumidor de electricidad alemán requerirá de una inversión relativamente segura.
  - Los precios minoristas de la electricidad son considerablemente altos.

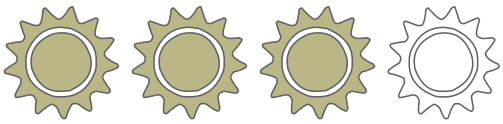
3.1.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- En 2012, la última modificación de la Ley de Energías Renovables (Erneuerbare Energien Gesetz, EEG) introdujo importantes recortes para las instalaciones FV de pequeña escala.
  - En enero de 2012, la FiT para nuevas instalaciones se recortó en un 15%[i].
  - Una reducción adicional se introdujo en abril de 2012[5], cuando se redujeron las tarifas otro 20% con disminuciones adicionales del 1% mensual que empezaron en mayo de 2012.
  - A partir de entonces la reducción tarifaria mensual depende de la capacidad instalada a lo largo de los últimos 12 meses; los grandes aumentos de capacidad resultan en tarifas más bajas y viceversa.

[5] La versión definitiva de la norma no fue publicada hasta agosto de 2012 con cambios retroactivos a partir de abril de 2012 ya que el Bundesrat (Cámara Alta del Parlamento alemán) había detenido inicialmente la propuesta de regulación.

- El programa de FiT EEG fomenta el mercado de auto-consumo de manera eficiente.
  - Históricamente, los dueños FV eran alentados a auto-consumir electricidad FV generada con una prima que se pagaba por cada kWh de electricidad FV auto-consumida.
  - Recientemente, la prima de auto-consumo se eliminó, pero los drásticos recortes hacen que verter la electricidad FV a la red sea menos atractivo que auto-consumirla, dado que la FiT para sistemas de pequeña escala actualmente es menor que el precio minorista de la electricidad.
- Otro reciente cambio también afecta al segmento de pequeña escala: a partir de 2014, el porcentaje de producción anual de energía con derecho a recibir la tarifa será restringido para instalaciones de cierto tamaño (el llamado modelo de integración de mercado).
  - Para instalaciones pequeñas (<10 kW), el 100% de la electricidad generada anualmente seguirá siendo remunerada.
  - Para instalaciones con una capacidad de 10 – 1.000 kWp, solo el 90% de la electricidad anualmente generada recibirá la tarifa, la energía restante deberá ser auto-consumida o vendida a precio de mercado. Alternativamente, el dueño de la instalación puede optar por recibir el precio mensual promedio de mercado si la electricidad es vertida a la red.
- Hay incentivos adicionales para sistemas FV residenciales, como la posibilidad de deducir el IVA pagado al invertir en la instalación FV o el IVA atribuido a la FiT recibida. (Este incentivo no se ha tenido en cuenta en el cálculo del LCOE).
- Además, un potencial beneficio de almacenamiento fomentaría el mercado de auto-consumo.

Figura 12: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.1.3 Conclusiones

- Los bajos precios de instalación, una tasa de descuento baja y un alto precio minorista de la electricidad compensan los bajos niveles de irradiación, y hacen que Alemania alcance la paridad de red en el sector residencial.

- El esquema de FiT de la EEG fomenta el mercado de auto-consumo de manera eficiente, dado que la FiT para sistemas de pequeña escala actualmente es inferior al precio minorista de la electricidad.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[6] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[6] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.2 Australia

3.2.1 Proximidad a la Paridad de Red

Figura 13: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Sídney, Australia (impuestos incluidos)

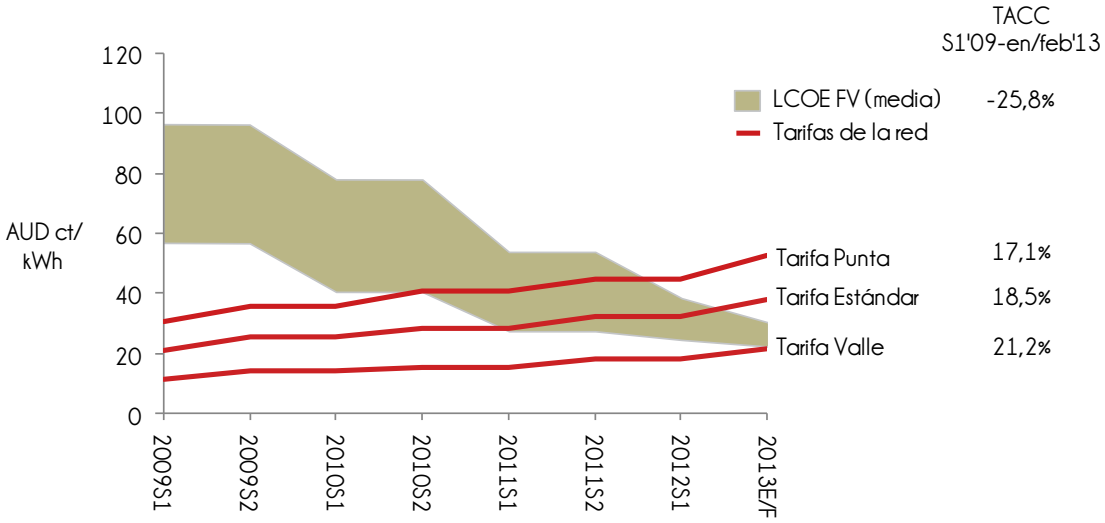


Figura 14: Proximidad a la paridad de red en Sídney

- En Australia, se ha alcanzado la paridad de red completa principalmente como resultado de las siguientes tendencias:
  - La importante reducción experimentada por el LCOE FV en los últimos años (una tasa anual de crecimiento TACC de -25,8% en el período analizado).
  - Un aumento significativo en los precios minoristas de la electricidad que, para la tarifa estándar, se estima en 18,5% al año desde 2009 hasta los primeros meses de 2013.

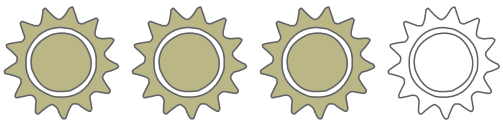
3.2.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- En el estado de Nueva Gales del Sur (NGS) los nuevos sistemas FV se pueden beneficiar del esquema de balance neto.
- Bajo este mecanismo, el usuario auto-consumirá parte de la electricidad FV generada y verterá a la red el exceso de generación, recibiendo una

compensación económica por la cantidad vertida que suele oscilar entre los 6 y 8 cA$ por kWh (4,6 a 6,2 cEu[7]).[8]

- El sistema de balance neto en NGS fomenta el mercado del auto-consumo de manera eficiente, ya que a los consumidores les conviene maximizar el auto-consumo (ahorrando en el precio de la electricidad de la red), dado que la tarifa recibida por el exceso de generación es menor que el precio de la electricidad de la red.
- Además de los beneficios mencionados anteriormente, los sistemas FV residenciales pueden recibir subsidios, a través del Plan de Energías Renovables a Pequeña Escala de la Commonwealth, para reducir la inversión inicial de la instalación FV a través de los certificados para tecnología a pequeña escala (STC)[9], que se pueden vender a las empresas de comercialización de electricidad, las cuales están obligadas a comprar una cantidad concreta al año.
  - Dado que las políticas estatales y federales en Australia cambian regularmente, la situación podría verse afectada, por ejemplo, si se producen cambios en las normas STC.

Figura 15: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo



3.2.3 Conclusiones

- En Australia, la paridad de red representa una excelente oportunidad de desarrollar un mercado FV rentable y sostenible basado en el auto-consumo.
- El sistema de balance neto en NGS fomenta el mercado de auto-consumo de manera efectiva, debido a que la prima recibida por el exceso de generación es menor que el precio de la electricidad de la red.

[7] Tasa de cambio de febrero de 2013.

[8] La prima en las tarifas de la electricidad exportada en NGS es voluntaria, no obligatoria, por lo que algunos consumidores no obtienen nada.

[9] Se puede crear un certificado por cada MWh de energía FV generada.

- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[10] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[10] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.3 Brasil

3.3.1 Proximidad a la Paridad de Red

Figura 16: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en São Paulo, Brasil (impuestos incluidos)

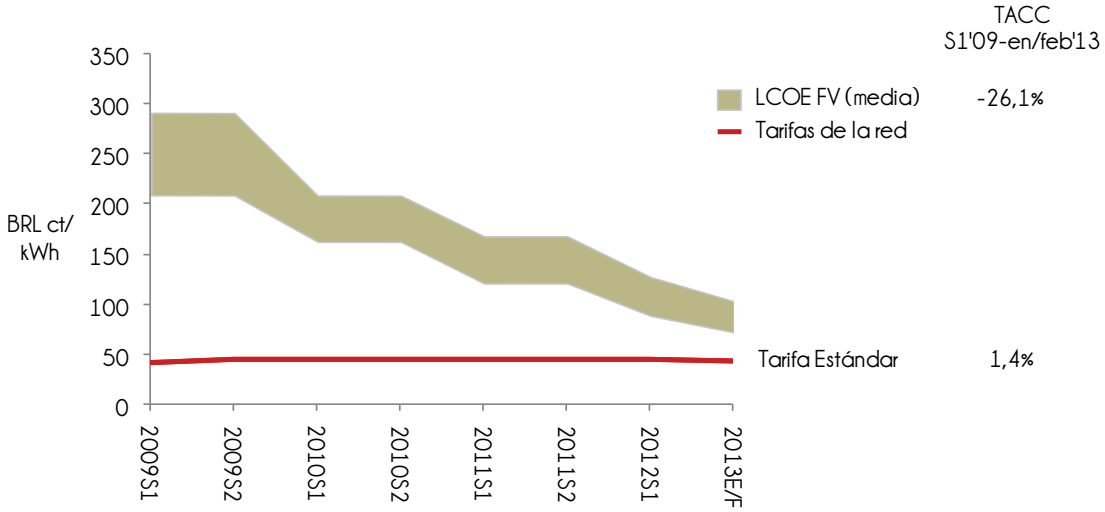


Figura 17: Proximidad a la paridad de red en São Paulo

Figura 18: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Itacarambi, Brasil (impuestos incluidos)

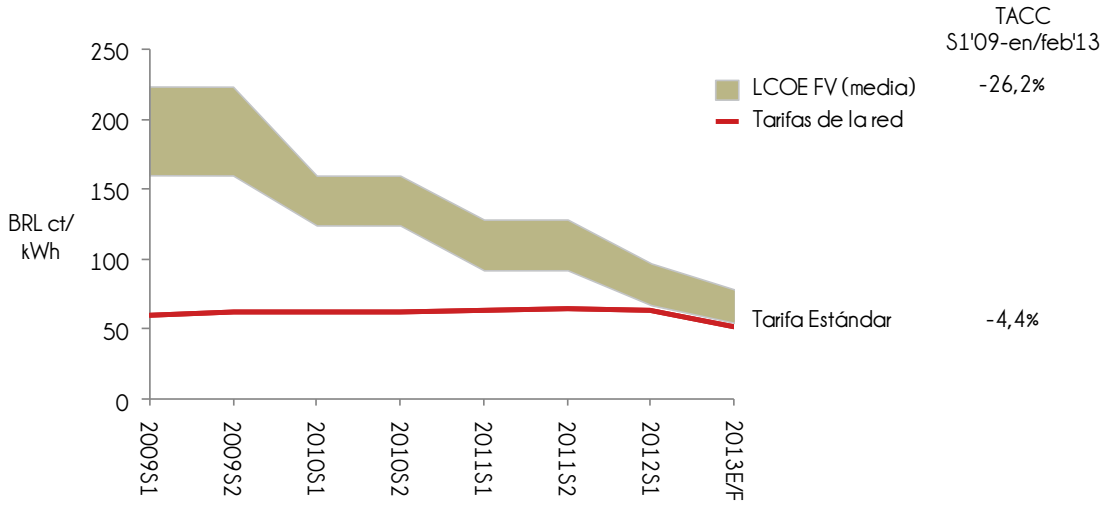


Figura 19: Proximidad a la paridad de red en Itacarambi

- En enero de 2013, el Gobierno brasileño implementó una reducción en las tarifas eléctricas, la que para consumidores residenciales oscila entre 18% y 26% dependiendo de la compañía de distribución.
  - Como resultado de esta medida, la paridad de red FV está alejándose más en Brasil.
- A pesar de los altos niveles de irradiación, el LCOE FV es mayor en Brasil que en otros países; esto se debe principalemente a:
  - Precios de instalación mayores a causa de los impuestos a la importación aplicados a equipos fotovoltaicos y por la inmadurez del mercado fotovoltaico, lo que genera ineficiencias y altos márgenes en toda la cadena de valor.
  - El uso de una tasa de descuento mayor en el cálculo del LCOE, la cual refleja altas tasas de inflación local, y por lo tanto, mayores expectativas de retorno entre los brasileños.
- Sin embargo, el LCOE ha experimentado un descenso considerable (una tasa anual de crecimiento en torno a -26% desde 2009 hasta los primeros meses de 2013).
- Este incremento en la competitividad FV, combinado con altos niveles de irradiación de Itacarambi y los precios de la electricidad, hacen que la paridad de red en el sector residencial sea una realidad en un futuro próximo en esta ciudad del norte de Minas Gerais.
- Al contrario, en Saõ Paulo la tecnología FV está todavía lejos de ser competitiva con la electricidad de la red.

3.3.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

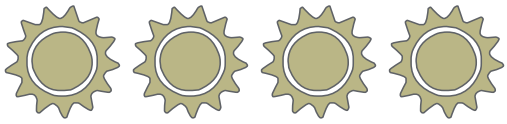
- El reglamento de medición neta para sistemas de energía renovable de hasta 1 MWp está en vigor desde enero de 2013[11] con las siguientes características principales:
  - Los usuarios sólo pagarán por la diferencia entre la energía consumida y la vertida a la red.

[11] El reglamento de medición neta fue aprobado en abril de 2012 pero las compañías de distribución tuvieron 8 meses para adaptar sus estándares técnicos y productos.

- La compensación se llevará a cabo en el mismo período tarifario (hora punta - hora punta / hora valle – hora valle).
- Los excedentes de energía se pueden compensar durante un período de 36 meses o en otras unidades de consumo (otros edificios), siempre y cuando pertenezcan al mismo propietario y se encuentren dentro del alcance geográfico de la compañía eléctrica (medición neta remota).

- Además del esquema de medición neta, no existe un apoyo significativo para la generación FV en Brasil, ya que las energías renovables tienden a competir en igualdad de condiciones con las tecnologías convencionales.
  - El Ministerio de Energía está considerando nuevas medidas para promover las energías renovables, por ejemplo, licitaciones específicas para la energía FV.
  - No entrarán en vigor al menos hasta 2013 / 2014.

Figura 20: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.3.3 Conclusiones

- Los altos precios de instalación y la elevada tasa de descuento siguen impidiendo que la tecnología FV sea competitiva frente a la electricidad de la red en el sector residencial.
- Por otra parte, la reciente reducción de las tarifas eléctricas ha alejado aún más la paridad de red en Brasil.
- La regulación de medición neta aprobada recientemente parece, en una primera evaluación, un excelente instrumento para fomentar el mercado de auto-consumo fotovoltaico. Sin embargo, todavía es demasiado pronto para determinar su impacto real en el mercado.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[12] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.

[12] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

3.4 Chile

3.4.1 Proximidad a la Paridad de Red

Figura 21: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Santiago, Chile (impuestos incluidos)

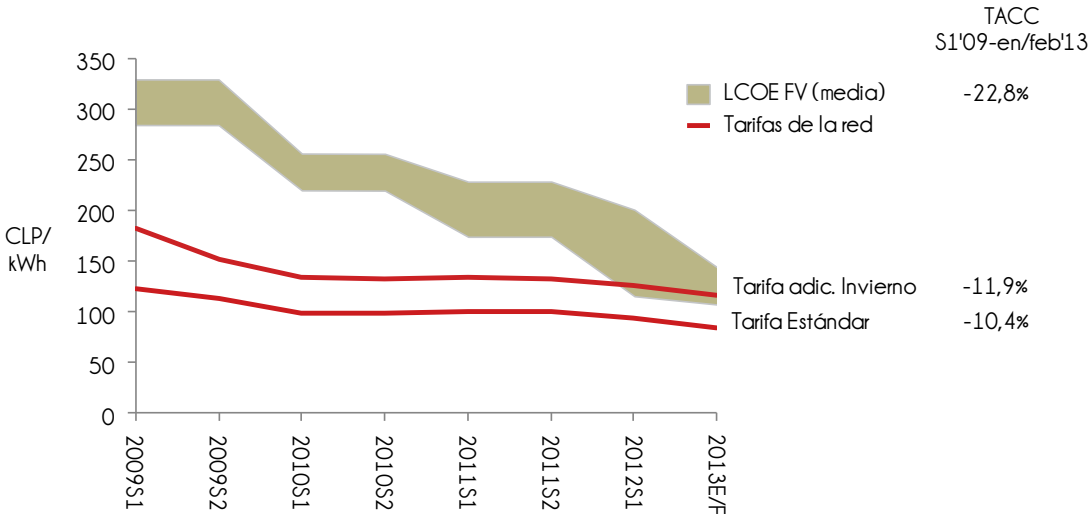


Figura 22: Proximidad a la paridad de red en Santiago

Figura 23: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Copiapó, Chile (impuestos incluidos)

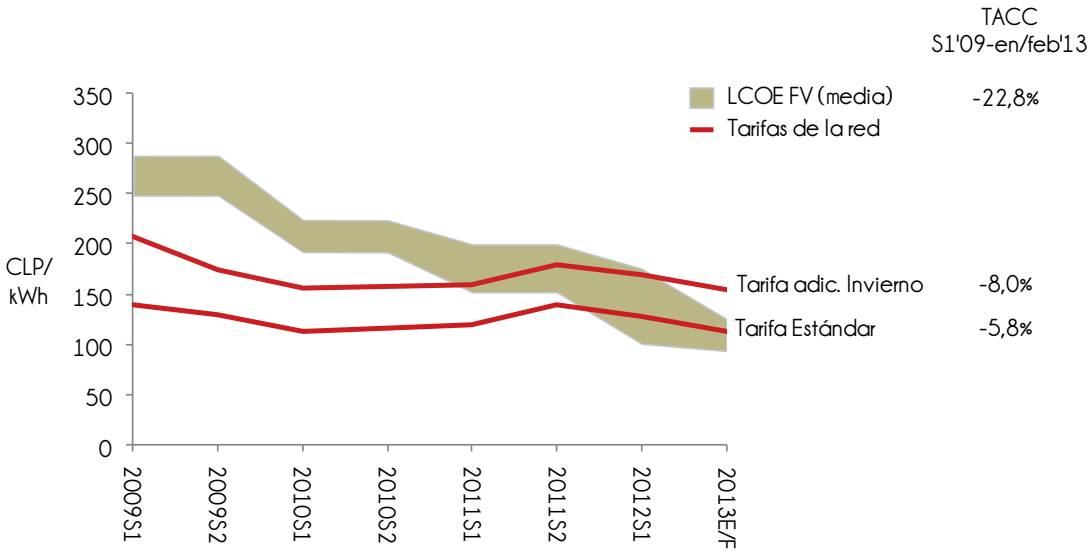


Figura 24: Proximidad a la paridad de red en Copiapó

- Los precios de la electricidad de la red se han reducido aún más en los primeros meses de 2013, sin embargo, no es probable que esta tendencia a la baja se mantenga en el futuro.
  - La reciente disminución de los precios de la electricidad se explica por la gran variabilidad en los intercambios de energía de Chile, muy dependiente de varios factores como la disponibilidad de los recursos hidroeléctricos o los problemas de suministro de combustible con otros países (por ejemplo, los conflictos de gas natural con Argentina desde 2004).
- La paridad de red FV en el segmento residencial ya se ha alcanzado, aunque en diferentes niveles en distintas ubicaciones de Chile.
  - En Santiago, la paridad de red es parcial dado que el LCOE FV es solo competitivo con la tarifa aplicable al exceso de consumo en invierno.
  - En el norte de Chile[13], el LCOE FV no solo es significativamente menor que la tarifa aplicable al exceso de consumo en invierno, sino que además, para el presupuesto más competitivo; también es menor que la tarifa eléctrica estándar.
- Por otra parte, el mercado fotovoltaico a pequeña escala en Chile todavía es relativamente inmaduro, por lo tanto, existe margen para nuevas reducciones de precios, lo que podría acercar la paridad de red completa.

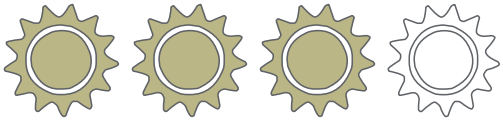
3.4.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- En marzo de 2012 se aprobó la regulación de facturación neta (net billing) para instalaciones FV de hasta 100 kW (Ley 20.571).
  - Los excedentes de la electricidad FV serán valorados a una tasa económica (menor que el precio minorista de la electricidad) y serán utilizados para un consumo posterior o, si esto no es posible, el auto-consumidor obtendrá una compensación monetaria de las compañías eléctricas.
  - Esta ley no entrará en vigor hasta que el código técnico sea publicado, lo cual estaba previsto para finales de 2012, pero no se ha hecho todavía.

[13] Copiapó no es la ciudad con el mayor nivel de radiación en el país, pero es usada como referencia debido a su población total junto con sus niveles altos de radiación, ya que algunas ciudades con mayor radiación tienen un número menor de habitantes.

- La Ley de Cuotas Renovables obliga a las compañías eléctricas a comprar al menos el 5% de su electricidad comercializada anualmente a partir de fuentes de energía renovables.
  - Esta obligación comenzará a aumentar gradualmente a partir de 2014 del 5% al 10% (en 2024), y se establecerán sanciones económicas en caso de incumplimiento.
  - Las compañías eléctricas pueden producir su propia energía renovable o comprarla a otros productores de energía como lo son los auto-consumidores.
  - Esto podría alentar a que las compañías eléctricas apoyen el desarrollo del mercado de auto-consumo fotovoltaico.

Figura 25: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.4.3 Conclusiones

- Se ha alcanzado la paridad de red en el Norte de Chile, mientras que en otras zonas con menor irradiación solo se ha alcanzado una paridad de red parcial.
- Es probable que se genere un mercado de auto-consumo FV cuando se implemente la regulación de facturación neta,.
  - Como segunda evaluación, una vez que el código técnico se publique será necesario determinar si la regulación de facturación neta será suficiente para impulsar el mercado o si se requiere otro tipo de apoyo.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[14] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[14] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.5 EE.UU. (California)

3.5.1 Proximidad de la Paridad de Red

Figura 26: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Los Ángeles, California (impuestos incluidos)

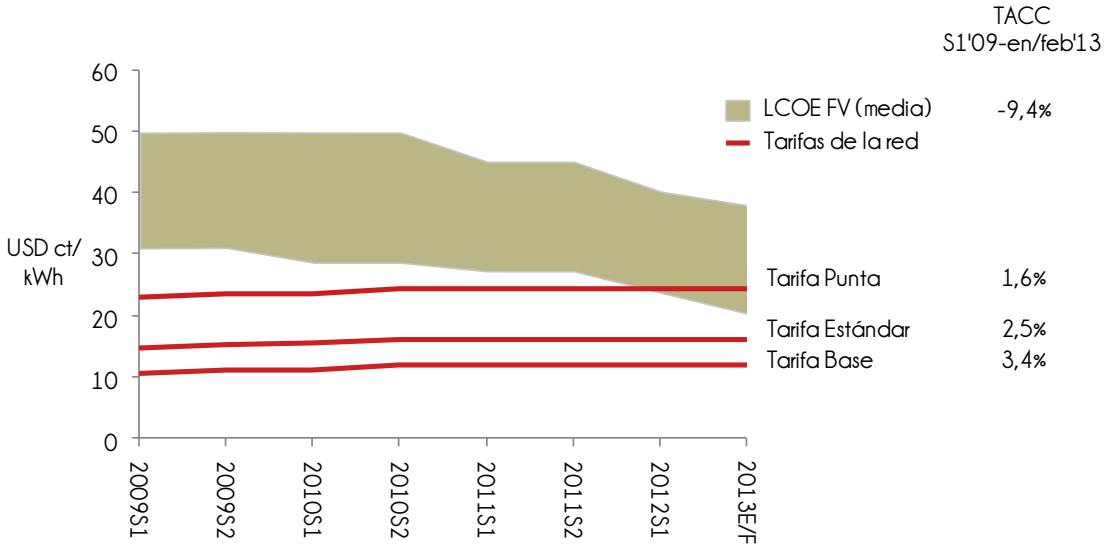


Figura 27: Proximidad de la paridad de red en Los Ángeles

Figura 28: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en San Francisco, California (impuestos incluidos)

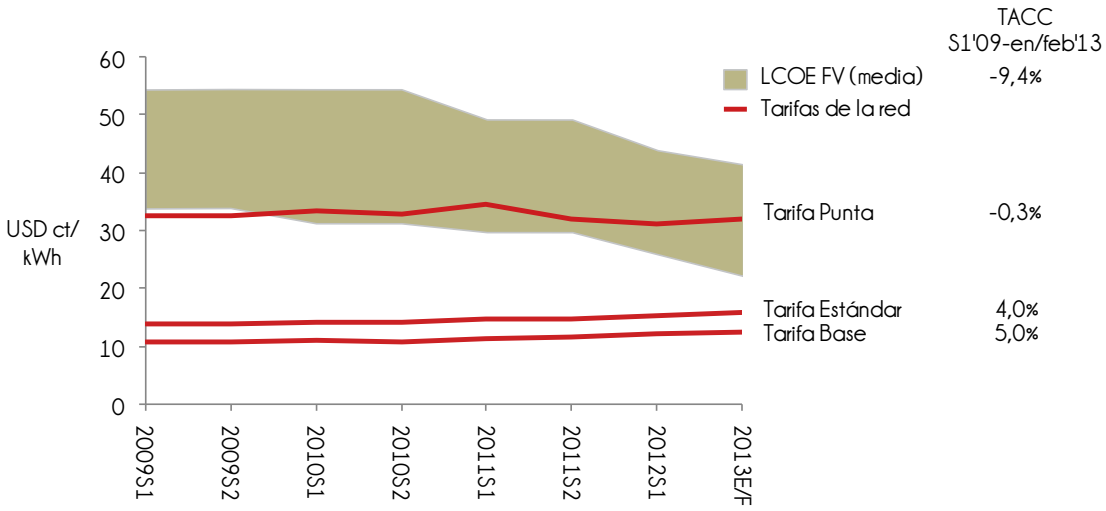


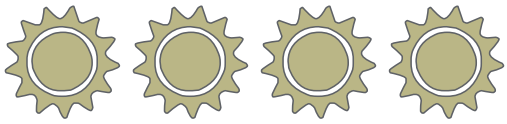
Figura 29: Proximidad de la paridad de red en San Francisco

- Tanto en Los Ángeles como en San Francisco, el LCOE FV de los presupuestos más competitivos es menor que la tarifa eléctrica más alta con discriminación horaria.
- Sin embargo, la paridad de red aún está lejos de alcanzarce dado que el LCOE FV es significativamente mayor que la tarifa eléctrica estándar.
  - California no ha presenciado una disminución considerable en el LCOE FV como otros países (una tasa promedio anual del -9,4% desde 2009 hasta enero / febrero de 2013).
  - Esto es debido a los altos precios de instalación FV, que se mantienen muy por encima de los niveles de competitivos precios internacionales debido a los incentivos locales que permiten altos márgenes en toda la cadena de valor.

3.5.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- Se cuenta con un mecanismo de balance neto desde 1996. Éste permite a los usuarios instalar pequeños sistemas (<1MW) basados en energía renovable para verter a la red parte de la electricidad y recibir un crédito financiero por esto. Este crédito es usado para compensar la factura eléctrica del usuario.
  - Ha sido un gran éxito: más de 40.000 clientes se han inscrito en el programa de balance neto de California.
- Además del net metering, hay otros programas (como el California Solar Initiative) que ofrecen generosas subvenciones para la instalación de sistemas solares.
- Existen procedimientos simplificados y plazos acelerados para la interconexión de pequeños sistemas (<1MW) de auto-generación de energía renovable.

Figura 30: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.5.3 Conclusiones

- La FV está todavía lejos de ser competitiva frente a electricidad de la red, debido principalmente a los generosos incentivos gubernamentales que permiten altos márgenes en toda la cadena de valor.
- El sistema californiano de balance neto es una regulación pionera sobre cómo fomentar el auto-consumo de forma eficiente.

- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[15] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[15] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.6 España

3.6.1 Proximidad de la Paridad de Red

Figura 31: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Madrid, España (impuestos incluidos)[16]

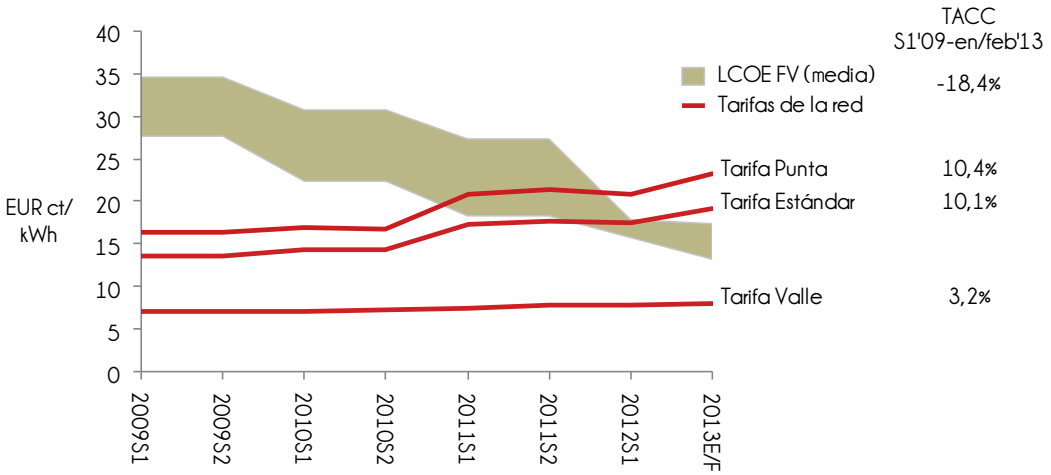


Figura 32: Proximidad de la paridad de red en Madrid

Figura 33: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Las Palmas (Islas Canarias), España (impuestos incluidos)[16]

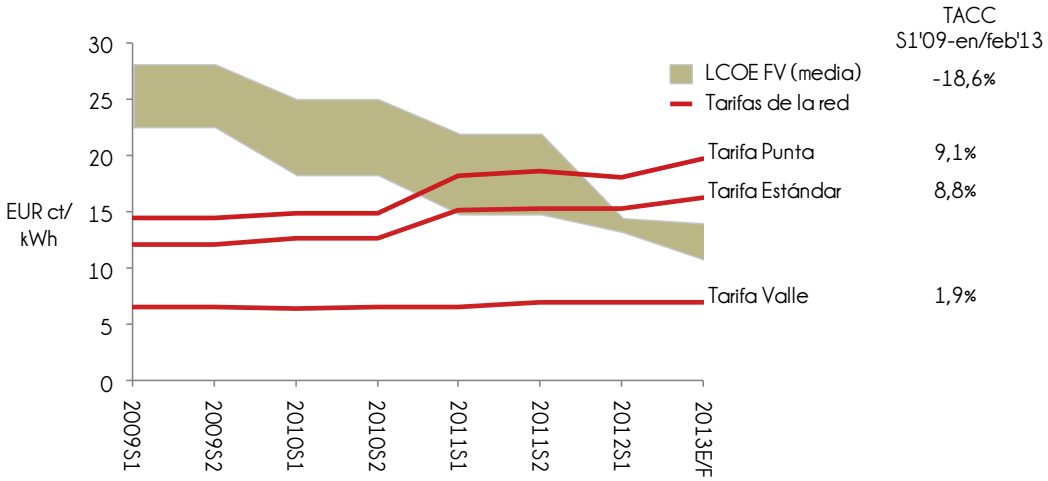


Figura 34: Proximidad de la paridad de red en Las Palmas

[16] Los precios FV son de enero/febrero de 2013, por lo que no consideran el reciente impuesto de importación establecido por la CE sobre los productos solares chinos.

- Tanto en España continental como en las Islas Canarias, ya es competitiva la tecnología FV comparada con el precio estándar minorista de la electricidad. Esto se debe principalmente a:
  - La disminución significativa experimentada por el LCOE FV en los últimos años (una disminución promedio anual de más del 18% en Madrid y en las Islas Canarias desde el primer semestre de 2009 hasta enero/febrero de 2013).
  - Una disminución importante y constante en los precios minoristas de la electricidad[17], lo que se intensificó por el reciente incremento del IVA del 18% al 21% en España continental y del 5% al 7% en las Islas Canarias.

3.6.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

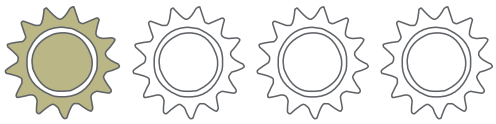
- En España, un consumidor residencial de la electricidad puede generar electricidad FV para auto-consumir.
  - Sin embargo, no hay una normativa específica de balance neto. Lo único que se puede hacer con el exceso de la electricidad es venderla al mercado, lo que no es interesante desde un punto de vista económico.
- Recientemente fue aprobado un impuesto del 7% sobre la energía, afectando a todos los generadores de electricidad.
  - Este impuesto sobre la energía puede afectar eventualmente a los auto-consumidores FV, dependiendo de los detalles de la futura normativa de balance neto.
- En contraste, se deben señalar otros dos acontecimientos:
  - El RD 1699/2011 (aprobado por el Gobierno anterior en diciembre de 2011) simplifica el proceso de conexión a la red para pequeñas instalaciones (< 100kW) de energía renovable[18].

[17] Los impuestos sobre la electricidad son menores en las Islas Canarias que en España continental, diferencia que explica los bajos precios de la electricidad reportados para las Islas Canarias.

[18] Cabe señalar que, según UNEF, los proyectos de energía fotovoltaica para el auto-consumo están encontrando dificultades durante el proceso de conexión a la red.

- Se espera que la normativa de balance neto se publique en los próximos meses. Este proceso empezó en noviembre de 2011, cuando el Ministerio de Industria envió un Real Decreto a la Comisión Nacional de la Energía, que más tarde publicó un informe favorable en abril de 2012.
- Mientras tanto, varias Comunidades Autónomas (como Extremadura, Cataluña, Castilla y León y Baleares) han publicado circulares específicas sobre los requisitos administrativos para legalizar los sistemas fotovoltaicos residenciales para el auto-consumo.

Figura 35: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.6.3 Conclusiones

- La paridad de red representa una excelente oportunidad para desarrollar un mercado FV rentable y sostenible basado en el auto-consumo en España. Para que esto suceda, se debe realizar una revisión adecuada e integral de la normativa actual.
- Es esencial que el Gobierno español publique la normativa de Balance Neto (ya elaborada) para permitir a los auto-consumidores FV verter sus excesos de generación a la red a cambio de una compensación.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[19] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[19] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.7 Francia

3.7.1 Proximidad a la Paridad de Red

Figura 36: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en París, Francia (impuestos incluidos)[20]

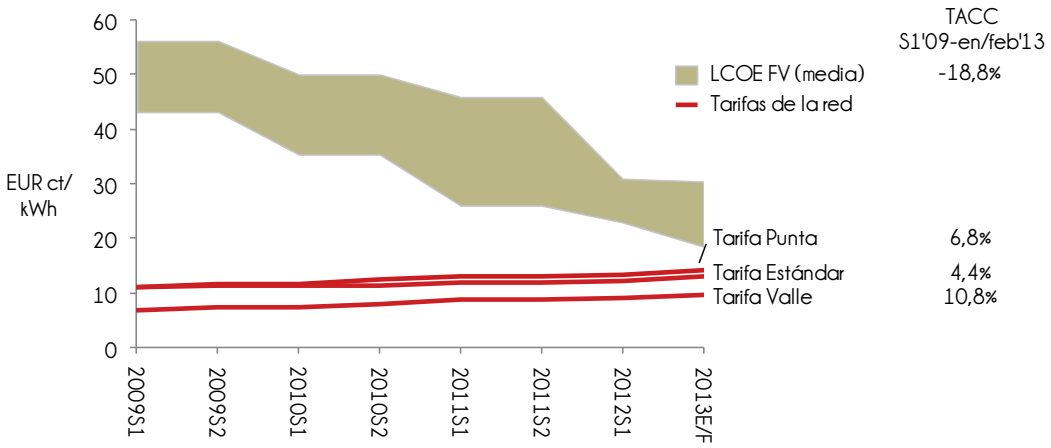


Figura 37: Proximidad a la paridad de red en París

Figura 38: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Marsella, Francia (impuestos incluidos)[20]

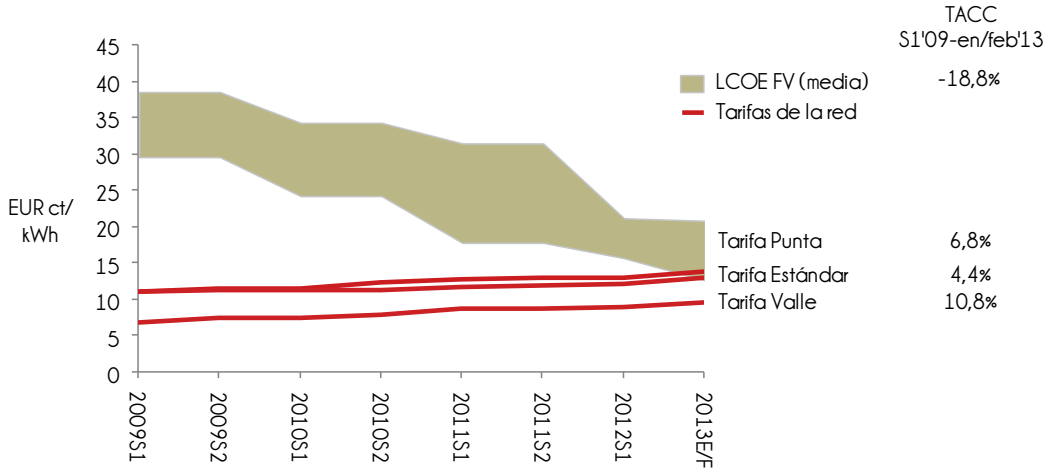


Figura 39: Proximidad a la paridad de red en Marsella

[20] Los precios FV son de enero/febrero de 2013, por lo que no consideran el reciente impuesto de importación establecido por la CE sobre los productos solares chinos.

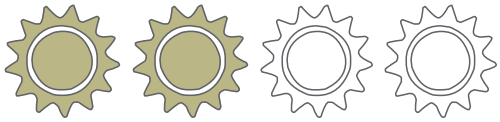
- El LCOE FV ha ido disminuyendo un 18,8% anual en promedio desde 2009, mientras que los precios de la electricidad de la red han incrementado de forma constante (Tasa anual de crecimiento TACC del 4,4% para la tarifa estándar).
  - Estas tendencias están impulsando la competitividad FV en Francia.
- En Marsella, como resultado de la alta irradiación solar, el LCOE más competitivo es ligeramente menor que el precio estándar de la electricidad.
- Sin embargo, aún está lejos de alcanzarse la proximidad a la paridad de red en París, dado que el LCOE más competitivo es aún mayor que los precios de la electricidad de la red.

3.7.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- En Francia, los sistemas FV de pequeña escala pueden recibir una FiT que compensa el exceso de la electricidad vertida a la red.
  - La FiT depende del tipo de sistema FV: si el sistema reemplaza por completo la estructura del edificio (BIPV) o no (BAPV).[21]
  - Los niveles de compensación de BIPV residencial exceden significativamente los de BAPV (35 cEu/kWh contra 18 cEu/kWh en el 4to trimestre de 2012).
  - Por otra parte, tanto para BIPV y BAPV, la FiT sigue siendo superior que el precio estándar de la electricidad para los consumidores residenciales.
- Dado que la FiT sigue siendo superior que el precio minorista de la electricidad, el auto-consumo no está siendo incentivado.
  - A largo plazo, el auto-consumo ganará relevancia dado que la FiT se está reduciendo y el precio de la electricidad de la red se espera que aumente.
- Los consumidores residenciales también pueden beneficiarse de otras medidas de apoyo:
  - Un crédito tributario del 11% de los costes de los equipos con ciertos límites en función de las características de los sistemas fotovoltaicos.
  - Una reducción del IVA del 7% en los costes del equipo y de instalación (sólo para sistemas menores a 3kWp).

[21] Los precios de instalación usados en este estudio se refieren a los sistemas BAPV, no a los BIPV.

Figura 40: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.7.3 Conclusiones

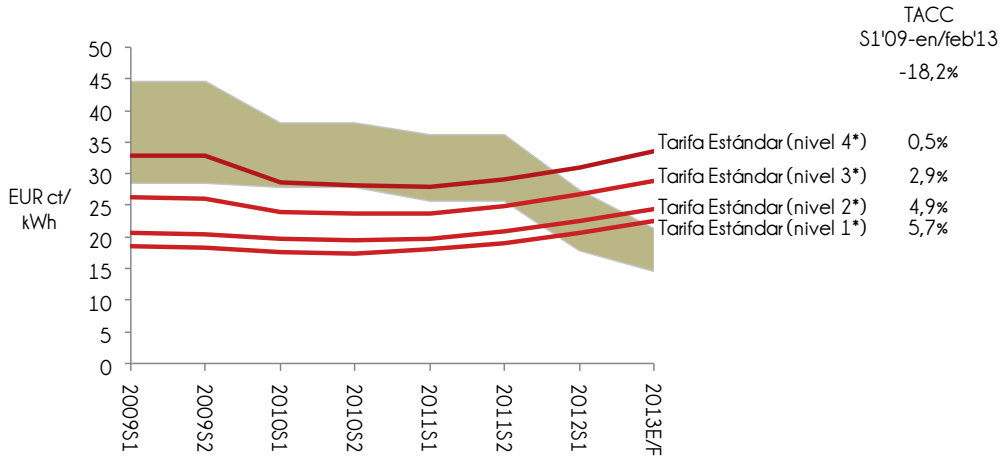
- Mientras que el norte de Francia se encuentra cerca de la paridad de red, el sur ya ha alcanzado la paridad de red como resultado de los niveles de irradiación mayores.
- En la actualidad, la FiT en Francia no incentiva el mercado de auto-consumo fotovoltaico.
  - A largo plazo, el auto-consumo ganará relevancia dado que la FiT se está reduciendo y se espera que la electricidad de la red se encarezca.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[22] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[22] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.8 Italia

3.8.1 Proximidad de la Paridad de Red

Figura 41: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Roma, Italia (impuestos incluidos)[23]



Nota: * Los niveles corresponden a diferentes consumos, nivel 1: ≤ 1.800 kWh/año; nivel 2de 1.801 a 2.640 kWh/año; nivel 3: de 2.641 a 4.440 kWh/año; nivel 4: ≥ 4.441 kWh/año

Figura 42: Proximidad de la paridad de red en Roma

Figura 43: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Palermo, Italia (impuestos incluidos)[23]

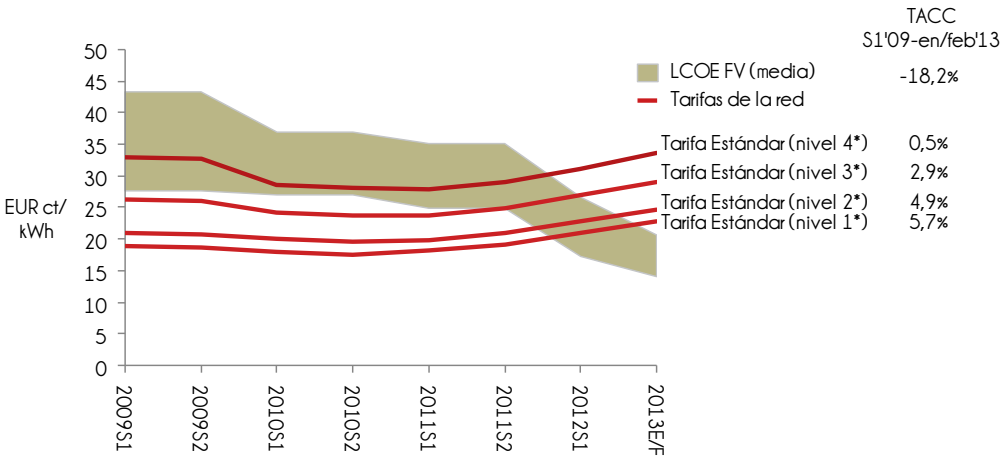


Figura 44: Proximidad de la paridad de red en Palermo

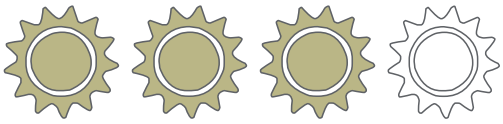
[23] Los precios FV son de enero/febrero de 2013, por lo que no consideran el reciente impuesto de importación establecido por la CE sobre los productos solares chinos.

- En Italia se ha alcanzado la paridad de red completa principalmente debido a:
  - Costes de instalación competitivos, que impulsaron una disminución del LCOE FV del 18,2% anual desde 2009 hasta los primeros meses de 2013.
  - Altos niveles de irradiación en comparación con los de la mayoría de países de la UE.
  - Precios variables de la electricidad de la red relativamente altos.
  - La tasa de descuento usada en el cálculo del LCOE, que no es un obstáculo para la rentabilidad FV, y que actualmente se encuentra dentro del rango medio de los países bajo estudio (véase la Sección 4.3).
- El LCOE ya es inferior a la tarifa variable más baja de la red eléctrica.
  - Cuanto mayor sea el nivel de consumo del usuario, más conveniente el auto-consumo FV.

3.8.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- El mecanismo Scambio Sul Posto permite a los usuarios con sistemas FV de menos de 200 kW obtener créditos usados para compensar su factura eléctrica por cada kWh FV vertido a la red.
  - Se espera que la metodología utilizada para calcular el monto del crédito se modifique en breve, cuando el GSE (Gestore dei Servizi Energetici) publique el nuevo reglamento técnico.
- La versión más reciente del Conto Energia (5°), publicado en agosto de 2012, hizo que el Scambio Sul Posto ya no sea compatible con la FiT. Para compensar esto, se introdujo una prima de auto-consumo.
- Tanto el Conto Energia como la prima de auto-consumo recientemente introducidos se eliminarán tan pronto se alcance el presupuesto establecido, lo cual se espera que ocurra durante el primer trimestre de 2013.

Figura 45: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.8.3 Conclusiones

- Gracias a los costes competitivos de los sistemas FV, los niveles de irradiación elevados y los altos precios de la electricidad de la red, se ha alcanzado la paridad de red en el sector residencial de todo el país.
- Tanto el Conto Energia (con una prima para el auto-consumo creada recientemente) y el Scambio Sul Posto apoyan el auto-consumo FV.
  - Sin embargo, el Scambio Sul Posto probablemente se mantendrá como el único sistema para el auto-consumo tan pronto se alcance el presupuesto del Conto Energia.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[24] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[24] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.9 México

3.9.1 Proximidad de la Paridad de Red

Figura 46: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Ciudad de México, México (impuestos incluidos)

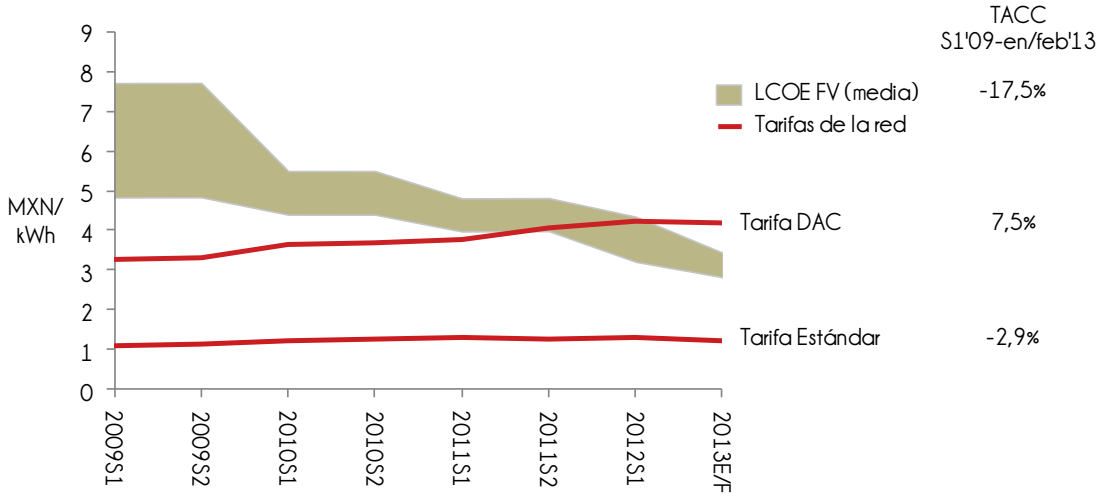


Figura 47: Proximidad de la paridad de red en Ciudad de México

Figura 48: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Hermosillo, México (impuestos incluidos)

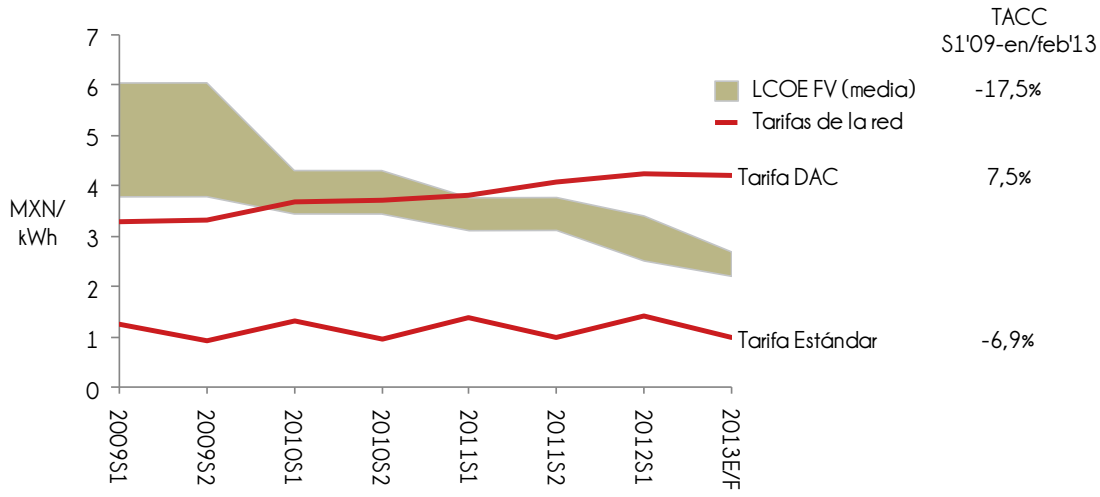


Figura 49: Proximidad de la paridad de red en Hermosillo

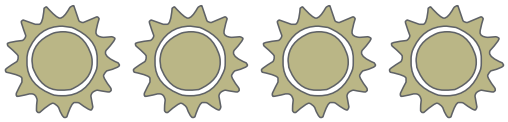
- Para los consumidores de electricidad DAC (hogares con alto consumo de electricidad que pagan más del doble del precio de la tarifa residencial promedio), ya vale la pena, desde un punto de vista económico, auto-consumir la electricidad FV en vez de comprarla a CFE (única compañía eléctrica nacional).
- Aunque el LCOE FV ha experimentado una disminución significativa desde 2009 hasta los primeros meses de 2013 estimado en -17,5% anual (TACC), para el consumidor de la electricidad FV promedio aún está lejos de ser competitivo.

3.9.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- En 2007 se creó un mecanismo de medición neta para sistemas por debajo de los 500kW basados en energía renovable.
  - Permite a los usuarios verter a la red parte de su electricidad y recibir créditos (en kWh) por ésta, para compensar la factura eléctrica.
  - De acuerdo a la CFE, a finales de 2012, 1.600 usuarios residenciales se encontraban dentro del esquema de medición neta (2,5 veces el número registrado a finales de 2011).
- En diciembre de 2012, el Fondo Nacional de Ahorro de Energía anunció el inicio de la financiación de sistemas FV para usuarios DAC, con un plazo de amortización de 5 años, a una tasa de interés más baja que la de los bancos comerciales.
- No existen incentivos adicionales (sistema de primas, bonificaciones, etc) en instalaciones de energía renovable a pequeña y mediana escala para los usuarios residenciales.
  - Para los consumidores no residenciales, existe el incentivo de una amortización acelerada de las inversiones.
- Para instalaciones más grandes, una cuota reducida de transmisión, independiente de la distancia, permite a los usuarios "auto-consumir" la electricidad generada por una instalación fotovoltaica que puede estar ubicada a miles de kilómetros de distancia del consumidor de energía.
- Desde 2012, la medición neta también está disponible para viviendas multifamiliares.
  - Cada inquilino pagará la diferencia entre el consumo individual de la red y la electricidad FV generada asignada por la CFE a la factura eléctrica de ese inquilino, de acuerdo con una cuota pre-establecida.

- El Gobierno recién electo de México ha puesto en marcha algunas iniciativas que podrían indicar un aumento de las energías renovables en su agenda.

Figura 50: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.9.3 Conclusiones

- La combinación de la paridad de red y una regulación efectiva genera una buena oportunidad de inversión para los consumidores de la tarifa DAC.
  - Sin embargo, la paridad de red aún está lejos para la mayoría de los consumidores residenciales.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[25] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- La mayoría de los sistemas residenciales actualemente instalados están cerca de auto-consumair el 100% de la energía. Sin embargo, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[25] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

3.10 Reino Unido

3.10.1 Proximidad de la Paridad de Red

Figura 51: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Londres, Reino Unido (impuestos incluidos)[26]

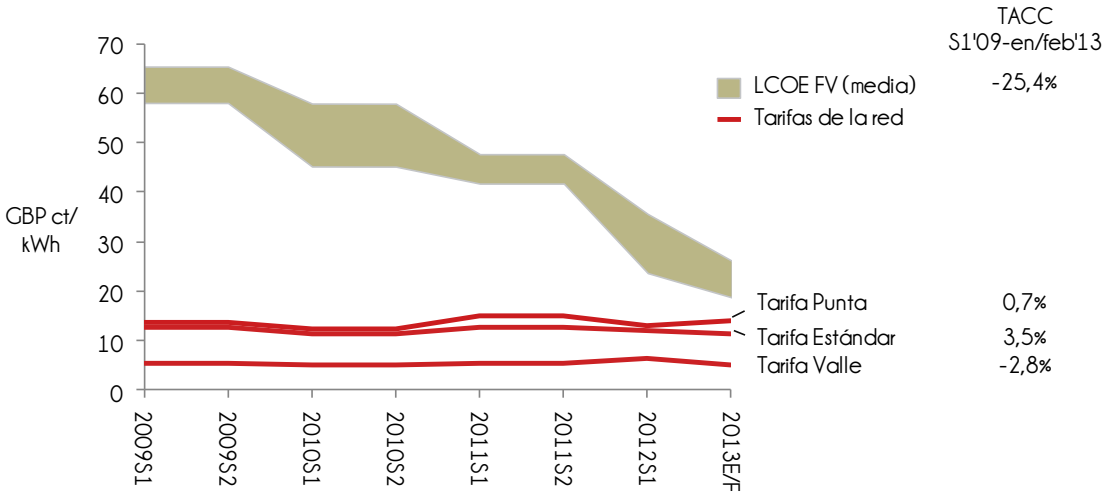


Figura 52: Proximidad de la paridad de red en Londres

Figura 53: Evolución histórica de los precios minoristas de la electricidad y LCOE FV en Plymouth, Reino Unido (impuestos incluidos)[26]

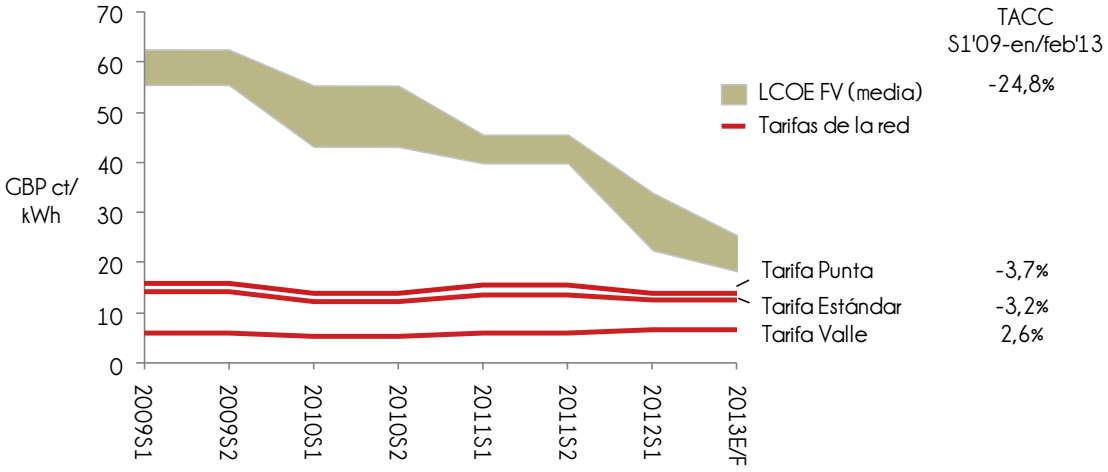


Figura 54: Proximidad de la paridad de red en Plymouth

[26] Los precios FV son de enero/febrero de 2013, por lo que no consideran el reciente impuesto de importación establecido por la CE sobre los productos solares chinos.

- En el Reino Unido, la paridad de red aún está lejos de ser alcanzada.
- Sin embargo, el LCOE FV ha experimentado una disminución considerable desde 2009 (una tasa anual promedio de 25,1% en el periodo analizado).

3.10.2 Marco Regulatorio para el Auto-consumo FV

- En el Reino Unido, el mecanismo principal para sistemas FV de pequeña escala es el esquema de FiTs, el cual se introdujo en 2010[27].
- A los sistemas FV de menor escala (<30kWp) con derecho para recibir la FiT se les otorga, además de la prima por la electricidad FV producida (tarifa de generación), un bono por el exceso de electricidad vertida a la red (tarifa de exportación)[28].
  - La tarifa de generación se establece para cada kWh de electricidad fotovoltaica generada, se garantiza por 20 años y está indexada.
  - La tarifa de exportación equivale a 4,5 libras (5,2 Eu)[29] por cada kWh vertido a la red (esto es, el exceso de la electricidad FV).
    - Si el sistema FV de pequeña escala no tiene un contador de exportación instalado (y por lo tanto la cantidad de electricidad vertida a la red no puede ser medida), se asume un porcentaje fijo de auto-consumo (en este caso, equivale al 50%).
- El esquema de apoyo en el Reino Unido fomenta el auto-consumo FV.
  - Al usuario le conviene más auto-consumir la mayor proporción de electricidad FV generada, dado que siempre es más conveniente desde un punto de vista económico auto-consumir electricidad FV (y ahorrar el coste de la electricidad de la red) que verter los excesos de electricidad FV a la red (y recibir la tarifa de exportación en lugar de la tarifa de generación).
- Además de la FiT, los auto-consumidores FV pueden beneficiarse de la reducción del IVA y de los incentivos fiscales.

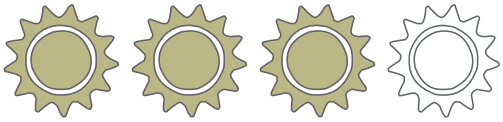
---

[27] Sistemas FV de más de 5 MW pueden beneficiarse de las FiTs.

[28] Los generadores pueden escoger entre recibir la tarifa de exportación por el exceso de electricidad FV vertida a la red o negociar un PPA.

[29] Tipo de cambio a febrero 2013.

Figura 55: Evaluación del marco regulatorio para el auto-consumo FV



3.10.3 Conclusiones

- En el sector residencial del Reino Unido, la tecnología FV aún está lejos de ser competitiva contra los precios de la electricidad de la red.
- Sin embargo, el esquema de FiT para sistemas FV de pequeña escala fomenta el mercado de auto-consumo FV de manera eficiente.
- Incluso si se ha alcanzado la paridad de red (definida como el momento cuando el LCOE FV iguala los precios minoristas de la electricidad), aún es necesario el apoyo regulatorio[30] para fomentar el mercado de auto-consumo FV.
- Dado que no es probable que un consumidor residencial auto-consuma el 100% de la energía, se tiene que realizar una valorización adecuada del exceso de energía para entender adecuadamente el caso de negocio de cada consumidor específico.

[30] Se debe entender que esto no implica ningún tipo de apoyo económico.

4
Metodología

4 Metodología

Para mostrar la validez de los resultados descritos en la sección 3, en esta sección se explica la metodología de cálculo del LCOE, se clarifican las principales asunciones y se justifican los datos utilizados. Además, se explica el funcionamiento de los precios de la electricidad para cada una de las ciudades analizadas.

4.1 Cálculo del LCOE FV

El coste nivelado de la energía FV se define como el coste teórico y constante de generar electricidad FV, cuyo valor presente es equivalente al de todos los costes asociados al sistema FV durante su vida útil. El valor expresado aquí puede ser entendido en términos nominales de la moneda local por kWh (incorporando la inflación esperada) o en términos reales de la moneda local por kWh (ajustado a la inflación). En este análisis se calculará el LCOE nominal (ver siguiente sección; ¿LCOE nominal o real?)

La Ecuación 1 muestra esta igualdad:

Ecuación 1: Cálculo del LCOE (1)

$$\sum_{t=1}^{T}\left(\frac{LCOE_t}{(1+r)^t}\times E_t\right)=I+\sum_{t=1}^{T}\frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Tabla 1: Nomenclatura del LCOE

Nomenclatura	Unidad	Significado
LCOE	*UM*[31]*/kWh*	Coste nivelado de la energía
T	*Año*	Vida útil del sistema FV
t	-	Año t
C_t	*UM*	Costes de operación y mantenimiento (O&M) y seguros en el año t[32]
E_t	*kWh*	Electricidad FV generada en el año t

[31] UM es la Unidad Monetaria; el LCOE será expresado en la moneda local del país por kWh.

[32] Los costes incluyen impuestos y crecen con la inflación esperada.

Nomenclatura	Unidad	Significado
I	*UM*	Inversión inicial
r	%	Tasa de descuento

Se asume un valor constante de LCOE al año, por lo que al despejar el LCOE se obtiene la siguiente igualdad:

Ecuación 2: Cálculo del LCOE (2)

$$\boldsymbol{LCOE} = \frac{\boldsymbol{I} + \sum_{t=1}^{T} \frac{\boldsymbol{C_t}}{(\boldsymbol{1}+\boldsymbol{r})^t}}{\sum_{t=1}^{T} \frac{\boldsymbol{E_t}}{(\boldsymbol{1}+\boldsymbol{r})^t}}$$

De esta forma, las variables más relevantes para calcular el LCOE son las siguientes:

- Vida útil del sistema FV (T)
- Inversión inicial (I)
- Costes de O&M (Ct)
- Electricidad FV generada durante la vida útil del sistema (Et [33])
- Tasa de descuento (r)

Se debe tener en cuenta que la metodología no considera ingresos monetarios como resultado de incentivos fiscales o primas. De esta manera, el LCOE refleja la competitividad FV frente a los precios minoristas de la electricidad sin tomar en cuenta ningún estímulo extra.

4.1.1 ¿LCOE nominal o real?

El LCOE de un sistema FV específico se puede expresar en términos reales o nominales:

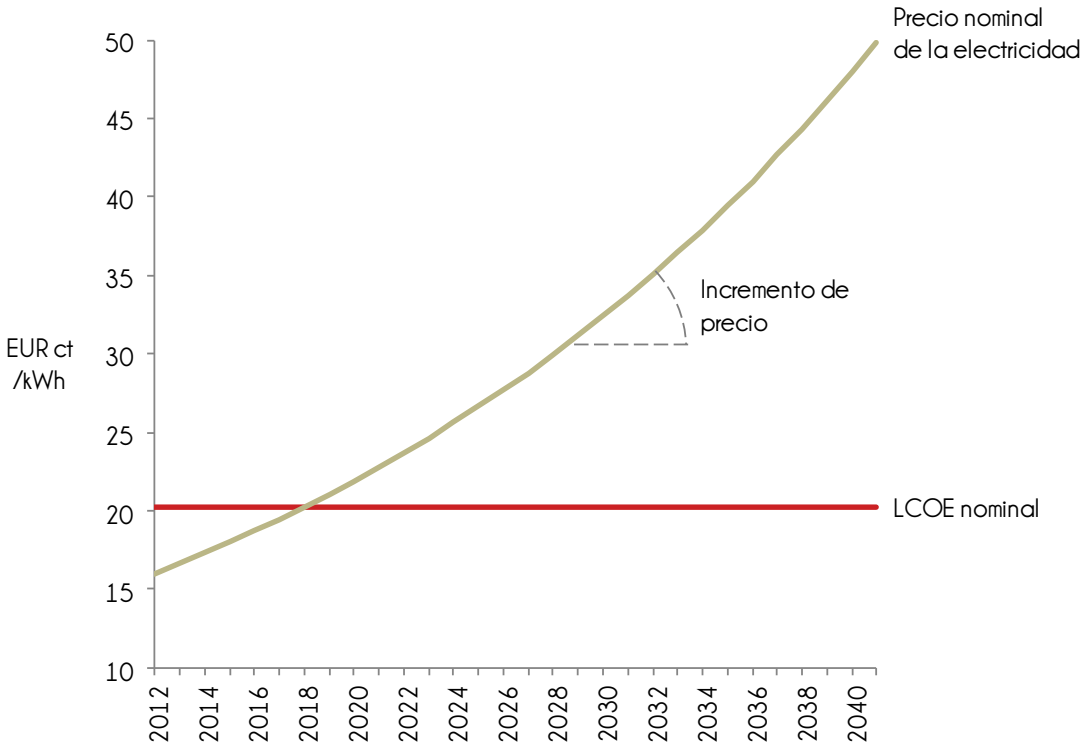
- El LCOE nominal es un valor constante en moneda local (euros de cada año o la moneda correspondiente si es distinta del euro), sin ajustar a los efectos de la inflación.
- El LCOE real es una constante expresada en moneda local corregida según la inflación, esto es, una moneda constante de un año en particular.

[33] La sección 4.3.5 incluye una explicación completa de cómo se calcula la electricidad FV generada en un año dado (E_t).

Para decidir cuál de estas dos expresiones del LCOE es más correcta para el estudio que aquí se realiza, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Ambas expresiones son aceptadas y utilizadas en varios informes consultados[ii].
- Podría ser más adecuado usar una u otra de las definiciones, dependiendo del objetivo del análisis.
  - Por un lado, si el LCOE se usa para comparar la competitividad de distintas tecnologías de generación en un momento concreto, ambas expresiones se consideran apropiadas siempre que la misma unidad se use para todas las alternativas.
    - Si, tal como es el caso de este estudio, el LCOE se usa para comparar el coste de consumir electricidad FV con el coste al comprarla de la red desde el punto de vista de un consumidor residencial, y dado que ambas alternativas (LCOE FV y precio de la electricidad de la red) deberían expresarse en la misma unidad (moneda nominal o real por kWh), el término en el que los consumidores mejor entiendan la proximidad de la paridad de red determinará qué LCOE debe ser usado.
      - Un consumidor habitualmente piensa en precios actuales (nominales): "Si estoy pagando 16 céntimos por kWh a la compañía eléctrica, probablemente el año que viene tenga que pagar 17 céntimos. Por lo tanto, si instalo un sistema FV hoy y los precios de la electricidad continúan creciendo…"

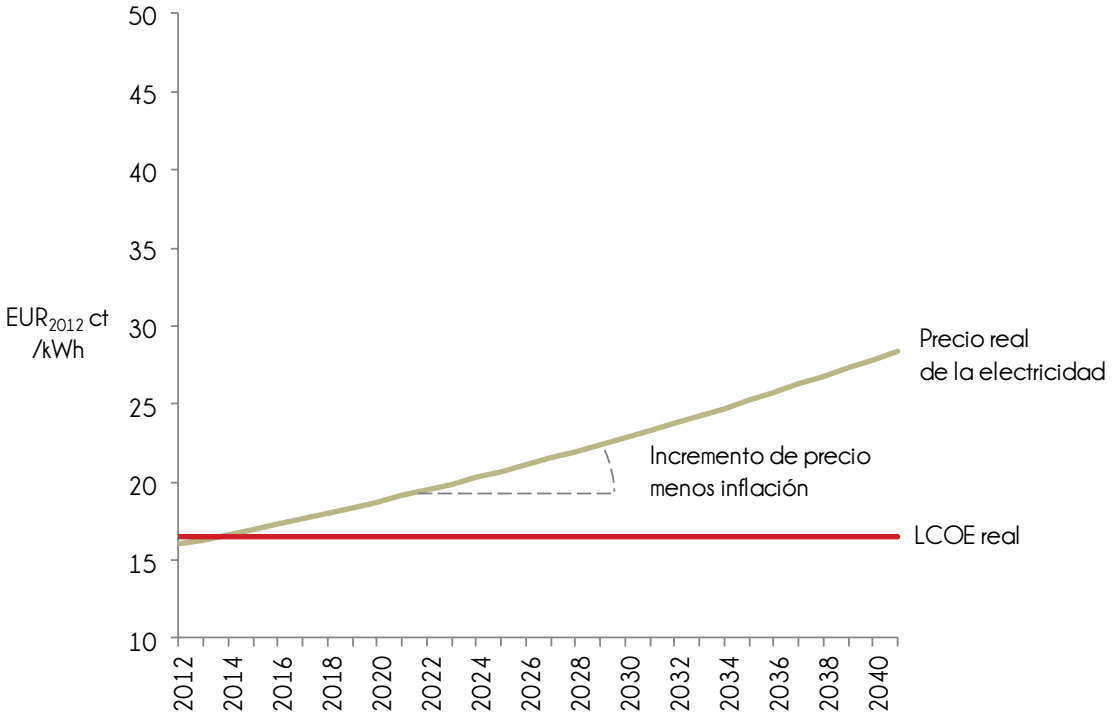
Figura 56: Proximidad de la paridad de red para un sistema instalado en 2012 – Nominal



Fuente: Análisis de Eclareon

- Cuando comparamos el LCOE FV con los precios de la electricidad, no parece adecuado pensar en términos reales (por ejemplo euros del año 2012), ya que resulta complejo considerar el incremento real de los precios de la electricidad (esto es, ajustarlos a la inflación).

Figura 57: Proximidad de la paridad de red para un sistema instalado en 2012 – Real



Fuente: Análisis de Eclareon

Dado que la intención de este informe es analizar la proximidad de la paridad de red desde el punto de vista de un consumidor residencial y que el público objetivo tiende a entender los precios de la electricidad en términos nominales, parece razonable expresar el LCOE en moneda nominal.

4.2 Datos de Fuentes Primarias

Para poder realizar un análisis completo de los costes se ha consultado a instaladores FV de los 7 países acerca del coste total de instalación, operación y mantenimiento de un sistema FV residencial durante su vida útil. Se asume que no hay diferencia de costes dentro de un mismo país. Los datos de las empresas colaboradoras aparecen en el Anexo.

Además, ECLAREON ha contado con el apoyo de diversas entidades del sector FV, como se resume a continuación:

- SunPower ha aportado a ECLAREON asistencia técnica y contactos de instaladores de su red autorizada de socios. Estos fueron contactados y participaron como colaboradores (véase el Anexo).
- 3TIER aportó datos sobre la irradiación de las distintas ciudades analizadas (ver sección 4.3.5.1).

- Asociaciones FV nacionales validaron los datos y los resultados finales de sus respectivos países.

Tabla 2: Asociaciones colaboradoras

País	Asociación
Australia	APVA
Chile	ACERA
Francia	ENERPLAN
México	ANES
España	UNEF
Reino Unido	BPVA

4.2.1 Costes de inversión

Colaboradores de cada país estudiado compartieron sus precios llave en mano (con impuestos incluidos) para un sistema FV de 3kWn/3,3kWp conectado a la red (sin baterías) en una unidad familiar, asumiendo que:

- La instalación se hace con los materiales más utilizados por el instalador (módulos, inversores, estructuras, etc.).
- Las características de la cubierta son las estándar de la zona (altura, materiales, etc.).

Los instaladores entrevistados proporcionaron presupuestos para enero de los últimos 3 años y los más recientes para enero/febrero de 2013. Desde marzo de 2013, el precio de los módulos FV de silicio cristalino, obleas y células importados de China a la UE se ven afectados por la nueva tarifa anti-dumping de la Comisión Europea. Cabe señalar que el efecto de esta regulación en los precios de la instalación FV no se ha considerado en esta edición de la serie GPM.

Para cada localización, la inversión inicial considerada para el cálculo del LCOE depende de dos escenarios distintos:

- En el escenario optimista, la inversión se corresponde al presupuesto más bajo recibido.
- En el escenario pesimista, los costes de inversión corresponden al presupuesto más alto recibido.

Para California, además de los presupuestos de los instaladores, se utilizó la base de datos de precios de instalaciones FV residenciales publicada por el CSI (Iniciativa Solar de California). Los precios FV residenciales relativos a cada año fueron recopilados y se analizaron aquellos entre el percentil 10 y el 90 (80% de las observaciones totales). De este rango, el precio medio más alto y más bajo fueron los incluidos.

Para Australia, a parte de los presupuestos de las empresas, la APVA (Asociación Australiana FV) proporcionó una serie de presupuestos reales de sistemas fotovoltaicos en el país.

4.2.2 Costes de O&M

Un sistema FV residencial podría considerarse casi libre de mantenimiento, pues requiere apenas unas horas de trabajo por año, principalmente para limpiar los módulos FV y revisar el rendimiento del inversor (en caso de que sea necesario). El coste de reponer el inversor, que se menciona en la siguiente sección, se añade a los costes de O&M al final de la vida útil del mismo (año 15).

Para este análisis, se considera una media de 2 horas por año de mantenimiento, valoradas al coste de la mano de obra local por hora[34]. Dado que estos podrían descender durante 2012 en alguno de los países analizados, estos datos serán actualizados tan pronto como estén disponibles. Por el momento, los costes de O&M se asumen crecientes en base a la tasa de inflación de cada país desde 2011 hasta el final de la vida útil del sistema FV (ir a la página 62 para más información sobre la tasa de inflación).

Adicionalmente se añade un margen a los costes de mano de obra por hora para el servicio de O&M. En general, los mercados más maduros suelen tener márgenes más reducidos que los menos competitivos. Dada la complejidad de cuantificar esta diferencia, y el relativamente bajo impacto que los costes de O&M tienen en el LCOE, estas especificidades no se han tenido en cuenta.

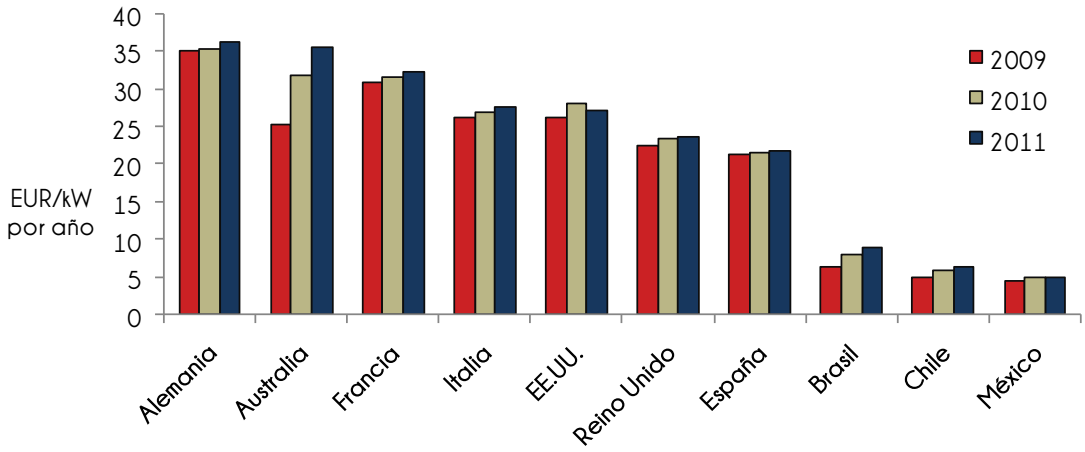
Según las distintas fuentes del mercado FV europeo, los márgenes de O&M están entre el 20% y el 60% para instalaciones comerciales. Dado que las instalaciones residenciales

[34] La compensación por hora se define como el coste medio para los empleadores de utilizar una hora de trabajo en el sector manufacturero, los costes laborales incluyen no sólo ingresos de los trabajadores, sino también otros costos de compensación, como el seguro de desempleo y seguro de salud.

reciben márgenes más altos que las comerciales y con la intención de usar valores conservadores para los datos, se ha considerado un margen de beneficio del 60% para los costes de O&M de instalaciones FV a pequeña escala.

Los costes anuales de O&M por kW en sistemas FV residenciales son los siguientes:

Figura 58: Costes de O&M indicativos por año[iii]



Fuente: U.S. Department of Labor; U.S. Bureau of Labor Statistics; Division of International Labor Comparisons; Instituto Nacional de Estadísticas de Chile; Eurostat; Análisis de Eclareon

4.2.3 Cambio del Inversor

EPIA asume una vida técnica garantizada de los inversores de 15 años en 2010, y de 20-25 años en 2020[iv]. Para este análisis se asume una vida útil del inversor de 15 años; por ello el inversor tendrá que ser repuesto una sola vez en los 30 años de vida útil del sistema FV.

Para estimar el coste de reponer el inversor, la tasa de reducción del coste (conocido como "factor de aprendizaje") ha sido considerada, asumiendo que el coste de producción decrece en un porcentaje constante cada vez que se dobla el número total de unidades producidas.

Las fuentes consultadas estiman el factor de aprendizaje para los inversores entre el 5% y el 20%:

- Según algunas fuentes, el factor de aprendizaje de los módulos FV y del resto de componentes del sistema FV está en torno al 20%. Para los inversores, el factor de aprendizaje parece significativamente más bajo, aproximadamente un 10%.[v]

- Otros estudios sostienen que los inversores tienen un ratio de progreso[35] similar al de los módulos FV, cuyo factor de aprendizaje histórico (1975-2001) está en torno al 23%.[vi]
- EPIA asume que el factor de aprendizaje de inversores de pequeña escala es del 20%.[vii]

Basándonos en estas fuentes y para evitar subestimar el coste de reponer el inversor, se ha asumido un factor de aprendizaje del 10%.

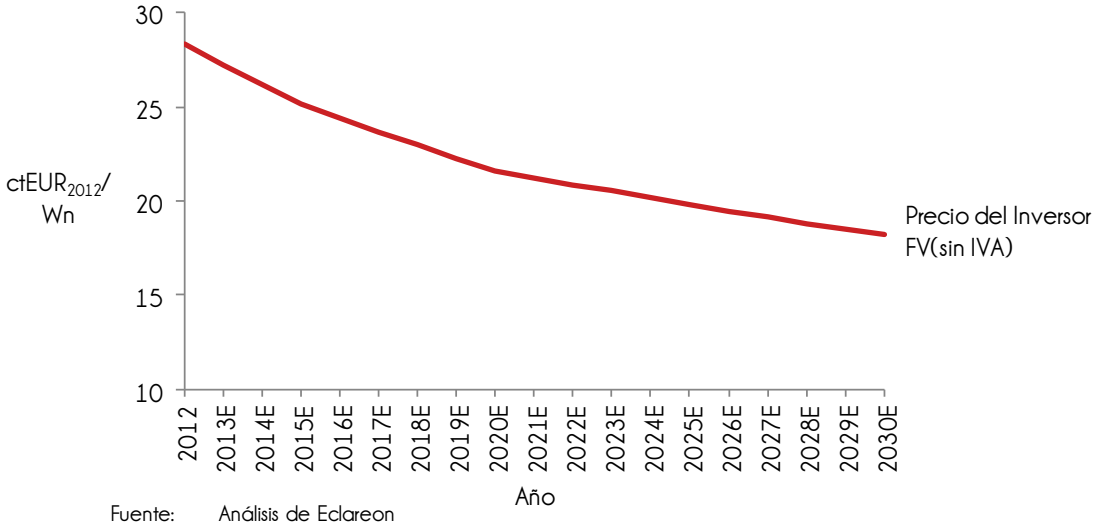
El coste de reponer un inversor se ha calculado teniendo en cuenta los datos aportados por empresas colaboradoras del mercado alemán, pues Alemania representa un mercado FV maduro con precios hacia los cuales los precios internacionales tienden a converger. Los precios de los componentes que no dependen de la madurez del mercado, como los costes de importación, no han sido considerados. El coste de un inversor, expresando en céntimos de Euro por Wn, se ha convertido a la moneda local de cada país si esta es distinta del Euro.

El volumen esperado de produción de inversores se ha estimado con las proyecciones de capacidad instalada FV mundial realizados por EPIA en el escenario medio[36] (también llamado acelerado) tal como se muestra en el informe EPIA/Greenpeace Solar Generation VI. La siguiente Figura muestra los precios medidos en céntimos de Euro por Wn.

[35] El ratio de progreso (PR) indica las reducciones esperadas de los costes y se relaciona con el factor de aprendizaje (LF) de la siguiente manera: $\boldsymbol{LF = 1 - PR}$

[36] Tres escenarios estimados: Referencia (peor), Acelerado (medio) y Paradigma (mejor)

Figura 59: Precios históricos del Inversor FV y Proyecciones de su Curva de Aprendizaje 2013-2030



Fuente: Análisis de Eclareon

Como se muestra en el Gráfico superior, en 15 años los precios de los inversores caerán alrededor de un 30% en términos reales.

Para adaptar la curva de aprendizaje a cada ciudad analizada, se consideraron los tipos impositivos actuales como indicador del valor futuro de los mismos. Además, puesto que el análisis requiere expresar el coste futuro de reponer el inversor en términos nominales, se utilizó la inflación anual estimada de Alemania para ello (ir a la Sección 4.3.2 para más información sobre tasas de inflación).

4.2.4 Coste del Seguro

Los seguros para sistemas FV de 3,3 kWp varían entre el 0,6% y el 1,2% del precio total del sistema. Para mantener una posición conservadora, se asume un 1,2% del coste total del sistema más la inflación anual. En mercados con FiT generosas, los precios están por encima de los valores mencionados, pero, como se explicó anteriormente, la metodología no tiene en cuenta las situaciones de sobrecostes creadas por tales estímulos externos.

Para cada país analizado, el coste del seguro varía dependiendo de dos escenarios distintos:

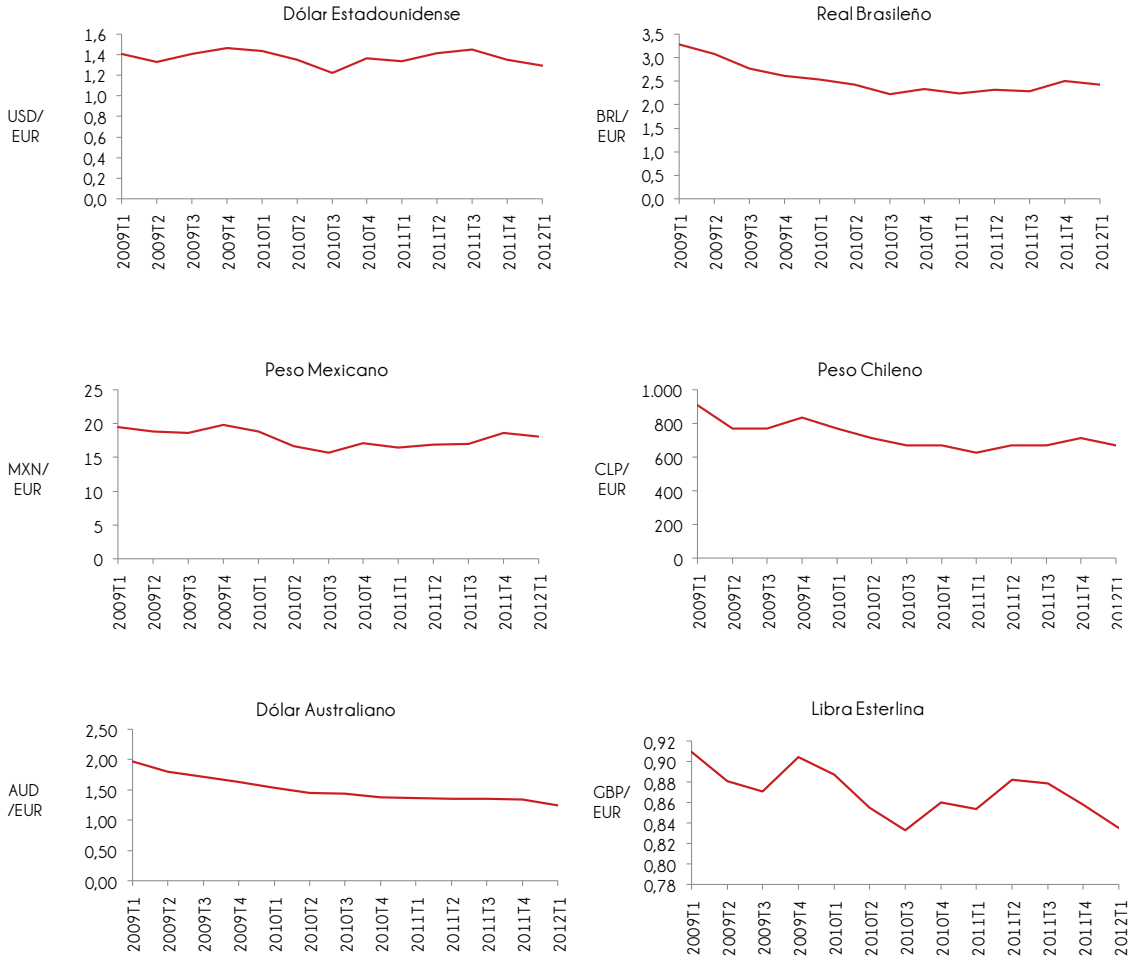
- En el escenario optimista, el menor de los presupuestos llave en mano recibidos será el utilizado para calcular el coste anual del seguro.
- En el escenario pesimista, el mayor de los presupuestos recibidos será el utilizado para calcular el coste anual del seguro.

4.3 Otros Datos y Consideraciones

4.3.1 Tipo de cambio

Como se mencionó anteriormente, todos los costes de este estudio se expresan en moneda local. Por ello, los valores expresados en otra moneda (normalmente Euros o Dólares) se convierten a la moneda correspondiente según los tipos de cambio siguientes (moneda extranjera por Euro):

Figura 60: Tipos de cambio – unidades de moneda extranjera por Euro [viii]



Fuente: OANDA

4.3.2 Tasa de inflación

La tasa de inflación esperada indica el incremento anual de los costes de O&M y del seguro para cada país[37] durante la vida útil del sistema FV. Esta se estima de la siguiente manera:

- Para el periodo 2009-2015, se utiliza el promedio anual de variación porcentual de los precios domésticos (Índice de Precios al Consumidor, IPC) de los últimos cinco años (2007-2011).
- De 2015 en adelante, se utiliza el objetivo de inflación a largo plazo publicado por los respectivos bancos centrales (Banco Central Europeo, Reserva Federal EE.UU., Banco Central de Chile, Banco de México, Banco Central do Brasil).

La siguiente tabla muestra las tasas de inflación resultantes. Estos datos serán actualizados conforme se vayan publicando nuevos datos.

Tabla 3: Inflación media por país[38] [ix]

País	Tasa histórica de inflación	Tasa de inflación objetivo en el largo plazo
Alemania	1,7%	2,0%
Australia	2,9%	2,5%
Brasil	5,2%	4,5%
Chile	3,6%	3,0%
EE.UU.	2,2%	2,0%
España	2,3%	2,0%
Francia	1,6%	2,0%
Italia	2,1%	2,0%
México	4,4%	3,0%
Reino Unido	3,2%	2,0%

[37] Se asume igual inflación dentro de un mismo país

[38] Fuentes: OECD Stats; BBVA Research; US Federal Reserve; European Central Bank; Banco Central de Chile; Banco de México; Banco Central do Brasil.

4.3.3 Tasa de Descuento (r)

Desde la perspectiva del inversor, la tasa de descuento se considera equivalente a la rentabilidad requerida para invertir en un sistema FV de auto-consumo a pequeña escala. Como la rentabilidad requerida está directamente relacionada con el riesgo de la inversión, la tasa de descuento debe ser equivalente al retorno que el inversor podría obtener invirtiendo en un proyecto con un nivel de riesgo similar.

Auto-consumo FV: Motivaciones detrás de una inversión verde

Los tipos de interés habitualmente se calculan a partir de la tasa real libre de riesgo, a la que se le suman distintas primas como las de inflación, riesgo de impago, vencimiento y liquidez.

Cuando se invierte en un sistema FV residencial, la decisión puede estar influenciada por factores no económicos, que son difíciles de cuantificar.

- En primer lugar, los individuos pueden hacer una "inversión verde" para mitigar el riesgo de las posibles subidas de precios de la electricidad de la red.
- Además, las inversiones FV están en ocasiones motivadas por factores no económicos como la sostenibilidad medioambiental, la responsabilidad social, la seguridad frente a apagones, etc.

Debe tenerse en cuenta que la inversión (< 20.000 EUR) es suficientemente pequeña como para que el inversor pueda auto-financiar la instalación FV al completo (sin necesidad de pedir un préstamo).

Dada la complejidad de estimar la rentabilidad requerida por cada individuo para invertir en un sistema FV de auto-consumo, los elementos para calcular la tasa de descuento se han simplificado:

- Prima de inflación, que compensa a los inversores por la inflación esperada y refleja la tasa de inflación media esperada durante la vida de la inversión.
- Prima de riesgo adicional, es el retorno complementario que el inversor requiere por encima de la prima de inflación, para invertir en un sistema FV residencial para auto-consumo.

Así, la rentabilidad requerida estaría compuesta por dos retornos exigidos por soportar el riesgo de invertir en un sistema FV residencial:

Ecuación 3: Tasa de Descuento

$$\boldsymbol{r = PI_c + RP}$$

Tabla 4: Nomenclatura de la tasa de descuento

Nomenclatura	Unidad	Significado
r	%	Tasa de Descuento (rentabilidad requerida)
PI_c	%	Prima de Inflación (específica de cada país)
RP	%	Prima de Riesgo (especifica de la inversión)

4.3.3.1 *Prima de Inflación (específica para cada país)*

Sin tomar en cuenta la preferencia por consumo actual sobre el consumo futuro[39], la media de la tasa de inflación esperada durante la vida del sistema FV es el mínimo retorno que cualquier inversor requeriría para invertir. Cuanto más bajo es el riesgo de la inversión, menor será la diferencia entre la rentabilidad exigida y la inflación esperada.

Como se mostró anteriormente en la Tabla 4, los datos históricos de inflación así como los objetivos a largo plazo, varían sustancialmente entre países, diferencias que se deben incorporar en las expectativas de inflación durante la vida útil del sistema FV (30 años). Más aún, para todos los países estudiados salvo Alemania, el objetivo a largo plazo de inflación es más bajo que la media histórica, lo que revela que la tasa de inflación esperada es probablemente más baja que la media histórica.

Teniendo en cuenta estos hechos y con el ánimo de mantener una visión conservadora sobre las expectativas de riesgo (y por lo tanto, de la proximidad de la paridad de red), se asume que los inversores esperan una inflación media durante la vida del activo igual a la media de la tasa de inflación de los últimos 5 años (2007 a 2011). Por lo tanto, la prima de inflación considerada es la siguiente:

[39] La preferencia por el consumo actual sobre el consumo futuro se refleja normalmente con la tasa real libre de riesgo.

Tabla 5: Prima de inflación por país[40 x]

País	Prima de Inflación
Alemania	1,7%
Australia	2,9%
Brasil	5,2%
Chile	3,6%
EE.UU.	2,2%
España	2,3%
Francia	1,6%
Italia	2,1%
México	4,4%
Reino Unido	3,2%

4.3.3.2 *Prima de Riesgo (específica de la inversión)*

Considerando que, en general, la rentabilidad requerida para soportar el riesgo de invertir en un sistema FV es más alta que la requerida por la pérdida de poder adquisitivo (determinada por la inflación esperada), la prima de riesgo se define como el retorno que el inversor requerirá por encima de la tasa de inflación para invertir en un sistema FV para auto-consumo.

Como se puede esperar, la prima de riesgo dependerá de la percepción del inversor sobre varios riesgos específicos de la inversión, así como de las preferencias individuales y otras características del inversor, como las siguientes (listado no exhaustivo):

- Riesgos específicos de la inversión
  - ¿Cómo percibe el inversor el riesgo de rendimiento de los módulos FV?
  - Si consideramos una inversión a 30 años, ¿cómo percibe el inversor el riesgo de invertir a ese plazo?
  - ¿Cómo percibe el inversor el riesgo de liquidez?
- Características individuales
  - ¿Tiene el inversor otras motivaciones aparte del retorno esperado?

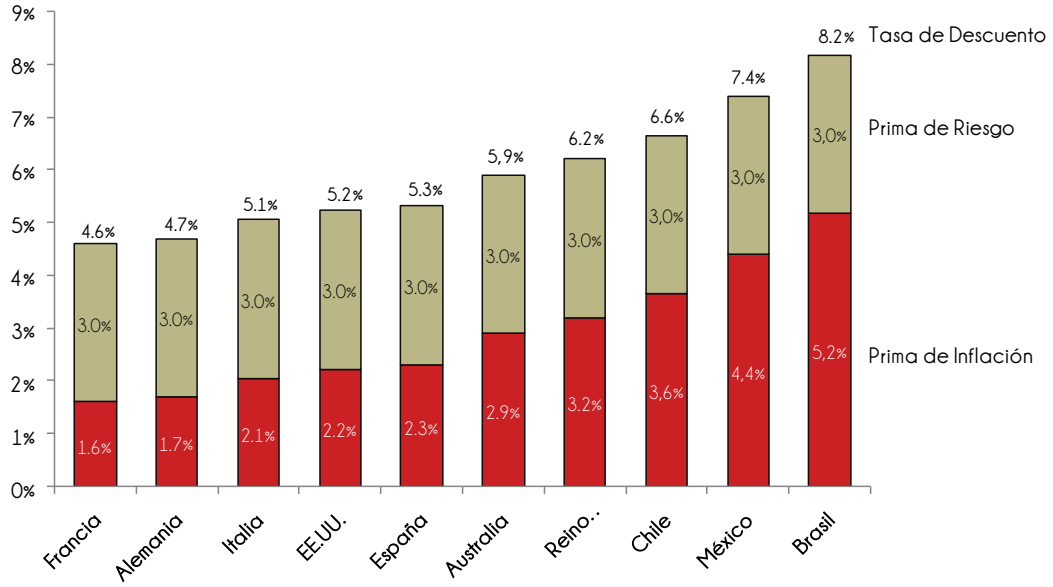
[40] Fuentes: Estadísticas OECD; BBVA Research; Reserva Federal EE.UU.; Banco Central Europeo; Banco Central de Chile; Banco de México; Banco Central do Brasil.

- ¿Cuál es el coste de oportunidad de invertir en un sistema FV para auto-consumo?
- ¿Cómo de relevante es la liquidez para el inversor?
- ¿Cómo de relevante es para el inversor reducir su exposición a la subida de los precios de la electricidad?

Es por ello que cada inversor tendrá una prima de riesgo única basada en una combinación de respuestas a preguntas como las arriba indicadas; sin embargo, para simplificar el análisis, esas diferencias no serán tomadas en cuenta. Se asume que los riesgos asociados únicamente con invertir en un sistema FV por encima de la prima de inflación son similares en todas partes. Esto quiere decir que la PR sólo reflejará los riesgos asociados con esta inversión en particular, pero que no son específicos para cada país.

Tomando todos estos factores en cuenta, se considera que los inversores son razonablemente compensados al tomar la decisión de invertir en un sistema FV si reciben un retorno 3% superior a la prima de inflación. La tasa de descuento para cada país queda por lo tanto de la siguiente forma:

Figura 61: Tasa de descuento por país



Fuente: OECD Stats; BBVA Research; US Federal Reserve; European Central Bank; Banco Central de Chile; Banco de México; Banco Central do Brasil; Reserve Bank of Australia; Anlasis de Eclareon

Las tasas de descuento resultantes son rentabilidades razonables para este tipo de inversión y están en línea con las utilizadas por otras fuentes del sector.

4.3.4 Vida Útil del Sistema FV

La vida útil del sistema FV ha sido estimada según las siguientes fuentes:

- La mayoría de los estudios consultados[xi] usan entre 25 y 35 años en sus proyecciones de forma consistente.
- Además, PV Cycle[xii], la asociación europea para el reciclado de módulos FV, estima la vida de un módulo en 35 años.

Consecuentemente, y con la intención de evitar sobreestimar la proximidad de la paridad de red, se ha elegido una vida útil de 30 años para los sistemas FV.

4.3.5 Generación FV

La generación de la electricidad FV se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 4: Generación FV en el año t

$$E_t = E_0 (1 - d)^t$$

(Donde: $E_0 = Capacidad\ del\ sistema\ FV \times Irradiación\ anual \times PR$)

Tabla 6: Nomenclatura generación FV

Nomenclatura	Unidad	Significado
t	-	Año t
E_t	kWh	Electricidad FV generada en el año t
E_0	kWh/yr	Electricidad FV generada en el año 0
-	kWp	Capacidad del sistema FV
-	kWh/kWp/yr	Irradiación anual
PR	%	Ratio de rendimiento del sistema
d	%	Tasa de degradación

Consecuentemente, tomando en cuenta que la capacidad del sistema FV fue fijada en 3,0 kWn 3,3 kWp, para estimar la generación FV anual de una instalación en cubierta de 3,3 kWp en 14 ciudades distintas, se definen las siguientes variables:

- Irradiación solar local
- Tasa de degradación
- Ratio de rendimiento del sistema

4.3.5.1 *Irradiación solar local*

Las estimaciones de la irradiación solar, aportadas por 3TIER (salvo para México), se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7: Irradiación en un plano inclinado acorde a la latitud (kWh/m²/año)

País	Ciudad	Irradiación
Alemania	Berlín	1.083
	Múnich	1.267
Australia	Sídney	1.713
Brasil	São Paulo	1.691
	Itacarambi	2.200
Chile	Santiago	1.877
	Copiapó	2.154
EE.UU.	San Francisco	1.831
	Los Ángeles	2.001
España	Madrid	1.782
	Las Palmas	2.008
Francia	París	1.164
	Marsella	1.694
Italia	Roma	1.611
	Palermo	1.656
México[41]	Ciudad de México	1.956
	Hermosillo	2.486
Reino Unido	Londres	1.070
	Plymouth	1.119

Estas estimaciones fueron obtenidas por 3TIER mediante satélite y tras una década recogiendo datos[42]. Esta tecnología ha sido validada como válida frente a las mediciones

[41] La Asociación Nacional Mexicana de la Energía Solar (ANES), sugirió que otra fuente fuera usada; por ello, los datos para las ciudades mexicanas se basan en SIGER (Sistema de Información Geográfico para Energías Renovables) y del Observatorio Solar del Instituto de Geofísicas de la UNAM.

de irradiación en tierra. Las irradiaciones horizontales estimadas con esta tecnología tienen una incertidumbre en torno al 5%.

En ciertas regiones, las predicciones de irradiación solar pueden tener una mayor incertidumbre pues las estimaciones resultan dificultosas en áreas con una alta concentración de aerosoles en la atmósfera[43].

Las estimaciones que aquí se presentan no incluyen observaciones en tierra y, por lo tanto, los resultados deben tratarse con cautela.

4.3.5.2 *Tasa de degradación*

La tasa de degradación (d) del sistema FV se ha estimado en base a las siguientes consideraciones:

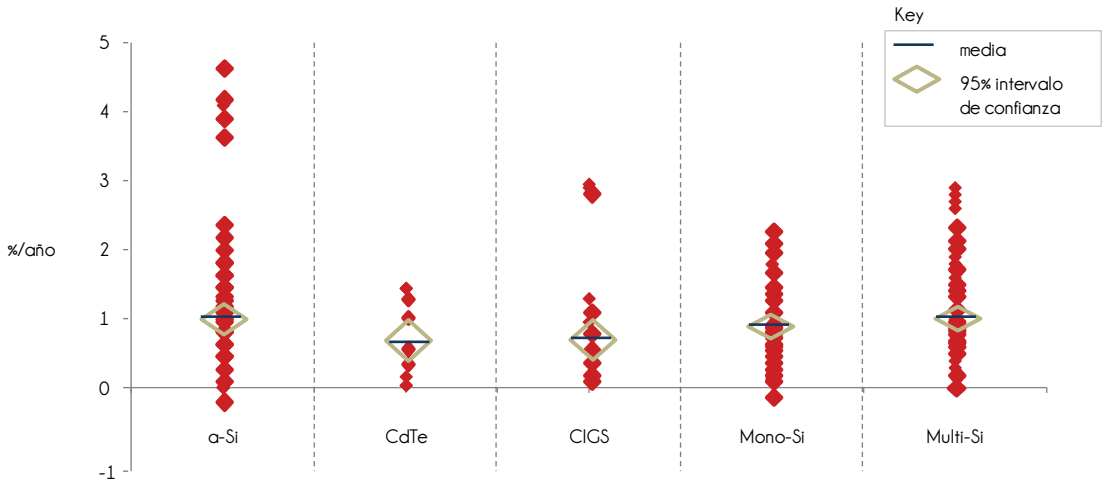
- Los bancos normalmente utilizan tasas de degradación de entre el 0,5% y el 1% por año[xiii] en sus modelos financieros.
  - La mayoría de los informes consultados usan proyecciones dentro de ese rango.
- Los resultados de un extenso estudio realizado por NREL[xiv] (Laboratorio Nacional de Energías Renovables del Departamento de Energía de EE.UU.) también muestran un rango similar.

La siguiente Figura ilustra la muestra obtenida por NREL, que incluye más de 2.000 tasas de degradación a largo plazo en distintos lugares del mundo y que ha sido segmentada por tecnología.

[42] http://www.3tier.com/static/ttcms/us/documents/publications/validations/3TIER_Global_Solar_Validation.pdf

[43] http://www.solarconsultingservices.com/Gueymard-Aerosol_variability-SolarPACES2011.pdf

Figura 62: Tasas de Degradación Históricas por Tecnología y Fecha de Instalación[xv]



Nota: Las tasas negativas indican un incremento en el rendimiento del sistema; solo se incluyen sistemas instalados desde el año 2000
Fuente: NREL Conference Paper 5200-53712, April 2012

Para cada tecnología, la media de los resultados está representada por la barra horizontal y el rango de valores dentro del rombo puede considerarse una buena estimación de la tasa de degradación esperada (el rango tiene un intervalo de confianza del 95%).

Teniendo en cuenta que los resultados muestran que todos los datos dentro del intervalo de confianza de 95%, están por debajo del 1% al año, y que esto concuerda con otros informes consultados, se ha considerado una tasa de degradación de 0,8% al año para el análisis.

4.3.5.3 *Ratio de Rendimiento*

El ratio de rendimiento (PR, por sus siglas en inglés) refleja las pérdidas en el rendimiento de un sistema causadas por la temperatura, sombra e ineficiencias o fallos de los componentes como el inversor, entre otros.

Para este análisis se asume un ratio de rendimiento del 80% para todas las zonas estudiadas, en base a las siguientes consideraciones:

- El Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar (ISE, por sus siglas en inglés)[xvi] investigó el PR de más de 100 instalaciones FV.
  - El PR anual estuvo entre el ~70% y el ~90% para el año 2010.
- Además, otros investigadores han concluido que los rangos típicos para el PR rondan >80% en la actualidad.[xvii]

4.4 Precios de la Electricidad

Para un consumidor residencial, la alternativa a consumir electricidad FV es comprar la electricidad de la red a la compañía eléctrica. Para consumir electricidad de la red, el usuario debe pagar el precio minorista aplicable, que tiene un componente fijo (independiente del número de kWh consumidos) y una parte variable (que depende de la electricidad consumida).

Cuando comparamos el LCOE FV con los precios minoristas de la electricidad, se asume que el componente fijo es un coste hundido en el que el consumidor incurrirá de cualquier manera. Por ello, sólo se considerará la parte variable del precio de la electricidad.

Generalmente, auto-consumiendo electricidad FV uno puede ahorrar además de la parte variable del precio de la electricidad, los impuestos asociados a ese consumo. Por ello, se incluyen en el análisis todos los impuestos variables que los consumidores pagan en sus tarifas eléctricas (como puede ser el IVA u otros impuestos especiales).

Algunas compañías eléctricas ofrecen tarifas con discriminación horaria (TOU, por sus siglas en inglés), ofreciendo a los consumidores electricidad distintos precios según el tramo horario (precio inferior a las tarifas estándar en horas valle y superior en horas punta). El consumo en el punto de generación FV no siempre coincide con el periodo punta, pero cuando lo hace el consumidor puede ahorrarse la tarifa de la electricidad asociada a ese consumo, es decir la tarifa más cara (más los impuestos). Es por ello que se tuvieron en cuenta en este estudio las tarifas con discriminación horaria.

Precios de la Electricidad: Consideraciones

- Diferencia de precios dentro de un mismo país.

  En muchos de los países estudiados hay variaciones considerables entre los precios de la electricidad.

  Para simplificar el análisis, los precios aquí utilizados reflejan únicamente los de la tarifa elegida en cada ciudad analizada, pudiendo reflejar sólo un segmento de la población.

  Aún así, los precios de la electricidad elegidos para cada ciudad procuran reflejar aquellos que se pagan por la electricidad de red que podría ser sustituida por electricidad FV auto-consumida por la mayoría de la población de esa localidad.

- Tarifas que se aplican a periodos concretos de tiempo.

  Algunos de los precios de la electricidad representados son aplicables únicamente a periodos diferenciados como por ejemplo día/noche, semana/fin de semana o invierno/verano.

Cuando ha sido posible (por ejemplo, en casos en los que hay tarifas con discriminación horaria), varios niveles de precios de la electricidad han sido usados. En la mayoría de los casos, los precios escogidos reflejan 3 niveles de precios: el más alto es el precio más caro que el consumidor podría estar pagando por la electricidad de red que puede ser reemplazada por electricidad FV auto-consumida, el valor medio es el precio estándar y el inferior es el más bajo. La siguiente Tabla muestra para cada ciudad, las fuentes y datos usados:

Tabla 8: Precios de la electricidad por ciudad y fuentes

País	Ciudad	Fuente	Precios de la electricidad			
			Tipo	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Alemania	Berlín	Vattenfall	Berlin Easy Privatstrom mit Option Spar Aktiv / Easy Privatstrom Tariff	Tarifa Punta	No procede	Tarifa Estándar
	Múnich	Stadtwerke Munchen, SWM	SWM´s M-Strom privat	Tarifa Punta	Tarifa Estándar	Tarifa Valle
Australia	Sídney	EnergyAustralia	TOU/no-TOU Residencial	Tarifa Punta	"Doméstica Todo el Tiempo"	Tarifa Llano
Brasil	São Paulo	AES Eletropaulo	Residencial (B1)	No procede	Tarifa Residencial	No procede
	Itacarambi	CEMIG	Residencial (B1)	No procede	Tarifa Residencial	No procede
Chile	Santiago	Chilectra	Residencial (BT1) Área 1 A (a)	Tarifa de energía adicional (Invierno)	No procede	Tarifa Estándar
	Copiapó	Emelat	Residencial (BT1)	Tarifa de energía adicional (Invierno)	No procede	Tarifa Estándar
EE.UU.	Los Ángeles	Los Angeles Department of Water and Power, LADWP	Tarifa con discriminación horaria/ sin discriminación horaria residencial	Tarifa Punta Alta	Tarifa Estándar	Tarifa Base
	San Francisco	Pacific Gas and Electric Company, PG&E	Nivel-2 Tarifa con discriminación horaria/ sin discriminación horaria residencial	Tarifa Punta/ Parcial	Tarifa Estándar	Tarifa Valle

País	Ciudad	Fuente	Precios de la electricidad			
			Tipo	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
España	Madrid	Boletín Oficial del Estado (BOE)	Tarifa de Último Recurso (TUR) Tarifa con y sin discriminación horaria	Tarifa Punta	Tarifa Estándar	Tarifa Valle
	Las Palmas	Boletín Oficial del Estado (BOE)	Tarifa de Último Recurso (TUR) Tarifa con y sin discriminación horaria	Tarifa Punta	Tarifa Estándar	Tarifa Valle
Francia	París	Electricité de Francia	"Tarif Bleu"	Tarifa Punta (Heures Pleines)	Tarifa Base (Base opcional)	Tarifa Valle (Heures Creuses)
	Marsella	Electricité de Francia	"Tarif Bleu"	Tarifa Punta (Heures Pleines)	Tarifa Base (Base opcional)	Tarifa Valle (Heures Creuses)
Italia	Roma	Autorità per l'energia elettrica i il gas (AEEG)	Tarifa Mono horario (Todos los niveles)	Tarifa Estándar (sin discriminación horaria, todos los niveles)		
	Palermo	Autorità per l'energia elettrica i il gas (AEEG)	Tarifa Mono horario (Todos los niveles)	Tarifa Estándar (sin discriminación horaria, todos los niveles)		
México	Ciudad de México	Comisión Federal de la electricidad (CFE)	DAC / Residencial (1)	DAC - Doméstico de alto consumo	No procede	Tarifa 1
	Hermosillo	Comisión Federal de la electricidad (CFE)	DAC / Residencial (1F)	DAC - Doméstico de alto consumo	No procede	Tarifa Residencial 1F
Reino Unido	Londres	EDF	Tarifa Residencial de Precio Fijo	Economy 7 (tarifa diurna)	Tarifa Estándar	Economy 7 (tarifa nocturna)
	Plymouth	EDF	Tarifa Residencial de Precio Fijo	Economy 7 (tarifa diurna)	Tarifa Estándar	Economy 7 (tarifa nocturna)

En algunos países como Italia, México o EE.UU., donde los niveles más bajos de consumo se benefician de tarifas más bajas, auto-consumir electricidad FV puede suponer cambiar de una tarifa más alta a una más baja. En esos casos, el ahorro sería igual no sólo al coste de la electricidad reemplazada, sino también a la diferencia entre la tarifa antigua y la nueva tarifa pagada por la electricidad de la red. Esta realidad no fue tomada en cuenta en el análisis.

4.4.1 Alemania

Stadtwerke München (SWM) es la compañía eléctrica municipal que abastece con electricidad a los consumidores de Múnich, mientras que Vattenfall, el tercer productor eléctrico en Alemania, es una de las más relevantes en Berlín. Para ambas ciudades, las tarifas con discriminación horaria están disponibles para los consumidores residenciales:

Tabla 16: Tarifas de la electricidad en Alemania

Ciudad	Días	Periodo de las Tarifas	
		Punta	Valle
Berlín	Todos	6 AM a 10 PM	Resto del día
Múnich	Lunes a Viernes	6 AM a 9 PM	Resto del día
	Fines de Semana y Festivos	No procede	Todo el día

Para Berlín, la tarifa punta determina el rango superior de los precios de la electricidad. Dado que la tarifa valle se aplica principalmente a horas nocturnas, el periodo valle no coincidirá con la generación FV y por ello el precio bajo para Berlín será el precio residencial estándar (sin discriminación horaria) y no se representará un precio medio.

Para Múnich, la tarifa punta determina el precio minorista de la electricidad de rango superior y la tarifa valle el valor inferior pues la tarifa valle se aplica a los fines de semana y festivos y no únicamente a las noches, como ocurre en Berlín. La tarifa estándar de SWM representa el precio medio en esa ciudad.

Tabla 17: Precios de la Electricidad en Alemania

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Berlín	Tarifa punta de Vattenfall	No procede	Tarifa Vattenfall Easy Privatstrom
Múnich	Tarifa punta de SWM´s M-Strom	Tarifa estándar SWM´s M-Strom	Tarifa valle de SWM´s M-Strom

4.4.2 Australia

Nueva Gales del Sur (NGS) es el mercado de la electricidad más grande de Australia, donde existe libre competencia desde 2011 y los consumidores residenciales pueden elegir entre permanecer en el marco del mercado regulado o cambiar al mercado no regulado concertando un contrato de mercado.

En la práctica, los precios residenciales de la electricidad son muy similares entre las dos opciones, dado que las compañías eléctricas establecen sus precios siguiendo muy de cerca el precio máximo regulado por el Gobierno de NGS cada año. Por lo tanto, el precio regulado de la electricidad es considerado en el análisis.

En Nueva Gales del Sur, sólo hay tres proveedores acreditados, EnergyAustralia, Integral Energy y Country Energy, cada uno tiene diferentes precios regulados.

Dado que EnergyAustralia[44] es uno de los mayores minoristas de energía de Australia, sus precios se utilizan en el análisis. En particular, se consideran las siguientes tarifas:

Tabla 9: Tasas de la electricidad en Australia

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Sídney	EnergyAustralia "Hogar PowerSmart" Tarifa Pico	EnergyAustralia "Doméstica Todo el Tiempo" (precio del consumo restante por trimestre[45])	EnergyAustralia "Hogar PowerSmart" Tarifa Llano

La tarifa sin discriminación horaria (Doméstica Todo el Tiempo) solía tener 2 niveles y actualmente cuenta con 3, donde el consumo de un trimestre que esté por encima de una cierta cantidad de electricidad se paga a un precio marginal más alto que el consumo por debajo de ese valor. La tarifa considerada como el precio medio corresponde a los siguientes niveles de consumo:

Tabla 10: Niveles de Consumo en NGS

	Consumo por Trimestre
Antes de julio, 2012	>1.750 kWh
Desde Julio, 2012	>2.000 kWh

[44] TRUenergy adquirió el negocio minorista de EnergyAustralia del gobierno de NGS.

[45] Ir a la Tabla 10 para obtener información sobre los niveles de consumo aplicables.

Para las tarifas con discriminación horaria, esto incluye un periodo punta, un periodo llano, y un periodo valle, como se indica a continuación:

Tabla 11: Periodo de las Tarifas en NGS

Ciudad	Días	Periodo de las Tarifas		
		Punta	Llano	Valle
Sídney	Días entre semana Laborales	2 PM a 8 PM	7 AM a 2 PM 8 PM a 10 PM	Resto del día
	Fines de semana y Días festivos	No procede	7 AM a 10 PM	Resto del día

Dado que el periodo valle es durante las horas nocturnas, con certeza no coincidirá con la generación FV. Por lo tanto, solo las tarifas punta y llano son usadas para reflejar las tarifas residenciales de la electricidad máximas y mínimas.

4.4.3 Brasil

En Brasil, las tarifas eléctricas residenciales están reguladas y son publicadas por la Agencia Reguladora de la Electricidad (ANEEL, acrónimo en portugués) cada año. El país está dividido en más de 60 áreas de concesiones, donde una o más compañías están a cargo de la distribución de la electricidad. AES Eletropaulo tiene la concesión de la ciudad de São Paulo (en el Estado de São Paulo), mientras que CEMIG es la compañía que tiene la concesión de Itacarambi (en el Estado de Minas Gerais).

No hay tarifas con discriminación horaria disponibles para consumidores residenciales, por ello las tarifas publicadas por ANEEL (con los correspondientes impuestos[46]) se usan como tarifa única:

Tabla 12: Precios de la Electricidad en Brasil

Ciudad	Tarifa Única (rango no procede)
São Paulo	Tarifa Residencial AES Eletropaulo
Itacarambi	Tarifa Residencial CEMIG

[46] Los impuestos federales incluyen el PIS (Programa de Integración Social) y el COFINS (Contribuciones a la Financiación de la Seguridad Social), así como los impuestos estatales incluyen el ICMS (Impuesto a la Circulación de Productos y Servicios).

Debe tenerse en cuenta que dentro de Brasil los niveles de precios de la electricidad son muy distintos. Los aquí considerados reflejan los aplicables solo en las dos ciudades estudiadas, sin que esto impida que haya consumidores en otras partes del país que paguen precios más altos.

4.4.4 Chile

En Chile, como en Brasil, el mercado eléctrico para consumidores residenciales está regulado por el Estado y no hay tarifas con discriminación horaria disponibles. La tarifa estándar (llamada BT1) que varía según la región del país se puede aplicar durante todo el año, aunque durante los meses de invierno (de abril a septiembre) hay una tarifa adicional para el consumo por encima de 430 kWh al mes.

Tanto en Santiago como en Copiapó, la tarifa de recargo de invierno y la tarifa estándar representan el rango alto y bajo respectivamente (no se representa un precio medio).

Tabla 13: Precios de la electricidad en Chile

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Santiago	Chilectra BT1Tarifa de energía adicional de Invierno (Área 1A)	No procede	Chilectra BT1 Tarifa estándar (Área 1A)
Copiapó	Emelat BT1Tarifa de energía adicional de Invierno	No procede	Emelat BT1 Tarifa estándar

Así como en Brasil, en Chile hay una variación considerable entre los precios de la electricidad dentro del país. Los aquí considerados reflejan los precios aplicables solo en las dos ciudades analizadas, sin que esto impida que otros consumidores estén pagando precios más altos en otras partes del país.

4.4.5 EE.UU. (California)

El mercado eléctrico en EE.UU. está liberalizado por lo que los consumidores pueden elegir entre comprar la electricidad de la compañía distribuidora de su zona o de un proveedor de servicios independiente. Los Ángeles es el territorio de venta de *Los Angeles Department of Water and Power* (LADWP) y San Francisco de *Pacific Gas and Electric* (PG&E).

En San Francisco, la tarifa residencial con discriminación horaria de PG&E depende del nivel de consumo del hogar, de modo que la electricidad por encima de un nivel determinado cuesta más que la consumida por debajo. A julio de 2012, ese nivel era en San Francisco de 16,8 kWh al día en verano. Según PG&E, el consumo medio de un

consumidor residencial es ligeramente superior a 17 kWh al día[xviii], así que se asume que un consumidor alcanzará el Nivel-2 (esto es, que consumirá entre un 101% y un 130% por encima del nivel base), por lo que la electricidad FV generada estaría compitiendo con las tarifas del Nivel-2.

En el caso de Los Ángeles, la tarifa con discriminación horaria, al contrario que la tarifa básica estándar, no es un sistema de niveles. Además, el precio con discriminación horaria sólo se aplica a los meses de verano, pues el resto del año se aplica un precio constante.

Tabla 24: Periodos de las tarifas con discriminación horaria en Precios en Los Ángeles y San Francisco

Ciudad	Temporada		Periodo de Precios		
			Tarifa Punta	Tarifa Punta Baja/Parcial	Tarifa Base/Valle
Los Ángeles	Verano	Lunes a Viernes	1 PM - 5 PM	10 AM - 1 PM 5 PM - 8 PM	8 PM - 10 AM
		Sábado y Domingo	No procede	No procede	Todo el día
	Invierno	Todos	Precio Constante		
San Francisco	Verano	Lunes a Viernes	1 PM - 7 PM	10 AM - 1 PM 7 PM - 9 PM	El resto incluido los festivos
		Sábado y Domingo	No procede	10 AM - 1 PM 5 PM - 8 PM	El resto incluido los festivos
	Invierno	Lunes a Viernes	No procede	5 PM - 8 PM	El resto incluido los festivos
		Sábado y Domingo	No procede	No procede	Todo el día

Ambas compañías eléctricas ofrecen precios que varían según la temporada: verano es la temporada alta mientras que invierno es la baja. En el caso de las tarifas con discriminación horaria, esto significa que la tarifa punta en verano será más alta que la tarifa punta (o la constante en el caso de LA) en verano, mientras que la tarifa base/valle será más baja que la que se aplica en invierno.

Por lo tanto, como los precios en verano representan mejor los rangos existentes de tarifas en estas ciudades, el rango de precios de la electricidad de cada ciudad es el siguiente:

Tabla 25: Precios de la electricidad en EE.UU.

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Los Ángeles	Tarifa Punta (verano) LADWP	Tarifa Estándar (verano) LADWP	LADWP Tarifa Base (verano)

San Francisco	Tarifa Punta (verano) PG&E	Tarifa Estándar (verano) PG&E	PG&E Tarifa Valle (verano)

4.4.6 España

En España, la tarifa eléctrica pagada por aproximadamente del 80%[xix] de los consumidores residenciales es la Tarifa de Último Recurso (TUR), fijada por el Gobierno. Las tarifas eléctricas sin impuestos son las mismas en todas las regiones, pero hay diferencias en cuanto a los impuestos y éstas son tenidas en cuenta[47].

La TUR con discriminación horaria se ha incluido en el análisis. Cada periodo de la tarifa depende de la temporada, como se explica a continuación:

Tabla 21: Periodos las tarifas con discriminación horaria en España

Ciudad	Temporada	Periodo de precios	
		Punta	Valle
Todas	Invierno	12 PM a 10 PM	Resto del día
	Verano	1 PM a 11 PM	Resto del día

La tarifa punta se usa como una aproximación del precio más alto de la electricidad, la tarifa sin discriminación horaria estándar es el precio medio y la tarifa valle representa el precio más bajo.

Tabla 22: Precios de la Electricidad en España

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Todas	Tarifa Punta	Tarifa Estándar	Tarifa Valle

4.4.7 Francia

En Francia, los precios de la electricidad residencial pueden estar regulados por el Gobierno, o impuestos libremente por las compañías eléctricas; sin embargo, la mayoría de los consumidores se encuentran bajo el mercado regulado, que es el que se considera en este documento (la opción "Tarif Bleu" en EDF, Electricité de Francia).

Dado que la principal compañía eléctrica es la EDF de propiedad estatal, se consideraron sus tarifas residenciales, es decir, las tarifas con discriminación horaria (pico [Heures Pleines] y no pico [Creuses Heures]), y su tarifa base (Base opcional):

[47] En Madrid, las tarifas eléctricas están sujetas al IVA mientras que en Las Palmas lo están al IGIC.

Tabla 14: Tarifas de la electricidad en Francia

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Todas las Ciudades	Tarifa Punta EDF (*Heures Pleines*)	Tarifa Base EDF (*Base opcional*)	Tarifa Valle EDF (*Heures Creuses*)

Sin embargo, los periodos punta y valle difieren entre París y Marsella:

Tabla 15: Tarifas de la electricidad en Francia

Ciudad	Días	Periodo	Periodo de las Tarifas	
			Punta	Valle
París	Todos	1	7 AM a 11 PM	Resto del día
	Todos	2	7.30 AM a 11.30 PM	Resto del día
Marsella	Todos	1	7 AM a 11 PM	Resto del día
	Todos	2	7 AM a 2 PM y 5 PM a 2 AM	Resto del día
	Todos	3	7 AM a 1 PM y 4 PM a 2 AM	Resto del día
	Todos	4	6.30 AM a 10.30 PM	Resto del día
	Todos	5	5.30 AM a 2.30 PM y 5 PM a 12 AM	Resto del día

Se atribuye un periodo de tiempo particular por ERDF (Electricité Réseau Distribution Francia) a los consumidores residenciales, dependiendo de la ubicación y sus condiciones de red.

Los precios de la electricidad considerados corresponden a aquellos aplicables a los consumidores con una potencia contratada de 9 kVA [48].

4.4.8 Italia

En Italia la Autoridad Reguladora de la Electricidad y Gas (AEEG, acrónimo en italiano) fija las tarifas de la electricidad reguladas cada 3 meses[49].

[48] La potencia contratada en Francia oscila entre 3 kVA a 15 kVA, en incrementos de 3 kVA (3 kVA, 6 kVA, 9KVA y hasta 15kVA).

[49] Los consumidores residenciales en Italia pueden escoger entre ir al libre Mercado o al regulado.

Las tarifas residenciales que se utilizan en Italia tienen cuatro niveles, que dependen del consumo anual. El consumo por encima de una cierta cantidad de kWh paga un precio marginal más alto que el consumo por debajo de ese valor:

Tabla 18: Niveles de Consumo en Italia

	Consumo Anual
Nivel 1	≤1.800 kWh
Nivel 2	1.801 – 2.640 kWh
Nivel 3	2.641 – 4.440 kWh
Nivel 4	≥4.441 kWh

Para valorar la competitividad FV para los consumidores de todos los segmentos, se compararon todos los niveles de la tarifa estándar (sin discriminación horaria) frente al LCOE FV.

En particular, se consideraron las tarifas estándar para hogares que tengan una potencia contratada superior a 3kW. Los impuestos correspondientes también fueron considerados.

Tabla 19: Precios de la electricidad en Italia

Ciudad	Precios
Todas las Ciudades	Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3 y Nivel 4 de la Tarifa Estándar

4.4.9 México

En México hay 7 tarifas residenciales distintas que dependen de la temperatura media mínima en verano de cada región[50]. En la Ciudad de México se aplica la tarifa 1 mientras que en Hermosillo se aplica la 1F.

Además de estas 7 tarifas, hay una tarifa especial para consumidores domésticos de alto consumo (DAC) que se aplica a los hogares cuyo consumo medio mensual (media de los últimos 12 meses) sobrepasa un cierto límite, que para Ciudad de México es de 250 kWh y para Hermosillo de 2.500 kWh.

Para este análisis, el rango más bajo de precios representa la tarifa 1 para la Ciudad de México y la 1F para Hermosillo y el rango más alto para ambas ciudades la tarifa DAC.

[50] Cuanto más cálida es la ciudad, más alta es la tarifa.

Tabla 20: Precios de la electricidad en México

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Ciudad de México	DAC - Domésticos de alto consumo	No Procede	Tarifa 1 Residencial
Hermosillo	DAC - Domésticos de alto consumo	No Procede	Tarifa 1F Residencial

4.4.10 Reino Unido

Existe plena competencia en el mercado minorista de la electricidad en el Reino Unido, sin embargo, el llamado "Big Six" (EDF, E.ON, Centrica, SSE, Scottish Power y Power) controlan casi el 100% del mercado de la energía residencial. De éstos, EDF tiene la mayor proporción del mercado minorista en Londres, por lo que sus tarifas se han utilizado para el análisis.

EDF ofrece dos tipos de tarifas: fija y estándar (variable), que varían dependiendo de la región. Por razones de simplicidad, se considera la tarifa fija.

Dentro de la opción de tarifa fija, hay dos variantes: la "Standard" y la "Economy 7", que tiene una tasa de día y una tasa de noche.

Tabla 23: Precios de la Electricidad en el Reino Unido

Ciudad	Precio Alto	Precio Medio	Precio Bajo
Todas las Ciudades	Precio Fijo "Economy 7" (Tarifa diurna)	Precio Fijo Tarifa "Standard" (Tarifa unitaria)	Precio Fijo "Economy 7" (Tarifa nocturna)

Existen múltiples opciones tarifarias en el Reino Unido, de diferentes compañías eléctricas, y estas tarifas cambian cada 12-24 meses. En lugar de tener un cambio de precio mensual o anual, una nueva tarifa sale y se aplica a clientes residenciales. Este es el caso de EDF donde ha habido diferentes tarifas desde 2009. Por razones de simplicidad, este estudio ha considerado las tarifas que son equivalentes o similares a las de años anteriores.

5
Anexo: Colaboradores del GPM

5 Anexo: Colaboradores del GPM

Como se explicó en la sección 4.2, varios instaladores locales accedieron a colaborar con ECLAREON aportando los precios llave en mano de sistemas FV residenciales (3,3 kWp) unifamiliares conectados a red. La información de estas compañías se resume en la siguiente Tabla.

La relación entre ECLAREON y esas empresas se limita a la descripción anterior. ECLAREON no será responsable de ningún daño o pérdida que surja de las relaciones de las compañías mencionadas con terceros.

Tabla 26: Colaboradores del GPM

Colaboradores por País	
Alemania	
Duett Solarsysteme	
Dirección	Flottenstr 56 ; 13407 Berlin
Tel.	(0049)-03024342690
Web	http://www.duett.de
Email	info@duett.de
Contacto	Steffen Schicht
Intelli Solar GmbH	
Dirección	Moltkestr. 131, 50674 Köln
Tel.	(0049)-01787168872
Web	http://www.intellisolar.de
Email	meyer-delpho@intellisolar.de
Contacto	Florian Meyer-Delpho
Iliotec (SunPower Authorized Partner)	
Dirección	An Der Irler Höhe 3°, 93055 Regensburg
Tel.	(0049)-0941297700
Web	http://www.iliotec.de
Email	einkauf@iliotec.de
Contacto	Christian Hausler
KunzelmannSolar	
Dirección	Schmalenbachstr 22, 12057 Berlin
Tel.	(0049)-03044042747
Web	http://www.kunzelmannsolar.de
Email	info@kunzelmannsolar.de
Contacto	Anke Kunzelmann

Sonnen-Froehlich Solar und Alternative Energiesysteme	
Dirección	Heidestraße 11, 06785 Oranienbaum - Wörlitz
Tel.	(0049)-03402303750
Web	http://www.sonnen-froehlich.de/
Email	st.froehlich@sonnenfroehlich.de
Contacto	Steffen Froehlich
Australia	
Regen Power	
Dirección	4/90 Catalano Circuit Canning Vale, WA 6155
Tel.	(0061)-894563491
Web	http://www.regenpower.com
Email	nikhil.jayaraj@regenpower.com
Contacto	Nikhil Jayaraj
Brasil	
SOLLARIC	
Dirección	06541-065 - Santana de Parnaiba, SP
Tel.	(0055)-1141533726
Web	http://www.sollaric.com.br
Email	paulo@sollaric.com.br
Contacto	Paulo Hornyansky
Solarterra	
Dirección	Rua Demóstenes, 627 Conj. 112 - Campo Belo, SP
Tel.	(0055)-1138073929
Web	http://www.solarterra.com.br
Email	mario.cassoli@solarterra.com.br
Contacto	Mário Dias
BR SOLAR	
Dirección	Rua Dom Gerardo, 63 - sala 503 - Centro - Rio de Janeiro - RJ
Tel.	(0055)-2125121260
Web	http://www.brsolar.com.br
Email	rbaldini@brsolar.com.br
Contacto	Ruberval Baldini
Chile	
Terrasolar	
Dirección	Av. Irarrázaval 3755 - Ñuñoa - Santiago
Tel.	(0056)-25970450
Web	http://www.terrasolar.cl
Email	cantunovic@terrasolar.cl
Contacto	Christian Antunovic

Tesla Energy	
Dirección	Calle Local 145, Parque Industrial Michaihue, Concepción
Tel.	(0056)-412854450
Web	http://www.teslaenergy.cl
Email	egarcia@teslaenergy.cl
Contacto	Eduardo García Bellalta
Lumisolar	
Dirección	Tobalaba 1569
Tel.	(0056)-24152773
Web	http://www.lumisolar.cl
Email	lumisolar@lumisolar.cl
Contacto	Arturo Letelier
Riovalle Ltda	
Dirección	Obispo Alday 188 Lonco Alto Concepcion
Tel.	(0056)-412978121
Web	http://www.riovalle.cl
Email	sol@riovalle.cl
Contacto	Soledad Vallejos Mackay
Aquito Solar	
Dirección	Av. Apoquindo 6415, local 120, Las Condes, Santiago.
Tel.	(0056)-28204296
Web	http://www.aquitosolar.cl
Email	sac@aquitosolar.cl
Contacto	Mauricio Contreras
SumSol Chile	
Dirección	Heriberto Covarrubias 21, Of. 503. Ñuñoa, Santiago
Tel.	(0056)-22270420
Web	http://www.sumsol.cl
Email	aal@sumsol.cl
Contacto	Antonio Antón López
EE.UU. (California)	
Standard Renewable Energy	
Dirección	12900 Valley Branch Ln. #410, Farmers Branch, TX 75234[51]
Tel.	(001)-2147783806
Web	http://www.sre3.com
Email	bdelatorre@sre3.com
Contacto	Brandon de la Torre

[51] A pesar de tener sus oficinas en Texas, SRE aportó precios de instalación para California.

New Horizon Solar Electric, Inc.	
Dirección	3627 Windspun Dr. Huntington Beach, CA 92649
Tel.	(001)-7147476527
Web	http://www.newhorizonsolar.net
Email	mike@newhorizonsolar.net
Contacto	Mike Holton
España	
SUD, ENERGIES RENOVABLES, SL (SunPower Authorized Partner)	
Dirección	Pl. Sta. Clara, 2, 2° 1°, Vic, Barcelona
Tel.	(0034)-938866948
Web	http://www.sud.es
Email	info@sud.es
Contacto	Esther Benito
ABASOL (SunPower Authorized Partner)	
Dirección	Dr. Fleming n° 12, 09002, Burgos
Tel.	(0034)-947276935
Web	http://www.abasol.com
Email	abasolnorte@abasol.com
Contacto	Teresa Arroyal
SISTEMAS ELECTRICOS INELVI XXI, SL	
Dirección	Mercedes Izquierdo, 3, local – SS de los Reyes – Madrid
Tel.	(0034)-912616100
Web	http://www.inelvi.es
Email	montaje@inelvi.es
Contacto	José Villegas
TECHNO SUN	
Dirección	Av. Pérez Galdós 37 | 46018 Valencia
Tel.	(0034)-902602044
Web	http://www.technosun.com
Email	b.alfaro@technosun.com
Contacto	Begoña Alfaro
Francia	
GenSun	
Dirección	1025 rue Henri Becquerel, Parc Club du Millénaire 11, 34000 Montpellier
Tel.	(0033)-0467587601
Web	http://www.gensun.fr
Email	info@gensun.fr
Contacto	M. Martial Benazet

MCT Solaire	
Dirección	18 rue des Oziers, lot 17, P.A. Vert Galant, 95310 Saint Ouen l'Aunôme
Tel.	(0033)-0134400284
Web	http://www.mctsolaire.com
Email	mctsolar@wanadoo.fr
Contacto	Patrice Chasseriaud
Rosaz-energies	
Dirección	ZI le domaine, b.p.21, 73250 Saint Pierre d'Albigny
Tel.	(0033)-0479842913
Web	http://www. rosaz-energies.fr
Email	Eric.BAFFERT@rosaz-energies.fr
Contacto	Eric Baffert
Italia	
IAT	
Dirección	Via Catania, 21 Roma
Tel.	(0039)-0644231155
Web	http://www.iatroma.com
Email	iat@iatroma.com
Contacto	Santelli
Medielettra di Angelo Badalamenti S.a.s. (SunPower Authorized Partner)	
Dirección	Via Ugo La Malfa 61 b-c-d Casteldaccia PA
Tel.	(0039)-091941804
Web	http://www.medielettra.it
Email	angelo.badalamenti@medielettra.it
Contacto	Angelo Badalamenti
Enereco	
Dirección	Via della Tecnica, 87/89, 36030 – SARCEDO – VI
Tel.	(0039)-0445 371979
Web	http://www.enerecosrl.com
Email	denis@enerecosrl.com
Contacto	Denis Zorzi
Solar Ventures	
Dirección	Galleria San Babila 4/b, 20122 Milano
Tel.	(0039)-027621241
Web	http://www.solarventures.it
Email	selena.mercandelli@solarventures.it
Contacto	Selena Mercandelli

México	
Bufete de Tecnología Solar, S.A. (BUTECSA)	
Dirección	Aniceto Ortega 817. PB-D. Col. Del Valle. CP 03100. México D.F.
Tel.	(0052)-5555940341
Web	http://www.butecsa.com
Email	strevelr@hotmail.com
Contacto	Rodolfo Martínez Strevel
GRUPO INSOLAR SA DE CV	
Dirección	AV. 95 LOTE 17 MZA 83 REGION 233 CANCUN, Q. ROO MX 77510
Tel.	(0052)-9982110239
Web	http://www.grupoinsolar.com
Email	systems@grupoinsolar.com
Contacto	Ing. Jorge de Dios
ENERGÍA RENOVABLE DEL CENTRO S. DE R.L. DE C.V.	
Dirección	Carretera Estatal 420 S/N KM. 5,6, El Durazno, El Marqués Querétaro
Tel.	(0052)-4421027031 / 4421027026
Web	http://www.erdcsolar.com
Email	ventas@erdcsolar.com / ruben@erdcsolar.com
Contacto	Rubén Fernández
New EnergyHarvest de México	
Dirección	Carlos Orozco Romero 195AHda. Del Bosque. CP38020. Celaya GTO
Tel.	(0052)-4611570178
Web	http://www.neh.mex.tl
Email	new.energy.harvest@gmail.com
Contacto	Ing. Miguel Du Pont
Mansur Solar	
Dirección	Av. 5 de febrero No. 2125 oficina No. 3 Plaza Norte Jurica, Querétaro
Tel.	(0052)-4421990885
Web	http://www.mansur-solar.com
Email	jaime.m@mansur-solar.com
Contacto	Jaime Mansur Monroy
Sistemas de Ecología Solar SA de CV	
Dirección	Av. El Colli 2197, Zapopan, Jalisco
Tel.	(0052)-3331331495
Web	http://www.solarhouse.com.mx
Email	mariom.solarhouse@gmail.com
Contacto	Ing. Mario Muñoz

Reino Unido	
Evergen Systems Ltd	
Dirección	Spectrum House, Dunstable Road, Redbourn, Herts AL3 7PR
Tel.	(0044)-08442470144
Web	http://www.evergen.co
Email	g.smith@evergen.co.uk
Contacto	Gerald Smith
UK Solar Generation	
Dirección	79 Highbury Quadrant, London, N5 2TG
Tel.	(0044)-07886846360
Web	http://www.uksolargeneration.co.uk/
Email	info@uksolargeneration.co.uk
Contacto	Russel Lyne
1st Solar PV	
Dirección	3 Queensmead Avenue, Epsom, Surrey, KT17 3EQ
Tel.	(0044)-02083942210
Web	http://www.1stsolarpv.co.uk
Email	john@1stsolarpv.co.uk
Contacto	John Sandison
Acos Renewable Energy Co Ltd	
Dirección	31 Broadmeadows Close, Swalwell, Tyne & wear, NE16 3DD
Tel.	(0044)-07932730071
Web	-
Email	andrewcosgrove@sky.com
Contacto	Andrew Cosgrove
Solar Century	
Dirección	50 Great Sutton St, London, EC1V 0DF
Tel.	(0044)-02075491000
Web	http://www.solarcentury.co.uk
Email	david.edwards@solarcentury.com
Contacto	David Edwards

6
Anexo: Acrónimos

6 Anexo: Acrónimos

Tabla 27: Glosario de Acrónimos

Acrónimo	Significado
AEEG	Autoridad Reguladora para el Gas y la Electricidad (Italia), acrónimo en italiano
ANEEL	Agencia Reguladora de la Electricidad (Brasil), acrónimo en portugués
BOE	Boletín Oficial del Estado (España)
BRL	Real Brasileño
CFE	Comisión Federal de la Electricidad (México)
CLP	Peso Chileno
CSI	California Solar Initiative
DAC	Doméstica de Alto Consumo (México)
EEG	Ley de Energías Renovables (Alemania), acrónimo en alemán
EPIA	Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (European Photovoltaic Industry Association)
FiT	Prima (Feed-in Tariff)
FV	Fotovoltaico
ISE	Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar
LA	Los Ángeles
LADWP	Los Angeles Department of Water and Power
LCOE	Coste Nivelado de la Energía (Levelized Cost of Energy)
LF	Factor de Aprendizaje (Learning Factor)
MXN	Peso Mexicano
NREL	Laboratorio Nacional de Energías Renovables (National Renewable Energy Laboratories)
O&M	Operación y Mantenimiento
PG&E	Pacific Gas and Electric (California)
PR	Ratio de Rendimiento (Performance Ratio)
RD	Real Decreto
RDL	Real Decreto-Ley
RP	Prima de Riesgo (Risk Premium)
SWM	Compañía Municipal de Múnich, (Alemania), acrónimo en alemán
TACC	Tasa Anual Compuesta de Crecimiento
TOU	Tarifa con Discriminación Horaria (Time -of-use)
TUR	Tarifa de Último Recurso
USD	Dólar Estadounidense

7
Anexo: Referencias

7 Anexo: Referencias

[i] www.bundesnetzagentur.de/cln_1912/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetGas/ErneuerbareEnergienGesetz/VerguetungssaetzePVAnlagen/VerguetungssaetzePhotovoltaik_Basepage.html?nn=135464

[ii] NREL, An Economic Valuation of a Geothermal Production Tax Credit, Abril 2002; IEA & NEA - Projected Costs of Generating Electricity 2010; EPIA - Solar PV Competing in the Energy Sector; A review of solar PV LCOE - Renewable & Sustainable Energy Reviews, Septiembre 2011

[iii] U.S. Department of Labor, U.S. Bureau of Labor Statistics, Division of International Labor ComParísons. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, Eurostat, INE, CEPAL, INEGI, OANDA, OECD Statistics, Análisis, Estudio y Entrevistas de ECLAREON

[iv] EPIA, Solar Photovoltaics Competing in the Energy Sector – On the road to competitiveness, Septiembre 2011; EPIA/Greenpeace, Solar Generation 6, 2011

[v] Jan Schaeffer et al, Learning from the Sun, Final report of the Photex project, Agosto 2004

[vi] Gregory F. Nemet, Beyond the learning curve: factors influencing cost reductions in photovoltaics, Agosto 2005

[vii] EPIA, Solar Photovoltaics Competing in the Energy Sector – On the road to competitiveness, Septiembre 2011

[viii] OANDA

[ix] OECD.Stats http://stats.oecd.org/; BBVA Research; US Federal Reserve, European Central Bank, Banco Central de Chile, Banco de México, Banco Central do Brasil

[x] OECD.Stats http://stats.oecd.org/; BBVA Research; US Federal Reserve, European Central Bank, Banco Central de Chile, Banco de México, Banco Central do Brasil

[xi] (No exhaustivo) Studies quoted in K. Branker et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 4470– 4482: 2008 Solar Technologies Market Report, Energy Efficiency & Renewable Energy, US DOE, 2010; Deployment Prospects for Proposed Sustainable Energy Alternatives in 2020, ASME 2010; Achievements and Challenges of Solar Electricity from PV, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, 2011

[xii] http://www.pvcycle.org/frequently-asked-questions-faq/

[xiii] International Finance Corporation, World Bank Group

[xiv] http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/53712.pdf

[xv] Outdoor PV Degradation ComParíson, D.C. Jordan, et.al., NREL, Golden, CO 80401, USA

[xvi] Performance ratio revisited: is PR>90% realistic?, Nils H. Reich, et.al., Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE), and Science, Technology and Society, Utrecht University, Copernicus Institute

[xvii] Ueda Y, K Kurokawa, K Kitamura, M Yokota, K Akanuma, H Sugihara. Performance analysis of various system configurations on grid-connected residential PV systems. Solar Energy Materials & Solar Cells 2009; 93: 945–949.

[xviii] http://www.pge.com/mybusiness/environment/calculator/assumptions.shtml

[xix] http://www.energiadiario.com/publicacion/spip.php?article16709

Patrocinadores Platino:

Con el apoyo de:

Estudio y análisis realizado por:

Email: dpn@eclareon.com

Tel: +34.91.395.01.55

Web: http://www.eclareon.com

Consultoría Regulatoria

Consultoría Estratégica

Asesoría Financiera

Market Intelligence

© 2013 ECLAREON S.L. Derechos reservados.