El autoconsumo en España
Segmentos residencial y comercial

pwc

www.pwc.es

Índice

Resumen ejecutivo 3
Introducción 5
Perspectivas de evolución de las energías renovables en el mundo 7
Regulación del autoconsumo 12
Beneficios e inconvenientes del autoconsumo 14
Condicionantes del desarrollo del autoconsumo en España 15
Aplicación del autoconsumo al caso español 17

Resumen ejecutivo

- La **Comisión Europea** contempla el **autoconsumo** como un **elemento a destacar** entre los **pilares** de la **estrategia** que permitirá lograr un **nuevo paradigma** para los **consumidores de energía** incrementando su capacidad de actuación.
- En un entorno global en el que la **capacidad de renovables** va a **incrementarse** en **1.000 GW** en los **próximos 10 años**, la **energía solar** será **fundamental** para alcanzar las cifras planteadas por la Agencia Internacional de la Energía. Uno de los esquemas de generación solar fotovoltaica que jugará un **papel relevante** en este desarrollo es el **autoconsumo**.
- A pesar de que, de acuerdo al **informe del MIT** "The future of Solar Energy", una **instalación residencial** sigue manteniendo unos **costes un 70% superiores** que los de gran escala, la **reducción de precios** experimentada por la **tecnología solar** fotovoltaica a lo largo de los últimos años y el **incremento de los de la electricidad** en múltiples mercados, están haciendo que el **autoconsumo** sea una **solución muy atractiva** para favorecer el ahorro de los consumidores. En determinados ámbitos, de hecho, es la solución más eficiente para el abastecimiento de energía, como es el caso en entornos poco electrificados.
- Además de la reducción del coste energético para el consumidor, el autoconsumo puede suponer una serie de **beneficios** a los sistemas eléctricos, tales como una **reducción** de la **demanda punta** o la **disminución** de las **pérdidas** en la red. No obstante, en función de la penetración que tenga en un sistema, también puede tener **algún efecto negativo**, siempre **subsanables**, pero normalmente implicando un **incremento de costes** en la red.
- Al igual que cualquier otra actividad vinculada al sector eléctrico que cuente con una regulación específica, el **desarrollo del autoconsumo** estará **condicionado a la regulación** definida en cada país. En este sentido, los países donde ya se ha regulado este tipo de instalaciones han propuesto **diversos esquemas**; tanto para la **remuneración de la energía generada** (con esquemas de venta del excedente o de balance neto), como para la **contribución a los costes del sistema** que debe tener un autoconsumidor que siga conectado al mismo.

  El hecho de que existan **distintos enfoques** y que en diversos países se estén planteando **reformas** sobre los esquemas inicialmente propuestos, evidencia que no es un tema para el que exista una solución clara. La regulación debe adaptarse a los condicionantes específicos de cada sistema eléctrico generando un entorno regulatorio sólido para el desarrollo controlado del autoconsumo.
- **España** es un país que presenta un **entorno favorable** para el desarrollo de la generación solar y en particular del autoconsumo: **precios de electricidad elevados** y **radiación solar** suficientemente **atractiva**.
- Para evaluar la penetración se ha **caracterizado a los consumidores** de España de acuerdo a la **zona de irradiación** en la que se encuentran y a su **consumo** (a partir de sus tarifas). Además, se han aplicado **criterios de decisión** de la

instalación fotovoltaica a montar considerando los **costes de inversión**, el **tiempo de retorno** de la inversión, el **ahorro en factura** conseguido, la relación entre la **generación** y el **consumo** (para evitar instalaciones muy pequeñas) y entre el **autoconsumo** y el **excedente** (para maximizar los ahorros).

- De acuerdo a la regulación definida por el **RD 900/2015**, con cargos transitorios sobre el autoconsumo, exención de los mismos para los pequeños consumidores y venta del excedente para los más grandes, la **penetración** del autoconsumo podría llegar hasta **4 GW**. Algo más de la mitad de la penetración se produciría en el segmento residencial, debido a la exención mencionada.

  En estas circunstancias, los peajes que los autoconsumidores dejarían de pagar estarían limitados a **102 millones de euros**. Si bien esta cantidad la deberán afrontar el resto de consumidores, previsiblemente a través de un incremento en sus peajes.

  Por lo tanto, la **regulación definida** permite un **desarrollo gradual y controlado** del **autoconsumo** y, debido a la existencia de **cargos sobre el autoconsumo**, **limita** el **impacto económico** a repercutir al **resto de consumidores**, siguiendo además la **práctica regulatoria** promulgada por la **Agencia Internacional de la Energía**, la **Comisión Europea** y el **MIT**, que mencionan que los autoconsumidores que se mantengan conectados a la red deben pagar su proporción de los costes de la red, eso sí, evitando cargos discriminatorios.

- **Otros esquemas** regulatorios podrían **incrementar** sustancialmente la **penetración** y el **impacto económico** sobre los consumidores que no tengan la capacidad o la opción de montar una instalación de autoconsumo.

  - **Eliminar** la **contribución** a los costes del sistema por parte de los **autoconsumidores** llevaría la **penetración** a **16,8 GW**, multiplicando por 4 la capacidad fotovoltaica actualmente instalada en el sistema y el **impacto económico** a repercutir al **resto de consumidores** ascendería a **490 millones de euros**

  - Esquemas de **incentivos adicionales**, tales como retribuir el excedente con una prima adicional al precio del mercado, **podría llevar** a generar una **burbuja** vinculada a esta actividad.

    Una **prima de un 30%** (~15 €/MWh con los precios actuales), en un entorno bajista de costes de inversión, podría llevar a **multiplicar por 10** la **penetración del escenario base**, lo que implicaría un **coste de más de 1.200 millones** de euros para el resto de consumidores (~1.100 millones vinculados a los peajes que se dejarían de pagar y ~100 millones asociados a las primas que habría que financiar).

Introducción

El incremento de precios de la electricidad, el abaratamiento de ciertas tecnologías renovables y las políticas de fomento de la energía limpia han promovido la idea del autoabastecimiento energético entre los consumidores de todo el mundo. La producción de energía eléctrica generada en el interior de la red de un consumidor para su propio uso empieza a resultar atractiva para muchos.

Entre los retos a los que se enfrenta el sector energético, el autoconsumo es un nuevo elemento que puede reconfigurar la industria. ¿Cómo debemos incorporar el autoconsumo en la estructura de nuestro sistema eléctrico para que beneficie al conjunto de los ciudadanos? En España es objeto de debate: la polémica en torno a la regulación del autoconsumo ocupa el espacio informativo y la arena política.

En este contexto, el objetivo de nuestro estudio es analizar y valorar los datos de los estudios más recientes, trasladar las conclusiones al sistema español aportando un análisis cualitativo y algunas cifras que supongan una referencia adicional a la discusión que se está produciendo, evaluando la regulación aprobada en octubre de 2015, así como alguna alternativa a la misma.

El contexto energético global está cambiando

Las dinámicas mundiales del sector energético están cambiando y su transformación se ve condicionada por cinco megatendencias que imponen retos a todos los agentes del sector:

1. los avances tecnológicos,
2. el cambio climático y la limitación de recursos,
3. los cambios demográficos,
4. un desplazamiento en el poder económico mundial y
5. la aceleración de la urbanización.

De acuerdo al reciente estudio de PwC, *"The road ahead. Gaining momentum from energy transformation"*, estas megatendencias afectan de forma diferente a distintos ámbitos del sector energético y están haciendo evolucionar ciertos modelos de negocio y mercados: cambios en el comportamiento de los clientes, nuevas formas de competir, la energía distribuida, etc. están creando nuevos retos y oportunidades en el sector.

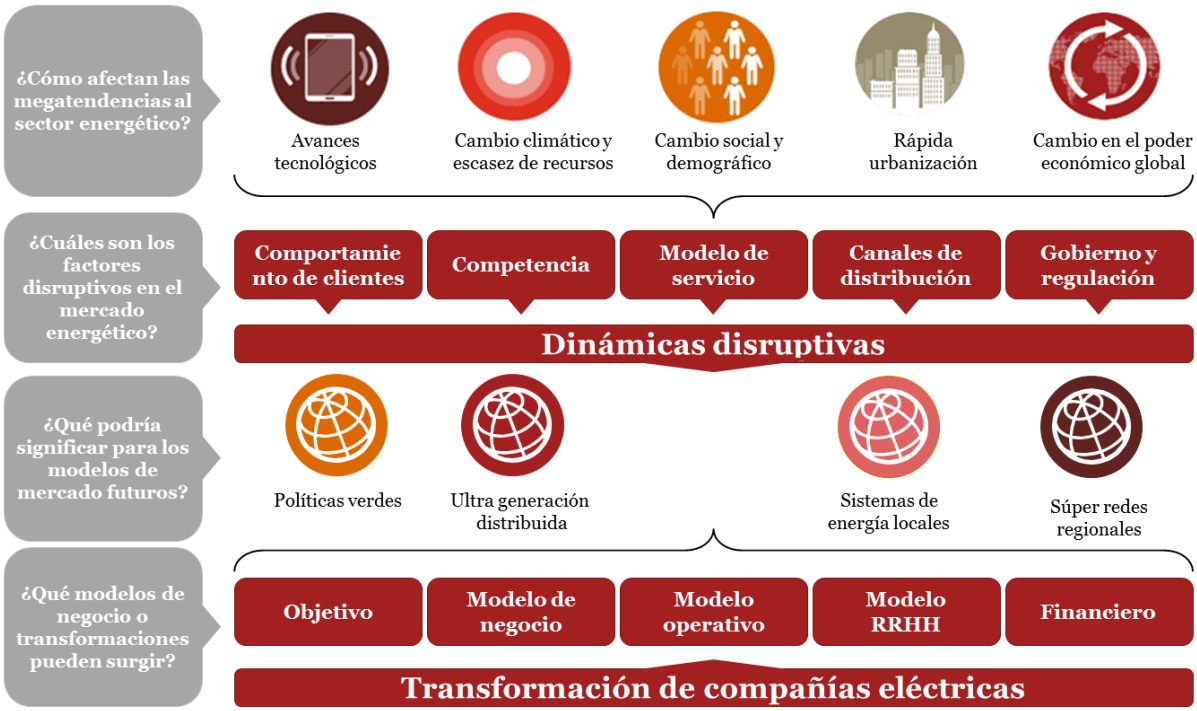


Figura 1: La transformación del sector energético. Fuente: PwC Framework

Contexto Europeo, el nuevo paradigma para el consumidor energético

En julio de 2015, la Comisión Europea presentó un paquete de medidas energéticas con el objetivo de lograr una economía sin emisiones y de dar a los clientes un rol relevante en la transición energética de Europa.[1] En la presentación del mismo, el Comisario Europeo de Acción por el Clima y Energía, Miguel Arias Cañete, lanzó un mensaje a los inversores, compañías e industrias: "Invertid en energía limpia. Está aquí para quedarse y seguirá creciendo". Las propuestas que presentó la comisión se articulan en los siguientes objetivos:

- lograr un nuevo paradigma para los consumidores de energía *("Delivering a new deal for energy customers")*,
- rediseñar el mercado de electricidad Europeo,
- actualizar el etiquetado de eficiencia energética y
- revisar el sistema de mercado de emisiones (*EU emissions trading system*).

A la hora de generar un nuevo paradigma para los clientes del sector energético en Europa, el *"new deal"* al que hace referencia el paquete de medidas, la estrategia se basa en tres pilares:

1. incrementar la capacidad de los clientes para actuar
2. convertir las redes y casas inteligentes en una realidad
3. prestar especial atención a la gestión y protección de la información

[1] Palabras del vicepresidente de la CE para la Unión Energética, Maroš Šefčovič.

La Comisión Europea subraya la importancia del autoconsumo como un elemento a destacar entre los pilares de la estrategia que permitirá incrementar la capacidad de los clientes para actuar, de hecho ha presentado un documento que describe las mejores prácticas de autoconsumo con energías renovables y plantea las oportunidades y lecciones aprendidas hasta el momento.

Fuera del ámbito europeo, en Estados Unidos, el desarrollo del autoconsumo también forma parte de los análisis regulatorios, empresariales y académicos que se están produciendo vinculados al sector energético. De hecho, en mayo de 2015 el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) publicó un documento detallado relativo a la tecnología solar, "*The Future of Solar Energy*", en el que examina el estado actual y la evolución prevista de la generación solar en Estados Unidos.

El informe del MIT examina tanto la tecnología fotovoltaica como las tecnologías de concentración, y evalúa tanto la generación a gran escala (*utility scale*), como los esquemas de autoconsumo residencial y comercial.

El informe se centra en los tres retos principales que afronta esta tecnología en el corto/medio plazo:

1. reducir el coste de la tecnología solar,
2. asegurar la disponibilidad de tecnologías que permitan la expansión de la energía solar a bajo coste,
3. facilitar la integración de la generación solar en los sistemas eléctricos existentes.

Contexto en España: De la reforma del sector eléctrico al desarrollo de la regulación del autoconsumo

En España, el sector energético ha vivido durante los últimos años una etapa de múltiples cambios regulatorios, en gran medida orientados a eliminar el déficit de tarifa. La nueva ley del sector (Ley 24/2013) establece un principio rector de sostenibilidad económica y financiera.

Actualmente, y bajo el marco normativo de esta ley, se ha desarrollado en España una nueva regulación relativa al autoconsumo, el RD 900/2015. Su objeto es establecer las condiciones administrativas, técnicas y económicas para las modalidades de autoconsumo existentes en España y, de acuerdo a su exposición de motivos, tiene como finalidad garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico.

Perspectivas de evolución de las energías renovables en el mundo

El sector eléctrico global está viviendo una transformación importante en los últimos años. Con la demanda global en continuo crecimiento, la necesidad de un suministro seguro y asequible en todo el mundo nunca ha sido mayor. Adicionalmente, las medidas de lucha contra el cambio climático tienen especial incidencia en la actividad de este sector.

El mix de generación va a mostrar una transformación significativa en el horizonte 2040, al menos de acuerdo al *World Energy Outlook 2014* (WEO2014), un informe anual publicado por la Agencia Internacional de la Energía:

- la relevancia de los combustibles fósiles disminuirá desde los máximos de 2013, debido fundamentalmente a la menor contribución del carbón y del fuel,
- tanto el gas como la energía nuclear verán incrementada su contribución al mix de generación eléctrica,
- la generación con energías renovables (incluyendo la hidráulica) se verá casi triplicada en el horizonte 2040,
- obviamente, estas tendencias variarán significativamente entre las distintas regiones del mundo.

La potencia instalada en el mundo deberá incrementarse más de un 35% en los próximos 10 años, debido al incremento de demanda que se experimentará globalmente en este periodo. Dado que en dicho periodo se retirarán del sistema más de 800 GW (de plantas que habrán llegado al final de su vida útil), será necesario instalar 3.000 GW de nueva capacidad. Casi un 50% de ésta será renovable (incluyendo hidráulica). La evolución hacia una economía más baja en carbono es imparable.

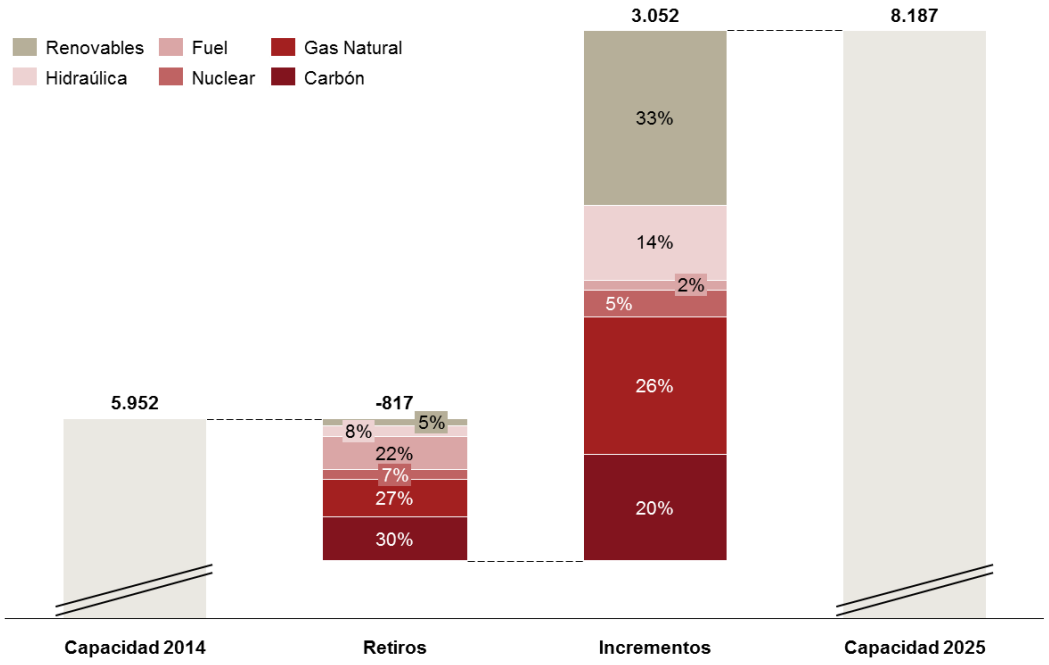


Figura 2: Retiros e incrementos de capacidad 2014-2025 [GW]. Fuente: WEO2014, IEA, análisis de PwC

En concreto se espera que en los próximos 10 años la potencia de renovables no hidráulica instalada en el mundo sea más de 2,5 veces la actual. Tal y como se observa en la Figura 3 casi el 90% de estas nuevas instalaciones de renovables serán eólicas y solares.

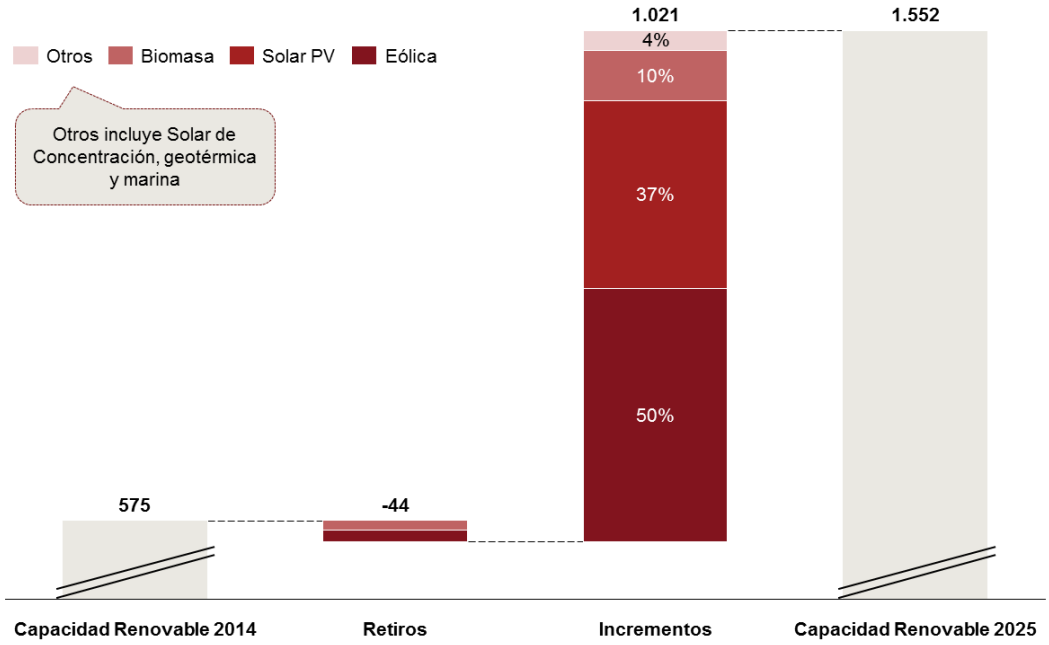


Figura 3: Retiros e incrementos de capacidad renovable 2014-2025 [GW]. Fuente: WEO2014, análisis de PwC

El papel de las energías renovables en el mundo es innegable. La apuesta es clara y la perspectiva es que este tipo de tecnologías siga incrementando su contribución al mix de generación en múltiples sistemas eléctricos de todo el mundo.

El desarrollo de estas renovables se materializará en instalaciones de dos escalas muy distintas, por un lado habrá instalaciones de gran escala (*utility scale*) con tamaños superiores a 1 MW y por otro, instalaciones residenciales/comerciales, de menor tamaño y que de forma general estarán enfocadas al autoconsumo. El mayor desarrollo de una tipología u otra estará condicionado por diversos aspectos, tales como los costes, la regulación, el desarrollo de los sistemas eléctricos, etc.

El autoconsumo, definido como la producción de energía eléctrica renovable generada en el interior de la red de un consumidor para su propio uso, se ha convertido en una alternativa viable en diversos sistemas eléctricos, para todos los segmentos de consumidores. De hecho en algún caso, como los entornos no electrificados, puede ser la única alternativa. Esto ha sido así gracias a la reducción de los costes de ciertas tecnologías en los últimos años, la facilidad de instalación de estas tecnologías, así como a la existencia de esquemas regulados que lo fomentan.

El autoconsumo jugará un papel fundamental en el mix energético de muchos países en el futuro debido a que:

- en la medida en que las soluciones se basen en tecnologías renovables (no siempre es así), facilita el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones establecidos en muchas regiones,
- facilita el acceso a la electricidad a habitantes de regiones aisladas,
- contribuye a reducir en cierta medida la dependencia energética exterior, en el caso de los esquemas de autoconsumo conectados a un sistema eléctrico.

Los costes, el desarrollo tecnológico y la escala exigida para dar servicio a las necesidades de un consumidor residencial o comercial hacen que, tanto hoy como en el corto y medio plazo,

las instalaciones de autoconsumo vayan a estar desarrolladas para las siguientes opciones tecnológicas:

- **Solar fotovoltaica:** es la tecnología solar más desarrollada en el mundo hoy en día. Las células transforman la energía del sol en electricidad operando a temperatura ambiente y sin necesidad de partes móviles, lo que permite además generar energía a cualquier escala necesaria (una instalación de 10 m^2 no tiene una eficiencia unitaria menor que una de 10 km^2). Se trata, con mucha diferencia, de la tecnología más implantada actualmente y con mayor desarrollo potencial en el corto y medio plazo para instalaciones de autoconsumo.
- **Micro-cogeneración:** la cogeneración consiste en la generación combinada de energía calorífica y eléctrica en un mismo centro de producción. La micro-cogeneración hace referencia a equipos de pequeña potencia (<50kW) que pueden ser instalados, con facilidad y una inversión razonable, en edificios industriales, comerciales y residenciales. Las principales tecnologías son micro-motores, micro-turbinas y las pilas de combustible. La viabilidad económica de este tipo de instalación exige acceso al combustible necesario a un coste asequible y la existencia de una demanda térmica suficiente durante varios miles de horas al año.
- **Micro-eólica:** existen soluciones tecnológicas de energía eólica de pequeña potencia que podrían emplearse para el autoconsumo. A pesar de ser una tecnología relativamente sencilla no está exenta de ciertos desafíos, como por ejemplo, fiabilidad, la conexión a la red o aspectos estructurales. Por otro lado, su elevado coste y la menor predictibilidad del viento, hacen que otras tecnologías resulten más atractivas para el autoconsumo.
- **Esquemas con almacenamiento:** con el objetivo de lograr una mayor autosuficiencia energética en un punto de suministro que cuente con autoconsumo, se están realizando avances significativos en el uso de baterías para almacenar la energía y consumirla en los momentos en los que no haya sol.

  No obstante, el coste de las baterías sigue siendo muy elevado y, considerando el sobredimensionamiento necesario para poder prescindir del respaldo de un sistema eléctrico, llevaría la instalación a costes al menos diez veces superiores a los de mantenerse conectado a la red[2].

  Otra problemática asociada a estos esquemas es el espacio físico necesario para los mismos (tanto el necesario para los módulos fotovoltaicos, como el necesario para las baterías).

Evolución de la energía solar fotovoltaica

Entre 2008 y 2014, los precios de las instalaciones solares se han reducido de manera muy significativa, lo que ha favorecido a su penetración en los sistemas de muchos países. La

[2] *Batteries are coming but utilities are not going away. Moody's Investors service* (Enero 2015).

reducción ha sido relevante tanto para las instalaciones residenciales como para las de gran escala si bien, dadas las economías de escala, el coste unitario de una instalación residencial (por vatio pico) sigue siendo un 70% superior al de una *utility scale*.

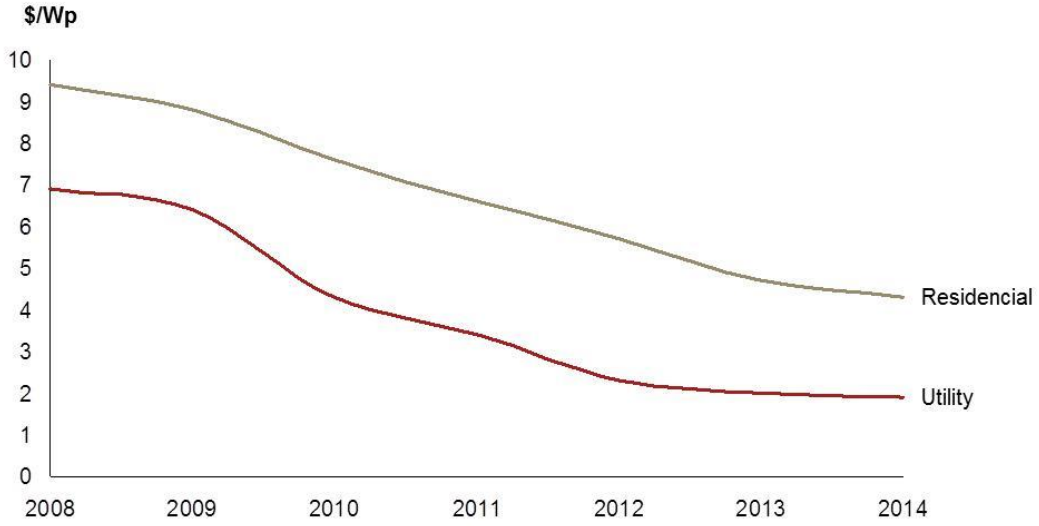


Figura 4: Evolución de precios medios para la instalación de sistemas fotovoltaicos residenciales y *utility scale [$/Wp]*. Fuente: MIT

De acuerdo al mismo informe, una instalación de 9 kW exige, de media, la instalación de una superficie de entre 40 y 50 m² de paneles solares. El montaje modular de una instalación fotovoltaica facilita su implantación en distintos segmentos:

- Residencial - hasta 10 kW
- Comercial - entre 10 kW y 1 MW
- Grandes instalaciones (*utility scale)* - superiores a 1 MW (en este rango están también las centrales solares térmicas de concentración, con potencias instaladas superiores a los 100 MW)

De acuerdo al WEO2014, actualmente existen 137 GW de potencia solar fotovoltaica instalados en el mundo, de los que 87 GW corresponden a los segmentos residencial y comercial.

Para llegar a esa cifra, la inversión mundial en generación distribuida a pequeña escala (<1MW) se ha multiplicado por 8,5 en los últimos 10 años, hasta alcanzar la cifra de 73,5 miles de millones de dólares en el año 2014.

También de acuerdo al WEO2014, en los próximos años se espera un desarrollo más rápido de las grandes instalaciones, que para 2040 tendrían una potencia instalada de 930 GW y supondrían el 50% de toda la capacidad solar fotovoltaica, frente al 36% que representa actualmente; es lógico el mayor desarrollo de estas instalaciones debido a su mayor eficiencia en costes.

Tal y como se ha mencionado previamente, el desarrollo de un tipo u otro de instalación no solo está relacionado con la diferencia de costes asociada a las economías de escala, sino que está condicionado de forma regional por múltiples factores, tales como los esquemas regulatorios, la existencia de zonas aisladas en un país concreto, el desarrollo de la red de distribución, la evolución de ciertas partidas de coste, la disponibilidad de recursos energéticos no renovables, etc. En función de esos factores, el desarrollo de las instalaciones

de un segmento u otro en distintas zonas será diferente, como se puede apreciar en la Figura 5.

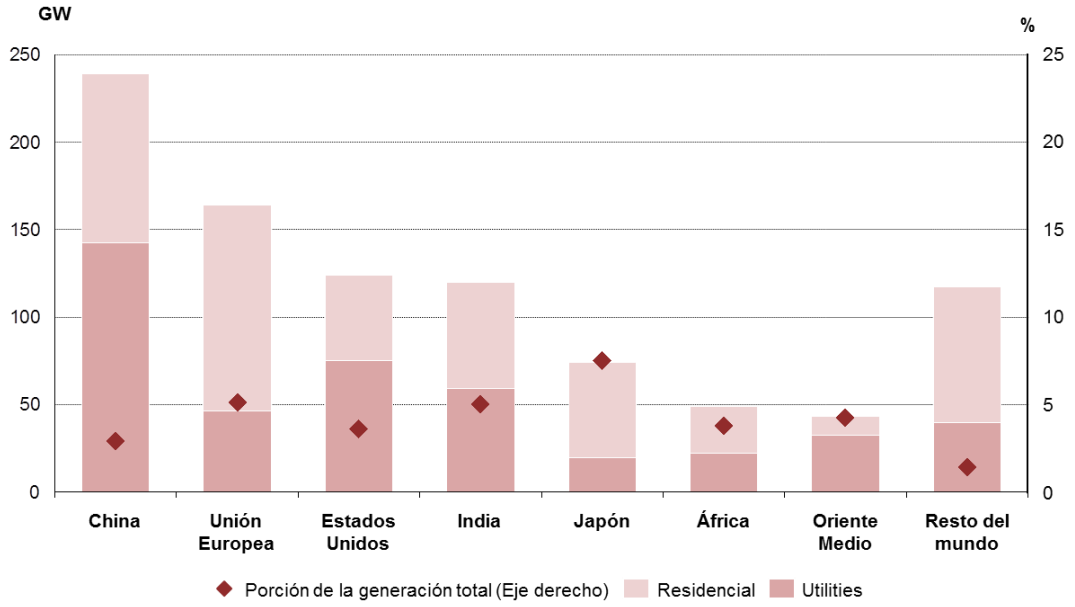


Figura 5: Capacidad solar fotovoltaica por región en 2040 [GW]. Fuente: WEO 2014, análisis de PwC

Regulación del autoconsumo

Los beneficios aportados por las tecnologías renovables, tales como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero o la reducción de la dependencia energética del exterior, ha llevado a que a lo largo de la última década se favoreciese su desarrollo pese a su menor madurez tecnológica a través de mecanismos que primaban la inversión.

Al igual que con el resto de instalaciones de energías renovables, el marco regulatorio vinculado al autoconsumo definirá el desarrollo que tendrán estas instalaciones en cada país, ya que cada uno tendrá sus propios condicionantes y características.

En este sentido, los modelos regulatorios deben tomar en consideración dos aspectos económicos del autoconsumo:

1. *El tratamiento y remuneración de la energía generada por el autoconsumidor.*

   En función de la cantidad de energía que se remunera, el precio al que se remunera y el modo de compensar la energía generada con la consumida, se distinguen los siguientes esquemas:

   a. Venta de energía generada: la energía generada es remunerada, bien a través de una tarifa regulada (*feed-in-tariff*), bien con un precio referenciado a un mercado. Hay esquemas en los que se aplica a toda la energía generada y otros en los que se aplica sólo al excedente.

   b. Vertido de excedente: no se recibe ninguna retribución por los excedentes sobre el consumo, aunque estos sean vertidos a la red.

   c. Balance neto: se agrega toda la energía generada y se resta toda la consumida durante un periodo de tiempo (pueden ser anual, semestral, mensual, etc.). Si el saldo es positivo, puede remunerarse el excedente a un precio establecido.

2. *El esquema de contribución del autoconsumidor a los costes del sistema (en caso de que se encuentre conectado al mismo).*

   Los esquemas posibles de contribución al coste del sistema eléctrico deben definir si se aplica al autoconsumidor la misma estructura tarifaria que al consumidor y, sobre todo, sobre qué energía/potencia se aplica. Esta estructura es típicamente:

   a. cargo fijo, en función de la potencia instalada (o contratada)

   b. cargo variable, en función de la energía generada (o consumida)

   c. esquemas mixtos, con componente fijo y variable

   El matiz adicional en este caso está en la posible creación de un nuevo cargo que remunere el servicio de respaldo que el autoconsumidor está recibiendo del sistema, así como los servicios que tiene por mantenerse conectado: potencia de cortocircuito, estabilidad de frecuencia, estabilidad de voltaje y conectividad para exportar e importar.

Actualmente hay diversos países que han definido una regulación para el autoconsumo, tanto en los términos de remuneración de energía generada, como de su contribución al sistema. A modo de ejemplo en la Figura 6 se presentan algunas alternativas establecidas:

País / Estado	Remuneración de la energía generada			Contribución al sistema
	a Venta Energía Generada	b Vertido Excedente	c Balance Neto	
	✓	✓		✓
	✓			✓
	✓			✓
			✓	
	✓		✓	✓
			✓	
	✓		✓	✓
			✓	
	✓			✓
	✓			
			✓	
		✓		Pendiente de aprobación
	✓			

Figura 6: Esquemas regulatorios de autoconsumo vigentes en la actualidad en algunos países. Fuente: Análisis de PwC

Las grandes diferencias entre los esquemas propuestos, los distintos resultados de penetración obtenidos y el hecho de que en diversos países se estén planteando modificar algunas de las medidas tomadas, hace pensar que no se trata de un tema resuelto. De hecho, se observa como ciertos países están ajustando sus esquemas de remuneración a la energía generada (por ejemplo Reino Unido). Por otro lado, los esquemas de contribución al sistema

se producen en los países con mayor recorrido en la implantación de las renovables, que cuentan con penetraciones superiores al 15% (por ejemplo Alemania, Italia o España).

En este sentido, la Agencia Internacional de la Energía, la Comisión Europea y el MIT mencionan que los autoconsumidores que se mantengan conectados a la red deben pagar su proporción de los costes de la misma, eso sí, evitando cargos discriminatorios.

Definir un marco regulatorio sólido y adaptado a los condicionantes específicos de cada sistema eléctrico, permitirá un desarrollo ordenado del autoconsumo y aportará estabilidad a medio plazo.

Beneficios e inconvenientes del autoconsumo

Un análisis completo de beneficios e inconvenientes del autoconsumo exige una doble perspectiva, la del autoconsumidor y la del resto del sistema.

Desde la perspectiva del **autoconsumidor**, los beneficios derivan de una menor dependencia del sistema eléctrico, que lleva aparejada la reducción de los costes energéticos al no tener que pagar por la energía autoconsumida. Adicionalmente, en sistemas donde existan zonas aisladas, el autoconsumo puede convertirse en la única solución para conseguir suministro eléctrico. La contrapartida, obviamente, es la inversión necesaria.

Desde la perspectiva del **resto del sistema**, el desarrollo del autoconsumo tendrá impacto sobre distintos agentes del sistema. Los efectos más relevantes estarán vinculados a la operación de la red, el comportamiento del resto de generadores y, por supuesto, a los costes del sistema y los precios en el mercado que deben afrontar el resto de los consumidores.

La energía generada por una placa fotovoltaica depende fundamentalmente de la potencia instalada y de la radiación solar que llega a su superficie. Al comparar esta producción solar, hasta cierto punto predecible, con la curva de demanda de un sistema puede calcularse la energía que tendría que aportar el resto de tecnologías no solares.

La penetración solar normalmente reducirá la demanda máxima del sistema (en la medida que dicha demanda se produzca en horas de sol), esta reducción es muy beneficiosa, ya que los sistemas eléctricos deben dimensionarse para dar servicio en el momento de máxima demanda y por lo tanto reducirla implicará menores inversiones. Obviamente, este efecto es realmente relevante en aquellas regiones en las que la demanda máxima se produce durante el verano (una situación más habitual en Estados Unidos que en Europa según el informe *"The Future of Solar Energy"*).

La contrapartida de este beneficio es que, para penetraciones altas, puede llegar a reducirse la demanda mínima del sistema. En estas circunstancias puede ser necesario limitar el número de plantas térmicas que se mantengan en funcionamiento, lo que reduce la capacidad de respuesta a desviaciones o a requerimientos puntuales del sistema (por tener menor flexibilidad).

Por otro lado, de acuerdo al MIT, con una penetración de la generación solar de hasta un 25%, las pérdidas de energía en la red (y sus costes asociados) disminuyen, si bien para valores superiores este efecto desaparece. Las razones fundamentales son:

- parte de la demanda se cubre con generación local y por lo tanto la demanda de la red de distribución es menor,

- ante un incremento local de generación distribuida puede ser necesario reforzar la red de distribución, lo que implica que las pérdidas de energía en la misma sean menores.

De acuerdo al mismo análisis, la penetración de la generación fotovoltaica de autoconsumo incrementará el coste de la red de distribución según aumente su penetración, ya que cada vez más redes locales se convertirán en generadores netos a ciertas horas. Esto obliga a la red a soportar los flujos de energía tanto en momentos de máxima demanda, como de máxima generación y se hacen necesarias ciertas inversiones en elementos como protecciones bi-direccionales, filtros activos, etc.

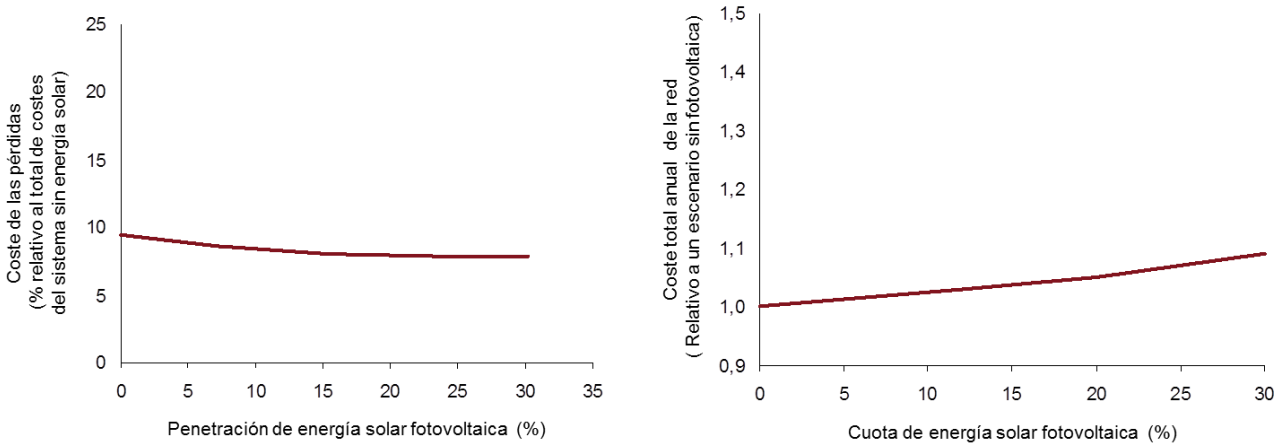


Figura 7: Coste de las pérdidas (%) y de la red según la penetración de generación fotovoltaica. Fuente: *The Future of Solar Energy* (MIT)

Otros problemas que la penetración de energía solar fotovoltaica puede generar en redes locales están vinculados a posibles incrementos puntuales de tensión, incremento de la complejidad de las protecciones o reducción de la vida útil de ciertos instrumentos de la red debido a su mayor uso.

Estos aspectos, si bien son parcialmente responsables del incremento de costes de la red, son técnicamente gestionables y simplemente exigirán mayor inversión en redes más inteligentes (*Smart grids*) que incrementen la capacidad de gestión.

Condicionantes del desarrollo del autoconsumo en España

Una vez valorados los beneficios e inconvenientes que puede provocar el desarrollo del autoconsumo en un sistema eléctrico, para valorar su aplicación en España, será necesario conocer las circunstancias concretas del sistema que pueden afectar a su desarrollo.

Existen distintos aspectos que pueden favorecer o desfavorecer el desarrollo del autoconsumo, algunos condicionarán el comportamiento de los consumidores y otros el incentivo del regulador a fomentarlo artificialmente o a dejar que su desarrollo se rija por las reglas del mercado.

El mayor impulsor del desarrollo del autoconsumo desde la perspectiva del consumidor es el alto coste de la energía en España, por encima de la media europea tal y como se observa en la Figura 8. Como puede verse, el precio del mercado está en línea con el de otros países

europeos, pero los componentes incorporados a la tarifa incrementan significativamente el precio final y hacen que este sea superior.

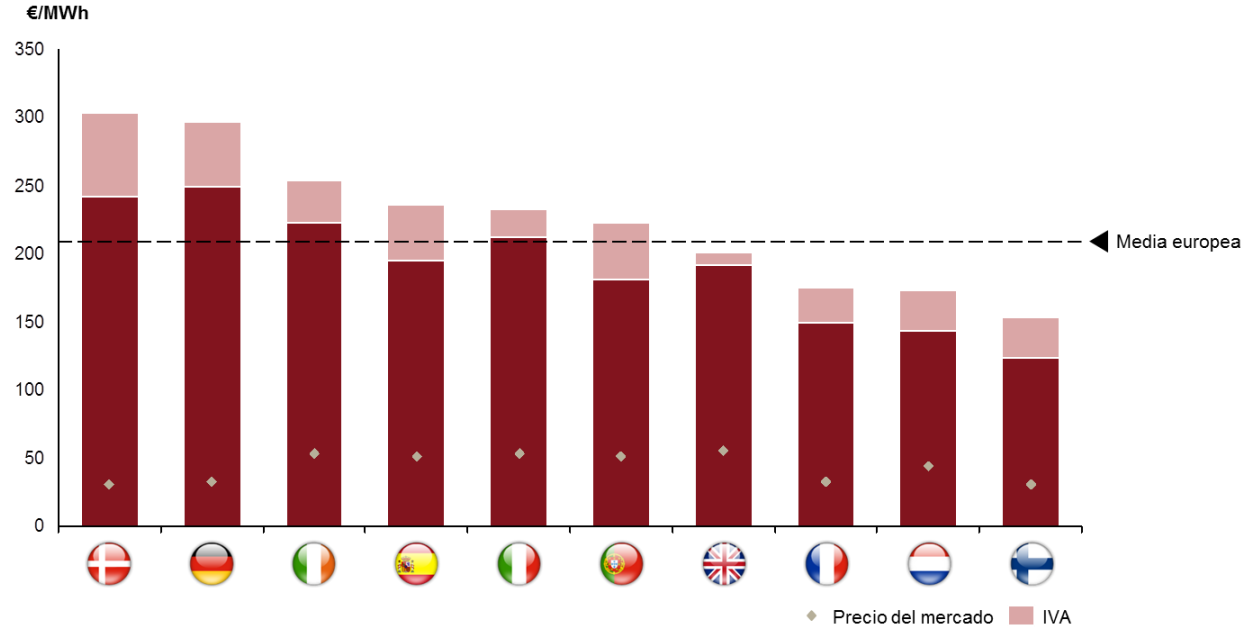


Figura 8: Coste de la energía eléctrica para un consumidor doméstico. Segunda mitad de 2014 [€/MWh]. Fuente: Eurostat

Así mismo, el regulador puede verse incentivado a fomentar su desarrollo por razones tales como su contribución al cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones, el impacto que tendría en la disminución de la dependencia energética del exterior o la dinamización de sectores tales como la construcción, los instaladores, etc.

Por otro lado, alguno de los beneficios que tiene el autoconsumo en ciertos sistemas eléctricos no se materializarán de forma significativa en el caso español:

- no existen zonas aisladas en la red, al menos no de forma significativa y por lo tanto el autoconsumo no es necesario para dar acceso a la electricidad a dichas regiones.
- en el sistema español, la demanda máxima horaria se produce en invierno, por lo tanto la penetración de la energía solar no implicará una reducción de la punta de demanda y no se reducirá la capacidad de generación necesaria.
- dada la sobrecapacidad actual del sistema, no existe una señal económica de necesidad de incrementar la potencia instalada para los próximos años.

Por último, además de los beneficios e inconvenientes del autoconsumo mencionados y aplicados al sistema español, es necesario tener en cuenta la situación económica del mismo y el principio de sostenibilidad económica y financiera del sistema definido en la Ley del Sector Eléctrico. Según esta, toda medida normativa que suponga un incremento de coste deberá incorporar una reducción equivalente de otras partidas que asegure el equilibrio del sistema.

Este mecanismo condicionará a futuro cualquier nueva actividad que se ponga en marcha en el sistema eléctrico o cualquier cambio regulatorio que tenga un impacto en sus ingresos y/o costes.

Aplicación del autoconsumo al caso español

Caracterización del mercado potencial

España es uno de los países de la Unión Europea que reciben mayor radiación solar. Si bien, tal y como puede observarse en la Figura 9, hay una cierta dispersión de su incidencia en función de la zona.

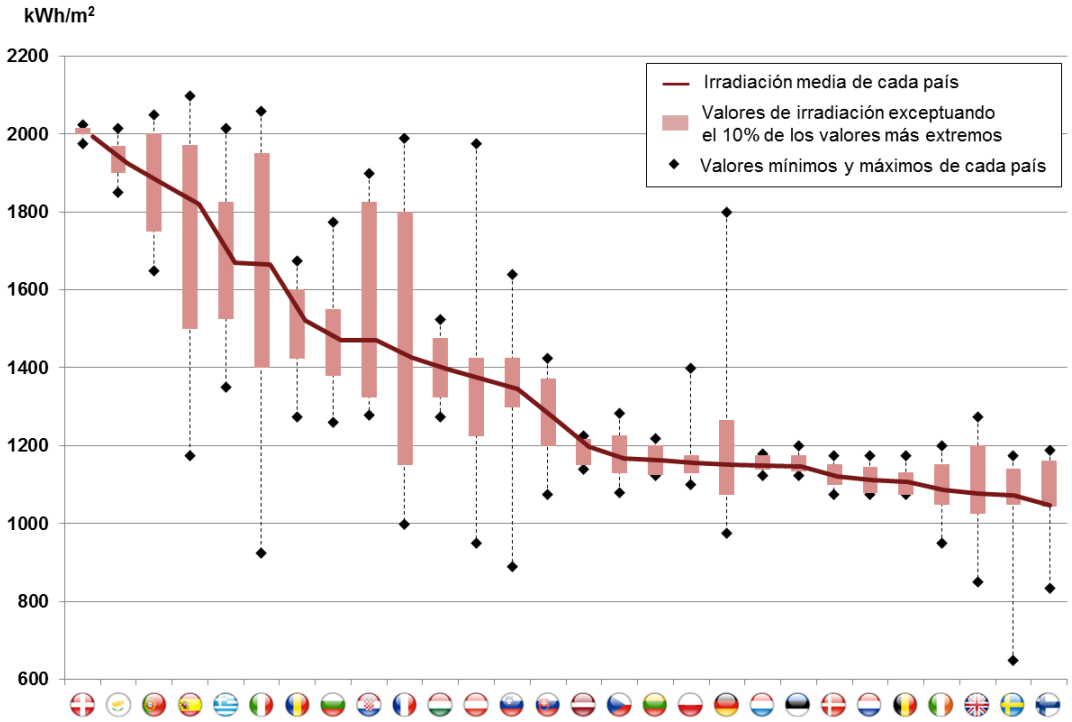
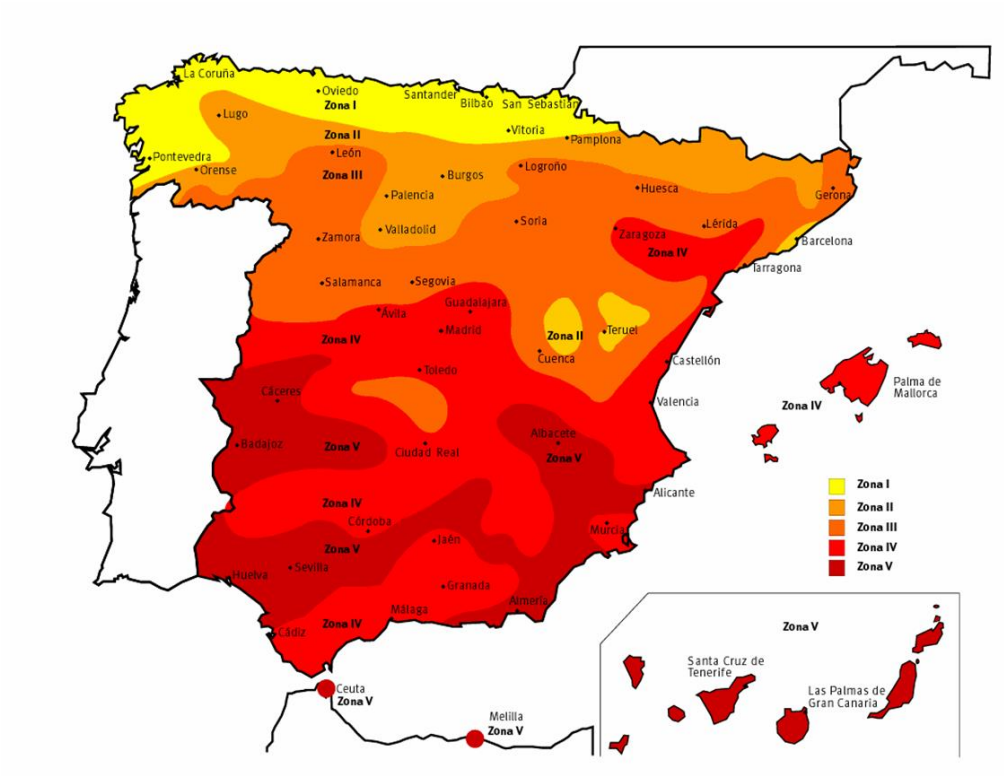


Figura 9: Irradiación anual sobre un módulo fotovoltaico óptimamente inclinado en los 28 países miembro de la UE. Fuente: Joint Research Centre

España tiene caracterizadas cinco zonas en función de la radiación solar que recibe, lo que permite calcular la generación potencial que tendría una instalación de autoconsumo en cada una de estas zonas.



ZONA CLIMÁTICA	I	II	III	IV	V
IRRADIACIÓN MEDIA DIARIA (kWh/m^2)	< 3,8	3,8 - 4,2	4,2 - 4,6	4,6 - 5,0	> 5,0

Figura 10: Irradiación media diaria de España según zonas climáticas. Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Como se ha mencionado previamente, los consumidores españoles hacen frente a los costes regulados del sistema eléctrico a través de los cargos y peajes que se incluyen en la factura de la luz. Estas partidas reguladas de la factura eléctrica mantienen una estructura de reparto entre parte fija y variable (en función de la energía consumida) que trata de reflejar el reparto de los costes del sistema.

Por otro lado, existe una distribución de los consumidores en distintos grupos tarifarios en función del nivel de tensión al que están conectados y su potencia contratada. El grupo mayoritario es el de los consumidores con menor consumo unitario, que afrontan la factura más alta y tienen un mayor coste de suministro porque normalmente están conectados en niveles más bajos de tensión, lo que hace más costoso distribuirles la electricidad (Figura 11). Estos grupos, obviamente, tendrán un mayor incentivo para reducir su consumo.

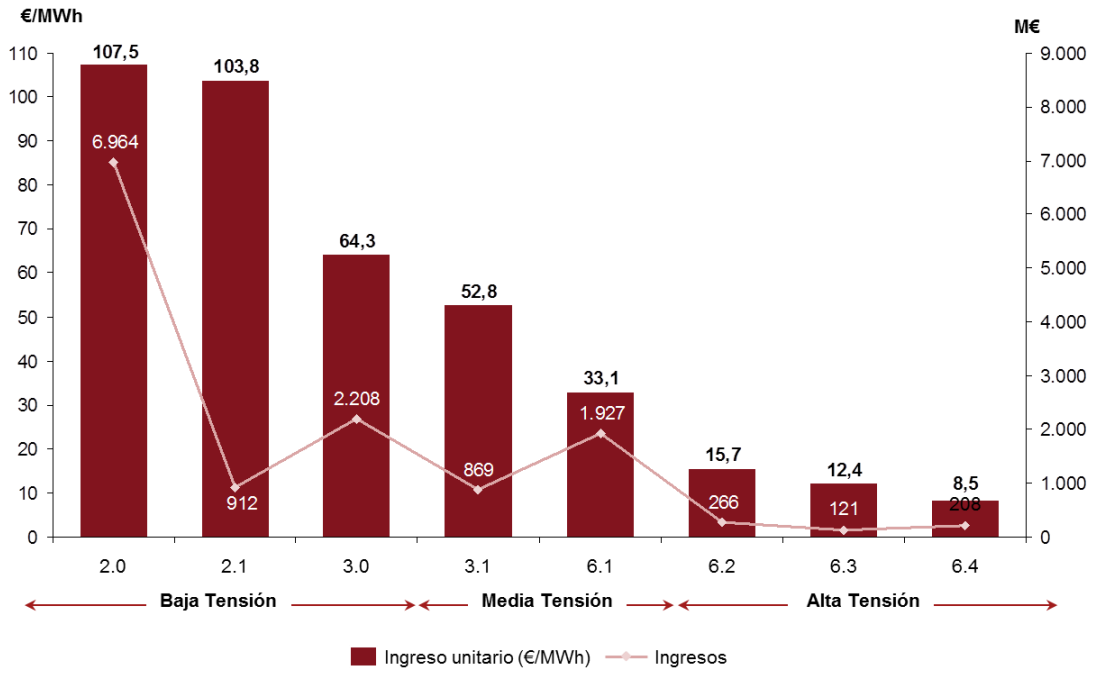


Figura 11: Ingresos unitarios y totales previstos por grupo tarifario. Fuente: CNMC

Es previsible que el desarrollo del autoconsumo se produzca fundamentalmente en los segmentos doméstico y comercial conectados en baja tensión. Las curvas de consumo de estos consumidores son muy distintas entre sí. El impacto que una instalación solar fotovoltaica tendría sobre ellos será diferente, ya que el consumo eléctrico en un comercio será más elevado en las horas de sol mientras que una parte importante de la demanda de un consumidor doméstico se produce en horario de tarde y noche.

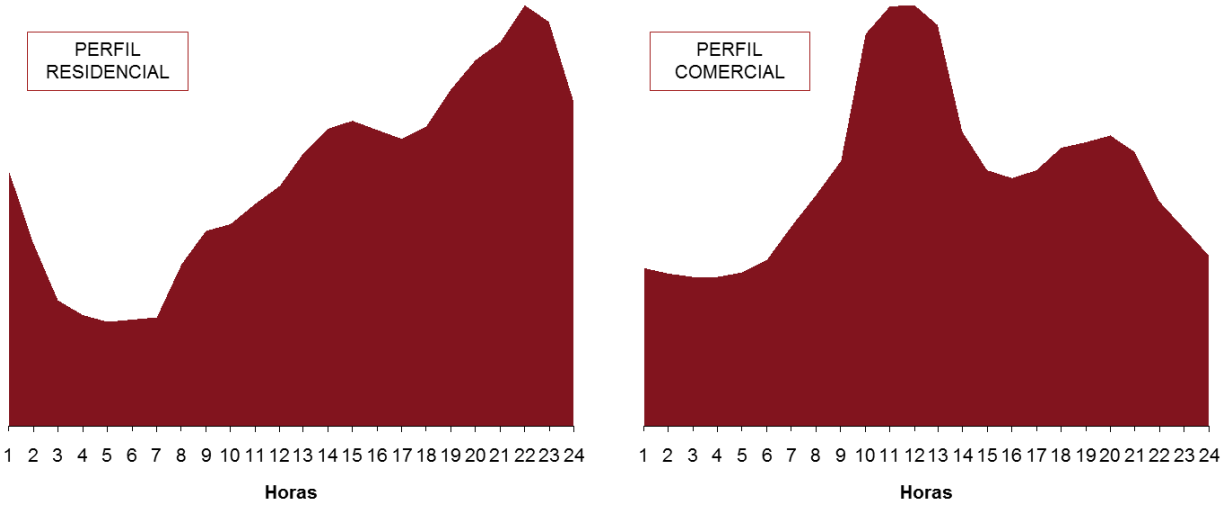


Figura 12: Perfiles medios diarios residencial y comercial de consumo. Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Análisis de PwC

Marco regulatorio actual: Real Decreto 900/2015 de autoconsumo

En el Consejo de Ministros celebrado el 9 de octubre de 2015, el Gobierno aprobó la publicación del Real Decreto 900/2015 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

Tal y como establece su exposición de motivos, ya la regulación contenida en la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico, tiene por finalidad asociada al autoconsumo garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto.

Más allá de definir los aspectos administrativos (procedimiento de acceso y conexión, registro, inspección y régimen sancionador) y técnicos (requisitos de medida y gestión de energía), los aspectos económicos regulados por este Real Decreto más relevantes son los siguientes:

- define dos categorías de autoconsumo: en la primera desde una perspectiva del sistema sólo existirá un sujeto consumidor (la instalación de producción asociada, destinada al consumo propio, no estará en el registro de instalaciones de producción), en la segunda habrá dos sujetos, el consumidor y el productor, y la instalación si deberá estar convenientemente inscrita en el registro,
- los autoconsumidores tipo 1 tendrán un límite de potencia contratada de 100 kW y no podrá percibir retribución económica por la energía que genere y no consuma,
- los autoconsumidores tipo 2 no tienen un límite de potencia, y percibirán una contraprestación económica por el vertido horario de energía a la red, de acuerdo a la normativa en vigor, si bien deberán pagar el peaje de generación correspondiente a dicha energía,
- con carácter general, los autoconsumidores que permanezcan conectados a la red seguirán pagando los peajes de acceso al sistema vinculados a la energía que sigan demandando de la misma,
- hasta que sean aprobados los cargos asociados a los costes del sistema, se define un cargo fijo y un cargo transitorio que se aplicará sobre la energía autoconsumida (este cargo incluye los cargos asociados a los costes del sistema descontando las pérdidas correspondientes, los pagos por capacidad y otros servicios del sistema),
- no obstante, los autoconsumidores tipo 1 conectados en baja tensión cuya potencia contratada sea inferior o igual a 10 kW estarán exentos del pago del cargo transitorio por energía autoconsumida,
- así mismo, se establece una reducción sobre el mismo cargo para el autoconsumo en los sistemas eléctricos de territorios no peninsulares, en el caso de Canarias, Ceuta y Melilla dicha reducción se convierte en exención.

Toma de decisión para montar una instalación de autoconsumo

El desarrollo del autoconsumo en España estará condicionado por la existencia de soluciones comerciales que se adapten a las necesidades de los potenciales compradores. Cualquier consumidor que se plantee montar una solución de autoconsumo deberá analizar si el coste realmente compensa los ahorros que obtendrá y evaluar si existe una solución ofertada por las empresas que presten estos servicios: instaladores, empresas de servicios energéticos, etc.

A la hora de valorar la instalación fotovoltaica a montar, un cliente final tendrá en cuenta distintos criterios:

1. La relación entre la energía autoconsumida y el excedente de energía que generará la instalación.

   Esta relación es importante ya que por cada MWh autoconsumido se ahorrará el coste variable de la electricidad (peajes y cargos, coste de la energía e impuestos), mientras que por cada MWh de excedente, en caso de que exista, el ingreso que percibirá será inferior ya que recibirá solo el precio de la energía en el mercado. Dado que la inversión necesaria es proporcional a la potencia instalada, existirá un incentivo a maximizar el autoconsumo y minimizar el excedente.

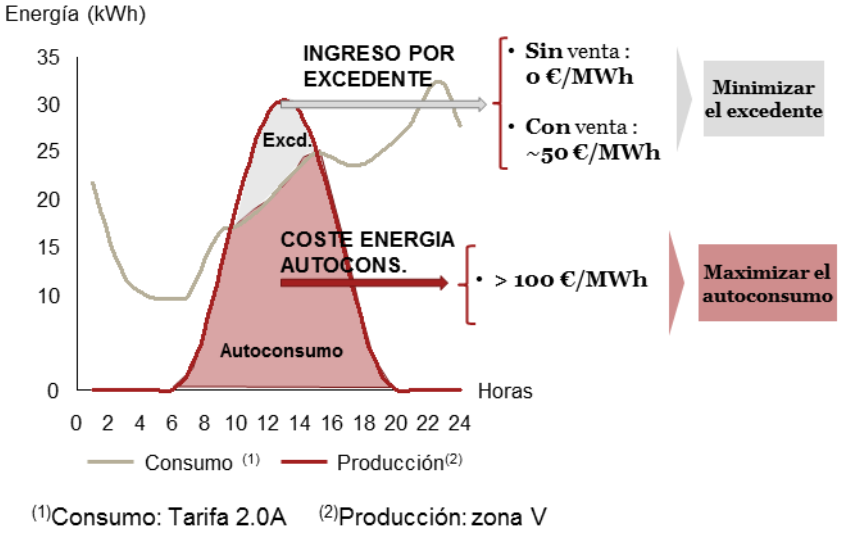


Figura 13: Racional de decisión para definir la potencia instalada de autoconsumo (criterio uno). Fuente: Análisis de PwC

2. La relación entre la generación fotovoltaica de la instalación y el consumo anual.

   Aplicando solamente el criterio anterior, un cliente podría estar tentado a infradimensionar su instalación, de forma que el excedente fuera nulo. Sin embargo estas instalaciones resultarían muy pequeñas, con una obtención de ahorros mínima y podría darse el caso de que no existan en el mercado soluciones comerciales de ese tamaño.

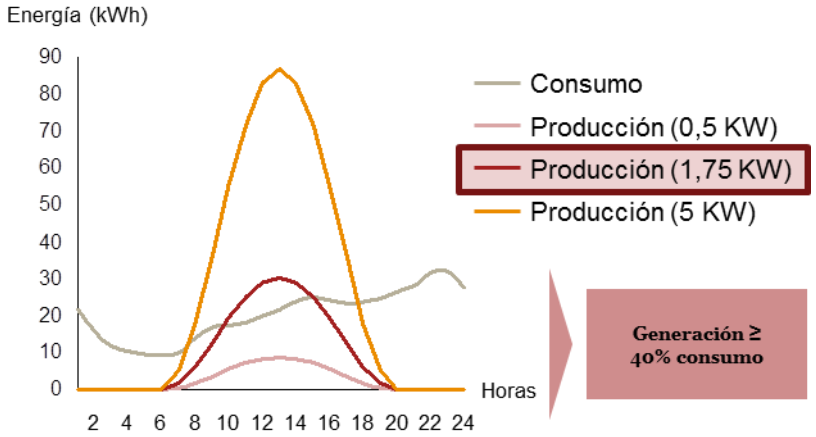


Figura 14: Racional de decisión para definir la potencia instalada de autoconsumo (criterio dos). Fuente: Análisis de PwC

En la caracterización del sistema que se ha realizado para este informe se ha empleado como criterio que cualquier consumidor que monte una instalación de autoconsumo exigirá que su generación cubra al menos un 40% de su consumo.

3. El ahorro anual obtenido en la factura gracias a la instalación.

   En línea con lo mencionado en el apartado anterior se entiende que ahorros anuales por debajo de un umbral no serían considerados por las empresas de servicios energéticos que desarrollen y ofrezcan soluciones de autoconsumo. En la caracterización del sistema realizada para este informe se ha empleado como criterio que dicho umbral será un 20%.

4. La inversión necesaria.

   Un consumidor solo montará una instalación de autoconsumo en su casa o negocio si los ahorros obtenidos con ella compensan el coste de la instalación en un periodo que considere suficientemente atractivo. Es decir, exigirá recuperar su inversión en un plazo y minimizará la inversión para conseguirlo.

   En el presente informe, se ha considerado que un consumidor residencial tendrá unas exigencias mayores (entre 7 y 10 años) que las de instalaciones montadas en locales comerciales de mayor consumo (en torno a 15 años), dado que en estos casos el decisor puede ser una Empresa de Servicios Energéticos que ofrezca realizar la inversión.

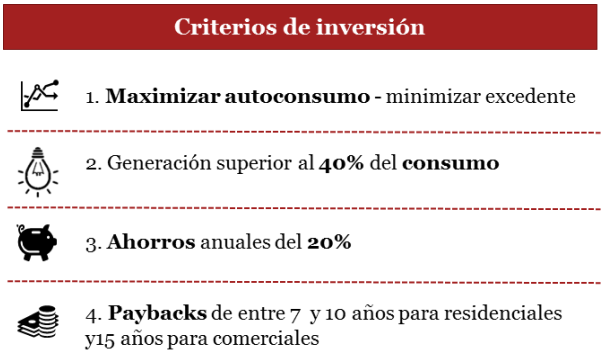


Figura 15: Resumen de criterios de inversión para la instalación de autoconsumo

Estos criterios de decisión se han evaluado para las distintas tipologías de consumidores residenciales y comerciales y para todas las zonas de irradiación de España, obteniendo una instalación tipo para cada uno de ellos.

Penetración del autoconsumo en España con la regulación vigente

Tal y como se ha mencionado, el gobierno ha planteado una regulación que abre la puerta a un desarrollo gradual y controlado del autoconsumo. De momento, y a falta de un desarrollo normativo posterior, se han establecido unos cargos transitorios (uno fijo y otro sobre la energía autoconsumida).

Con el objetivo de facilitar el desarrollo, se ha planteado una exención del cargo variable a los consumidores con potencias contratadas de menos de 10 kW, lo que permitirá que la industria de la instalación y servicios a clientes fotovoltaicos comience a desarrollarse de forma paulatina y controlada. Por otro lado, se prevé que el resto de consumidores puedan

vender la energía generada que no es autoconsumida, el excedente, de acuerdo a la normativa en vigor.

En estas circunstancias, la penetración previsible del autoconsumo sería de 4 GW y algo más de la mitad se produciría en el segmento residencial debido a la exención mencionada (ver Figura 16). La generación de estas instalaciones supondría 6,4 TWh, de los que más del 70% sería energía autoconsumida.

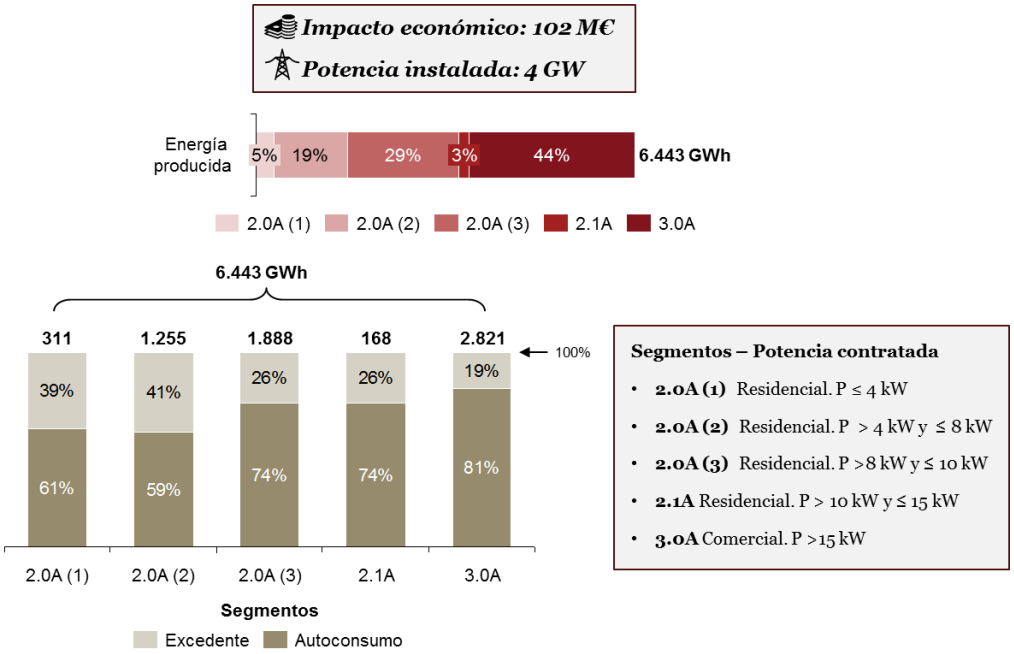


Figura 16: Autoconsumo y excedente por tipología de consumidor, caso del RD 900/2015 [GWh]. Fuente: Análisis de PwC

En la Figura 17 se muestra el plan de negocio vinculado a la instalación de un consumidor residencial.

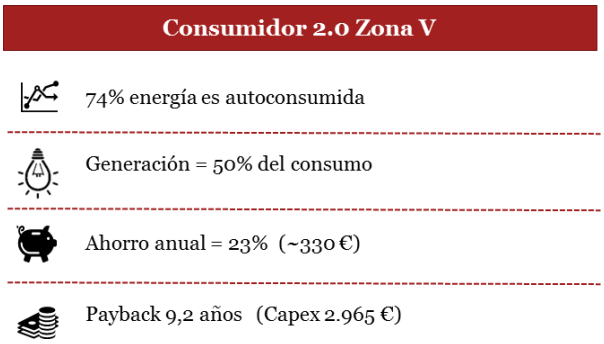


Figura 17: Plan de negocio, consumidor 2.0. Fuente: Análisis de PwC

Para obtener el mercado mencionado sólo se han tenido en cuenta los criterios económicos de decisión. Obviamente hay una serie de condicionantes adicionales muy relevantes que limitarían la cifra anterior, los más destacados serían los siguientes:

- Limitaciones físicas: no todos los consumidores a los que les resulte económicamente atractiva la instalación dispondrán de la superficie necesaria para montarla, tendrán la superficie libre de sombras, estarán orientados de forma que se maximice la irradiación, etc.

- Limitaciones para la toma de decisión: especialmente en el caso de comunidades de propietarios, donde la toma de decisión para este tipo de instalaciones asociadas a los servicios comunes debe ser consensuada.
- Limitaciones económicas y/o de crédito: aunque los costes de inversión se han ido reduciendo paulatinamente a lo largo de los últimos años, todos los consumidores no tendrán poder adquisitivo suficiente o no dispondrán de acceso al crédito para invertir la cantidad necesaria para montar instalaciones de autoconsumo.

La introducción del autoconsumo en un sistema conlleva una serie de **implicaciones que afectan al resto de consumidores**. Quizás la más destacable es el impacto económico que tendrían en el sistema los peajes que se dejarían de facturar a los autoconsumidores por la energía que no han tomado del sistema. El sistema eléctrico pasará a tener dos tipos de usuarios, los que toman de la red el cien por cien de la energía consumida y los autoconsumidores que emplearán la red como respaldo cuando la energía del sol no cubra su consumo. Esta forma de operar afectará al resto de consumidores que tendrán que afrontar en solitario el pago del total de los peajes puesto que los costes del sistema serían los mismos.

En el caso evaluado, dado que parte de los autoconsumidores estarían haciendo frente a parte de los costes del sistema a través de los cargos transitorios establecidos en el Real Decreto 900/2015, la "transferencia" de costes al resto de los consumidores ascendería a 102 millones de euros. Es decir, los autoconsumidores en baja tensión con potencias contratadas inferiores a 10 kW dejarán de pagar peajes por la energía autoconsumida y el resto deberán asumir el ahorro conseguidos por los autoconsumidores como un incremento de los peajes incluidos en su factura eléctrica, ya que los costes del sistema retribuidos por los peajes son eminentemente fijos.

Escenarios de penetración con regulaciones alternativas

Un escenario alternativo en el que no se estableciera una contribución por parte de los autoconsumidores a los costes del sistema, podría llevar a un aumento de la penetración que no responde a un desarrollo controlado del mercado y que implicaría un impacto económico muy superior para el resto de consumidores.

En concreto, es previsible que la penetración alcanzara los 16,8 GW, es decir, se multiplicaría por 4 la capacidad actual de energía solar fotovoltaica presente en el sistema. Más del 65% de la energía generada estaría en el segmento comercial, ya que las instalaciones de toda España resultarían rentables para dicho segmento, mientras que en el segmento residencial solo lo serían en las zonas de mayor irradiación.

El impacto en el coste del sistema al que deberían hacer frente mediante la factura eléctrica los consumidores que no contaran con una instalación de autoconsumo ascendería a 490 millones de euros, tal y como puede observarse en la Figura 18.

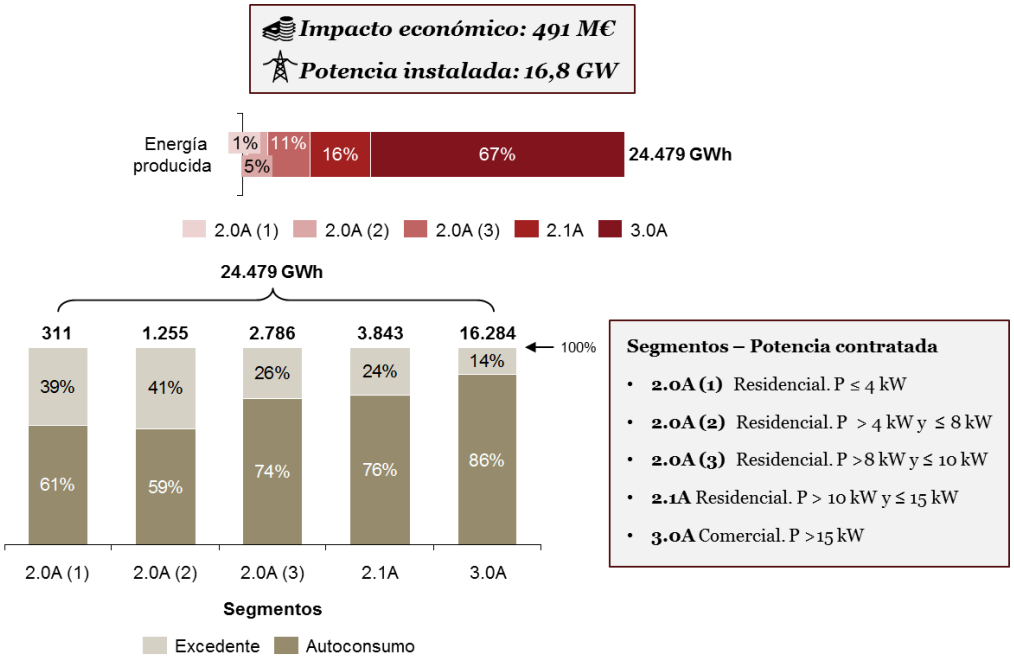


Figura 18: Autoconsumo y excedente por tipología de consumidor, caso sin cargos transitorios [GWh]. Fuente: Análisis de PwC

Finalmente, dado que en distintos países se están planteando esquemas regulatorios que fomentan el autoconsumo más allá de lo planteado en el apartado anterior, bien sea a través de primas adicionales para la venta del excedente o con modelos de balance neto, se evalúa a continuación el impacto que podría tener un esquema de incentivo adicional al aplicarse sobre el caso español.

En caso de existir una regulación que fomentase el autoconsumo a través de una prima adicional al precio del mercado para la venta de la energía excedente, junto con na reducción de precios en este tipo de instalaciones que históricamente se viene produciendo, sería esperable que las instalaciones de autoconsumo tiendan a ser de mayor tamaño (cumplirían el criterio de decisión a pesar de generar más energía excedentaria debido a la reducción del coste de adquisición).

Se ha representado un caso en el que, con una disminución de los costes de inversión de un 30%, los consumidores incrementarían el tamaño de su instalación un 30%. En esta situación, con una prima de un 30% sobre el precio del mercado (~15 €/MWh para los niveles actuales de precio), la penetración del autoconsumo alcanzaría los 39 GW, con un sobrecoste vinculado a los peajes que dejarían de pagar los autoconsumidores de 1.126 millones de euros y un sobrecoste adicional de 108 millones de euros asociados a las primas. En total 1.234 millones de euros que pasarían a la factura eléctrica del resto de los consumidores.

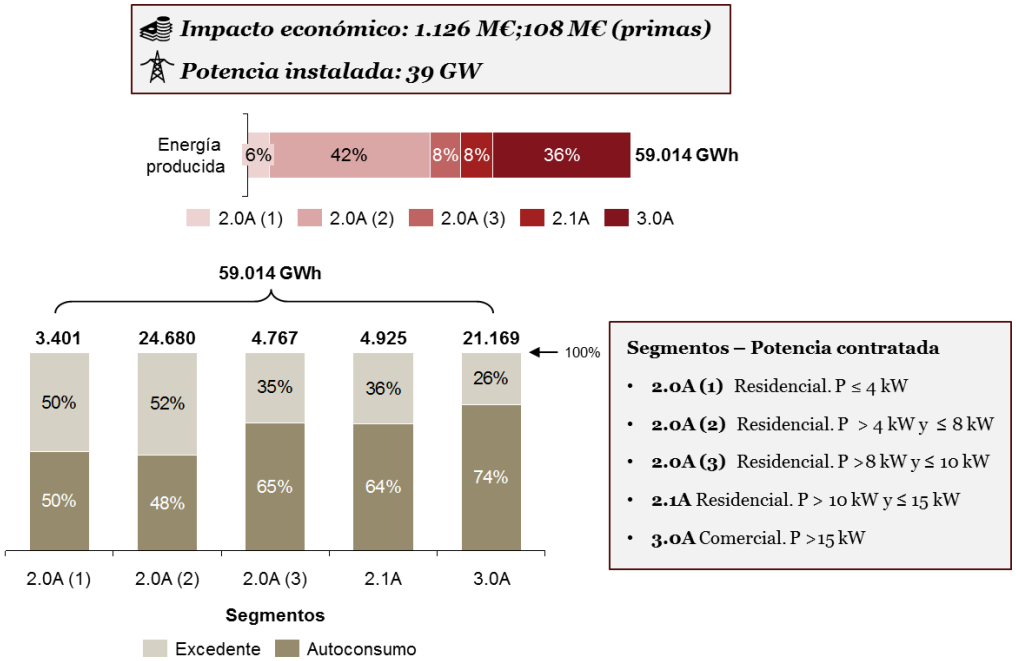


Figura 19: Autoconsumo y excedente por tipología de consumidor, caso con prima sobre la venta de excedente [GWh]. Fuente: Análisis de PwC

Es decir, definir un esquema de incentivos que favorezca el autoconsumo más allá de lo que lo harían las reglas del propio mercado, podría generar un efecto burbuja importante con el simple hecho de que los costes de inversión se reduzcan respecto a la situación actual, tal y como ha estado sucediendo en los últimos tiempos.

Por lo tanto, considerando los resultados obtenidos en los casos estudiados en este informe, el Real Decreto 900/2015 permitirá un desarrollo moderado, gradual y controlado del autoconsumo, que limita el impacto económico a asumir por el resto de consumidores y favorece el desarrollo en los segmentos residenciales.

Por otro lado, también se puede concluir que la eliminación del cargo transitorio sobre el autoconsumo y/o la aplicación de incentivos adicionales (tales como las primas sobre la venta de energía o esquemas de balance neto) podrían implicar penetraciones muy superiores a la potencia actualmente instalada de tecnología solar fotovoltaica y generar impactos económicos relevantes que tendrían que pagar los consumidores que no tengan la capacidad o la opción de montar una instalación de autoconsumo.

PwC ayuda a organizaciones y personas a crear el valor que están buscando. Somos una red de firmas presente en 157 países con más de 195.000 profesionales comprometidos en ofrecer servicios de calidad en auditoría, asesoramiento fiscal y legal y consultoría. Cuéntanos qué te preocupa y descubre cómo podemos ayudarte en www.pwc.es

© 2015 PricewaterhouseCoopers S.L. Todos los derechos reservados. “PwC” se refiere a PricewaterhouseCoopers S.L, firma miembro de PricewaterhouseCoopers International Limited; cada una de las cuales es una entidad legal separada e independiente.