



Septiembre 2023

Más allá del transporte sostenible

El potencial del binomio
autoconsumo y vehículo eléctrico



FUNDACIÓN
RENOVABLES

La **Fundación Renovables** agradece la colaboración del Patronato y de los amigos y amigas de la Fundación.

Equipo que ha desarrollado este documento: Raquel Paule, Maribel Núñez, Ismael Morales, Juan Fernando Martín, María Manzano, Ladislao Montiel, Carmen Crespo, Diego Ferraz y Alexandra Llave.

Supervisión: Patronato de la Fundación Renovables:

Presidente: Fernando Ferrando Vitales.

Vicepresidentes: Llanos Mora López, Juan Castro-Gil Amigo y Mariano Sidrach de Cardona Ortín.

Patronos: Sergio de Otto Soler, Luis Crespo Rodríguez, José Luis García Ortega, Assumpta Farran Poca, Daniel Pérez Rodríguez, Marta Victoria Pérez, Javier García Brea, Sara Pizzinato, María José Márquez y Manel Ferri.



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA).

Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte de este siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia.

Fundación Renovables

(Declarada de utilidad pública)

Calle Santa Engracia 108, 5º Int. Izda.

28003. Madrid

www.fundacionrenovables.org



Índice

Introducción.....	6
Objetivos del proyecto.....	8
Parámetros utilizados.....	11
Producción fotovoltaica	11
Demanda eléctrica.....	11
Integración de la fotovoltaica en el consumo	12
Vehículo eléctrico	13
LCOE (Levelized Cost of Energy)	14
Uso del vehículo eléctrico según diferentes estilos de vida	15
Escenario 1.....	19
Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador unidireccional	19
Caso 1: Uso al trabajo.....	19
Caso 2: Uso diario puntual.....	22
Caso 3: Uso en fin de semana	25
Comunidad energética con vehículos eléctricos de cargador unidireccional	28
Caso 1: Uso al trabajo.....	30
Caso 2: Uso diario puntual.....	33
Caso 3: Uso en fin de semana	36
Análisis económico del escenario 1	39
Caso 1: Uso al trabajo del vehículo eléctrico	39
Caso 2: Uso diario puntual del vehículo eléctrico	40
Caso 3: Uso en fin de semana del vehículo eléctrico.....	41
Conclusiones del escenario 1	42
El potencial de la comunidad energética.....	43
Escenario 2.....	46
Escenario 2.1: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador bidireccional	46



Caso 1: Uso al trabajo del vehículo eléctrico	47
Caso 2: Uso diario puntual del vehículo eléctrico	48
Caso 3: Uso en fin de semana	49
Escenario 2.2: Comunidad energética con vehículo eléctrico de cargador bidireccional.....	53
Análisis económico del escenario 2.....	56
Conclusiones del Escenario 2.....	57
Discusión final	59
Índice de figuras y tablas	61
Índice de figuras	62
Índice de tablas	62



Introducción

Más allá del transporte sostenible



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Introducción

Vivimos en una emergencia climática. La sociedad no puede olvidar que nos encontramos en un momento crítico, aunque no se perciba como tal, pues ni desde los medios de comunicación ni desde las administraciones públicas se está tratando con la importancia que merece una situación de esta magnitud. Hoy en día, aún no tenemos interiorizado qué significa la emergencia climática y el cambio disruptivo que tenemos que adoptar para combatir las peores consecuencias de este calentamiento global.

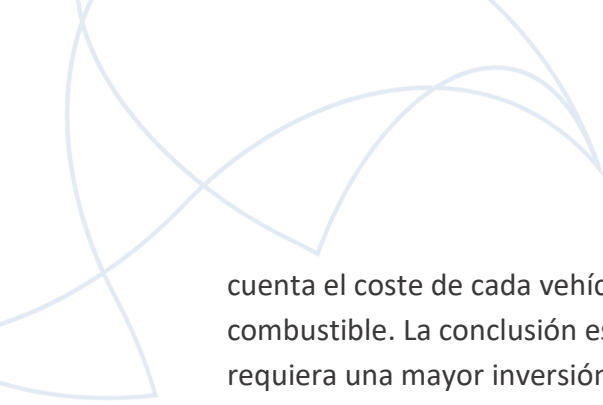
El [Acuerdo de París](#) es un hito histórico y fue firmado prácticamente por todos los países del mundo y se acordó limitar el calentamiento global por debajo de 1,5°C. Esta temperatura no es arbitraria, se estableció gracias a los diferentes estudios que el [Panel Intergubernamental para el Cambio Climático \(IPCC\)](#) lleva elaborando durante décadas y corresponde al aumento máximo de temperatura que podemos incrementar sin que se produzcan consecuencias catastróficas. Estos estudios también nos dicen que **para conseguir mantener ese calentamiento máximo debemos actuar ahora, en lo que llaman la década crítica, a través de un cambio disruptivo en la forma de producir y de consumir energía.**

El sector transporte es el que más contribuye a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), porque es el que más energía consume y porque, prácticamente, su totalidad procede de fuentes fósiles. Esto provoca, a su vez, una dependencia energética del exterior que, como hemos vivido hace poco tiempo, nos hace vulnerables al devenir de las políticas de terceros países, con un impacto directo en nuestras vidas a través de subidas de precio generalizadas.

Es, por tanto, el sector más prioritario que descarbonizar a través de varias actuaciones que van desde su electrificación hasta el cambio en el reparto modal, es decir, un cambio total en el actual modelo de transporte y movilidad que tenemos. Una de las metas que conseguir es la autosuficiencia de nuestra movilidad, objetivo que para la ciudadanía no es difícil pues su electrificación, unida con el autoconsumo, es una solución perfecta, por eficiencia, por emisiones, por economía y por democratización de la energía y la movilidad.

Los vehículos eléctricos (VE) son ya una alternativa viable, tanto técnica como económicamente. En la **Fundación Renovables** hemos elaborado un [comparador de electromovilidad](#), en el que, para un mismo modelo en sus versiones de gasolina, diésel, híbrido enchufable y eléctrico, calculamos el coste económico de cada uno de ellos en función de la distancia que recorren anualmente. Para este cálculo se tiene en





cuenta el coste de cada vehículo, su infraestructura y el precio de la energía o combustible. La conclusión es clara y es que, aunque a día de hoy el vehículo eléctrico requiera una mayor inversión, este “sobrecoste” se recupera al superar los 7.000 km anuales. Como dato, la media de distancia según el Instituto Nacional de Estadística (INE) que se recorre en España es de 12.500 km/año. El ahorro de un vehículo eléctrico viene determinado por la mayor eficiencia que tienen este tipo de motores, porque la electricidad es más barata y por un menor coste de mantenimiento.

Los vehículos eléctricos tienen un valor añadido del que carecen las otras “alternativas” y es que no son solo medios de transporte, sino que, al contar con una batería, tienen la capacidad de almacenar energía e, incluso, de suministrarla. Es decir, pueden intercambiar electricidad con los hogares y con la red de suministro, actuando como un recurso adicional para la gestión de la demanda y el almacenamiento de energía, tanto a nivel residencial (*Vehicle to Home o V2H*) como en la red en general (*Vehicle to Grid o V2G*). Al considerar que los vehículos privados pasan aproximadamente el 95% de su tiempo estacionados, mediante una planificación adecuada y la infraestructura necesaria, los vehículos eléctricos estacionados y conectados podrían transformarse en un sistema de almacenamiento masivo capaz de gestionar la energía excedentaria generada por instalaciones de autoconsumo.

En cuanto al autoconsumo fotovoltaico, su rentabilidad está fuera de toda duda, con un retorno de estas inversiones que se sitúa entre los 4 y los 7 años. De hecho, en los últimos cinco años su instalación [ha crecido un 1.200%](#) y cada vez es más habitual ver este tipo de instalaciones en hogares, empresas e industrias.

El modelo de edificio del futuro es uno inteligente, autosuficiente (eficiencia energética más generación de energía in-situ) y que, además, incorpora la movilidad dentro de sus consumos. Tan importante es reducir la demanda de energía, a través del ahorro y la eficiencia, como el desplazamiento de cargas para que coincidan con la disponibilidad de las renovables. Es por ello que el vehículo eléctrico hibridado con una instalación de autoconsumo fotovoltaico nos permite completar el llamado “círculo virtuoso de la energía” al poder generar, almacenar, consumir y gestionar nuestra propia energía, potencial que se amplía si lo integramos dentro de comunidades energéticas.



Objetivos del proyecto

El círculo virtuoso de la energía (renovables, eficiencia y almacenamiento) es la apuesta perfecta para desarrollar una transición energética justa para la ciudadanía, ya que además de contribuir a frenar las emisiones de GEI y mejorar la eficiencia, ayuda al buen funcionamiento del sistema eléctrico gracias al almacenamiento que ofrecen los vehículos eléctricos.

Este proyecto tiene como finalidad **poner en valor el potencial que tiene el vehículo eléctrico como un nuevo elemento conectado en un hogar que ya dispone de autoconsumo**, pues la combinación de ambos ofrece a la ciudadanía las herramientas para encaminarse a su autosuficiencia energética, tanto del hogar como de su movilidad.

Es también un estudio teórico y puramente energético. Aunque usamos datos económicos como precios y tarifas, la premisa última del trabajo es analizar este incipiente modelo energético que está llamado a tener una gran importancia en la democratización de la energía y en el cambio de modelo energético.

El estudio analiza dos escenarios en los que, a su vez, se estudian dos opciones de autogeneración (autoconsumo individual y comunidad energética). En el primer escenario se contempla la situación actual que tenemos a nivel técnico y normativo, es decir, vehículos eléctricos con cargadores de baterías unidireccionales. En el segundo, se analizan los mismos casos, pero con la premisa de que contamos con cargadores bidireccionales, lo que convierte al vehículo eléctrico en un sistema de almacenamiento que puede dotar de energía a la vivienda en los momentos en los que el autoconsumo no genera lo suficiente, en vez de tomarla de la red.

Las bases sobre las que se han construido los dos escenarios son:

Escenario 1: Autoconsumo y vehículo eléctrico con cargador unidireccional

Para la construcción de este escenario se ha priorizado siempre que la energía producida por el autoconsumo abastezca primero las necesidades energéticas del hogar, siendo la energía excedentaria la usada para la carga del vehículo eléctrico. Se trata de instalaciones conectadas a red, y, por tanto, habrá momentos en que tanto la vivienda como el vehículo eléctrico tomarán energía de la red eléctrica.

En este escenario el cargador del vehículo eléctrico es unidireccional, es decir que la energía solo irá en una dirección, desde el autoconsumo (o la red) hasta la batería del vehículo y por tanto la batería solo podrá almacenar la energía para consumirla posteriormente con el uso del vehículo. Este escenario es el que ahora mismo tenemos en España si queremos combinar autoconsumo y vehículo eléctrico.

Esta casuística se evaluará para dos casos, uno con un autoconsumo individual y otro con una comunidad energética.

Escenario 2: Autoconsumo y vehículo eléctrico con cargador bidireccional

Se ha tenido en cuenta la misma premisa que en el escenario anterior, priorizar la energía producida por el autoconsumo para abastecer las necesidades energéticas del hogar y después podrá utilizarse el excedente para recargar el vehículo eléctrico.

La diferencia radica en que, en este caso, el cargador del vehículo eléctrico será bidireccional, es decir, que sirve tanto para cargar la batería como para obtener la energía almacenada en ella con el fin de abastecer las necesidades energéticas de la vivienda (lo que se conoce en inglés por “vehicle to home”, “V2H”).

Por supuesto, se analizará para los mismos dos casos, autoconsumo individual y comunidad energética.



Parámetros utilizados

Más allá del transporte sostenible



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Parámetros utilizados

Los escenarios de este informe se han elaborado usando como base los cuatro parámetros que marcan un proyecto de este tipo: la producción de la instalación de autoconsumo y su integración en el consumo, la curva de demanda típica en el sector residencial español, el LCOE (Levelized Cost of Energy) y las especificaciones técnicas del vehículo eléctrico y su cargador.



Producción fotovoltaica

En el caso del autoconsumo individual se ha supuesto una instalación de 4 kWp y para una comunidad energética se ha optado por una potencia total de 40 kWp y 10 viviendas. El análisis de la producción fotovoltaica se ha elaborado utilizando los datos medios de irradiancia directa para España que proporciona la Agencia Estatal de Meteorología - [AEMET](#). Para calcular la forma de la curva de producción se han usado valores de [Red Eléctrica](#).

Los cálculos se han trasladado en cuatro gráficas horarias según cada estación del año. Se ha decidido hacerlo por estaciones porque la producción fotovoltaica varía de forma notable debido a la diferencia en las horas de sol y en la intensidad de la radiación.



Demanda eléctrica

Para el consumo eléctrico medio por hogar se ha escogido el dato de 3.500 kWh/año proporcionado por el Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía - [IDAE](#). A su vez, se han dibujado las curvas utilizando los perfiles de consumo para tarifas 2.0TD (potencias contratadas menores de 15 kW) de [Red Eléctrica](#). Por último, se ha realizado una aproximación de estas curvas, propias del sector residencial, para cada una de las estaciones del año.

Se ha considerado una potencia contratada de 4 kW en el mercado libre. Para llegar a un precio medio en la parte fija (potencia) y variable (energía), se realizó un estudio de mercado con diferentes comercializadoras (Tabla 1). Se ha elegido una tarifa en tres tramos (valle, llano y punta), lo más conveniente a la hora de gestionar la propia demanda, ya que, siempre que el autoconsumo no pueda suministrar suficiente

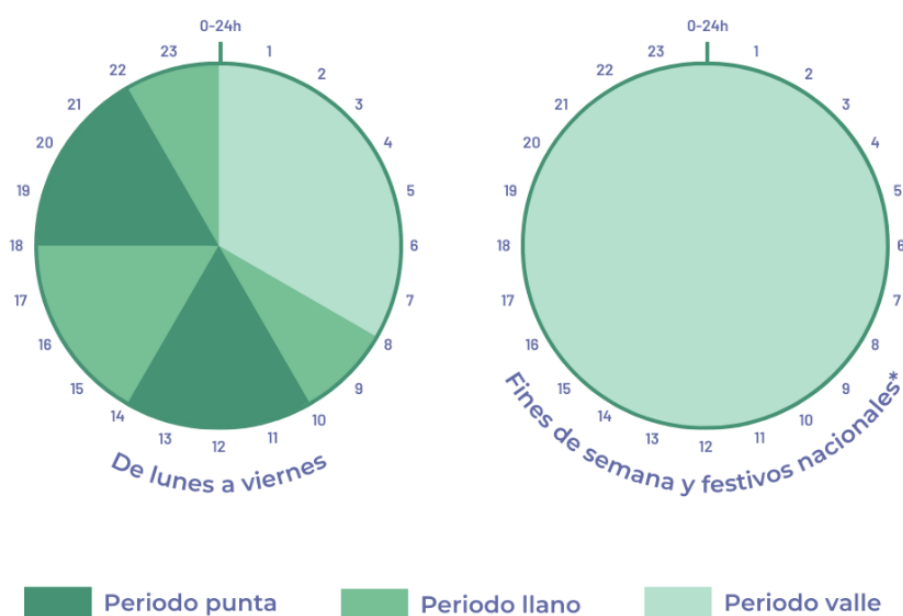


energía, podremos trasladar la demanda a la madrugada, cuando la energía será más barata.

Tramo	Horarios del tramo	Tarifa (€/kWh)
Valle	0h-8h	0,16
Llano	8h-10h, 14h-18h, 22h-24h	0,20
Punta	10h-14h, 18h-22h	0,26

Tabla 1. Tramos horarios y precios medios orientativos del kWh de comercializadoras del mercado libre utilizados en el estudio.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de mercado de diferentes comercializadoras.



(*)Festivos nacionales no sustituibles de fecha fija, además del 6 de enero

Figura 1. Distribución de franjas horarias en la península, Baleares y Canarias.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de mercado de diferentes comercializadoras.



Integración de la fotovoltaica en el consumo

La penetración de autoconsumo es el porcentaje de energía proveniente del autoconsumo que cubre el consumo eléctrico que tenemos en nuestro hogar (sin tener en cuenta el vehículo eléctrico).

Utilizando las curvas de consumo y de producción fotovoltaica se ha calculado la cantidad de energía obtenida de la red en cada hora del día. Es decir, si se consumen



1,5 kWh, de los cuales 1,0 kWh se obtiene de la instalación fotovoltaica, estamos ante una integración de la fotovoltaica de un 67% en el consumo de la vivienda, necesitando obtener el restante 33% de la red.

Tras replicar estos cálculos para cada hora del día y cada estación del año, se obtuvieron los datos de integración del autoconsumo para cada estación del año.

En la siguiente tabla quedan patentes las diferencias en cuanto a la producción eléctrica (y su integración) en función de la época del año, con un rango que va desde el 44% en invierno hasta el 72% en verano.

	 Invierno	 Primavera	 Verano	 Otoño
Integración renovable en el consumo	44%	65%	72%	53%

Tabla 2. Porcentaje de integración del autoconsumo fotovoltaico en el consumo del hogar.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

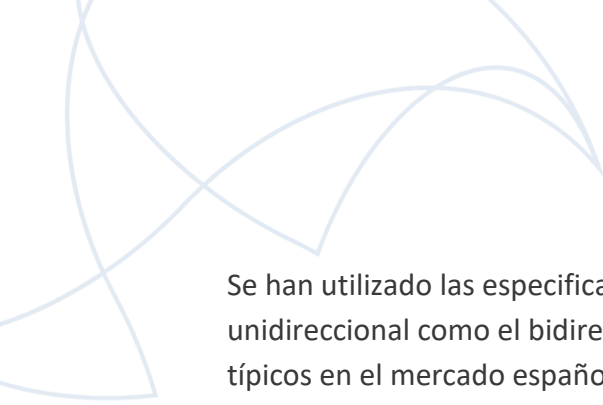
Estos valores muestran el gran el impacto que un autoconsumo puede llegar a tener, pues al convertirnos en productores de nuestra propia energía eléctrica, hemos **pasado de adquirir (y depender) el 100% de la red eléctrica a sólo necesitar entre un 30% y un 50% de nuestra demanda.**

Vehículo eléctrico

Todos los vehículos eléctricos tienen una batería para almacenar la energía que utilizan para moverse. Esta batería funciona como cualquier otra, se enchufa el vehículo para cargarla y se desenchufa cuando este quiera ser usado. El cargador del vehículo eléctrico es el componente “inteligente” que conecta el autoconsumo y la red eléctrica con nuestro vehículo y hace que la batería de este pueda ser cargada. Se le pone el adjetivo de “inteligente” porque es programable y cuenta con varias funcionalidades que van a permitirnos ahorrar en la factura de la luz.

El hecho de poder programar la carga quiere decir que podremos decirle al cargador que funcione en el momento que nosotros decidamos. Como las horas nocturnas (periodo valle) son las más baratas, se podrá programar para que comience a cargar a la 1 AM, acabando a las 4 AM, por ejemplo. Esto hace que el consumidor pueda gestionar su demanda de manera mucho más eficiente y económica.





Se han utilizado las especificaciones de dos cargadores. Tanto el cargador unidireccional como el bidireccional serán de 7,4 kW de potencia, ya que son lo más típicos en el mercado español actualmente. Ambos serán utilizados tanto para autoconsumo individual como para la comunidad energética. El unidireccional se incorpora en el análisis del primer escenario y el bidireccional en el del segundo.

El cargador puede funcionar a 7,4 kW como máximo, pero la potencia máxima de carga será restringida por la potencia contratada del hogar¹. Por ejemplo, si nuestro consumo en un momento determinado es de 1,5 kW, el cargador solo podrá funcionar como máximo a 2,5 kW, hasta llegar a la potencia que se tiene contratada. Teniendo en cuenta el consumo diario, se ha determinado una carga máxima de 2 kW durante la tarifa valle, tendremos un margen en caso de querer hacer uso de más carga en ese momento.

La **carga del vehículo eléctrico** se producirá con el autoconsumo que sobre tras cubrir las necesidades de la vivienda. En caso de que no se disponga de electricidad excedentaria suficiente para efectuar la completa recarga del vehículo, ya sea porque el vehículo no esté disponible en las horas en las que se produce la electricidad del autoconsumo o porque el consumo de la vivienda use toda esa electricidad, se utilizará la electricidad de la red en su horario más barato para la recarga, es decir, el tramo valle, específicamente de 1AM a 4AM. (Más información en el apartado Demanda eléctrica).

€ LCOE (Levelized Cost of Energy)

Para poder hacer una buena comparación del coste de la instalación de autoconsumo con el coste de la energía comprada a la red eléctrica se ha calculado el “coste nivelado de la energía” (LCOE, en sus siglas en inglés)².

El coste de la instalación de autoconsumo engloba la inversión inicial y el mantenimiento a lo largo de su vida útil (supuesta de 25 años). Dividiendo este coste entre la producción estimada para esos 25 años se obtiene el precio de la energía procedente del autoconsumo (€/kWh).

¹ La potencia contratada es la potencia máxima a la que se puede llegar en un mismo instante y que, en caso de que se sobrepase, el interruptor control de potencia (ICP) se dispara, algo que popularmente se conoce como “saltar los plomos”.

² LCOE: Coste económico de cada kWh producido en una instalación generadora de electricidad.



El precio de la instalación de autoconsumo cambia ligeramente entre las instalaciones pequeñas (autoconsumo individual) y las más grandes (comunidades energéticas). Tras consultar con varias instaladoras, se ha utilizado un coste base orientativo de 1.500 €/kWp para una instalación pequeña (4 kWp) y de 1.000 €/kWp para una instalación mayor (40 kWp).

Con los datos mencionados se han obtenido un LCOE de 0,07 €/kWh para la instalación de autoconsumo individual y de 0,05 €/kWh para la instalación de la comunidad energética. En la Tabla 3 pueden verse estos precios junto al de red en periodo valle (0,16 €/kWh), pues el vehículo se recargará por la noche.

Fuente de la electricidad		Precio (€/kWh)
	Red (tarifa valle)	0,16
	Autoconsumo individual	0,07
	Autoconsumo comunidad energética	0,05

Tabla 3. Precio de las diferentes fuentes de electricidad disponibles en el estudio para la carga del vehículo eléctrico.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Uso del vehículo eléctrico según diferentes estilos de vida

Las diferentes rutinas y estilos de vida hacen que aprovechemos la instalación fotovoltaica de manera distinta, pues los consumos en nuestros hogares se producen en función de las horas que estamos en ellos. No es lo mismo un hogar con personas jubiladas, en el que sus habitantes trabajen o uno con personas que trabajen fuera.

Por ello, en este estudio se han diferenciado **tres estilos de consumo y uso del vehículo eléctrico** con el fin de analizar el impacto que tiene cada uno. La idea es ofrecer a la ciudadanía un rango amplio con el que pueda orientarse sobre el potencial que tiene el binomio autoconsumo y vehículo eléctrico, en función del estilo de vida.

El primer tipo de uso será al trabajo, es decir, se sacará el coche por la mañana y volverá al hogar a media tarde, de lunes a viernes, dejando el vehículo en el hogar durante el fin de semana. El segundo será un uso diario, pero puntual, es decir, el coche permanece en el hogar todos los días de la semana y se usa en momentos puntuales durante el día. En el último caso, se usará el vehículo exclusivamente los fines de semana, permaneciendo en el hogar entre semana. Estos tres estilos de uso conllevarán los diferentes parámetros de partida que se recogen en la Tabla 4.



La modelación de generación eléctrica con autoconsumo, consumo eléctrico de la vivienda y recarga del vehículo eléctrico se realizará de manera semanal.



	Uso al trabajo	Uso diario puntual	Uso en fin de semana
	Salir a trabajar de lunes a viernes. Sábado y domingo en el hogar	Salir a hacer actividades concretas de forma rutinaria (p.ej. llevar niños al colegio). (Todos los días de la semana)	Realizar un viaje fuera de la residencia habitual. (Solo fin de semana y de lunes a viernes en el hogar)
Distancia estimada	30 km/día ³	10 km/día	200 km/ fin de semana
Tipo de consumo ⁴	Por ciudad (13 kWh/100km)	Por ciudad (13 kWh/100km)	Por carretera (16 kWh/100km)
Consumo	4 kWh/día	1,3 kWh/día	32 kWh/fin de semana
	20 kWh/semana	9 kWh/semana	32 kWh/semana
Horario para carga	20h-8h	Todo el día, excepto momentos puntuales	Todo el día entre semana

Tabla 4. Parámetros para cada uno de los tipos de uso del vehículo eléctrico.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Cabe resaltar que lo ideal siempre es aprovechar al máximo la electricidad procedente de nuestro autoconsumo, gestionando nuestra demanda, como, por ejemplo, programando la lavadora, el lavavajillas o cocinando o planchando durante las horas de sol. De todos modos, la electricidad que no se pueda aprovechar para el consumo del hogar es vertida a la red y compensada en la factura eléctrica en forma de excedentes.

Como último matiz es que en la vivienda viven varias personas con distintos horarios, algunos independientes al uso del coche por lo que puede darse el caso que en la vivienda exista consumo, porque alguien de la familia se encuentra en ella, aunque el vehículo esté fuera con otros miembros de la familia.

³ Distancia media recorrida en automóvil por persona y día. Fuente: [MITECO](#).

⁴ Consumo tipo por ciudad y carretera por 100 km recorridos. Fuente: [Comparador de electromovilidad](#).



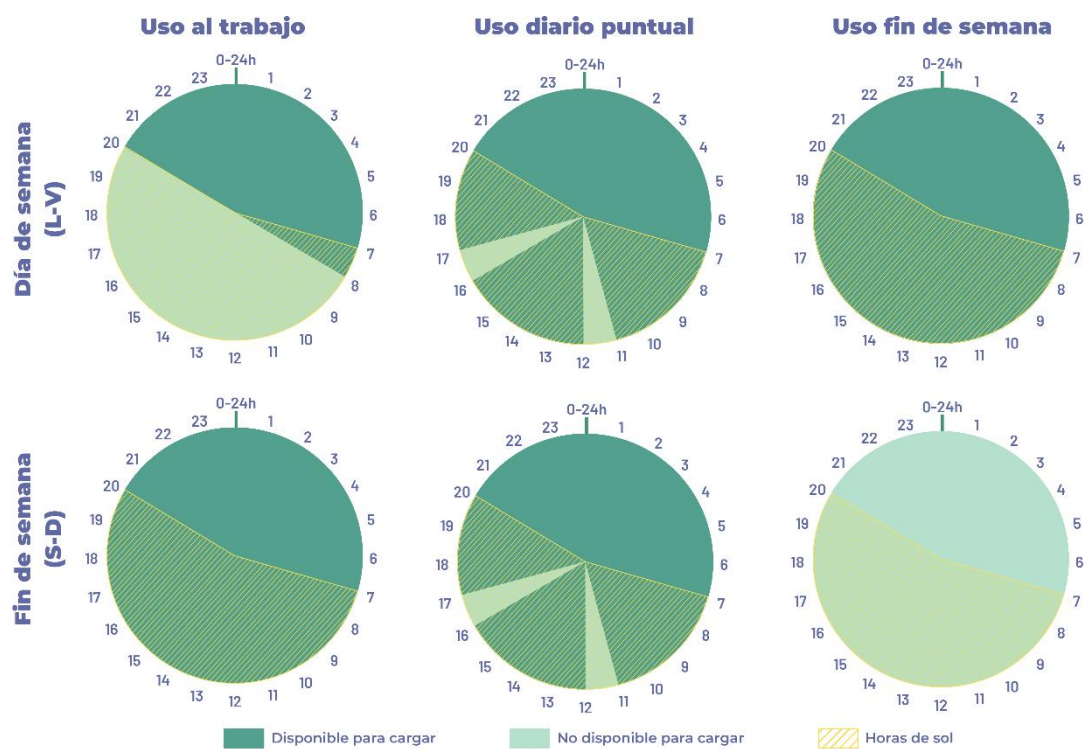


Figura 2. Disponibilidad de carga del vehículo eléctrico y horas de sol según los tres estilos de uso del vehículo eléctrico.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.



Escenario 1. Autoconsumo y vehículo eléctrico con cargador unidireccional

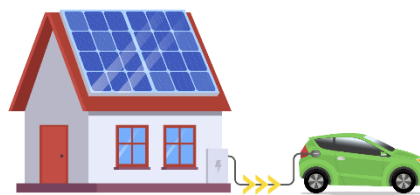
Más allá del transporte sostenible



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Escenario 1

Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador unidireccional



Empezamos el análisis con la modalidad de autoconsumo y el tipo de cargador más común en España hasta la fecha, el autoconsumo individual y el cargador unidireccional.

Caso 1: Uso al trabajo



En este caso, el conductor usa el vehículo eléctrico para ir y volver del trabajo (8h-20h), es decir, el vehículo eléctrico pasa casi todo el día fuera del hogar de lunes a viernes. En este tipo de uso, en las horas en las que el autoconsumo genera electricidad el vehículo eléctrico se encuentra fuera del hogar, por lo que de lunes a viernes no puede aprovechar la instalación para la recarga. Pero, durante el fin de semana, cuando el vehículo no se utiliza, sí se puede aprovechar esa electricidad para recargar la batería.

Según los datos facilitados en la Tabla 5, el consumo medio que tiene este uso del vehículo eléctrico en una semana es de unos 20 kWh, que representa aproximadamente el 33% de la capacidad que posee la batería. A su vez, con una producción de autoconsumo fotovoltaico semanal que varía desde los 43 kWh en invierno hasta los 126 kWh en verano, y un consumo del hogar que también fluctúa con las estaciones del año, aunque en menor medida, tenemos unos valores de cobertura muy dispares.

Datos semanales				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Autoproducción fotovoltaica (kWh)	43	88	126	61
Consumo hogar (kWh)	81	59	66	63
Consumo vehículo eléctrico (kWh)	20	20	20	20
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes del autoconsumo	11%	78%	100%	41%

Tabla 5. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la producción de autoconsumo individual, el consumo del hogar y el consumo del vehículo eléctrico utilizado para ir al trabajo.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables





En invierno sólo podremos utilizar la electricidad procedente del autoconsumo para cubrir un 11% del consumo del vehículo eléctrico, debido a que una gran parte de esa electricidad se utilizará para cubrir la demanda de la vivienda, que durante el invierno es mayor, ya que no se producirá tanta electricidad como en otras estaciones. Durante este periodo es cuando más se deberá utilizar la electricidad de la red, el vehículo se cargará durante poco más de 8 horas repartidas en 3 noches, con el fin de aprovechar la tarifa más barata.

En primavera, la cobertura sube exponencialmente casi hasta un 80% del consumo semanal del vehículo y eso solo recargando el fin de semana que, recordemos, es cuando el vehículo está en la vivienda para aprovechar la electricidad del autoconsumo. Además, todos los lunes también tiene que hacer una recarga de unas 3 horas con la electricidad proveniente de la red (en periodo valle) para tener el coche al 100% de batería.

En verano es cuando más recompensa se puede ver en la hibridación de los dos sistemas, pues el 100% de la electricidad que consume nuestro vehículo eléctrico puede ser suministrada en solo día y medio con nuestra instalación de autoconsumo fotovoltaico, no necesitando repostar en ningún momento de la red eléctrica.

Durante el otoño, cuando la producción fotovoltaica baja debido a la menor cantidad de horas con sol, tenemos una cobertura de un 40% en nuestro vehículo gracias al autoconsumo fotovoltaico. Volvemos a necesitar una recarga de la red con el fin de que nuestra batería siempre esté al completo, pero bastará con una carga de día y medio aprovechando la tarifa valle.

Para representar de forma visual las situaciones anteriormente descritas se ha elaborado la Figura 3, que muestra de forma gráfica y sencilla la producción fotovoltaica horaria, los consumos del hogar y del vehículo eléctrico para cada estación del año.

El mayor consumo del hogar (gris) se da en invierno, con un pico en las horas finales del día, siendo primavera y otoño las estaciones con menor demanda en el hogar. La producción fotovoltaica (naranja) marca el máximo en verano, siendo casi tres veces mayor que en invierno. Por otro lado, se ha considerado un consumo constante del vehículo eléctrico (verde) durante las cuatro estaciones del año. Se representa en verde la carga de la batería por autoconsumo y en rayas verdes y blancas la carga procedente de la red eléctrica.

BALANCE ENERGÉTICO: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador unidireccional.
Caso 1: Uso al trabajo

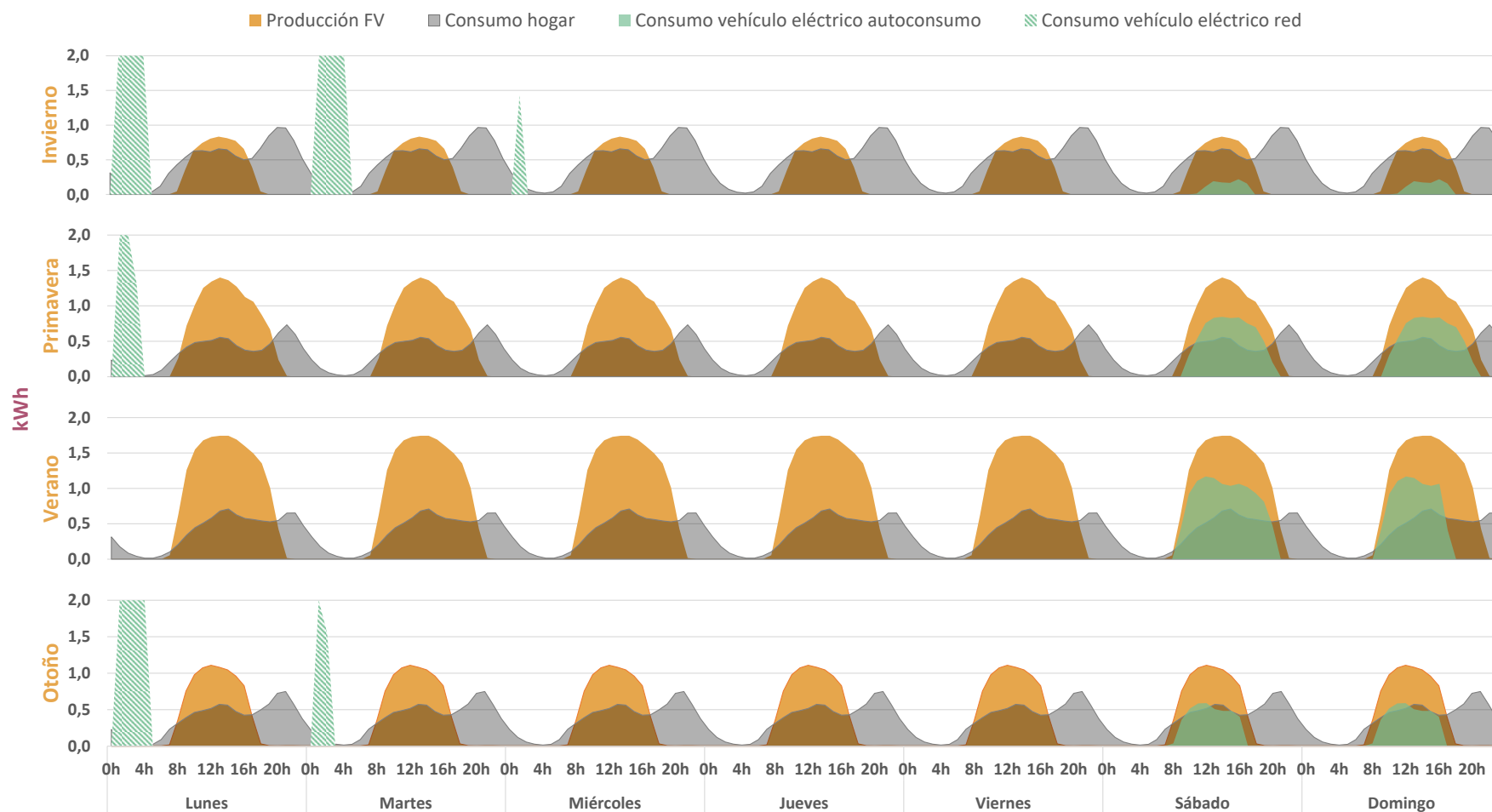


Figura 3. Autoproducción individual, consumos semanales del hogar y del vehículo eléctrico para cada estación del año y un uso al trabajo del vehículo. Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.



Caso 2: Uso diario puntual



En este caso, el uso que se le dará al vehículo eléctrico será en momentos puntuales y a determinadas horas del día, lo que hemos traducido en dos salidas diarias de lunes a domingo. Esta situación puede aplicarse a personas que pasan tiempo en casa o que van andando o en transporte público a trabajar, pero luego salen a hacer la compra, a buscar a los hijos al colegio o a hacer cualquier otra gestión. En este caso, el vehículo podrá cargarse durante casi todas las horas de mayor producción de la instalación de autoconsumo.

Como el vehículo recorre 10 km diarios de media y su consumo es de 13 kWh cada 100 km, obtenemos un consumo semanal de 9 kWh, que representa un 15% de la batería. En este caso, debido a que el vehículo eléctrico está más disponible para aprovechar la electricidad procedente de autoconsumo, el 100% del consumo puede ser cubierto con electricidad de nuestra instalación durante las 3 estaciones del año con mayor producción fotovoltaica: primavera, verano y otoño. Solo durante el invierno necesitaremos utilizar un extra de electricidad procedente de la red.

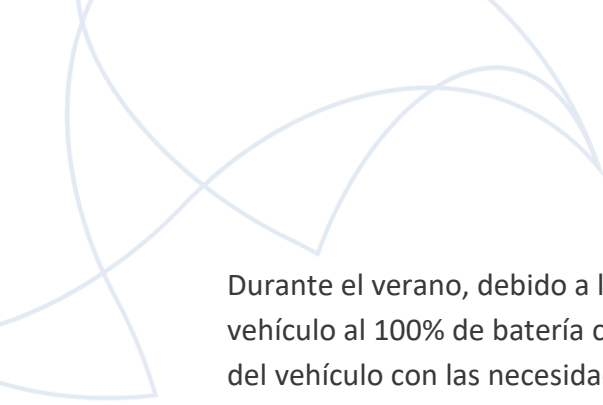
Datos semanales				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Autoproducción fotovoltaica (kWh)	43	88	126	61
Consumo hogar (kWh)	81	59	66	63
Consumo vehículo eléctrico (kWh)	9	9	9	9
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes del autoconsumo	59%	100%	100%	100%

Tabla 6. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la producción de autoconsumo individual, el consumo del hogar y el consumo del vehículo eléctrico utilizado de forma diaria, pero puntual.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Si hacemos una descripción más detallada por estaciones, en primavera, en un día y medio de carga a la semana podremos tener nuestro vehículo con la batería al máximo. Si queremos hacer una mejor gestión de nuestra demanda, incluso podemos recargar nuestro coche diariamente de 12:00h a 13:30h y tendríamos siempre nuestra batería al 100% y el resto de las horas de sol del día para aprovechar la electricidad del autoconsumo para otros usos que normalmente no hacemos en esas horas, como poner una lavadora, cocinar en el horno, etc.





Durante el verano, debido a la mayor producción fotovoltaica, podemos tener nuestro vehículo al 100% de batería con un solo día de carga. Si queremos compaginar la carga del vehículo con las necesidades de nuestra vivienda, podríamos cargarlo de 8h a 10h, lo que nos permitiría conseguir el 100% y, nuevamente, aprovechar el resto de las horas con autoconsumo para demandas que normalmente usarían electricidad de la red (más cara).

En otoño la producción fotovoltaica vuelve a bajar, pero con tres días en los que aprovechemos la electricidad del autoconsumo para recargar nuestro vehículo será suficiente para tener la batería al 100%. Nuevamente podríamos realizar una carga diaria de 12:00h a 14:30h y así poder aprovechar las otras horas de generación para otros consumos del hogar.

Por último, en invierno la producción fotovoltaica baja y nuestro consumo aumenta, por lo que, incluso aprovechando todas las horas disponibles, no podremos cubrir por completo el consumo semanal de nuestro vehículo eléctrico. Para asegurar una batería siempre llena semanalmente, deberemos aprovechar las horas en las que el autoconsumo proporcione electricidad y hacer una recarga de 2h a la semana usando la red en la tarifa valle. Cabe remarcar que esta carga no es realmente necesaria pues el porcentaje de la batería es aún alto, por lo que en la práctica no haría falta recargar todas las semanas. Se ha considerado así al hacer el estudio de forma semanal y necesitar reflejar esa bajada del 100% de carga.

Al igual que en el caso anterior se ha elaborado la Figura 4, que muestra de forma gráfica y sencilla la producción fotovoltaica horaria media, los consumos del hogar y del vehículo eléctrico para cada estación del año.

En la figura se puede ver cómo el vehículo eléctrico se recarga al completo con la energía del autoconsumo en primavera, verano y otoño, necesitando hacerlo a través de la red solo los lunes del invierno.

BALANCE ENERGÉTICO: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador unidireccional.
Caso 2: Uso diario puntual

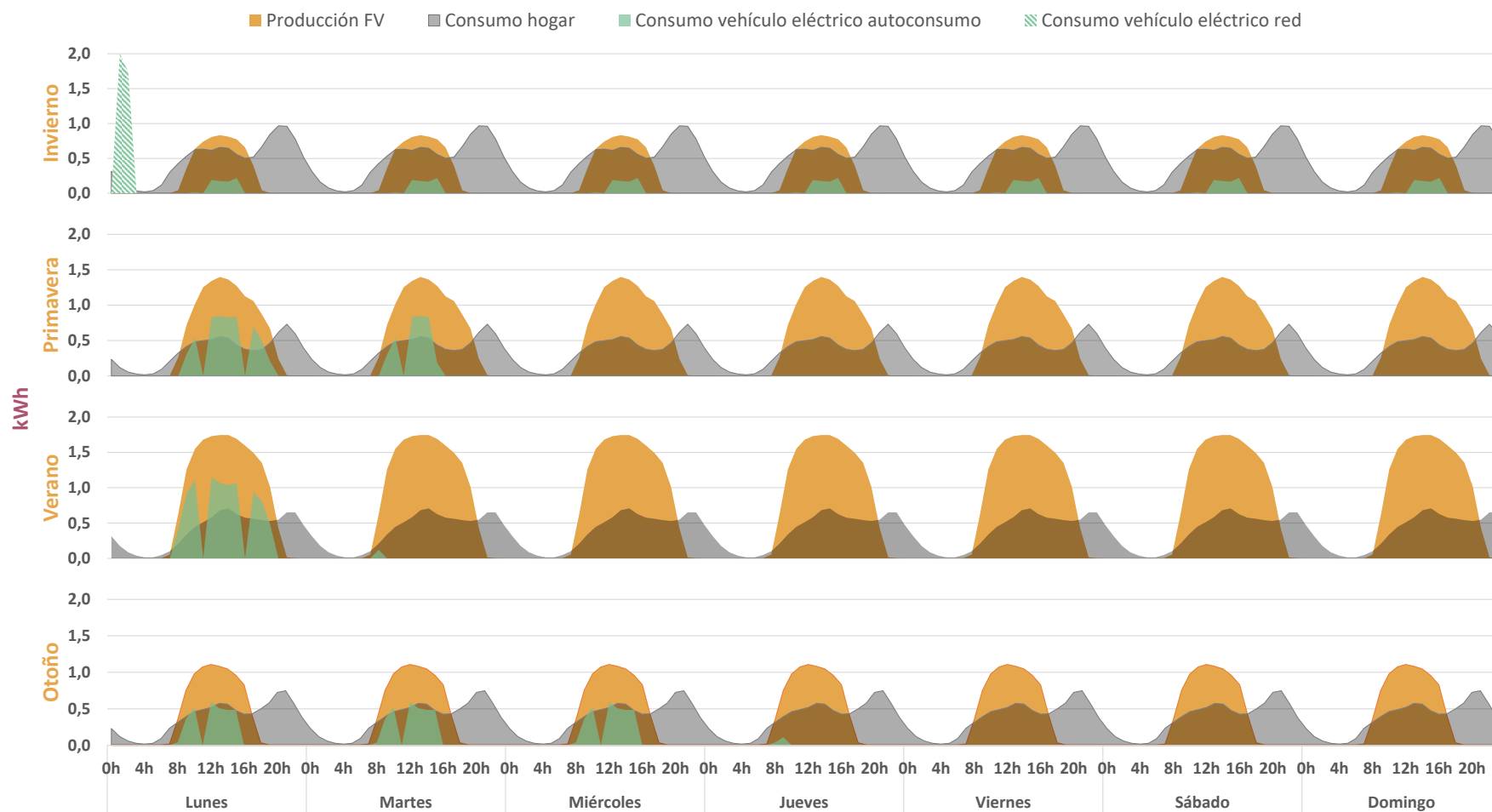


Figura 4. Autoproducción individual, consumos semanales del hogar y del vehículo eléctrico para cada estación del año y un uso puntual diario del vehículo. Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables



Caso 3: Uso en fin de semana



Para este tercer caso se consideran mayores distancias de recorrido, pero concentrados en el fin de semana cuando se sale del municipio residencial. En este caso, de lunes a viernes el vehículo eléctrico está disponible para aprovechar el 100% de los excedentes del autoconsumo tras el consumo de la vivienda. Durante el fin de semana se usa para viajar, por lo que no se conectará al hogar. Por tanto, toda la carga que recibirá del autoconsumo será de lunes a viernes.

Se estiman 200 km de recorrido cada fin de semana, entre ida y vuelta, lo que equivaldría a un consumo de 32 kWh. Como se puede ver en la Tabla 7, de la producción de autoconsumo individual, el consumo del hogar y el consumo del vehículo eléctrico utilizado en fin de semana, durante primavera y verano podremos cargar el 100% del consumo semanal de nuestra batería con autoconsumo, mientras que en otoño será más de la mitad. En invierno tendremos que utilizar la red de forma mayoritaria para poder tener la batería al máximo.

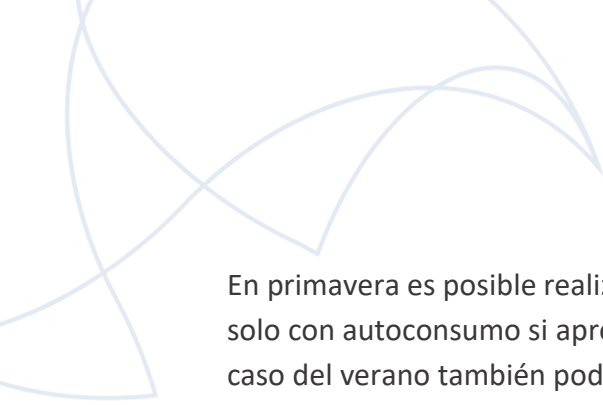
Datos semanales				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Autoproducción fotovoltaica (kWh)	43	88	126	61
Consumo hogar (kWh)	81	59	66	63
Consumo vehículo eléctrico (kWh)	32	32	32	32
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes del autoconsumo	16%	100%	100%	61%

Tabla 7. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la producción de autoconsumo individual, el consumo del hogar y el consumo del vehículo eléctrico utilizado en fin de semana.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables

Con la ayuda visual de la Figura 5, podemos entender mejor cómo funciona. Durante el invierno se aprovecharán todos los excedentes que se producen de lunes a viernes, pero no serán suficiente para cubrir toda la electricidad consumida durante el fin de semana, necesitando cargar de la red 3 días durante 4h, más una breve carga al día siguiente. En otoño la situación es similar cargando con autoconsumo de lunes a viernes, pero al tener esta estación mayor producción fotovoltaica, sólo se necesitarían 5 horas de recarga procedente de la red, que se repartirán en dos días.





En primavera es posible realizar una carga completa de la batería del vehículo eléctrico solo con autoconsumo si aprovechamos todos los excedentes de 4 días y medio. En el caso del verano también podríamos cargar completamente en sólo 3 días.

BALANCE ENERGÉTICO: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador unidireccional.
Caso 3: Uso en fin de semana

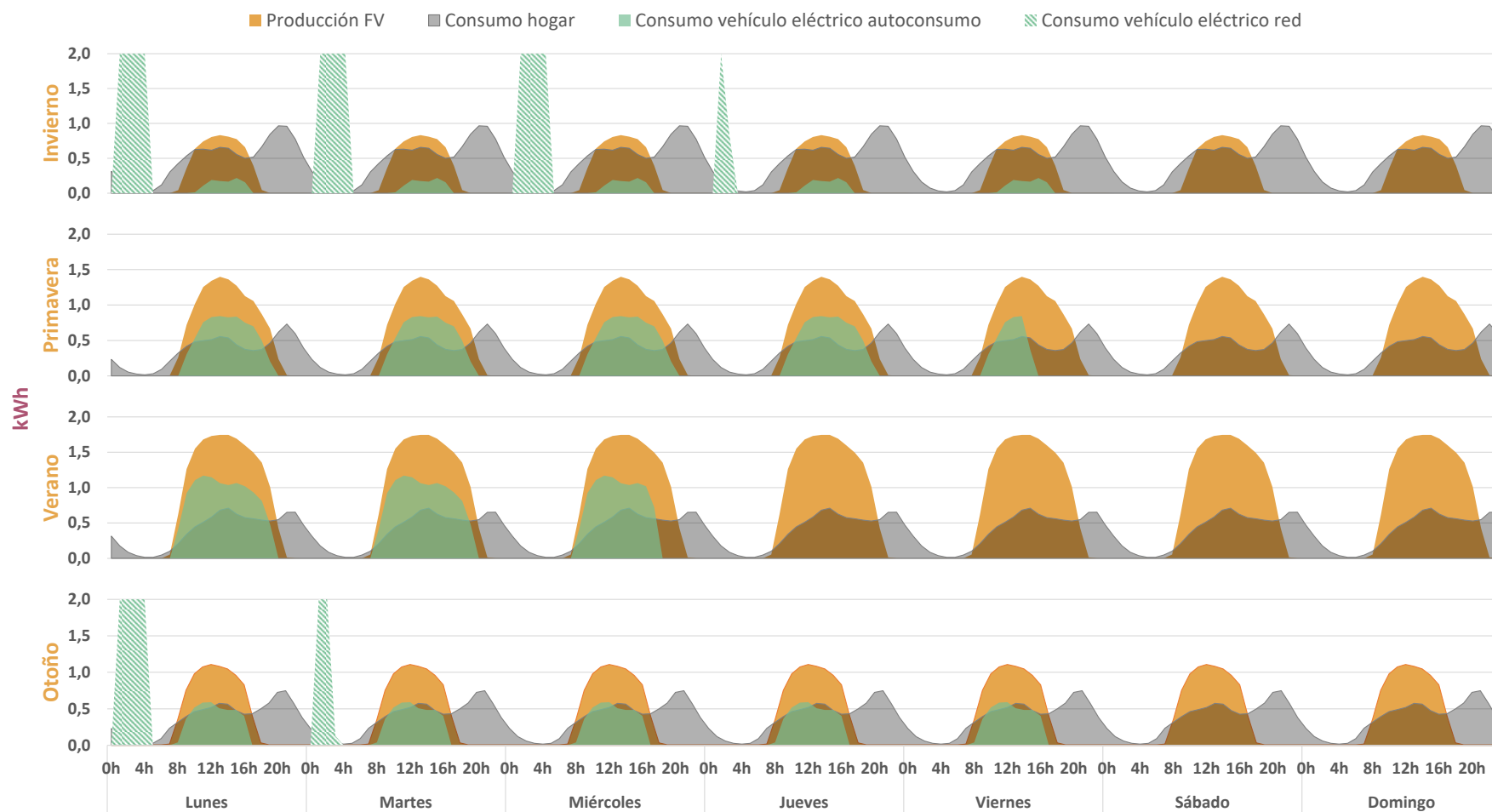


Figura 5. Autoproducción individual, consumos semanales del hogar y del vehículo eléctrico, para cada estación del año y un uso de fin de semana del vehículo. Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.



Comunidad energética con vehículos eléctricos de cargador unidireccional



Como se ha comentado, el propósito último de este estudio es entender la gestión de la demanda y la flexibilidad del sistema eléctrico como parte esencial del camino hacia la transición energética, por eso se introdujo la figura del vehículo eléctrico y su papel desde el punto de vista del consumidor. En este escenario se plantea una situación similar al anterior, con los mismos usos de vehículos eléctricos, solo que esta vez en lugar de autoconsumo fotovoltaico individual se presenta una de las figuras con más potencial para la democratización de la energía, las comunidades energéticas (CE).

Las comunidades energéticas suponen un paso más al autoconsumo colectivo, al que pueden tomar como base, pero dotando de un mayor empoderamiento a la ciudadanía. Y es que en el autoconsumo colectivo un grupo de vecinos y vecinas pueden juntarse y consumir energía renovable a no más de 2 km del lugar de producción y, en esta modalidad, la energía generada por la instalación se repartirá entre los vecinos interesados mediante unos coeficientes previamente acordados por ellos. Después, la energía excedentaria de cada vecino se verterá a la red, recibiendo una compensación económica por ella. Es decir, en el autoconsumo colectivo los vecinos no pueden ceder o vender sus excedentes entre ellos, cosa que sí permiten las comunidades energéticas, amplificando y haciendo todavía mejor el concepto de gestión de la demanda. Otro beneficio es que muchas veces el tejado del propio edificio no es suficiente para satisfacer las necesidades energéticas, algo que las comunidades energéticas solucionan con instalaciones situadas en otros edificios o terrenos.

Las comunidades energéticas son una forma de participación y asociación colectiva sin ánimo de lucro en las que los propios miembros son quienes producen, almacenan, consumen y gestionan la energía de la instalación generadora (mediante tecnologías eficientes y de producción renovable). Pueden participar desde personas físicas hasta pymes o administraciones públicas y podrán promover no sólo proyectos de energías renovables, sino también de rehabilitación y eficiencia energética o de movilidad sostenible (puntos de recarga de vehículos eléctricos o bicicletas). Una comunidad energética genera beneficios medioambientales, sociales y económicos entre sus miembros que se trasladan a su entorno de muchas maneras.

Ahora nos centraremos en analizar el caso anterior, pero transformado en una comunidad energética con autoconsumo fotovoltaico compuesta por 10 viviendas y un



vehículo eléctrico para cada una, entendiendo cada vivienda más su vehículo como un miembro de la comunidad energética.

Modelo de comunidad energética

La comunidad energética estudiada tendrá una instalación fotovoltaica de 40 kWp que suministrará electricidad a los 10 hogares y sus respectivos vehículos. Todas las condiciones de una comunidad energética, como el tipo de entidad formada, los coeficientes de reparto, etc. son decididos por los miembros. Se han dispuesto coeficientes de participación estáticos, es decir, a cada vecino le corresponderá un porcentaje fijo de la energía producida durante todo el día. En esta ocasión se hará un reparto equitativo para todos los miembros, siendo un 10% para cada vivienda. Se ha decidido así porque la premisa de este estudio es cubrir las necesidades del vehículo después de haber satisfecho las de la vivienda. Por ello, se llevará a cabo un reparto dinámico de los excedentes (de las viviendas) que será la energía que usaremos para cargar los vehículos.

Cada vivienda dispondrá de un vehículo eléctrico con su cargador correspondiente, con las mismas especificaciones técnicas que en el apartado anterior. A su vez se han implementado los mismos tres casos de uso, asignando a cinco viviendas un uso al trabajo del vehículo eléctrico, al ser el estilo de vida más común entre la población, a tres viviendas un uso diario puntual del vehículo y a las dos restantes un uso exclusivo en el fin de semana. Los valores utilizados serán los mismos que el apartado anterior Tabla 4.



Al igual que en el escenario anterior, se ha realizado un análisis semanal y horario de la autoproducción fotovoltaica, de los consumos de los hogares y de las cargas de los vehículos eléctricos. Todas las viviendas estarán conectadas a la red, pudiendo coger energía de ella siempre que las necesidades energéticas de las viviendas o de los vehículos lo requieran. Pero esta situación debería darse en menor medida que en el caso del autoconsumo individual, pues en una comunidad energética conviven diferentes estilos de vida con variedad de horarios y como los excedentes si se pueden compartir entre sus miembros, primero se realiza una cobertura de las necesidades energéticas con los excedentes de los otros miembros y después, si ésta no es suficiente, se cogerá energía de la red.



Caso 1: Uso al trabajo



Se ha supuesto que dentro de la comunidad energética haya cinco hogares que usarán su vehículo para ir a trabajar. Como el reparto que se ha considerado es de un 10% por vivienda, a estos hogares les corresponde, en primera instancia, el 50% de la energía autoproducida.

Los días de diario en los que los vehículos de las cinco viviendas estén fuera, la energía excedentaria de todas ellas será aprovechada por el resto de las viviendas que sí que tendrán disponibilidad para cargar el vehículo eléctrico mediante autoconsumo. El fin de semana, que es el periodo de tiempo en el que estos cinco vehículos estarán aparcados en los domicilios, aprovecharán toda la energía excedentaria de la comunidad energética para cargar al máximo sus baterías. Si tras esta carga queda algún porcentaje sin cargar, se utilizará la electricidad de la red.

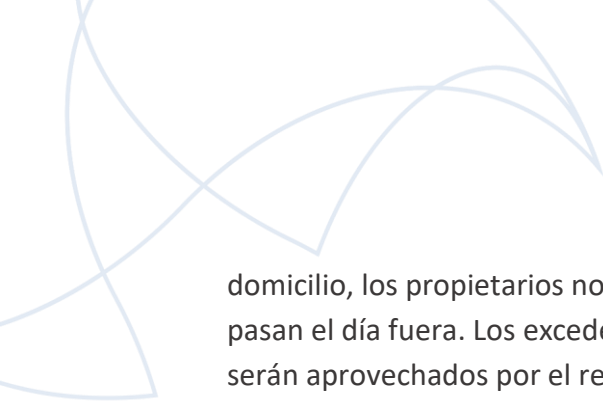
Datos semanales	 Invierno	 Primavera	 Verano	 Otoño
Autoproducción de la CE asignada a los cinco hogares (kWh)	214	441	630	305
Consumo de los cinco hogares (kWh)	403	295	330	313
Consumo de los cinco vehículos eléctricos (kWh)	98	98	98	98
Excedentes totales de los cinco hogares (lunes a domingo) (kWh)	36	248	391	139
Excedentes de los cinco hogares disponibles para el vehículo eléctrico (sábados y domingos en este caso) (kWh)	10	71	112	40
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes propios	11%	73%	100%	41%
Excedentes utilizados del resto de miembros de la comunidad energética (kWh)	6	27	0	40
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes de la comunidad energética (propios+resto miembros)	17%	100%	100%	82%

Tabla 8. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la autoproducción de la comunidad energética y el consumo de los cinco hogares y vehículos con uso al trabajo.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Como se puede ver en la Tabla 8, debido a las particularidades de este uso del vehículo eléctrico, aunque tenemos una gran cantidad de excedentes tras el consumo en el





domicilio, los propietarios no los pueden usar para cargar su vehículo eléctrico, pues pasan el día fuera. Los excedentes que tienen estas cinco viviendas de lunes a viernes serán aprovechados por el resto de los miembros de la comunidad energética, pero los sábados y domingos se priorizará la carga de estos cinco vehículos con los excedentes de toda la comunidad energética, es decir con sus propios excedentes más los del resto de miembros. Recordemos, de nuevo, que siempre se le dará prioridad a la vivienda a la hora de autoconsumir energía.

El poder utilizar los excedentes de otros propietarios durante el fin de semana permite aumentar el porcentaje de carga procedente del autoconsumo. Así, esta cifra en invierno se elevará ligeramente hasta cubrir algo menos de un quinto, mientras que en primavera y verano nos garantiza un 100%, bajando hasta el 80% en otoño (cuando sin CE no llegaría al 50%).

En la Figura 6 se muestra un análisis individualizado para una vivienda con un uso diario del vehículo eléctrico que está dentro de una comunidad energética.

En invierno puede verse que, durante el fin de semana, estas viviendas se reparten el sobrante de energía de toda la comunidad energética, aumentando levemente la curva verde. Pero, al ser invierno, estas cargas son insuficientes, por lo que el vehículo necesita tomar energía de la red las madrugadas del domingo al lunes, del lunes al martes y del martes al miércoles, aunque estas dos últimas noches con menos tiempo de carga. Esto proporciona energía suficiente para tener el vehículo eléctrico con la batería llena en una estación con baja producción solar.

En primavera y en verano se obtienen valores mucho mejores gracias al aumento de la producción solar y al mejor aprovechamiento de los excedentes de cada uno de los miembros de la comunidad. El potencial de estos excedentes se observa muy bien en esta gráfica con una carga del vehículo eléctrico que supera incluso la producción fotovoltaica asignada para este miembro de la comunidad. En verano bastaría con cargar el sábado para abastecer toda la batería. En ambos casos, la carga nocturna no es necesaria.

Por otro lado, en otoño, se observa que la carga con autoconsumo el sábado y domingo no es suficiente para rellenar al 100% la batería por lo que necesita una mínima carga nocturna de la red la madrugada del domingo al lunes. De hecho, solamente se consumen de la red 0,85 kWh por lo que en la práctica no es una carga realmente necesaria, siendo representativa solo en un estudio teórico semanal como este.

BALANCE ENERGÉTICO: Comunidad energética con vehículos eléctricos de cargador unidireccional.
Caso 1: Uso al trabajo

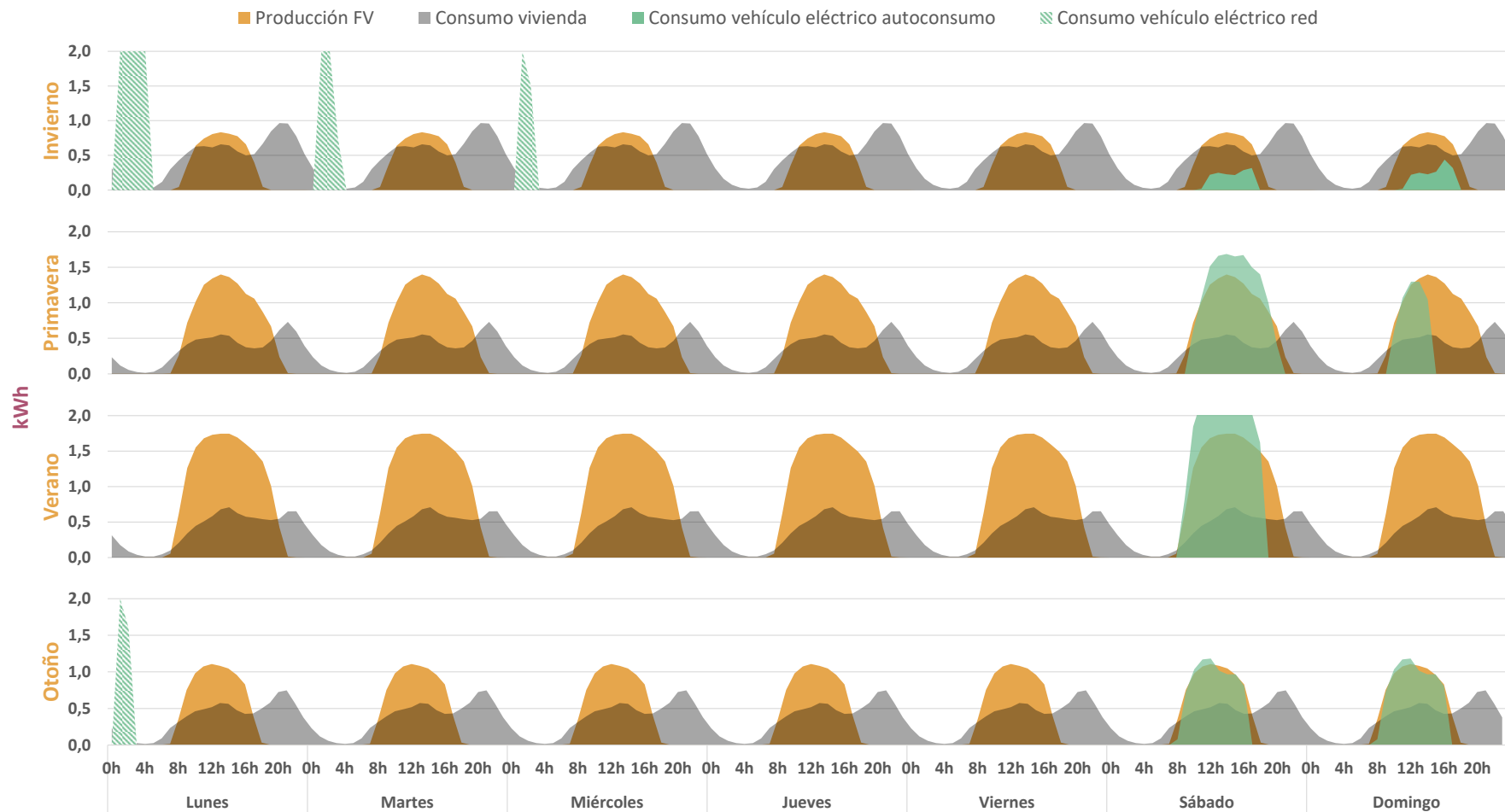


Figura 6. Autoproducción de la CE, consumos semanales de los cinco hogares y vehículos eléctricos con uso al trabajo, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Caso 2: Uso diario puntual



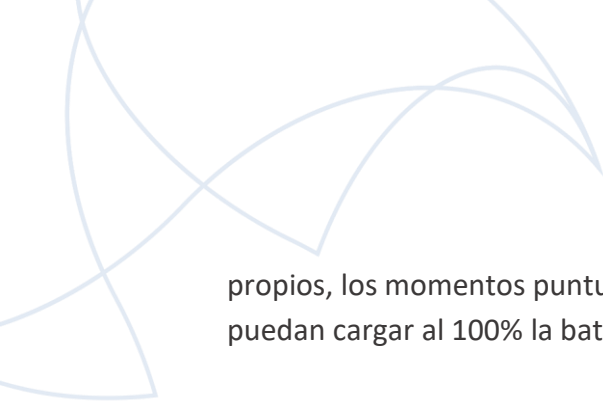
En este caso, dentro de la comunidad energética hay tres hogares que utilizan un uso puntual de sus vehículos durante toda la semana. Por tanto, de lunes a domingo tendrán el coche disponible para recargar excepto en momentos puntuales (11h y 16h), cuando saldrán a comprar, visitar algún familiar, etc.

Este tipo de uso del vehículo eléctrico permite que, durante todo el año, la batería esté cargada al 100% con electricidad procedente del autoconsumo, incluso en invierno. Esto se debe a la disponibilidad casi total para aprovechar las horas en las que el autoconsumo está produciendo electricidad y a que al recorrer poca distancia su consumo es bajo. Esta “tipología” comparte sus excedentes con el resto de los miembros durante las horas en las que no está en casa y cuando su vehículo está por encima de un porcentaje determinado de carga.

Datos semanales	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Autoproducción de la CE asignada a los tres hogares (kWh)	129	265	378	183
Consumo de los tres hogares (kWh)	242	177	198	188
Consumo de los tres vehículos eléctricos (kWh)	27	27	27	27
Excedentes de los tres hogares (lunes a domingo) (kWh)	22	149	235	83
Excedentes de los tres hogares disponibles para el vehículo eléctrico (<i>sábados y domingos en este caso</i>) (kWh)	16	117	189	63
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes propios	59%	100%	100%	100%
Excedentes utilizados del resto de miembros de la comunidad energética (kWh)	11	0	0	0
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes de la comunidad energética	100%	100%	100%	100%

Tabla 9. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la autoproducción de la comunidad energética y el consumo de los tres hogares y vehículos con uso puntual diario.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

En la Tabla 9 podemos apreciar que el único momento del año en que estos tres miembros necesitarán electricidad de otros usuarios de la comunidad energética será en invierno (11 kWh a la semana), dado que, aunque generan suficientes excedentes



propios, los momentos puntuales en los que los vehículos salen de casa impiden que puedan cargar al 100% la batería con su porcentaje de producción asignada.

En la **Figura 7** se muestra un **análisis individualizado para una vivienda con un uso puntual diario del vehículo eléctrico que está dentro de una comunidad energética.**

Lo primero que destacar es que en ningún momento del año se necesita energía de la red para la recarga del vehículo eléctrico. Haciendo un análisis por estación, vemos que en invierno se necesita cargar el coche todos los días de la semana para conseguir que la batería esté al 100% gracias exclusivamente al autoconsumo. Para ello, además de los excedentes propios se aprovechan los de las viviendas que usan el coche para ir al trabajo y no pueden recargar su vehículo de lunes a viernes, pero sí el fin de semana, lo que hace que el área de la curva sea ligeramente menor el sábado y el domingo con respecto al resto de la semana.

En primavera puede recargar todo su consumo semanal en un solo día aprovechando sus propios excedentes y durante el verano basta con un día de carga para tener al 100% la batería del vehículo. En la Figura 7 se observa que también aprovechan los excedentes de los vehículos de uso al trabajo para poder realizar las cargas lo antes posible, antes de hacerlo con sus propios excedentes. Pero si se decide priorizar esto último no sería necesario coger los excedentes de los demás, pudiendo llegar a una autosuficiencia del 100% tres de las cuatro estaciones, como se muestra en la Tabla 9.

Por último, aunque en otoño vuelve a bajar la producción fotovoltaica, la capacidad de la comunidad energética de compartir la energía entre los usuarios permite que en un día y medio tengamos la batería al 100%.

BALANCE ENERGÉTICO: Comunidad energética con vehículos eléctricos de cargador unidireccional.
Caso 2: Uso diario puntual

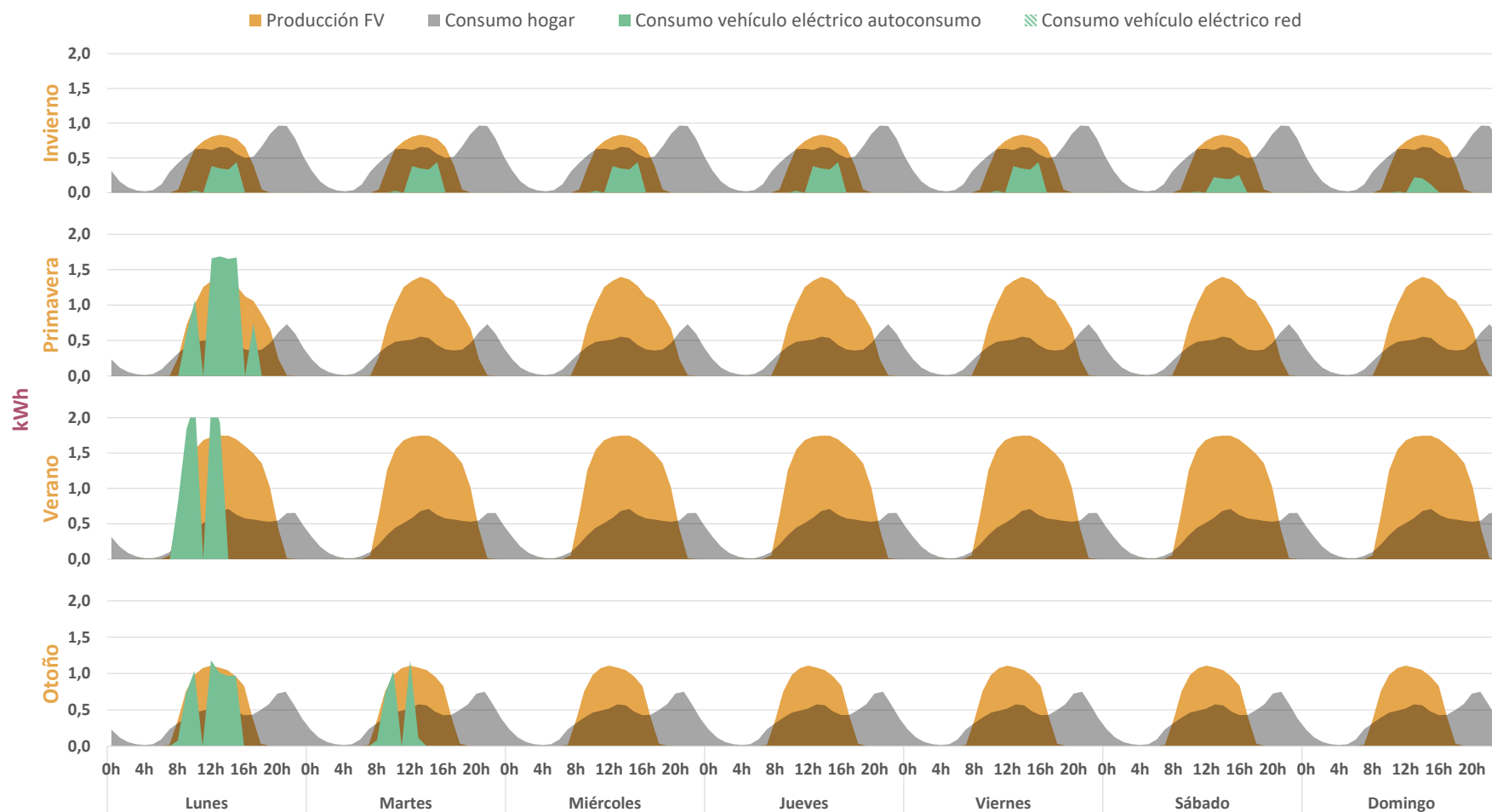


Figura 7. Autoproducción de la CE, consumos semanales de los tres hogares y vehículos eléctricos con uso diario puntual, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Caso 3: Uso en fin de semana



En el tercer caso se analiza cómo los dos hogares que utilizan el vehículo eléctrico exclusivamente el fin de semana lo cargan durante la semana, con el objetivo de tenerlo a plena carga cuando llega el sábado. Como en el caso anterior, estos hogares podrán beneficiarse de la producción correspondiente de los hogares con uso al trabajo, añadiendo también los excedentes de los momentos en los que realizan las salidas puntuales los otros tres hogares del caso anterior.

Datos semanales	 Invierno	 Primavera	 Verano	 Otoño
Autoproducción de la CE asignada a los dos hogares (kWh)	86	177	252	122
Consumo de los dos hogares (kWh)	161	118	132	125
Consumo de los dos vehículos eléctricos (kWh)	64	64	64	64
Excedentes de los dos hogares (lunes a domingo) (kWh)	15	99	235	83
Excedentes de los dos hogares disponibles para el vehículo eléctrico (sábados y domingos en este caso) (kWh)	10	71	112	40
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes propios	16%	100%	100%	62%
Excedentes utilizados del resto de miembros de la comunidad energética (kWh)	18	0	0	24
Consumo del vehículo eléctrico cubierto con los excedentes de la comunidad energética	45%	100%	100%	100%

Tabla 10. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la autoproducción de la comunidad energética y el consumo de los dos hogares y vehículos con uso fin de semana.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Como se indica en la Tabla 10, y a pesar de que el consumo de los dos vehículos es alto, solamente necesitan recargar con energía de la red en invierno, ya que en primavera, verano y otoño consiguen una carga completa con la electricidad procedente del autoconsumo, gracias a que el vehículo eléctrico se encuentra siempre en el hogar entre semana. En invierno llegaría a un 45%, un valor importante teniendo en cuenta el largo desplazamiento del fin de semana.

En la Figura 9 se muestran, de nuevo, las cargas por estación, pero de forma individual.



En ella se ve como es en invierno el único momento en el que es necesario llevar a cabo una carga nocturna con electricidad procedente de la red, las madrugadas del lunes, del martes y parte del miércoles. El resto necesario para llegar al sábado con la batería perfectamente cargada se obtendría del autoconsumo. El viernes puede observarse un pico ligeramente superior debido a que los vehículos eléctricos de uso diario puntual (caso 2) ya tienen su batería plenamente cargada y su excedente es aprovechado por los vehículos de uso fin de semana (caso 3).

En primavera se necesitan dos días de carga con autoconsumo, lunes y martes, para tener la batería llena al 100%. En verano, con un solo día de carga se conseguiría toda la energía necesaria para poder viajar el fin de semana. Por último, en otoño harían falta tres días, aunque el tiempo de carga del último día es bajo. Todo esto es debido al excedente de los hogares de uso al trabajo y la poca necesidad energética de los que tienen un uso diario puntual, confirmándose así la buena compenetración que pueden llegar a tener estilos de vida diferentes.

En la Figura 8 se puede apreciar, de forma muy gráfica, la capacidad de la comunidad energética de vender los excedentes entre los propietarios y es que cuando el uso diario puntual no tiene disponible el vehículo eléctrico para recargar, la vivienda con el vehículo eléctrico de uso de fin de semana es capaz de utilizar toda esa electricidad para cargar su coche (recuadrado en naranja). Esto permite que se optimice al máximo la carga del vehículo eléctrico con la energía que autoproduce la propia comunidad.

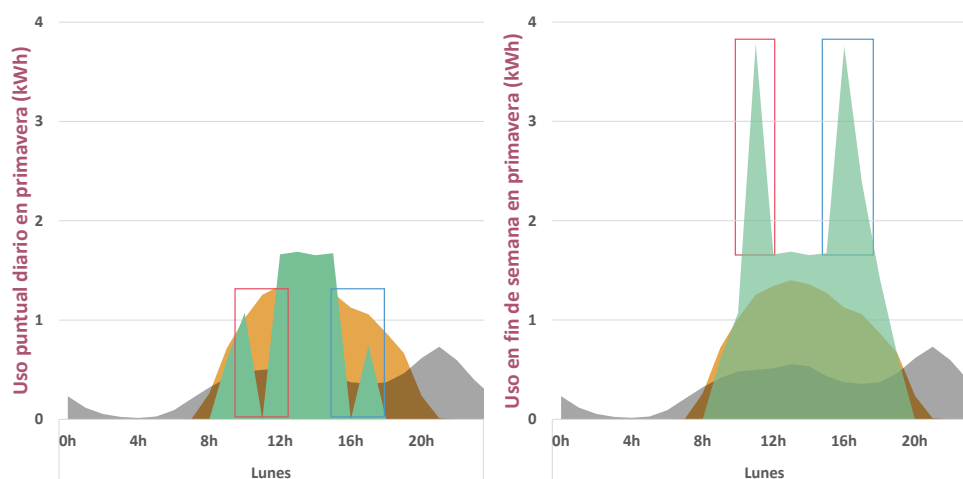


Figura 8. Extracto de un día de carga del vehículo eléctrico en una comunidad energética para un uso de fin de semana (izquierda) y un uso diario puntual (derecha).
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

BALANCE ENERGÉTICO: Comunidad energética con vehículos eléctricos de cargador unidireccional.
Caso 3: Uso en fin de semana

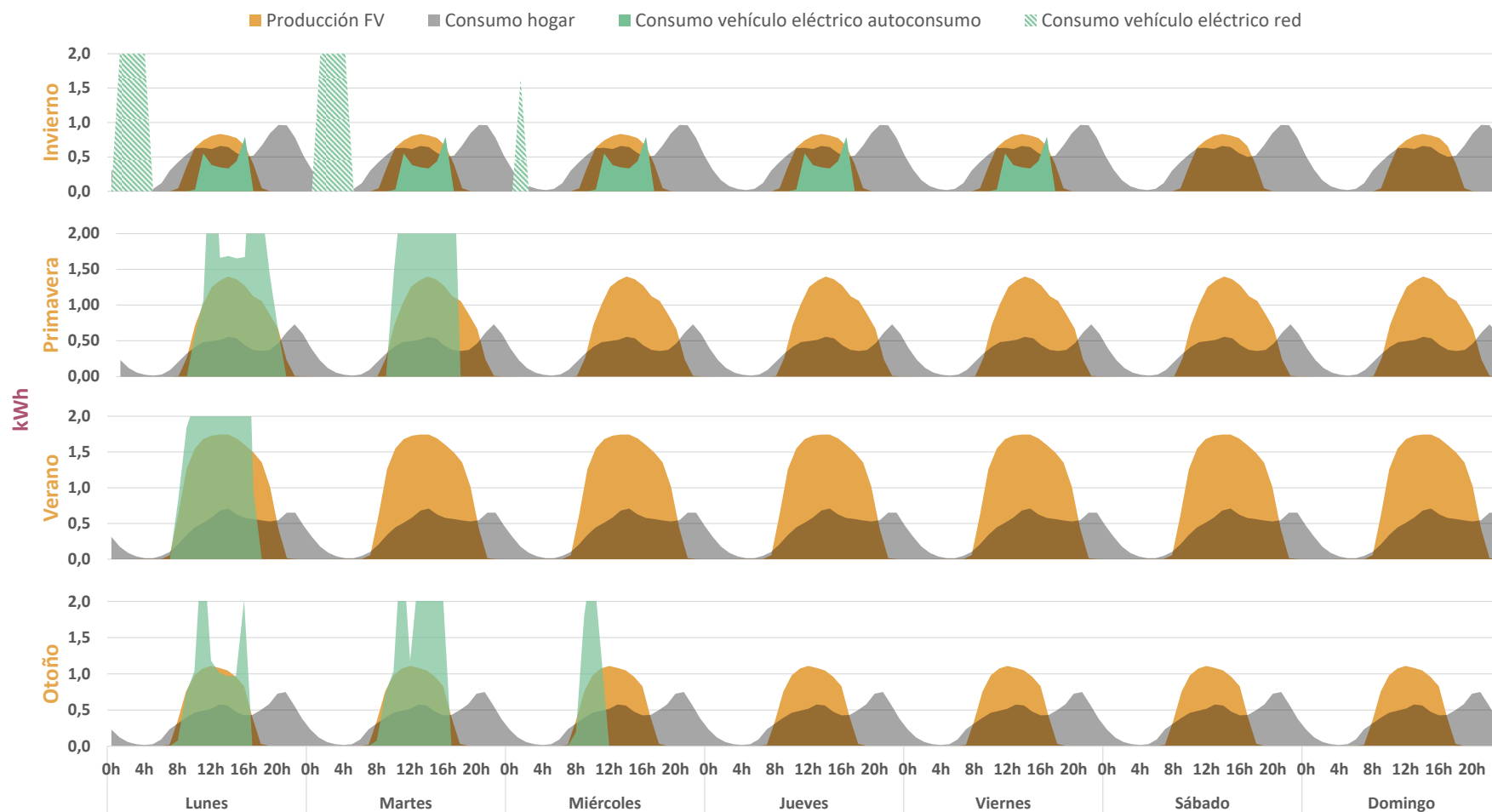


Figura 9. Autoproducción de la CE, consumos semanales de los dos hogares y vehículos eléctricos con uso fin de semana, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables

Análisis económico del escenario 1

El autoconsumo en todas sus modalidades (individual, colectivo y comunidades energéticas) da acceso a la ciudadanía a gestionar su propia energía y esto permite, entre otras muchas cosas, que el vehículo eléctrico disponga de una fuente de electricidad barata, limpia, y, sobre todo, **nuestra**.

Este documento no tiene entre sus objetivos desarrollar un análisis de las ventajas económicas que presenta la hibridación (unión) del vehículo eléctrico y la producción fotovoltaica, pero sí se ha querido realizar un pequeño ejercicio, a grandes rasgos, de lo que supondría el ahorro para los diferentes tipos de usos y escenarios a lo largo de las cuatro estaciones.

Se ha elaborado a partir de los precios explicados en el apartado de LCOE (Levelized Cost of Energy).

Caso 1: Uso al trabajo del vehículo eléctrico

En la Tabla 11 podemos comprobar que recargando la batería de nuestro vehículo eléctrico con el autoconsumo podemos ahorrar dinero respecto a si la recarga proviene de la red.

Aun así, cabe resaltar que independientemente de donde proceda la carga (red o autoconsumo) es mucho más barato recargar un vehículo eléctrico que repostar un vehículo de combustión con gasolina o gasóleo.

Costes semanales de la electricidad utilizada para recargar el vehículo según su origen	 Invierno	 Primavera	 Verano	 Otoño
Uso al trabajo del vehículo eléctrico				
Sin autoconsumo: Solo de la Red (€)	3,12 €	3,12 €	3,12 €	3,12 €
Escenario 1.1: Red + autoconsumo individual (€)	2,93 €	1,84 €	1,37 €	2,40 €
Escenario 1.2: Red + Comunidad Energética (€)	2,76 €	0,97 €	0,97 €	1,37 €
Ahorro autoconsumo individual respecto red (%)	6%	41%	56%	23%
Ahorro comunidad energética respecto red (%)	12%	69%	69%	56%

Tabla 11. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para el uso al trabajo según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Durante el **invierno**, estación en la que se necesita coger más electricidad de la red porque la producción fotovoltaica es menor y nuestro consumo mayor, **sólo podremos ahorrar un 6% al aprovechar nuestro autoconsumo individual, aumentando hasta un 25% en el caso de estar en una comunidad energética y poder compartir los excedentes**. En el otro extremo, en **verano**, cuando la producción de electricidad con autoconsumo está en su punto máximo, podemos superar el **50% de ahorro semanal si tenemos un autoconsumo individual e, incluso, recargar nuestro vehículo un 75% más barato en el caso de pertenecer a una comunidad energética**.

Si utilizamos el vehículo para ir a trabajar y lo recargamos con un autoconsumo individual podemos obtener un ahorro anual de 50€ en comparación con la carga de red y de 100€ en el caso de la comunidad energética.

Caso 2: Uso diario puntual del vehículo eléctrico

Teniendo en cuenta el estilo de rutina del vehículo respecto al uso diario puntual, existe más disponibilidad de cargar nuestro vehículo durante las horas de sol y, además, con muy poca generación fotovoltaica cubrimos completamente el gasto energético semanal que tiene el vehículo.

Costes semanales de la electricidad utilizada para recargar el vehículo según su origen	 Invierno	 Primavera	 Verano	 Otoño
Uso diario puntual del vehículo eléctrico				
Sin autoconsumo: Solo de la Red (€)	1,46 €	1,46 €	1,46 €	1,46 €
Escenario 1.1: Red + autoconsumo individual (€)	0,97 €	0,64 €	0,64 €	0,64 €
Escenario 1.2: Red + Comunidad Energética (€)	0,46 €	0,46 €	0,46 €	0,46 €
Ahorro autoconsumo individual respecto red (%)	33%	56%	56%	56%
Ahorro comunidad energética respecto red (%)	69%	69%	69%	69%

Tabla 12. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para el uso diario puntual según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables

Maximizando el uso de la electricidad de la instalación de autoconsumo individual podemos ahorrar más de la mitad del coste de carga de nuestro vehículo eléctrico de primavera a otoño y en invierno gastar un 33% menos. Pero, es en una comunidad energética donde podemos comprobar que el coste de carga de nuestro vehículo eléctrico disminuye un 69% durante todo el año.

En total, para un uso diario, pero puntual del vehículo eléctrico, con el autoconsumo individual podemos ahorrar casi 40€ anuales en la recarga y casi 60€ en una comunidad energética.

Caso 3: Uso en fin de semana del vehículo eléctrico

Por último, el uso del vehículo únicamente en fin de semana es el que más se aprovecha de la hibridación entre autoconsumo fotovoltaico y vehículo eléctrico.

Costes semanales de la electricidad utilizada para recargar el vehículo según su origen	 Invierno	 Primavera	 Verano	 Otoño
	Uso del vehículo eléctrico sólo fines de semana			
Sin autoconsumo: Solo de la Red (€)	5,12 €	5,12 €	5,12 €	5,12 €
Escenario 1.1: Red + autoconsumo individual (€)	4,65 €	2,24 €	2,24 €	3,33 €
Escenario 1.2: Red + Comunidad Energética (€)	3,54 €	1,60 €	1,60 €	1,60 €
Ahorro autoconsumo individual respecto red (%)	9%	56%	56%	35%
Ahorro comunidad energética respecto red (%)	31%	69%	69%	69%

Tabla 13. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para el uso fin de semana según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Para el caso de autoconsumo individual, durante el invierno se obtiene muy poco ahorro, no llegando al 10%, pero el resto del año se eleva hasta más del 50%. Al igual que en el resto de los casos, es en la comunidad energética donde verdaderamente destacan los ahorros, pues en invierno se llega a un 31% y durante el resto del año disminuimos el gasto de carga de nuestro vehículo eléctrico un 69%.

En el caso de utilizar el vehículo eléctrico solo los fines de semana, realizando la recarga de nuestro vehículo con la electricidad procedente de autoconsumo, podemos ahorrar, con una instalación individual, más de 100€ al año y con una comunidad energética casi 160€ al año.



Conclusiones del escenario 1

En este primer escenario hemos analizado cómo influye la inclusión del vehículo eléctrico en una instalación de autoconsumo individual y en una instalación de autoconsumo dentro de una comunidad energética. En ambos se han presentado tres casos distintos de uso del vehículo eléctrico:

- Uso para ir al trabajo de lunes a viernes. Los fines de semana el vehículo permanece en casa.
- Uso diario, pero puntual, para tareas que requieren poco tiempo y distancia.
- Uso exclusivamente en fin de semana, cuando se usa el vehículo para viajar fuera de la ciudad. De lunes a viernes el vehículo permanece en casa.

Gracias al autoconsumo se satisface anualmente de media más del 50% del consumo que tiene el vehículo eléctrico a la semana en los tres tipos de usos estudiados, aunque el que más se beneficia es el uso diario puntual que llega al 90% (Figura 10). Estos porcentajes son valores medios de las cuatro estaciones, produciéndose una gran integración en primavera, verano y otoño y obteniendo unos porcentajes bajos solamente en los meses de invierno.

Los vehículos eléctricos que están en una comunidad energética superan el 75% de integración en todos los tipos de usos, llegando a cubrir el 100% en el uso puntual diario. **Este aumento de autosuficiencia respecto al autoconsumo individual evidencia el potencial que tiene para la ciudadanía el poder compartir sus excedentes con sus propios vecinos.** Los diferentes estilos de vida de las familias que componen la comunidad energética hacen que las demandas se complementen, aumentando la eficiencia del propio sistema y la autosuficiencia, tanto de los hogares como de la movilidad, sectores críticos para la democratización de la energía.

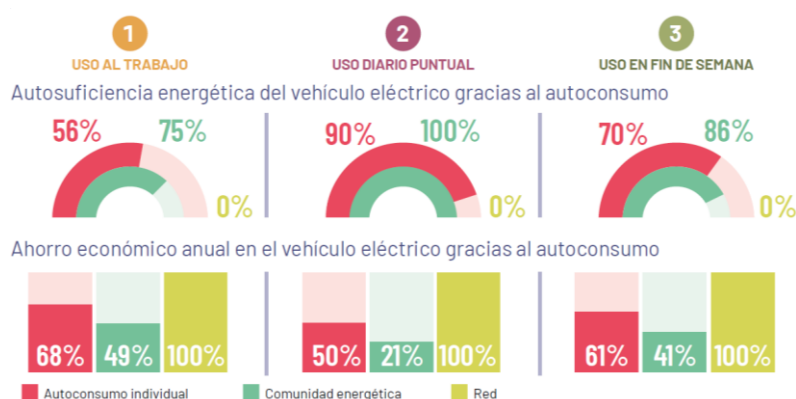


Figura 10. Porcentaje de consumo del vehículo eléctrico suministrado por el autoconsumo en los distintos escenarios y usos del vehículo eléctrico.

Fuente: Antoni París, a partir de los datos de Fundación Renovables.

En cuanto a los costes económicos, en la Tabla 14 se puede apreciar un ahorro en la recarga del vehículo eléctrico para todos los estilos de vida. Más de un 30% en el caso del autoconsumo individual y más de un 50% en el caso de una comunidad energética, siendo en ambos casos el uso diario puntual el más beneficiado, al tener más disponible su vehículo eléctrico para cargar con autoconsumo.

Ahorro anual en la carga del vehículo eléctrico al utilizar el autoconsumo respecto si se hiciera con la red eléctrica						
Escenario	Uso al trabajo		Uso diario puntual		Uso fin de semana	
	€	%	€	%	€	%
Autoconsumo individual	51 €	32%	38 €	50%	104 €	39%
Comunidad energética	83 €	51%	52 €	69%	158 €	59%

Tabla 14. Ahorro en el consumo de electricidad para la carga del vehículo eléctrico cuando se maximiza el uso de la electricidad del autoconsumo en los dos escenarios y para los tres usos.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables

El potencial de la comunidad energética

Como puede verse, en todos los casos la comunidad energética tiene mayor potencial de eficiencia y ahorro debido al papel que juegan los excedentes y el poder compartirlos entre sus miembros. Por ello, es interesante mostrar también los resultados globales de la comunidad energética que se ha analizado en este primer escenario.

Al igual que se ha hecho durante todo el estudio se han desagregado los consumos y la producción en las cuatro estaciones del año (Figura 11). Así, podemos ver que, en invierno, la comunidad energética necesita cargar los vehículos con la electricidad de la red los tres primeros días de la semana, aprovechando toda la electricidad excedentaria para cargar la batería de los vehículos.

En primavera y verano es posible cargar todo el consumo de los vehículos de la comunidad energética solo con la electricidad procedente del autoconsumo. En otoño se realiza sólo los lunes una pequeña recarga de la batería de los vehículos con la electricidad de la red, principalmente porque los vehículos de uso diario no pueden cubrir sus necesidades durante el tiempo que tienen disponible para cargar con el autoconsumo durante el fin de semana.



BALANCE ENERGÉTICO: Comunidad energética global con vehículos eléctricos de cargador unidireccional.
Todos los usos agregados.

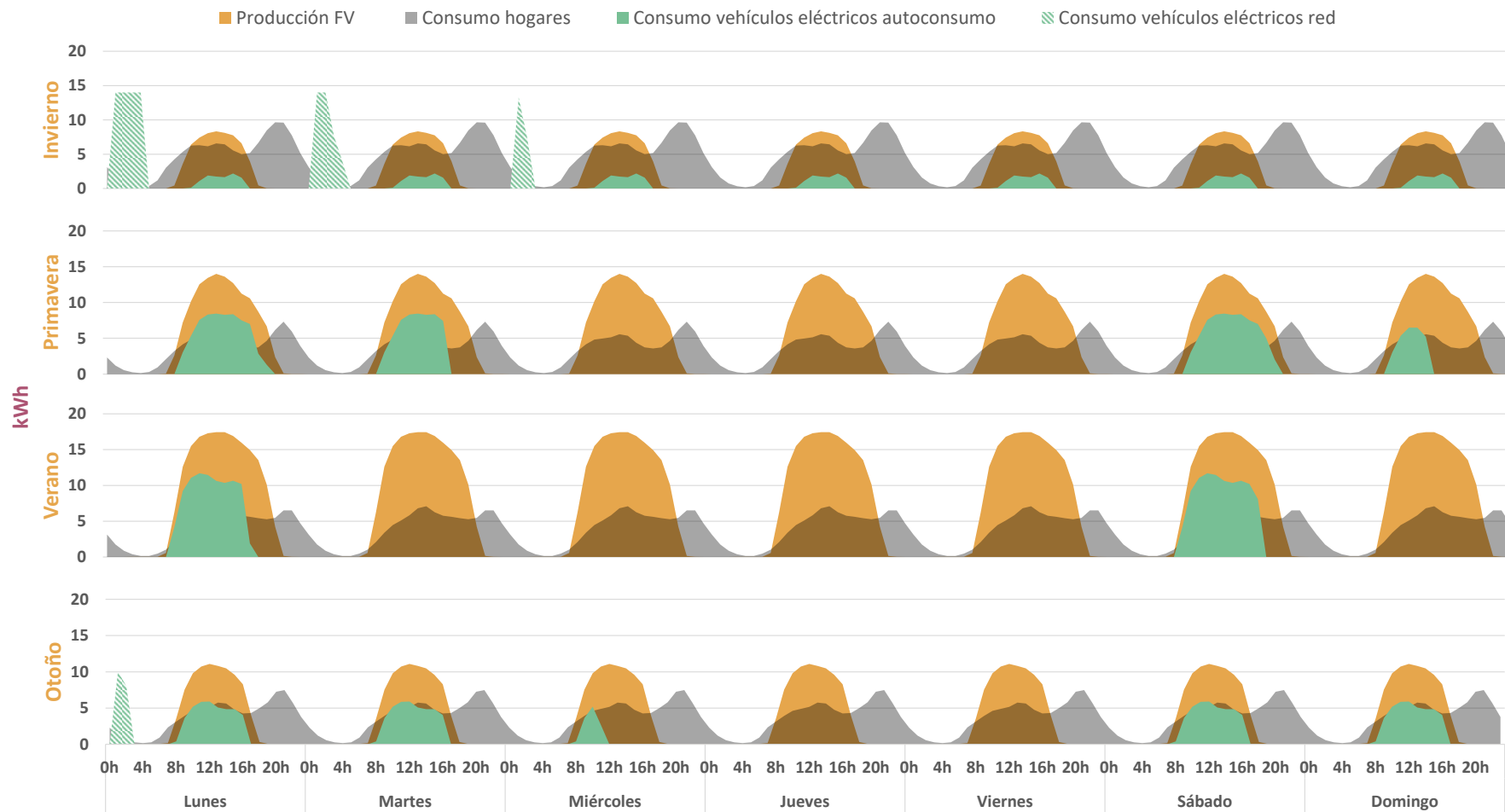


Figura 11. Autoproducción de la CE, consumos semanales de todos los hogares y vehículos eléctricos, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Escenario 2. Autoconsumo y vehículo eléctrico con cargador bidireccional

Más allá del transporte sostenible



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Escenario 2

En el primer escenario hemos visto el potencial que tiene llevar un paso más allá el autoconsumo individual. Las comunidades energéticas suponen un incremento de nuestra propia autosuficiencia energética, gracias a la posibilidad de que los miembros compartan sus excedentes. En este segundo escenario queremos presentar otro avance más que es el de poder utilizar la batería del vehículo eléctrico como sistema de almacenamiento para la vivienda.

El V2H (Vehicle to Home) es una función que pueden realizar los cargadores bidireccionales que son capaces de recargar el vehículo de electricidad y de sacar esa energía almacenada para dársela a la vivienda. Incluso se podría suministrar esta energía directamente a la red, V2G (Vehicle to Grid), y que la flota de vehículos eléctricos existente en España también sirviera para garantizar la seguridad de suministro nacional. Aunque este último concepto (V2G) no está regulado a día de hoy en España y, por tanto, no se pueden llevar a la práctica. Por ello, el objetivo de este segundo escenario es mostrar el potencial que tiene el V2H para la ciudadanía, bajo las mismas premisas y parámetros que hemos usado en el escenario 1.

Así, en primer lugar, se analizará la importancia de la capacidad de almacenamiento para un autoconsumo individual, donde la carga del vehículo eléctrico puede ser utilizada en horas de escasa o nula producción solar para el abastecimiento del hogar. Después, se llevará el caso a una comunidad energética en la que sus participantes podrán, además de compartir los excedentes, hacerlo en momentos convenientes y adecuados gracias al almacenamiento. De esta manera, otros miembros podrán aprovecharse de la capacidad de carga más barata, la que se hace con autoconsumo, a la vez que consiguen una flota de baterías apta para el abastecimiento de todos los miembros de la comunidad.

Escenario 2.1: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador bidireccional



Al igual que en su escenario homólogo con cargador unidireccional, se trata de una vivienda con un autoconsumo individual de 4 kWp, en el que se priorizará primero el autoabastecimiento del hogar, en segundo lugar, la carga del vehículo y finalmente el V2H, es decir la cesión de energía procedente del vehículo a la vivienda. El papel del vehículo eléctrico es doble: funcionando como batería, almacenando los excedentes



fotovoltaicos para que sean consumidos en horas en las que no haya sol y como vehículo, garantizando la movilidad de sus dueños.

Como este escenario actualmente no está legislado y es más complejo debido a su traslado de energía en ambas direcciones, se ha decidido acotar el estudio a la primavera, estación media en lo que se refiere a producción de energía fotovoltaica por lo que se pueden obtener datos bastante orientativos.

Cabe señalar que los más beneficiados de este sistema son aquellos que tengan el vehículo eléctrico enchufado en casa la mayor parte del día. Por lo que, en nuestros supuestos, son los que hacen un uso diario, pero puntual y los que lo usan exclusivamente los fines de semana. Por otro lado, las viviendas con vehículo de uso al trabajo podrán hacer esa gestión de la energía durante el fin de semana.

Caso 1: Uso al trabajo del vehículo eléctrico



La vivienda que haga un uso diario del vehículo para ir a trabajar y que, por tanto, estará fuera de casa durante el día no podrá cargarlo entre semana con su autoconsumo y, dado que la carga no puede ser satisfecha solo con el autoconsumo, tampoco habrá opción de hacer V2H, lo que supone que este caso sea similar al del escenario 1.

Como muestra la Figura 12 el vehículo realizará una carga procedente de la red el lunes de madrugada hasta el 100% y no será hasta el sábado cuando volverá a cargarse para aprovechar la energía de autoconsumo, aunque en esos cinco días de la semana solamente ha gastado un 30% de la capacidad total de la batería. El autoabastecimiento del sábado y domingo eleva la batería hasta algo más del 90% de capacidad, por lo que si queremos llegar al 100% haría falta recargar unas horas el lunes de la red. Obviamente, en la práctica, esta última carga no es necesaria, aunque lo reflejamos porque este estudio teórico tiene una valoración semanal, pues de cara a la sociedad es la forma más práctica de presentar los resultados.

Se debe matizar que podría hacerse V2H cogiendo electricidad de la red, pero en este estudio sólo se ha considerado la opción del autoabastecimiento al querer analizar exclusivamente el binomio autoconsumo-vehículo eléctrico. El recargar la batería del coche con electricidad en horarios baratos (tarifa valle) y utilizar esa carga cuando el autoconsumo no genere electricidad y el periodo de la tarifa sea llano o punta, como



de 18h a 24h, puede producir un ahorro de hasta 10 céntimos de € por cada kWh consumido.

Caso 2: Uso diario puntual del vehículo eléctrico



Cuando el uso del vehículo eléctrico es diario, pero se hace de forma puntual, la situación es diferente. Como puede verse en la Figura 4, la carga completa con autoconsumo necesaria para abastecer todos los desplazamientos semanales puede hacerse en un poco más de día y medio durante la primavera. Como el vehículo pasa la mayor parte del tiempo estacionado, consigue suficientes excedentes para su autosuficiencia energética.

En este caso, el excedente total diario que entrega la instalación de autoconsumo es cercano a cinco veces el consumo de energía diario del vehículo eléctrico (1,3 kWh, como se indica en la Tabla 4). De esta forma, cada día quedaría disponible hasta un 76% del excedente total.

En la Figura 13 pueden observarse la producción fotovoltaica (naranja), el abastecimiento del vehículo eléctrico mediante el autoconsumo (verde) y el porcentaje de carga en cada momento de la semana (línea verde). Pero, lo más representativo de este escenario es que para mostrar el papel del V2H se ha disgregado el consumo del hogar (gris) en tres: el que se hace con la red (gris), el que se hace mediante el autoconsumo (gris-naranja) y el que se hace mediante la batería del vehículo eléctrico, el V2H, (gris-verde).

Al igual que en anteriores casos, la instalación de autoconsumo abastece al hogar primero (gris-naranja) y con los excedentes se carga el vehículo (verde). A partir de las 20h, cuando deja de producir electricidad, se comienza a utilizar la electricidad almacenada en el vehículo anteriormente para cubrir las necesidades del hogar, es decir el sistema V2H comienza a funcionar y es cuando el consumo del hogar mediante el vehículo (gris-verde) comienza a aparecer.

La gráfica muestra una pendiente descendiente de la batería del vehículo muy pronunciada (línea verde) porque hay un pico de consumo en el hogar sobre las 22h, permaneciendo casi constante durante la madrugada debido al poco consumo hasta las 6h, cuando amanece y empiezan a haber nuevamente demanda. De 6h a 8h el autoconsumo ya genera algo de electricidad, pero no es suficiente para cubrir toda la demanda, así que en ese periodo estamos consumiendo a la vez electricidad del



autoconsumo y del vehículo. Una vez que el autoconsumo es capaz de cubrir el consumo del hogar completamente, volvemos a cargar en el vehículo la batería consumida durante la noche.

Este proceso ocurre todos los días, ya que el vehículo está estacionado en el hogar y puede hacer frente perfectamente a los consumos considerados. Bajo estos parámetros se cubre el 65% de la demanda del hogar y el 100% del vehículo con autoconsumo, mientras que el restante 35% del hogar se cubre con V2H, es decir con la electricidad del vehículo que a su vez procede del autoconsumo.

Por tanto, **gracias al sistema V2H en primavera y con un uso diario, pero puntual del vehículo, conseguiremos una autosuficiencia energética del 100% en nuestra vivienda y nuestro vehículo.**

Caso 3: Uso en fin de semana

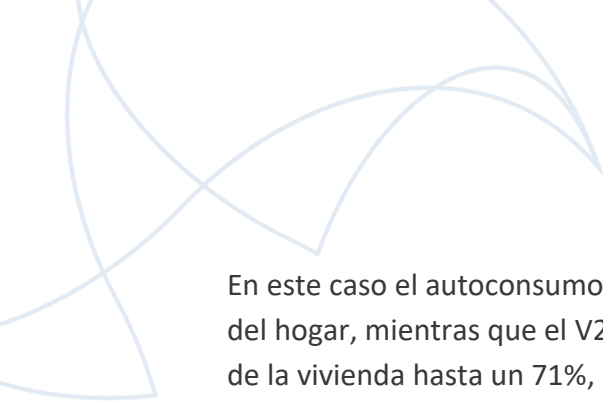


Si nos fijamos en la Figura 5 del escenario 1 (cargador unidireccional) podemos ver las cargas con autoconsumo necesarias del vehículo en primavera para poder hacer el camino de ida y vuelta los fines de semana sin ningún problema, siendo preciso cargar de lunes a jueves y un poco menos de la mitad del viernes. Debido a que en esta casuística el sábado y domingo se sale del hogar con el vehículo ese tiempo no podrá hacerse el V2H.

Durante el fin de semana hacemos un consumo de 32 kWh en la batería (Tabla 4), por lo que tendremos que usar una gran parte de los excedentes del autoconsumo para recargar el vehículo (Figura 14). Utilizando toda la electricidad excedentaria de lunes a viernes podríamos obtener un 111% de la energía que necesitamos, por lo que tras cargar el vehículo existe un pequeño excedente que se puede distribuir de lunes a jueves en el consumo del hogar (para el viernes salir con carga completa).

La curva de porcentaje de carga comienza el lunes a un 47% (los 28 kWh que quedan del total de 60 kWh). La curva va creciendo de forma uniforme cada día gracias al autoconsumo, sufriendo pequeños descensos cada vez que se aplica el V2H (20h-22h). Esto no impide que, a lo largo de la semana, la batería se vaya cargando hasta llegar a su tope el viernes tras la última carga de autoconsumo.





En este caso el autoconsumo cubre el 100% del vehículo y hasta un 65% del consumo del hogar, mientras que el V2H lo hace un 6%. Esto hace incrementar la autosuficiencia de la vivienda hasta un 71%, siendo necesario comprar el restante 29% a la red.



BALANCE ENERGÉTICO: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador bidireccional.

Caso 1: Uso al trabajo en primavera

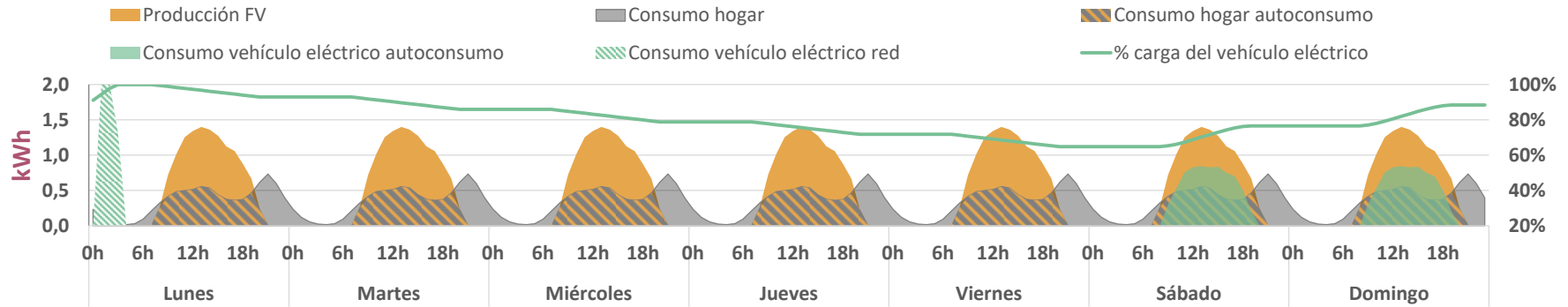


Figura 12. Autoproducción individual, consumos del hogar y del vehículo eléctrico semanales, en primavera y un uso al trabajo. Consumo del hogar mediante V2H y porcentaje de carga del vehículo eléctrico (eje de la derecha). Datos horarios y en kWh.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables

BALANCE ENERGÉTICO: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador bidireccional.

Caso 2: Uso diario puntual en primavera

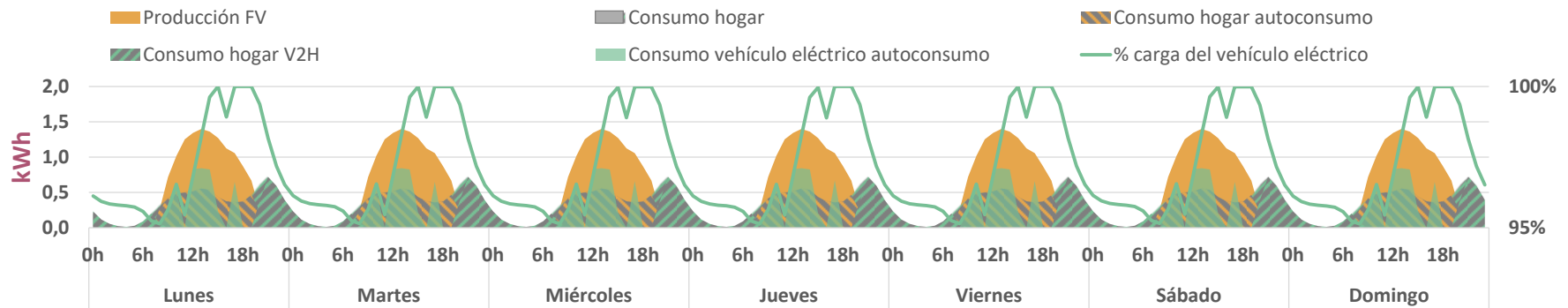


Figura 13. Autoproducción individual, consumos del hogar y del vehículo eléctrico semanales, en primavera y un uso diario puntual. Consumo del hogar mediante V2H y porcentaje de carga del vehículo eléctrico (eje de la derecha). Datos horarios y en kWh.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

BALANCE ENERGÉTICO: Autoconsumo individual con vehículo eléctrico de cargador bidireccional.
Caso 3: Uso en fin de semana en primavera

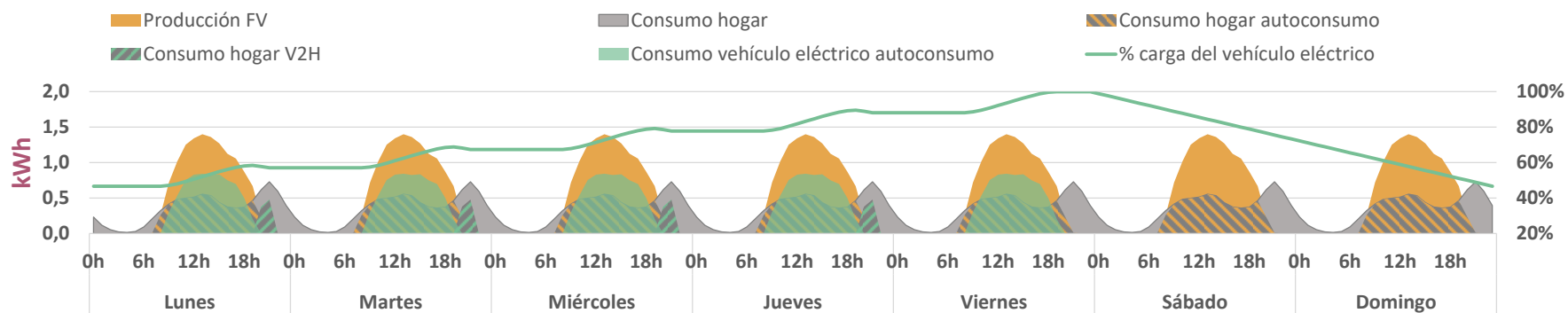


Figura 14. Autoproducción individual, consumos del hogar y del vehículo eléctrico semanales, en primavera y un uso de fin de semana. Consumo del hogar mediante V2H y porcentaje de carga del vehículo eléctrico (eje de la derecha). Datos horarios y en kWh.
 Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables

Escenario 2.2: Comunidad energética con vehículo eléctrico de cargador bidireccional



De la misma forma que se hizo en el primer escenario, se va a aplicar el concepto de V2H a una comunidad energética. Se ha considerado la misma distribución de estilos de vida y usos de los vehículos, es decir, habrá cinco hogares que harán un uso diario de lunes a viernes para ir a trabajar, tres hogares que harán un uso diario, pero puntual, y dos que lo utilizarán exclusivamente el fin de semana. En este caso no se buscará saber los días necesarios para carga, ya que el vehículo será cargado siempre que se pueda para poder realizar una correcta gestión de la demanda con la batería disponible.

En la Figura 15 puede verse el global de la producción energética de la comunidad y los consumos de los diez vehículos y hogares y su cobertura. La gráfica muestra que con V2H se puede cubrir el 100% del consumo cuando no hay producción de autoconsumo. La flota de vehículos es cargada con autoconsumo en todo momento, ya que a lo largo de toda la semana hay siempre algún vehículo de la comunidad estacionado. En comparación con la Figura 11 se observa que, gracias a las baterías de los vehículos, no existe ningún área de color gris, es decir, todo el consumo del edificio puede ser cubierto por V2H y autoconsumo, pudiendo haber momentos en los que incluso se pueda vender electricidad a la red.

También se puede observar un incremento alto de la carga de las baterías de los vehículos al inicio de la semana (línea gris). En ese momento hay cinco vehículos que salen para llevar a sus propietarios a sus respectivos trabajos, por lo que la energía excedentaria del autoconsumo asignada a esos hogares pasa a cargar el resto de los vehículos. Como los dos vehículos de uso fin de semana se encuentran con poca batería al empezar la semana son cargados tan pronto como se pueda con ese excedente. Mientras, los vehículos de uso diario puntual llegarán muy pronto al 100% de la batería, por lo que enseguida cederán su porcentaje a los del fin de semana. A partir de ahí ya se ve un ligero, pero constante descenso general hasta el sábado, momento en el que empieza el fin de semana y se consigue un aumento gracias a la carga que hacen los ocho que se quedan (dos salen de viaje).

En la curva global de carga se muestra un círculo con la mínima carga a la que se ha encontrado la flota de vehículos a lo largo de toda la semana (81%). Además de estar utilizando constantemente la energía de los vehículos para cubrir sus propios consumos y demandas de todos los hogares, gracias a la comunidad energética se consigue no bajar de ese valor, algo que dota de una sólida seguridad de suministro



durante la primavera. Este valor será aún mayor en verano y levemente menor en otoño, siendo el invierno, como hemos visto a lo largo del estudio, la estación en la que más necesitaremos tener ese respaldo que proporciona la red eléctrica.

Por otro lado, en la Figura 16, se ha querido mostrar el papel que juegan las baterías de los vehículos según el uso que se le dé a este último. La gráfica muestra los 600 kWh totales provenientes de las 10 baterías de 60 kWh, a través de tres áreas apiladas (una por cada tipo de uso). Se puede ver cómo se van cargando y descargando a lo largo de la semana.

Como existen más vehículos de uso diario para ir a trabajar comienzan con una mayor área (azul) que desciende a lo largo de la semana, pero crece en el fin de semana gracias a permanecer en el hogar y poder acceder a su autoconsumo propio y a la parte excedentaria de los usos fin de semana. El área de uso diario y puntual (naranja) muestra la estabilidad en la carga que tiene este tipo de estilo de vida, con un área bastante constante a lo largo de la semana, ya que el vehículo consume poco y pasa muchas horas enchufado en la casa. Por último, en los dos de fin de semana (gris) se ve perfectamente como llega al lunes como muy poca carga, que va engordando durante la semana para el fin de semana disminuirla.

A continuación, se muestran los valores globales que tiene la comunidad energética al hacer V2H en primavera.

Comunidad energética con V2H	 Primavera
Autoproducción fotovoltaica de la Comunidad Energética (kWh)	883
Consumo del hogar (kWh)	591
Consumo del hogar procedente del autoconsumo (kWh)	387
Consumo hogar procedente del V2H (kWh)	204
Carga de los vehículos procedente de la red (kWh)	0
Carga de los vehículos procedente del autoconsumo (kWh)	496

Tabla 15. Valores globales de la comunidad energética al hacer V2H durante la primavera.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.



BALANCE ENERGÉTICO: Comunidad energética global con vehículos eléctricos de cargador bidireccional.
Todos los usos agregados en primavera

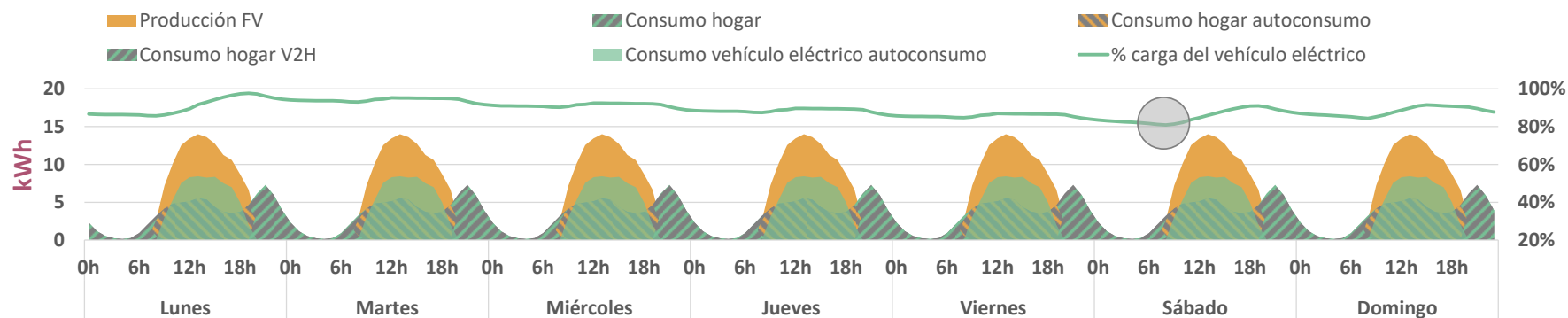


Figura 15. Producción fotovoltaica y consumos de la comunidad energética y del vehículo eléctrico (horarios) en primavera para todos los usos. Consumo V2H global y porcentaje de carga del VE.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Carga de las baterías en la comunidad energética por el uso del vehículo eléctrico

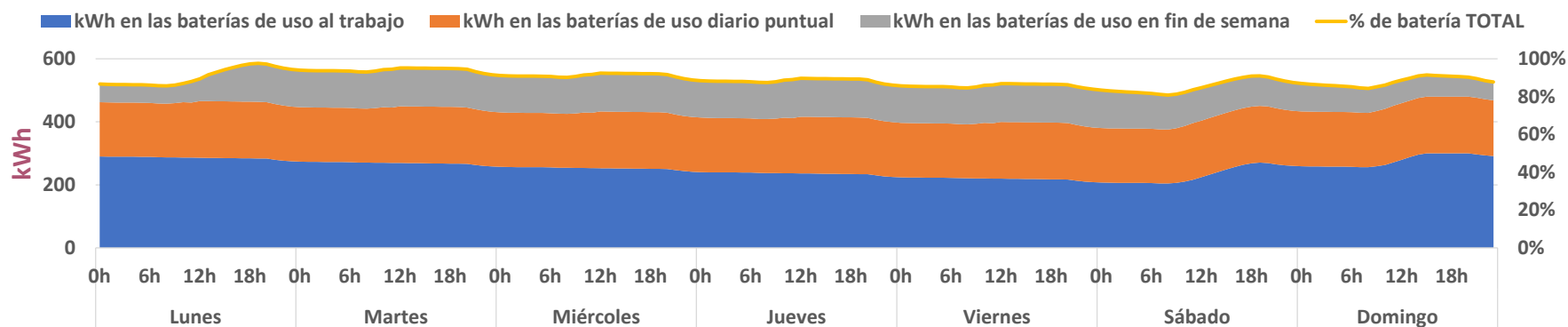


Figura 16. Carga horaria en energía (kWh) y porcentaje del vehículo eléctrico de la flota de 10 vehículos de la comunidad energética para cada uso.

Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Análisis económico del escenario 2

Para llevar a cabo este pequeño análisis se han utilizado los mismos parámetros que el similar del primer escenario. Hay que recordar también que los consumos semanales de los vehículos son los mismos.

En la Tabla 16 se muestran los costes y ahorro semanales para las recargas de los vehículos en la estación de primavera, en función de cada tipo de uso. En esta ocasión se ha añadido la función V2H al autoconsumo individual y a la comunidad energética.

Costes semanales de la electricidad utilizada para recargar el vehículo en *Primavera	Uso diario al trabajo (L-V)	Uso diario puntual	Uso fin de semana
Sin autoconsumo: Solo de la red (€)	3,12 €	1,46 €	5,12 €
Escenario 2.1: Red + autoconsumo individual V2H (€)	1,84 €	0,64 €	2,24 €
Escenario 2.2: Red + comunidad energética V2H (€)	0,98 €	0,46 €	1,60 €
Ahorro con autoconsumo respecto a red (%)	41%	56%	56%
Ahorro con CE respecto a red (%)	69%	69%	69%

Tabla 16. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para todos los usos según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.
Fuente: elaboración propia, Fundación Renovables.

Como se puede observar, el ahorro al participar en una comunidad energética supone un 69% para todos los casos, debido a que se han supuesto unos repartos iguales y la necesidad de red en la comunidad energética pasa a ser nula. En cambio, el ahorro que proporciona solo el autoconsumo individual en el uso diario tiene un menor porcentaje. La compartición de excedentes hace que las familias de uso diario en la comunidad energética consigan porcentajes de ahorro iguales al resto de las familias.

Por ejemplo, en uso diario para ir al trabajo, la carga del vehículo pasa de costar 3,12€ a la semana a 0,98€ en el caso de pertenecer a una comunidad energética. Además, gracias a que existe el V2H en la comunidad energética, este estilo de vida pasa a ser plenamente autosuficiente durante la primavera (y verano), algo que en el primer escenario no era factible.

Conclusiones del Escenario 2

En este segundo escenario se ha analizado cómo la función V2H potencia la gestión de la demanda. Para poder comparar y así resaltar el papel que podría jugar esta nueva herramienta se ha realizado un estudio idéntico al del primer escenario con el único cambio de que en este caso se usarán cargadores bidireccionales, que recordemos son los que permiten coger energía del vehículo. Así mismo, y debido a que parte de este ejercicio sirve para explicar cómo sería el balance energético de esta modalidad, se ha concretado solo para primavera, estación del año que es una buena referencia.

Gracias a la capacidad de almacenamiento que poseen las baterías, durante la primavera, se puede llegar al 100% del consumo cubierto por la comunidad energética en todos los casos. Esta cobertura plena puede verse en la Figura 16, donde el porcentaje del total de carga de las baterías nunca llega a bajar del 80%, por lo que siempre es posible realizar V2H y, además, recargar los propios vehículos eléctricos.

Solo en el caso de uso al trabajo del vehículo, es decir, de lunes a viernes, no es posible hacer V2H, lo que supone una autosuficiencia del vehículo del 72%, necesitando coger el 28% restante de la web. Para todos los demás casos el V2H surte efecto y garantiza una autosuficiencia total para los hogares y vehículos. Volviendo a la Figura 15 observamos que el área gris de consumo de red ha desaparecido.

La Figura 17 se presentan los porcentajes de cobertura que tiene cada modalidad y su procedencia. Los porcentajes son iguales en la comunidad energética y en el autoconsumo individual del uso diario, pero puntual. En cambio, se observa como la comunidad energética mejora los hogares con los dos otros tipos de uso.



Figura 17. Cobertura en primavera del consumo total (carga del vehículo y consumo del hogar) distribuido en autoconsumo, V2H y red.

Fuente: Antoni Paris a partir de los datos de Fundación Renovables



Discusión final

Más allá del transporte sostenible



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Discusión final

La transición energética tiene como pilares la eficiencia y las energías renovables. En base a esto la apuesta por la electricidad como principal vector energético es indiscutible y para ello es necesario llevar a cabo un proceso de electrificación, es decir, sustituir consumos que hasta ahora se han hecho con combustibles fósiles por electricidad. Un ejemplo de ello es el que nos ocupa, la sustitución del vehículo de combustión interna (el de gasolina o diésel) por el vehículo eléctrico, aunque también hay otros como las calderas de gas o gasóleo por la aerotermia. La electrificación es una medida de eficiencia en sí misma debido a que los motores eléctricos son mucho más eficientes que los térmicos. Además, permite una plena penetración de las renovables, y no de unas renovables cualesquiera, sino de las renovables más baratas y de las que más disponemos en nuestro país, de las renovables eléctricas.

Actualmente, en España, la producción de electricidad con renovables está alcanzando cifras récord que serán superadas año tras año. El sistema eléctrico está ya perfectamente encaminado hacia su descarbonización, aunque para ello necesita seguir transformándose y actualizándose con nuevos mecanismos y figuras que vendrán a cubrir todas las nuevas necesidades. Y es que este cambio de modelo trae consigo no solo actuar sobre el lado de la oferta (empresas energéticas principalmente) como hasta ahora, sino que también tenemos que trabajar en la demanda de energía (ciudadanía).

El lado de la demanda implica una democratización de la energía y para ello tenemos que avanzar en las dos grandes necesidades energéticas de la ciudadanía, sus hogares y su movilidad. **La buena noticia es que las herramientas que necesitamos como ciudadanía para garantizar nuestra transición energética ya existen, el autoconsumo y los vehículos eléctricos, y forman además el binomio perfecto.** Como puede verse, es perfectamente posible incluir las necesidades energéticas de nuestra propia movilidad como un consumo energético del hogar más y cubrir toda esa demanda de energía con nuestra propia instalación de autoconsumo, siendo un proceso válido para todos los estilos de vida que puede tener la población.

Una vez más la tecnología ha cumplido y está lista para ser usada, ahora falta trabajar en su asunción por parte de la sociedad. Para ello, es primordial que desde las administraciones públicas actualicen y elaboren el marco regulatorio necesario para conseguir implantar ambas herramientas con su máximo potencial, dotando de mayores grados de libertad y flexibilidad al autoconsumo en todas sus modalidades y regulando las funciones V2H y V2G.



Índice de figuras y tablas

Más allá del transporte sostenible



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Índice de figuras y tablas

Figura 1. Distribución de franjas horarias en la península, Baleares y Canarias.	12
Figura 2. Disponibilidad de carga del vehículo eléctrico y horas de sol según los tres estilos de uso del vehículo eléctrico.	17
Figura 3. Autoproducción individual, consumos semanales del hogar y del vehículo eléctrico para cada estación del año y un uso al trabajo del vehículo. Datos horarios y en kWh.	21
Figura 4. Autoproducción individual, consumos semanales del hogar y del vehículo eléctrico para cada estación del año y un uso puntual diario del vehículo. Datos horarios y en kWh.	24
Figura 5. Autoproducción individual, consumos semanales del hogar y del vehículo eléctrico, para cada estación del año y un uso de fin de semana del vehículo. Datos horarios y en kWh.	27
Figura 6. Autoproducción de la CE, consumos semanales de los cinco hogares y vehículos eléctricos con uso al trabajo, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.	32
Figura 7. Autoproducción de la CE, consumos semanales de los tres hogares y vehículos eléctricos con uso diario puntual, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.	35
Figura 8. Extracto de un día de carga del vehículo eléctrico en una comunidad energética para un uso de fin de semana (izquierda) y un uso diario puntual (derecha).	37
Figura 9. Autoproducción de la CE, consumos semanales de los dos hogares y vehículos eléctricos con uso fin de semana, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.	38
Figura 10. Porcentaje de consumo del vehículo eléctrico suministrado por el autoconsumo en los distintos escenarios y usos del vehículo eléctrico.	42
Figura 11. Autoproducción de la CE, consumos semanales de todos los hogares y vehículos eléctricos, para cada estación del año. Datos horarios y en kWh.	44
Figura 12. Autoproducción individual, consumos del hogar y del vehículo eléctrico semanales, en primavera y un uso al trabajo. Consumo del hogar mediante V2H y porcentaje de carga del vehículo eléctrico (eje de la derecha). Datos horarios y en kWh.	51
Figura 13. Autoproducción individual, consumos del hogar y del vehículo eléctrico semanales, en primavera y un uso diario puntual. Consumo del hogar mediante V2H y porcentaje de carga del vehículo eléctrico (eje de la derecha). Datos horarios y en kWh.	51



Figura 14. Autoproducción individual, consumos del hogar y del vehículo eléctrico semanales, en primavera y un uso de fin de semana. Consumo del hogar mediante V2H y porcentaje de carga del vehículo eléctrico (eje de la derecha). Datos horarios y en kWh.....	52
Figura 15. Producción fotovoltaica y consumos de la comunidad energética y del vehículo eléctrico (horarios) en primavera para todos los usos. Consumo V2H global y porcentaje de carga del VE.....	55
Figura 16. Carga horaria en energía (kWh) y porcentaje del vehículo eléctrico de la flota de 10 vehículos de la comunidad energética para cada uso.....	55
Figura 17. Cobertura en primavera del consumo total (carga del vehículo y consumo del hogar) distribuido en autoconsumo, V2H y red.....	57

Índice de figuras

Índice de tablas

Tabla 1. Tramos horarios y precios medios orientativos del kWh de comercializadoras del mercado libre utilizados en el estudio.	12
Tabla 2. Porcentaje de integración del autoconsumo fotovoltaico en el consumo del hogar.....	13
Tabla 3. Precio de las diferentes fuentes de electricidad disponibles en el estudio para la carga del vehículo eléctrico.	15
Tabla 4. Parámetros para cada uno de los tipos de uso del vehículo eléctrico.	16
Tabla 5. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la producción de autoconsumo individual, el consumo del hogar y el consumo del vehículo eléctrico utilizado para ir al trabajo.	19
Tabla 6. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la producción de autoconsumo individual, el consumo del hogar y el consumo del vehículo eléctrico utilizado de forma diaria, pero puntual.	22
Tabla 7. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la producción de autoconsumo individual, el consumo del hogar y el consumo del vehículo eléctrico utilizado en fin de semana.....	25
Tabla 8. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la autoproducción de la comunidad energética y el consumo de los cinco hogares y vehículos con uso al trabajo.	30
Tabla 9. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la autoproducción de la comunidad energética y el consumo de los tres hogares y vehículos con uso puntual diario.	33



Tabla 10. Balance energético semanal, para cada estación del año, de la autoproducción de la comunidad energética y el consumo de los dos hogares y vehículos con uso fin de semana.....	36
Tabla 11. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para el uso al trabajo según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.	39
Tabla 12. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para el uso diario puntual según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.	40
Tabla 13. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para el uso fin de semana según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.	41
Tabla 14. Ahorro en el consumo de electricidad para la carga del vehículo eléctrico cuando se maximiza el uso de la electricidad del autoconsumo en los dos escenarios y para los tres usos.	43
Tabla 15. Valores globales de la comunidad energética al hacer V2H durante la primavera.....	54
Tabla 16. Coste semanal de recarga del vehículo eléctrico para todos los usos según distintas fuentes de electricidad. En verde se muestran los valores en los que no es necesario el soporte de la electricidad de la red.	56





Santa Engracia, 108. 5º Int. Izda.
28003 Madrid

www.fundacionrenovables.org

