

# Las infraestructuras de recarga para el vehículo eléctrico

Jon Asín Muñoa

Desarrollo de Negocio de Infraestructura para el Vehículo Eléctrico. Ingeteam Energy

La movilidad eléctrica se ha presentado hasta la fecha como un problema de “huevo y gallina”, refiriéndose a que los usuarios no se deciden por la adquisición de vehículos eléctricos porque no tienen emplazamientos donde cargarlos y, a su vez, no hay compañías interesadas en crear una infraestructura de recarga porque no hay clientes para ella.

Sin embargo, este escenario está cambiando sustancialmente desde que han entrado en escena actores capaces de acelerar el esperado cambio de la movilidad, desde los combustibles fósiles hacia nuevas fuentes de energía, completamente renovables.

Algunas previsiones sitúan en aproximadamente 4 millones los vehículos enchufables en Europa para 2020, con un potencial de hasta el 10 o 15% de las ventas de vehículos nuevos (un tercio de los cuales serían vehículos eléctricos puros y dos tercios híbridos enchufables).

Esto se refleja ya en la oferta presente en el mercado, que empieza a ser cada vez más amplia en cuanto a opciones de movilidad eléctrica, no solo respecto a fabricantes, sino también respecto a tipos de vehículos: automóviles, motocicletas, bicicletas, cuadriciclos, autobuses...

Cada una de estas opciones de movilidad eléctrica va a necesitar una infraestructura para su

recarga, con características diferentes según el tipo de vehículo y el servicio a que estén destinados.

El desarrollo de la movilidad eléctrica servirá también para crear puestos de trabajo en la instalación y servicio de estaciones de recarga, que requerirán de una formación específica, así como de nuevos modelos de negocio y proyectos de I+D.

## PRESENCIA UBICUA DE LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA

La gran mayoría de los procesos de recarga se van a realizar en el entorno doméstico, con una potencia igual o inferior a 3,7 kW (monofásica de 16 A) y una duración de unas 6 u 8 horas para una recarga completa. Este tipo de recarga se realizará por medio de un cable especial suministrado con el vehículo (carga en modo 2)

Algunas previsiones sitúan en aproximadamente 4 millones los vehículos enchufables en Europa para 2020, con un potencial de hasta el 10 o 15% de las ventas de vehículos nuevos



Estación de recarga en la sede de Ingeteam.

junto con las tomas de corriente habituales en entorno doméstico o industrial, o bien por medio de un pequeño dispositivo permanentemente conectado a la red de suministro de c.a. (carga en Modo 3), denominado *wallbox*.

Este *wallbox* ofrece una seguridad adicional a la que presenta un simple enchufe doméstico y, a su vez, puede estar dotado de un medidor de energía para posibilitar una discriminación de tarifas, así como funcionalidad avanzada relativa a la gestión de la demanda.

Este es también el escenario para los aparcamientos comunitarios y de ámbito laboral, y con el fin de incentivar este tipo de instalaciones, el Ministerio de Industria ha modificado la Ley de Propiedad Horizontal para que, en el caso de que un vecino quiera instalar un punto de recarga de su vehículo eléctrico en su plaza de garaje individual, solo sea necesaria la comunicación previa a la comunidad de que se procederá a su instalación, no siendo necesaria la

Cada una de las opciones de movilidad eléctrica va a necesitar una infraestructura para su recarga, con características diferentes según el tipo de vehículo y el servicio a que estén destinados. El desarrollo de la movilidad eléctrica servirá también para crear puestos de trabajo en la instalación y servicio de estaciones de recarga, que requerirán de una formación específica, así como de nuevos modelos de negocio y proyectos de I+D



Estaciones de recarga de Ingeteam en la sede de Renault España.

aprobación de esta instalación por parte de la comunidad.

No obstante, debido a que en sus fases iniciales, el vehículo eléctrico va a ser de uso fundamentalmente urbano, donde muchos vehículos carecen de garajes, parece conveniente la reserva de plazas públicas en vías o aparcamientos públicos que incluyen la instalación de puntos de recarga en las aceras que permitan realizar la recarga de los vehículos a aquellos usuarios que no dispongan de un aparcamiento subterráneo.

Adicionalmente a esta oferta de infraestructura privada y pública, también es previsible la realización de recargas en el lugar de trabajo y en centros de ocio: centros comerciales, restaurantes, gimnasios... Con el fin de resultar más atractiva a los usuarios, es previsible que esta infraestructura esté dotada de una potencia de carga mayor, principalmente en versión trifásica, hasta los 22 kW (32 A por fase), ofreciendo la recarga completa de un vehículo en tiempos aproximados inferiores a 2 horas.

Por último, el estado actual de la tecnología de las baterías de algunos vehículos japoneses como el Nissan Leaf o el Mitsubishi I-Miev, permiten tiempos de carga de 20 minutos para una autonomía de 100 km (el 80% de la batería del vehículo). Esto se consigue por medio de sistemas de carga de corriente continua, para lo que es necesaria la instalación de equipos capaces de rectificar la corriente alterna proveniente de la red, e inyectarla directamente en la batería del vehículo, siguiendo las consignas marcadas por este. La mayoría de instalaciones mundiales de este tipo siguen el estándar japonés llamado CHAdeMO.

La palabra CHAdeMO es un acrónimo de *CHARGE de MOVE*, que se traduce como "carga para moverse". El nombre es un juego de palabras de *O cha demo ikaga desuka* en japonés, que se puede traducir como "¿tomamos un té?", en referencia al tiempo que se tardaría en recargar las baterías de un coche eléctrico.



Cargador en c.c. según estándar CHAdeMO.

La potencia pico suministrada por este tipo de cargadores alcanza los 62,5 kW, y por ello plantea una serie de retos significativos para su integración en la red de baja tensión.

Actualmente se encuentran instalados más de 1400 equipos en el mundo, de los cuales 1100 se encuentran en Japón y unos 200 en Europa.

Este tipo de carga en corriente continua se denomina también modo de carga 4, según norma IEC 61851.

### GESTORES DE CARGA

Los gestores de carga son aquellos agentes del sector eléctrico que siendo ellos mismos consumidores de energía eléctrica, están capacitados para revender a sus clientes electricidad destinada a la carga de los vehículos eléctricos.

La figura del gestor de carga quedó regulada tras la modificación de la Ley del Sector Eléctrico en abril de 2010 y la aplicación del Real Decreto 647/2011. De acuerdo con dicha legislación, los gestores de carga son los únicos consumidores que están habilitados para revender electricidad.

La figura del gestor de carga es de una importancia fundamental en el desarrollo exitoso de la infraestructura de recarga para el vehículo eléctrico, y ocupa un papel similar conceptualmente al de operador de telefonía móvil.

La oferta de servicios de un gestor de carga comienza cuando un usuario se decanta por la adquisición de un vehículo eléctrico, ya que en la mayoría de concesionarios se ofrece al cliente la posibilidad de comprar una estación de recarga para el vehículo adquirido, incluyendo la instalación de la misma.

Los gestores de carga son aquellos agentes del sector eléctrico que siendo ellos mismos consumidores de energía eléctrica, están capacitados para revender a sus clientes electricidad destinada a la carga de los vehículos eléctricos. La figura del gestor de carga es de una importancia fundamental en el desarrollo exitoso de la infraestructura de recarga para el vehículo eléctrico, y ocupa un papel similar conceptualmente al de operador de telefonía móvil

Si bien la mayoría de los vehículos pueden ser cargados a través de tomas domésticas o industriales con un cable especial para ello (con limitaciones de potencia y seguridad), el escenario recomendable para la infraestructura de recarga pasa por la creación de una infraestructura de recarga que permita aprovechar el verdadero potencial del vehículo eléctrico, con una integración óptima en el sistema eléctrico y otros servicios de valor añadido (tarificación, itinerancia...).

Así, el usuario que adquiere un vehículo eléctrico puede elegir entre realizar las gestiones por su cuenta para la instalación de la carga, o con-

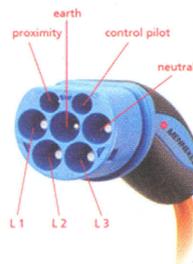
tratar este servicio a algún gestor de carga. Los gestores de carga son además los actores de la movilidad eléctrica que, en última instancia, se van a encargar de ofrecer servicios de carga en entornos públicos, ya sea por medio de iniciativas públicas o privadas, resolviendo además cuestiones fundamentales como son la tarificación, la localización y reserva previa de estaciones de recarga y el uso de redes en itinerancia.

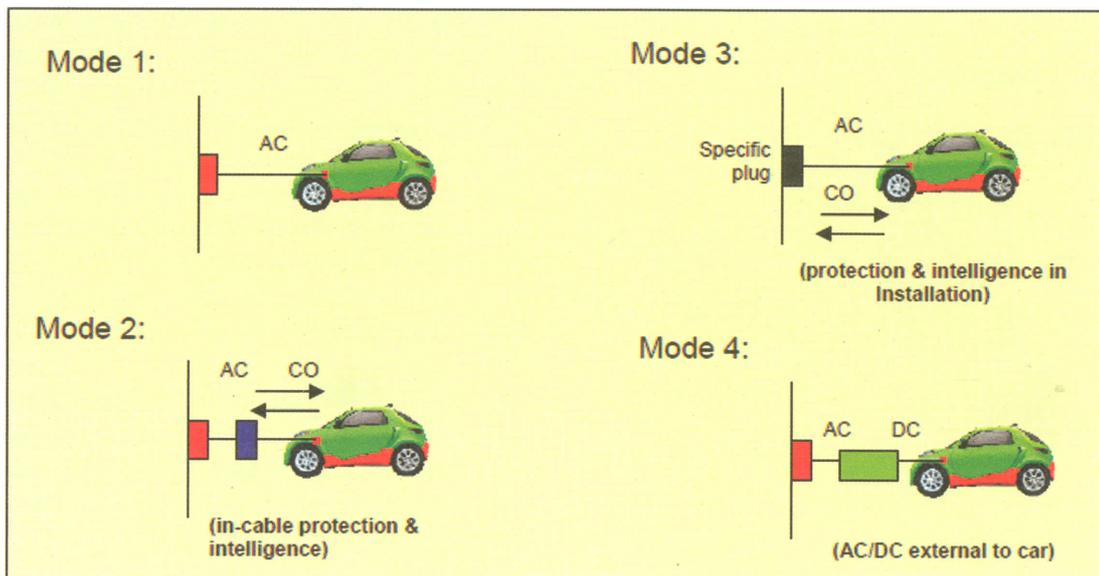
La situación actual de la infraestructura pública en España es que, además de los gestores de carga ya existentes, se han puesto a disposición de los usuarios algunas iniciativas públicas, limitadas a los municipios o regiones correspondientes. Estas iniciativas han sido útiles en un primer paso para concienciar al ciudadano de la opción real de movilidad eléctrica, pero es necesario que ambos grupos de actores, gestores de carga e iniciativas públicas, vayan convergiendo, para poder ofrecer a los usuarios un escenario que permita la utilización de toda la infraestructura disponible.

#### NORMATIVA

Uno de los factores que ha ralentizado parcialmente el despliegue de la infraestructura es la incertidumbre de algunos aspectos de su regulación, como por ejemplo el conector. La normativa internacional, en su norma IEC 62196-2, recoge diversas opciones para los conectores que se han de emplear, tanto en el vehículo como en la instalación fija. Debido a la diferencia de normativa previa existente relativa a los enchufes domésticos en distintos países de Europa, existe actualmente un riesgo de que no se adopte un conector único para toda la Unión Europea.

Conectores propuestos en la norma IEC 62196-2.





Esquema con los 4 modos de carga según la IEC 61851.

Para evitar que este riesgo se reproduzca a nivel nacional, el Ministerio de Industria está en proceso de redacción de una nueva ITC (Instrucción Técnica Complementaria) del REBT (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión), la número 52, cuyo fin es recoger las características necesarias para realizar instalaciones para la recarga de vehículos eléctricos en la red de baja tensión, y donde, entre otras cosas, se definen los conectores que se han utilizar en el ámbito nacional.

En el marco internacional, la normativa de referencia es la IEC 61851, que define las características de los equipos de recarga. Esta normativa define, entre otros aspectos, cuatro modos de recarga, que conviene tener presentes a la hora de planificar la infraestructura de recarga más conveniente:

**Modo 1.** Carga en base de toma de corriente normalizada de hasta 16 A y de hasta 250 V de c.a. monofásica o 480 V de c.a. trifásica, y utilizando los conductores de potencia y de tierra de protección.

**Modo 2.** Carga en base de toma de corriente normalizada, de hasta 32 A y de hasta 250 V de c.a. monofásica o 480 V de c.a. trifásica, utilizando los conductores de potencia y de tierra de protección junto con una función piloto de

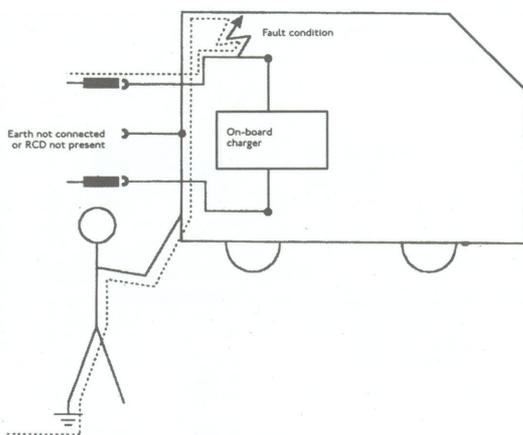
control y un sistema de protección para las personas contra la descarga eléctrica (DCR, dispositivo de corriente residual) como parte de la caja de control integrada en el cable.

**Modo 3.** Carga utilizando un SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) dedicado, dotado de al menos una toma de corriente para uso exclusivo para recarga de vehículos eléctricos. La base de toma de corriente está provista de 5 o 7 hilos conductores, según norma IEC 62192-2. Las funciones de control y protección están en el lado de la instalación fija. Máximo 64 A por fase.

**Modo 4.** Conexión en c.c. El VE se conecta a la red de baja tensión BT (c.a.) a través de un equipo que incluye un cargador externo que realiza la conversión c.a./c.c. en la instalación fija. Las funciones de control y protección están en el lado de la instalación fija. Este modo está pensado para carga rápida o muy rápida hasta 400 A.

### Carga en modo 1

El modo de carga 1 no está permitido en algunos países (por ejemplo, Estados Unidos). Esto es debido a que no se puede descartar su uso en instalaciones que no estén provistas de un DCR presente en la instalación, con un riesgo asociado en aquellos casos en que pudiera haber una



Riesgo presente en el modo 1 de carga.

fuga de corriente desde el chasis del vehículo a través de una persona que hiciera contacto con el mismo.

Este modo de carga se contempla únicamente para motocicletas y cuadriciclos y no se recomienda para vehículos grandes, a no ser que estén dotados de sistemas de protección adicionales (aislamiento clase 2, sistema de comprobación de continuidad de tierra dentro del vehículo...).

### Carga en modos 1 y 2

La norma UNE/EN 61851 plantea el uso de vehículos en modos 1 y 2 con intensidades de 16 y 32 A, con conexión monofásica y trifásica.

Sin embargo, los conectores domésticos homologados hasta la fecha en distintos países miembros de la UE no permiten su uso prolongado

Cable de carga para modo 2 (cortesía Renault).



a más de 10 o 13 A en conexión monofásica. Debido a que los vehículos eléctricos son susceptibles de traspasar las fronteras nacionales y realizar recargas en cualquier país de la Unión, es previsible que los dispositivos comercializados para carga en modo 2 no superen una intensidad de 10 A, con una potencia máxima de 2,4 kW.

### Carga en modo 3

La carga en modo 3 es la recomendada por diversas organizaciones e instituciones nacionales e internacionales (CEN-CENELEC, Orgalime...), e incluso la única permitida en entornos públicos en algunos países (Italia).

Esto es debido a que requiere del uso de tomas de corriente y conectores exclusivos para la recarga de vehículos eléctricos, especialmente diseñados para aumentar la seguridad de la operación, la gestión de la misma y la interoperabilidad entre distintos fabricantes y países.



Estaciones de recarga para entornos públicos: modos 1, 2 y 3.

El modo 3 utiliza dos hilos conductores adicionales a los de potencia y tierra, denominados:

- hilo piloto de control;
- hilo de detección de proximidad.

### Idoneidad del modo 3 frente al modo 2

El modo 3 de carga se realiza a través de equipos que están permanentemente conectados a la red de suministro de c.a. y su instalación debe ser efectuada por una empresa instaladora certificada, y realizar la misma según la ITC-BT 52 de próxima aprobación.

El modo 2 de carga está diseñado para la realización de recargas ocasionales a través de cualquier toma de corriente, con un grado adicional de seguridad respecto al modo 1.

Sin embargo, no es posible prever en qué ubicaciones se realizarán las operaciones de recarga en modo 2, ni la máxima intensidad que pueden demandar de la infraestructura (aunque no es descartable una limitación por parte de CEN-CENELEC para este tipo de dispositivos a un máximo de 10 A en tomas de corriente normalizadas).

El dispositivo de control existente en los cables modo 2 aumenta la seguridad respecto del modo 1, ya que incorpora un dispositivo de corriente diferencial o DCR y detecta la existencia de una toma de tierra. Sin embargo, el uso continuado de un cable con modo 2 con una intensidad mayor de la que la toma de corriente o un nivel superior de la instalación pueden admitir, podría dar lugar a situaciones de riesgo eléctrico por sobrecarga.

Debido a la naturaleza del modo 2, no es tampoco descartable la conexión simultánea de diversos vehículos en puntos muy próximos de la instalación, ya sea por medio de múltiples tomas o, incluso, por medio del uso indebido de acopladores para varias tomas (prohibidos por normativa), lo que en el mejor de los casos haría saltar la protección de sobrecorrientes en un nivel superior de la instalación.

La naturaleza del modo 2 de carga también puede suponer el uso de prolongadores que, aunque prohibidos por la norma IEC 61851, pueden añadir un riesgo adicional ya que no pertenecen a la parte fija de la instalación y, por tanto, queda al criterio del usuario final la idoneidad o no de los mismos.



Estación de recarga para flotas: modos 1, 2 y 3.

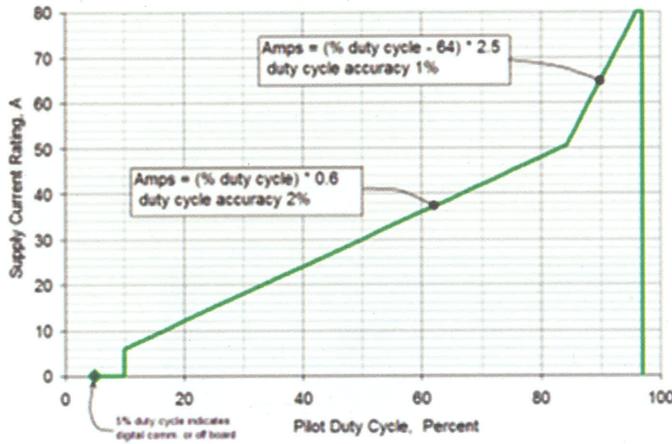
### Gestión de la demanda del modo 3 frente al modo 2

Los modos 2 y 3 hacen uso del hilo piloto de control para regular la intensidad máxima que puede solicitar el vehículo. Esto se realiza por medio de la modulación de una señal cuadrada o PWM, según el siguiente gráfico.

Esta funcionalidad es de especial interés para el modo 3 de carga, ya que es una herramienta muy eficaz para implementar mecanismos de control de la demanda, ya sea por franja horaria o según comandos de control de un centro remoto de gestión.

En el modo 2 de carga se utiliza para seleccionar manualmente la máxima corriente a solicitar de la instalación, normalmente por medio de un botón en el dispositivo de control del cable, que

### Regulación de la intensidad



permite seleccionar entre 8 A, 10 A o más. Sin embargo, por los motivos expuestos anteriormente, no conviene realizar cargas a más de 10 A en este modo, ni es posible aprovechar esta funcionalidad de un modo adecuado para ajustar la demanda de energía a la generación, esto es, para cargar en horas valle.

### INTEGRACIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

El vehículo eléctrico puede ser un instrumento muy útil para aplanar la curva de demanda y aumentar el porcentaje de energías renovables en el mix de generación eléctrica, o convertirse en un factor adicional de desequilibrio de

la misma, dependiendo de cómo y cuándo se realicen las recargas de los mismos.

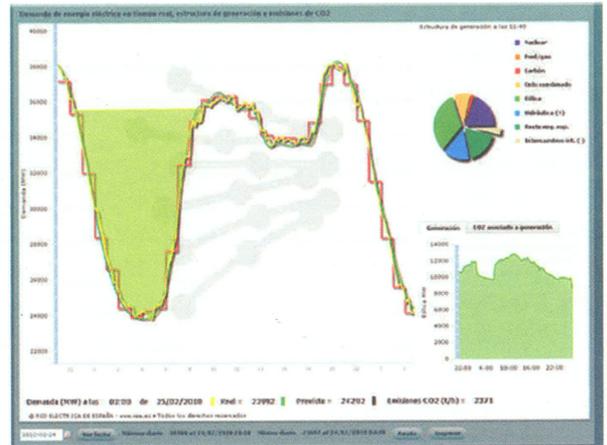
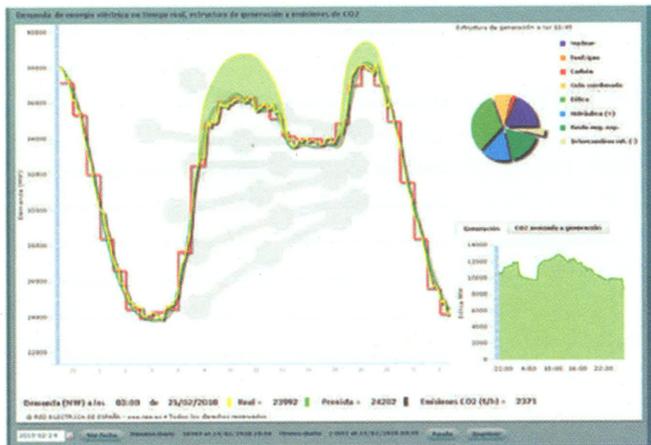
El sistema eléctrico español tiene capacidad para integrar a millones de vehículos eléctricos, siempre que la recarga de los mismos se realice de una manera controlada, aprovechando los momentos valle del sistema, como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Para estimular que la recarga de los VE se realice en momentos valle, desde el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio se creó en 2011 una tarifa supervalle con discriminación horaria para la recarga de vehículos eléctricos entre la una y las siete de la mañana.

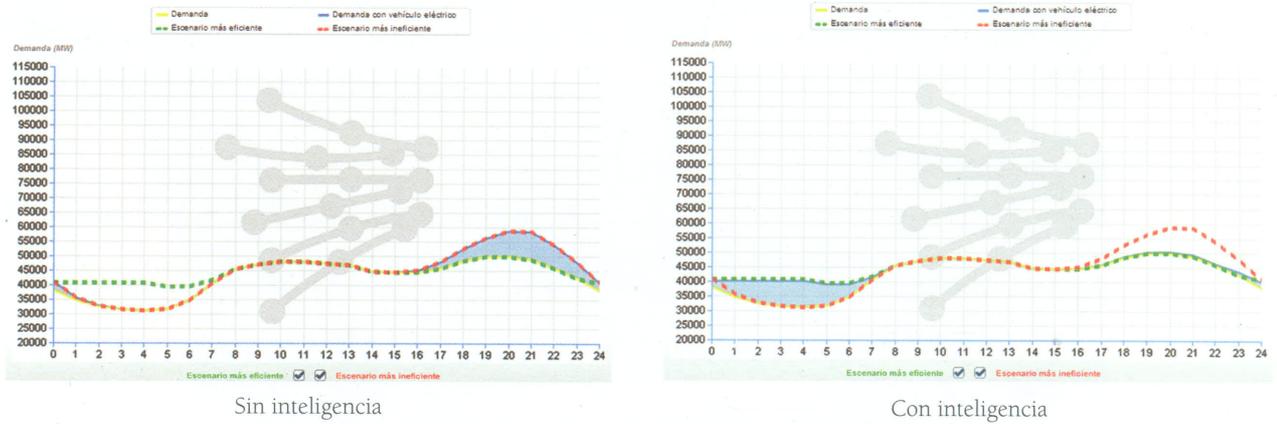
Sin embargo, esta medida es únicamente un incentivo económico, que no garantiza que las recargas de los vehículos se vayan a realizar en esta franja horaria. Para acomodar las recargas de los vehículos eléctricos a la potencia disponible en el sistema eléctrico, es necesario dotar a las estaciones de recarga de sistemas de control inteligentes, idealmente con una comunicación permanente con un centro de control.

Las estaciones de recarga dotadas de sistemas de control pueden aprovechar todo el potencial que ofrece la recarga de vehículos eléctricos en modo 3, regulando la potencia suministrada a las cargas según una configuración local en

### Impacto de la recarga VE en la curva de demanda (cortesía REE)



Resultados de simulación (cortesía REE)



cada estación o siguiendo instrucciones remotas desde el centro de control.

En el portal web de Red Eléctrica de España está disponible un simulador de recarga del vehículo eléctrico, que permite a los visitantes realizar simulaciones de recarga de vehículos eléctricos en el ámbito estatal, considerando factores como el del grado de inteligencia de la infraestructura de recarga ([http://www.ree.es/educacion/SimuladorVE\\_1024/simulador.asp](http://www.ree.es/educacion/SimuladorVE_1024/simulador.asp)). En la figura siguiente se presenta una comparativa para el escenario mencionado anteriormente (año 2020, 15% de vehículos enchufables, de los cuales el 34% son eléctricos puros y el 65% híbridos enchufables), con un grado mínimo y máximo de inteligencia en la infraestructura.

Las posibilidades que ofrece un centro de control en combinación con una red de estaciones de recarga inteligentes son muy extensas, y entre ellas figuran las siguientes:

- Adaptación de la demanda de potencia de los vehículos conectados a la potencia disponible en cada momento.
- Optimización según perfiles de usuarios de una recarga con generación mínima de CO<sub>2</sub> o de coste mínimo.
- Tarifación de la energía transferida según ubicaciones y potencias requeridas por los usuarios.

- Posibilidad de contratar recargas de vehículos en itinerancia o **roaming**, ya sea entre operadores o entre países.
- Realización de reservas previas de estaciones y localización de las mismas en la cartografía.
- A largo plazo, el conjunto de vehículos conectados a esta red de recarga inteligente puede comportarse como un sistema de almacenamiento eléctrico reversible (V2G – *Vehicle To Grid*).

Emisiones de CO<sub>2</sub>

Uno de los principales objetivos perseguidos con la adopción masiva del vehículo eléctrico en España es reducir nuestra dependencia energética del petróleo. Actualmente, el 97% de la energía utilizada en el transporte en España proviene de derivados del petróleo, que importamos en su gran totalidad, y que supone un impacto muy negativo en nuestra balanza comercial exterior.

Para que la disminución de uso del petróleo en el transporte tenga una reducción significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub> es fundamental que la generación de electricidad también se realice siguiendo criterios para evitar al máximo la generación de CO<sub>2</sub>, realizándola en aquellos momentos en que la presencia de fuentes renovables en el mix de generación de energía eléctrica sea máxima.



Fotolinera del jardín botánico de la Universidad de Alcalá.

En este punto es importante resaltar que debido a la naturaleza variable de la energía eólica y a la gran capacidad instalada en el sistema eléctrico español, llegando a cubrir puntualmente más del 60% del consumo nocturno, ocasionalmente no resulta posible consumir toda la energía eólica nocturna que podría inyectarse a la red y que, por tanto, se desaprovecha.

Otra interacción particularmente interesante con este objetivo es la combinación de la energía solar fotovoltaica instalada en cubiertas de marquesinas, lo que se ha bautizado como fotolineras.

La primera instalación de estas características en España se ha realizado en el Jardín Botánico de la Universidad de Alcalá. Produce una potencia eléctrica para la carga simultánea de varios vehículos y, en caso de que no haya ningún vehículo conectado, la energía generada es consumida por el resto de la instalación del jardín botánico, que disminuirá así su factura energética.

La primera fotolinera de España se ha instalado en el Jardín Botánico de la Universidad de Alcalá. Produce una potencia eléctrica para la carga simultánea de varios vehículos y, en caso de que no haya ningún vehículo conectado, la energía generada es consumida por el resto de la instalación del jardín botánico, que disminuirá así su factura energética

Este tipo de instalaciones que combinan la generación local fotovoltaica junto con la carga de vehículos eléctricos se verán favorecidas por la futura ley de autoconsumo eléctrico, actualmente en fase de borrador. ♣