



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial

EL COCHE ELÉCTRICO DE BATERÍA EN ESPAÑA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

LICENCIADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN
INDUSTRIAL

Autor: Ramón Ibarra Segura
Director: José María Moreno Grau

Cartagena, 5 de Septiembre de 2017



Universidad
Politécnica
de Cartagena

ÍNDICE

1.	PROPÓSITO DEL TRABAJO	5
2.	PARTES PRINCIPALES Y CONCEPTOS BÁSICOS.....	6
2.1	BATERÍAS	6
2.2	CARGADORES.....	7
2.3	AUTONOMÍA Y CICLOS	9
3.	SELECCIÓN DE VEB's.....	11
	Renault ZOE R240.....	11
	Nissan LEAF 30 kWh	12
	BMW i3.....	14
	Tesla Model 3.....	16
	Peugeot 308 1.6.....	17
4.	ESTUDIO DE USUARIO.....	18
4.1	SELECCIÓN DE PERFILES DE USUARIOS	18
	USUARIO 1	18
	USUARIO 2	18
	USUARIO 3	19
4.2	PRECIO DEL VEHÍCULO	19
4.2.1	Adquisición del vehículo.....	19
4.2.2	Subvenciones aplicables.....	21
4.3	CONSUMO.....	23
4.4	MANTENIMIENTO Y REVISIONES.....	30
4.4.1	Cambio de batería.....	31
4.5	OTROS GASTOS	33
4.5.1	Impuesto de circulación	33
4.5.2	Seguros	35
4.5.3	Adecuación del garaje para la carga.....	35
4.6	EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO.....	39
4.6.1	Emisiones por fabricación y reciclaje	46
4.6.2	Emisiones por uso	48
4.7	CONCLUSIONES	50
4.7.1	Balance económico	50
4.7.2	Balance de emisiones	55
5.	ANEXOS.....	59
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	60

TABLA DE FIGURAS

Fig. 1 Partes principales del Nissan Leaf	6
Fig. 2 Conectores Tipo 1 y Tipo 2	8
Fig. 3 Renault ZOE R240	11
Fig. 4 Nissan LEAF 30 kWh	12
Fig. 5 BMW i3	14
Fig. 6 Tesla Model 3	16
Fig. 7 Peugeot 308 1.6	17
Fig. 8 Previsiones de caída del precio en la fabricación de baterías de iones de litio	20
Fig. 9 Comparación de precios de los vehículos seleccionados	20
Fig. 10 Captura del precio del Peugeot 380 1.6 a 20 de Junio de 2017	22
Fig. 11 Consumos de los VEB's seleccionados	23
Fig. 12 Tarifificaciones por discriminación horaria con dos periodos	25
Fig. 13 Precio medio del kWh para el 21 de Junio de 2017	25
Fig. 14 Precio fijo del kWh con discriminación horaria	26
Fig. 15 Precio neto de la electricidad para uso doméstico	26
Fig. 16 Precio medio del gasóleo en España (impuestos incluidos)	27
Fig. 17 Puntos de recarga pública en España	28
Fig. 18 Puntos de recarga pública en la Región de Murcia	29
Fig. 19 Precio en euros de la recarga de los VEB's seleccionados en función del tipo de carga	30
Fig. 20 Comparación mantenimiento Renault Clio y Zoe	31
Fig. 21 Coste cambio de batería para los VEB's seleccionados	32
Fig. 22 Cuotas alquiler de matrícula para Renault Zoe	33
Fig. 23 Cuotas de impuesto de circulación	33
Fig. 24 Fórmula para el cálculo de la potencia fiscal en motores eléctricos	33
Fig. 25 Impuesto de circulación para los VEB's seleccionados	34
Fig. 26 Asegurados y precio del seguro para los VEB's seleccionados	35
Fig. 27 Esquema de instalación colectiva troncal con contadores secundarios de recarga	37
Fig. 28 Puntos de recarga "wallbox"	38
Fig. 29 Emisiones y uso de energía para diferentes tipos de coche	40
Fig. 30 Evolución de las emisiones de GEI tomando como referencia el primer año de la serie (1990)	41
Fig. 31 Distribución anual de las emisiones de GEI por grupo de actividad y detalle para el año 2015	42
Fig. 32 Distribución anual de las emisiones de GEI por gas y detalle para el año 2015	42
Fig. 33 Emisiones en toneladas de CO2 per cápita en España para el periodo 1990 a 2015	43
Fig. 34 Evolución de emisiones validad de GEI en la Región de Murcia de 2013 a 2016	44
Fig. 35 Evolución de las emisiones de CO2 en kt en la Región de Murcia	44
Fig. 36 Evolución de las emisiones de gases totales, difusos y obligados en la Región de Murcia	45
Fig. 37 Distribución de las emisiones de CO2 eq durante el ciclo de vida del BMW i3	46
Fig. 38 Elementos que generan GEI en su fabricación por tipo de vehículo	47
Fig. 39 Factor de emisiones de CO2 en España en la producción de electricidad para el periodo de 2011 a 2015	49
Fig. 40 Factor de emisiones para España el día 18 de Julio de 2017	49
Fig. 41 USUARIO 1 – Gasto total acumulado en euros	50
Fig. 42 USUARIO 2 – Gasto total acumulado en euros	51

Fig. 43 USUARIO 3 – Gasto total acumulado en euros	52
Fig. 44 Ahorro porcentual por vehículo y usuario	53
Fig. 45 Ahorro porcentual por vehículo y usuario con hipótesis de ahorro futuras	54
Fig. 46 USUARIO 1 – Emisiones totales en ton de CO2 eq	55
Fig. 47 USUARIO 2 – Emisiones totales en ton de CO2 eq	56
Fig. 48 USUARIO 3 – Emisiones totales en ton de CO2 eq	57
Fig. 49 Ahorro porcentual en emisiones por vehículo y usuario	58

1. PROPÓSITO DEL TRABAJO

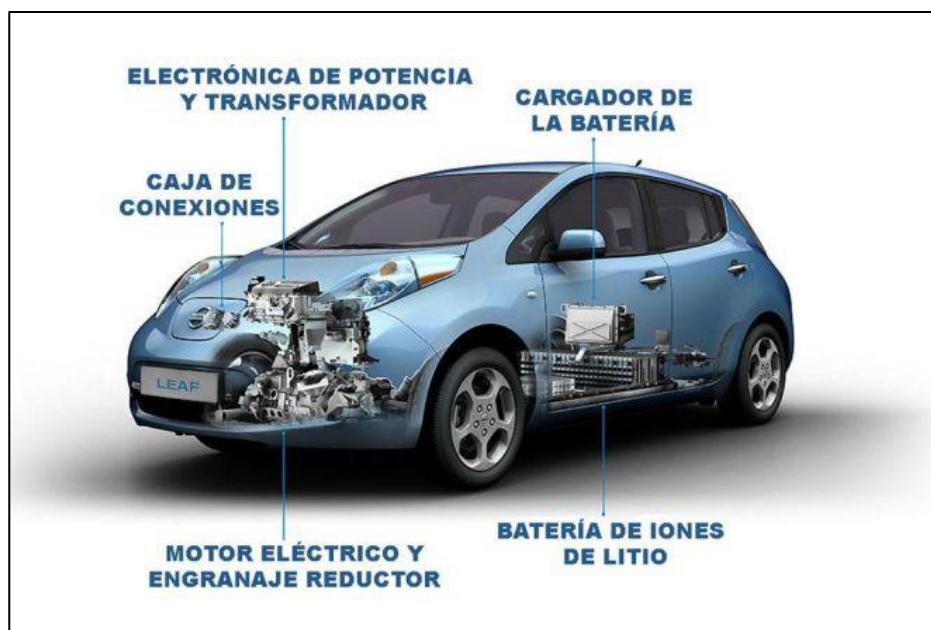
La finalidad del presente trabajo es hacer un análisis desde un punto de vista crítico, evitando caer en el “tecnooptimismo”, de los costes a los que se enfrenta un usuario que adquiriera un vehículo eléctrico de batería (en adelante VEB) y compararlos con los generados por un vehículo de combustión interna (VCI en adelante) diésel. A su vez se analizarán las emisiones de gases de efecto invernadero tanto por consumo como por fabricación para comprobar si efectivamente se reducen dichas emisiones de forma global.

Para el estudio se analizarán tres perfiles de usuario y cuatro VEB’s. La localización del mismo será la Región de Murcia (España).

2. PARTES PRINCIPALES Y CONCEPTOS BÁSICOS

En la siguiente imagen se pueden apreciar las partes principales de las que consta en VEB (Nissan Leaf en la imagen). Por su relevancia comentaremos aspectos de las baterías y los cargadores.

Fig. 1 Partes principales del Nissan Leaf



Fuente: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/01/22/motor/1453453025_865094.html

2.1 BATERÍAS

Hoy en día la tecnología del Litio es la tecnología puntera en las baterías desarrolladas para el consumo (teléfonos móviles, ordenadores portátiles, tabletas) y en desarrollo para el coche eléctrico.

La tecnología de las baterías de litio no es nada novedosa, ya que fue desarrollada en los 70, si bien es con la aparición de la informática y telefonía móvil donde empezaron a usarse con más profusión. Este tipo de aplicaciones ha favorecido mucho la investigación y desarrollo de este tipo de tecnología, especialmente en la búsqueda de la densidad de energía y precio.

Es por eso que se han alcanzado grandes mejoras en la densidad energética, energía específica, precio, proceso de fabricación, vida útil, costes, tamaño, peso, control y todo lo asociado con estas baterías, pero siempre alineados con el tipo de utilización de las mismas: alimentar equipos electrónicos de bajo consumo, durante muchas horas o días, y con tensiones bajas, menores de 20V, siendo habitual las baterías de una sola celda, con

electrónica de control integrada. Es decir, no se ha avanzado mucho en la potencia específica.

La capacidad de una batería se evalúa en energía (típicamente en kWh). Sin embargo, desde el punto de vista eléctrico, lo que importa no son los kWh sino más bien los Amperios hora (Ah), dado que al multiplicar estos Ah por la tensión nominal de la batería (conjunto de celdas iguales, en “batería”), típicamente 12V para un BCI somos capaces de obtener la energía nominal que es capaz de almacenar.

Esta capacidad es el factor más relevante para determinar la autonomía de un VEB, puesto que el consumo depende principalmente del estilo de conducción del usuario y en menor medida de los consumos de los motores y resistencias internas del vehículo.

Un efecto importante a tener en cuenta es el denominado “depósito menguante”, denominación que tiene su origen en la disminución de capacidad que sufren las baterías de Ion-Li debido a su uso [1].

2.2 CARGADORES

Podemos encontrar los diferentes tipos de conectores según la carga sea rápida, media o lenta [2]:

Enchufe Schuko: es compatible con las tomas de corriente europeas y responde al estándar CEE 7/4 Tipo F. Tiene toma de tierra, dos bornes y soporta corriente de hasta 16 A, por lo que solo es compatible con recargas lentas. Es común en algunas motocicletas y bicicletas eléctricas, incluso en algún coche eléctrico como el Renault Twizy.

Conector SAE J1772 (Tipo 1): es un estándar japonés (adoptado por los americanos y aceptado en la UE), para la recarga en corriente alterna. Tiene un total de 5 bornes, dos de ellos de corriente, otros dos complementarios y el último es el de tierra. Este tipo de conector tiene dos niveles, uno de ellos hasta 16 A, que sería para recarga lenta. El otro nivel, es hasta 80 A, que corresponde a recarga rápida. Apto para los modelos Opel Ampera, Nissan Leaf, Nissan ENV200, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citroën C-Zero, Renault Kangoo ZE (tipo 1), Ford Focus electric, Toyota Prius Plug in, o el KIA SOUL EV.

Conector MENNEKES (Tipo 2): es un conector alemán, que aunque no es específico para vehículos eléctricos es muy habitual su uso en ellos. Este conector tiene 7 bornes, de los cuales 4 son para corriente (trifásica), otro de tierra y dos para comunicaciones. En

este tipo tenemos la opción de dos corrientes, por un lado monofásica (hasta 16 A- recarga lenta), y por otro trifásica (hasta 63 A/ 43,8kW- recarga rápida). Apto para modelos como el BMW i3, i8, BYD E6, Renault Zoe, Tesla Model S, Volvo V60 plug-in hybrid, VW Golf plug-in hybrid, VW E-up, Audi A3 E-tron, Mercedes S500 plug-in, Porsche Panamera, o el Renault Kangoo ZE.

Conector único combinado o CCS: es una propuesta creada por alemanes y norteamericanos, como una solución estándar consta de 5 bornes distribuidos para corriente, toma tierra y comunicación con la red. Este tipo de conector admite ambas recargas, es decir, lenta y rápida. Fabricantes como Audi, BMW, Daimler, Porsche y Volkswagen incorporan ya este tipo de conector.

Conector Scame (Tipo 3): tiene 5 o 7 bornes, dependiendo si la corriente monofásica o trifásica, incluyendo en ambas tierra y comunicación con la red. Admite hasta 32 A, y es para recarga semi-rápida.

Conector CHAdeMO: es el estándar de los fabricantes japoneses. Está pensado para recarga rápida en corriente continua, por ello, tiene 10 bornes, toma de tierra y comunicación. Este conector es para recargas ultra-rápidas, ya que admite hasta 200 A. es el que mayor diámetro tiene de todos los conectores. Es el equipado para coches como el Nissan Leaf, Nissan ENV200, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citroën C-Zero, o el KIA SOUL EV.

Fig. 2 Conectores Tipo 1 y Tipo 2



Fuente: <http://www.recargacocheselectricos.com/tipos-conectores-vehiculos-electricos/>

2.3 AUTONOMÍA Y CICLOS

Como se ha comentado anteriormente la autonomía de un VEB depende tanto de la capacidad de la batería como del uso que le dé el usuario (ya sea para realizar recorridos en ciudad o en autovía) y su estilo de conducción.

En recorrido urbanos, al contrario que en los vehículos convencionales, la autonomía que presentan los VEB's es mayor que para los recorridos en autovías a grandes velocidades. Esto es así por una doble razón. La primera, es que en recorridos urbanos, durante las frenadas, el sistema KERS (kinetic energy recovery system) nos permite recuperar hasta el 80% de la energía cinética empleada en la aceleración. Esta característica es especialmente atractiva para los usuarios que no suelen cubrir grandes distancias con sus vehículos. La segunda razón radica en la resistencia que ha de vencer el vehículo, que está ligada a la velocidad, muy superior en autovía.

Por otro lado, y para poder equiparar los diferentes estilos de conducción, se utilizan unos determinados sistemas de medición de los consumos de los coches que se realizan siempre en las mismas condiciones estandarizadas. En Europa el ciclo utilizado para estimar la autonomía es el ciclo New European Driving Cycle NEDC que consiste en cuatro ciclos de conducción ECE-15 repetidos y un ciclo de conducción extra-urbano (Extra-Urban driving cycle EUDC) [3].

Este ciclo está siendo muy criticado en la actualidad. La crítica fundamental es la incapacidad para representar una conducción real. El ciclo NEDC se diseñó cuando los coches europeos eran más ligeros y menos potentes. La prueba reproduce un patrón de aceleraciones suaves, velocidades de cruce constantes y muchos períodos al ralentí. Sin embargo, en la práctica las aceleraciones son mayores y dinámicas debidas en parte al exceso de potencia de los motores modernos. La media de aceleración de 0 a 100 km/h ha descendido de 14 segundos en 1981 a 9 segundos en 20075.

La brecha entre las cifras homologadas y las reales aumentaron de un 8% en 2001 a un 21% en 2012 y a un 40% en 2014.

Por estos motivos para este estudio se considera un factor de penalización de la autonomía homologada para los vehículos que se describirán en el siguiente apartado de 0.85, esto es, que para una autonomía homologada de 100 km consideramos una autonomía real de 85 km.

Para solucionar esta tesitura la Comisión Europea tiene planes para implementar el New Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP) en 2017. Tiene un ciclo de prueba más dinámico y es una prueba más rigurosa que espera reducir la divergencia entre la prueba y la realidad.

3. SELECCIÓN DE VEB's

Renault ZOE R240

Fig. 3 Renault ZOE R240



Fuente: <http://www.renault.es/gama-renault/gama-vehiculos-electricos/zoe/renault-zoe/>

Este vehículo ha sido seleccionado por ser el vehículo enchufable más vendido de Europa en el primer trimestre de 2017 con 9.083 unidades vendidas [4].

El Renault Zoe es un compacto eléctrico que destaca por sus 240 km de autonomía según ciclo NEDC. Según la revista Autobild la autonomía real varía entre 115 y 170 km, aunque puede llegar a los 200 km en conducción por autovía con el modo ecológico. [5]

Disponibles en cuatro niveles de precios y acabados, se presenta como el primer eléctrico dispuesto a luchar de tú a tú con el Nissan Leaf. Está disponible con batería en propiedad o en opción de alquiler. El alquiler de las baterías varía en función de la distancia al año, entre 49 euros/mes (5.000 km/año) y hasta un tope de 182 euros/mes (40.000 km/año).

En su apartado técnico monta un motor eléctrico de corriente alterna de 92 CV de potencia, una batería de Iones de Litio de 22kWh de capacidad, velocidad máxima limitada a 135 km/h y una aceleración de 0 a 100 en 13,4 segundos.

El coche viene con enchufe convencional para la carga de serie.

La experiencia en interurbano de Autobild es 433 km por 63 kWh, que hacen unos 14,55 kWh cada 100 km [6].

Nissan LEAF 30 kWh

Fig. 4 Nissan LEAF 30 kWh



Fuente: <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf.html>

Este coche ha sido seleccionado por ser el vehículo eléctrico más vendido del mundo con más de 192.000 unidades hasta septiembre de 2015 [7].

El Nissan Leaf es un vehículo de cinco plazas que cuenta con un único motor eléctrico disponible, que desarrolla 109 CV y con el que es capaz de alcanzar una velocidad máxima de 144 km/h y con dos opciones de batería: una de 24 kWh con la que puede recorrer hasta 199 km y otra batería de 30 kWh (disponible para acabados Acenta y Tekna) con la que dispone de un 26% más de autonomía dejándola en 250 km con una sola carga, que será utilizada para este estudio.

El Nissan Leaf 2015 se podrá cargar en casa, en cargadores públicos o bien en una red rápida que, según la marca, permite obtener el 80% de capacidad en 30 minutos.

Para la recarga, se puede realizar en una toma de 6,6 kW y 32 A con un total de 4 horas, en una toma doméstica que nos llevará más o menos 10 horas o bien en cargadores rápidos donde en 30 minutos podremos recuperar el 80% de la batería.

A continuación reproducimos algunos extractos de las pruebas que realizaron tanto la revista Autobild como el portal Electromaps:

Prueba de Autobild [8]: *“Durante la prueba del Leaf con las nuevas baterías de 30 kWh nos enfrentamos a un curioso desafío: ir y volver al Col de Turini (a 1.607 metros de altitud) con una sola carga. Desde Niza, son unos 74 kilómetros, pero con pendientes de*

en torno al 10%. Cuidando mucho el acelerador del Nissan Leaf durante el ascenso (la velocidad media ronda los 41 km/h), llegamos a la cima con un 45% de la batería y unos 64 km de autonomía, así que durante el descenso habrá que recuperar todo lo posible para conseguir llegar sin sobresaltos al punto de partida. Sin problema. Con el cambio en posición 'B', que indica que el coche está haciendo uso de la frenada regenerativa, se ve como efectivamente, la autonomía del Nissan Leaf 2015 comienza a subir. Incluso al salir a autovía, a una velocidad media de 81 km/h y ya con el cambio en 'D', se recupera algo si te dejas llevar por la inercia. El trayecto llega a su fin: tras recorrer un total de 135,5 kilómetros todavía quedan 115 km/h y un 46% de la batería disponible.”

Prueba de Electromaps [9]: *“Respecto a la autonomía, es donde más críticos tenemos que ser. Como decíamos, el modelo determina 250 km en ciclo NEDC, aunque ya os advertimos que llegar a esa cifra es misión imposible. Según nuestra prueba, en una circulación normal y fluida por ciudad puede estirarse hasta los 180 km con un consumo de más o menos 15 kWh, aunque habrá que ir sin calefacción o climatizador y con el modo ECO activado, el cual nos corta la potencia para evitar un mayor consumo. A la que activemos el climatizador y desactivamos el modo ECO, veremos como la autonomía empieza a bajar rápidamente, por lo que llegar a los 150 km ya será todo un logro.*

Si salimos de la ciudad, el modelo se muestra como un pez fuera del agua, los consumos se disparan demasiado – más de 20 kWh – y más allá de los 100 km/h la autonomía desciende de forma alarmante. Por eso a día de hoy lo más recomendable para el Leaf son los recorridos urbanos donde también la regeneración de la batería a través de las frenadas juega un punto muy importante para mantener y alargar el tiempo de la autonomía, aprovechando sobre todo las bajadas.”

De cara a la batería encontramos la siguiente información en la página web del fabricante [10]:

“Más allá de la garantía de serie de tres años, el sistema de propulsión de tu Nissan LEAF está cubierto por la garantía Nissan de 5 años o 100.000 km. Esto incluye la batería de Ión-Litio, el motor, el inversor, el Módulo de Control del Vehículo (VCM), el Módulo de Suministro de Potencia (PDM), el cable y el conector de carga. Además de esto, con la nueva y más potente versión de 30 kWh tiene una garantía de 8 años o 160.000 km, lo que antes suceda, que cubre la pérdida de la capacidad carga de la batería por debajo de las 9 barras de las 12 que muestra el indicador de capacidad.”

BMW i3

Fig. 5 BMW i3



Fuente: <https://www.evcompany.eu/wp-content/uploads/2015/03/BMW-i3.jpg>

El motivo de seleccionarlo para el estudio es que según informa el portal movilidadeléctrica.com el BMW i3 recibió a finales de 2013 el certificado ISO 14040/14044 de emisiones totales durante el ciclo de vida tras la inspección realizada por la empresa alemana de certificación TÜV SÜD, una condecoración que hereda la recientemente estrenada segunda generación, que ofrece una nueva batería de 33 kWh y hasta 300 kilómetros de autonomía [11].

El i3 cumple las exigencias referidas a los impactos ambientales producidos durante el aprovisionamiento, producción, uso y reciclaje posterior. En comparación con los automóviles convencionales de su tamaño y rendimiento el BMW i3 tiene un potencial de efecto invernadero entre el 30 y el 50% inferior.

Todo en el coche cuenta:

- El 25% de los plásticos del interior y los termoplásticos del exterior se han obtenido a partir de materiales reciclados o renovables
- La arquitectura que constituye la célula de pasajeros, está construida de plástico reforzado con fibra de carbono, parte de él reciclado, procedentes de otras etapas de la producción, lo que reduce la necesidad de materias primas de la fábrica

Moses Lake (EE.UU). Allí el 100% de la energía necesaria se produce a partir de energía hidráulica generada localmente, al igual que, en Leipzig, para la fabricación de los automóviles, procede de energías renovables a partir de turbinas eólicas.

- El chasis de aluminio en el que se sitúan el motor, la batería y las estructuras de choque se compone, en parte, de aluminio secundario obtenido a partir de aluminio fundido de desechos de producción, que necesita hasta el 95% menos de energía. El aluminio primario se produce utilizando energía generada a partir de recursos renovables.
- Durante la fase de uso del coche la procedencia de la energía también es tenida en cuenta. El uso de energías renovables tiene un potencial de reducción de la huella ambiental de un 30% sobre el total. Para la certificación se ha utilizado el mix energético que tiene en cuenta toda la generación de electricidad de la Unión Europea.

Por otro lado es el primer vehículo 100% eléctrico de la marca y tiene un precio con baterías incluidas y sin restar las ayudas de 35.500 €.

En el apartado mecánico, monta un motor eléctrico propio, el BMW eDrive que le otorga al coche una potencia de 170CV, junto a unas baterías de 22 o 33 kWh de capacidad le confieren una autonomía homologada máxima de 200 km y una velocidad punta de 150km/h.

Tesla Model 3

Fig. 6 Tesla Model 3



Fuente: <https://m.forocoches.com/foro/showthread.php?t=5043095>

Este vehículo ha sido seleccionado por ser el coche con más pedidos de la historia en su lanzamiento. El 31 de marzo de 2016 se celebró el acto de presentación oficial del Tesla Model 3 en Hawthorne, California y a Julio de 2017 acumula 373.000 unidades reservadas de las cuales 180.000 se realizaron en las primeras 24 horas desde su lanzamiento [12].

El Tesla Model III es un sedán compacto 100% eléctrico. Tecnológicamente avanzado y cuya estética será similar a los diseños típicos de Tesla Motors. Su autonomía rondará entre los 320-350 kilómetros, para conseguir tales rangos de autonomía llevaría equipado un paquete de baterías de 90 kWh.

Según Autobild aunque aún no ha salido a la venta, los detalles sobre el Tesla Model 3 siguen circulando por la web [13]. La última noticia se basa en un listado de especificaciones del futuro modelo de Tesla, en cual se compara el Model 3 con el Model S. Y, en la hoja de prestaciones, se puede ver que el Model 3 pasa 0 a 100 km/h en 5,6 s [14].

Peugeot 308 1.6

Fig. 7 Peugeot 308 1.6



Fuente: <https://www.autoextrem.de/artikel-news/254-peugeot-308-neuer-golf-konkurrent-kommt-herbst-haendlern.html>

Para la comparación utilizaremos al Peugeot 308 1.6 por ser un vehículo de combustión diésel con uno de los menores consumos homologados y por sus bajas emisiones de CO₂ homologadas en 95 gr/km [15].

4. ESTUDIO DE USUARIO

4.1 SELECCIÓN DE PERFILES DE USUARIOS

A continuación se describen los tres perfiles de usuario sobre los que realizaremos el estudio. Los parámetros que utilizaremos para definirlos serán los siguientes:

- **Plazas necesarias:** para todos los perfiles vamos a considerar la necesidad de tener 5 plazas en el vehículo con el fin de homogeneizar el estudio
- **Kilómetros totales recorridos al año:** utilizado para definir el grado de uso del vehículo. Tendremos perfiles de uso bajo, medio y alto.
- **Viajes de más de 200 km al año:** dada la baja autonomía que presentan los VEB's actualmente este dato es relevante dado que un viaje de esas características implicaría realizar al menos una recarga rápida, cuyo precio es sustancialmente superior al de una recarga doméstica. El dato es utilizado para calcular el precio de las recargas en función de si se ha realizado en casa o en un supercargador público.

Los tres perfiles analizados son los siguientes:

USUARIO 1

El usuario 1 está enfocado a una familia que utilice el vehículo como segundo vehículo para desplazarse por la ciudad de forma que la autonomía no es un factor limitante en este caso. El grado de utilización del vehículo se considera bajo realizando 15.000 kilómetros anuales. En cuanto a viajes mayores de 200 km se han estimado 5 desplazamientos lo que nos da un total de 1.000 km al año cubiertos con recargas rápidas.

USUARIO 2

El usuario 2 está enfocado a un grado de utilización medio del vehículo. Se considera un grado de utilización medio cubriendo anualmente un total de 30.000 kilómetros y con 10 desplazamientos de más de 200 km al año cubriendo así 2.000 km al año con recargas rápidas.

Este usuario está enfocado a una familia que utilice el vehículo como vehículo principal.

USUARIO 3

Para el usuario 3 se ha considerado un vehículo comercial con un grado de utilización alto del vehículo llegando a los 50.000 km anuales y con 50 desplazamientos anuales de más de 200 km, es decir, 10.000 km al año de recargas rápidas.

4.2 PRECIO DEL VEHÍCULO

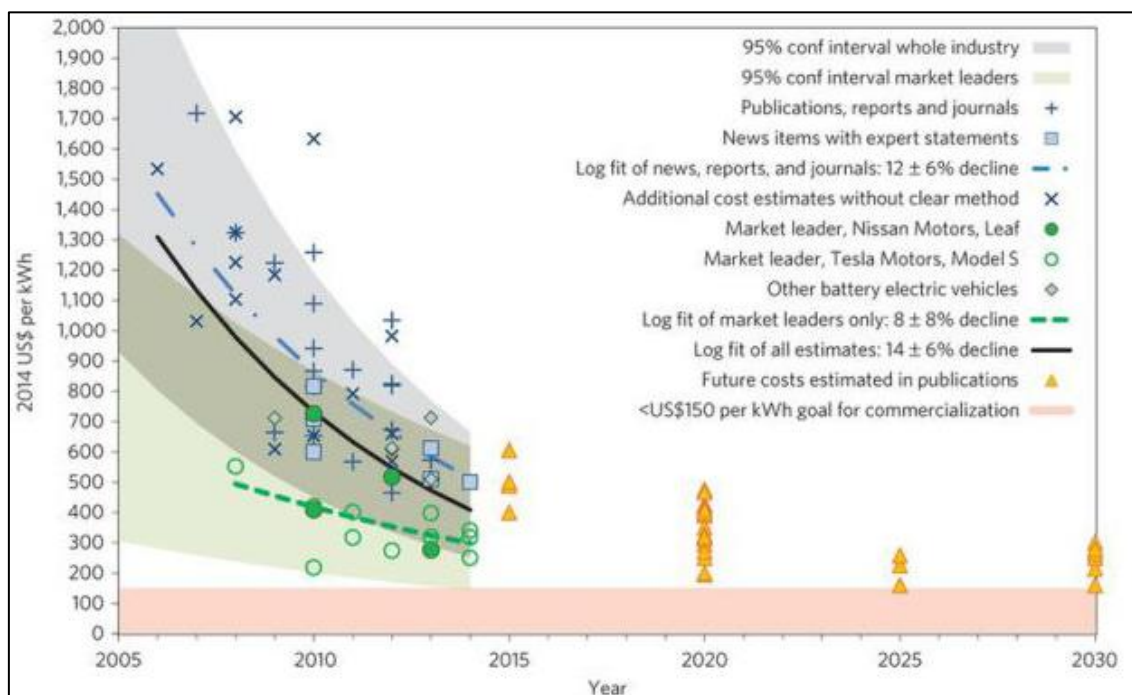
4.2.1 Adquisición del vehículo

El precio de los VEB's junto con la autonomía son los principales factores claves a la hora de atreverse a cambiar hacia este tipo de modelos. Para que los VEB's sean una alternativa realmente atractiva para el usuario su precio debería estar como mínimo al nivel de sus competidores de combustión, cosa que aún está lejos de convertirse en realidad a corto plazo.

Sin lugar a dudas el principal contribuyente a ese elevado precio es la batería que constituye un tercio del coste total del VEB según las referencias consultadas [16].

Según un estudio de la Stockholm Environment Institute publicado en la revista Nature Climate Change [17] el precio del kWh de capacidad de las baterías ha caído el 70% desde el año 2007, algo que el estudio anterior, realizado en esa fecha, no preveía hasta el año 2020 y que apunta una tendencia a la rebaja del precio de los coches eléctricos que les llevaría a ser competitivos con los de combustión en la próxima década. Según el estudio el precio del kWh, que en 2007 era de 1.000 \$/kWh, ha ido descendiendo de forma gradual hasta nuestros días en los que se sitúa aproximadamente en 300 \$/kWh lo que supone una tendencia de un 8% de descenso cada año, que situaría el precio del kWh en 150 dólares en los próximos diez años. Un precio que equipararía a los coches eléctricos con los de motor de combustión puesto que una batería habitual de 22 kWh constaría alrededor de 3.300 \$. Además hay que contar con el avance de las tecnologías que lograrán mayor autonomía con la misma capacidad o autonomías similares con baterías mucho más pequeñas y baratas [18].

Fig. 8 Previsiones de caída del precio en la fabricación de baterías de iones de litio



Fuente: <http://movilidadelectrica.com/wp-content/uploads/2015/04/informe-precio-baterias-700.jpg>

En algunos casos, como General Motors, las previsiones son más halagüeñas según indicaba su CEO Mary Barry en 2015, situando el precio de las baterías cerca de los 100 dólares por kWh para 2022 [19].

En cualquier caso, y aunque los fabricantes se muestran bastante reticentes a facilitar datos sobre el coste real de la producción de baterías, podemos estimar que el precio de los VEB's irá de la mano de esta bajada del precio de las baterías.

Para los coches seleccionados para este estudio los precios de adquisición tras IVA considerados son los siguientes:

Fig. 9 Comparación de precios de los vehículos seleccionados

Vehículo	Precio en euros
Renault ZOE R240	29225
Nissan LEAF 30 kWh	31660
BMV i3	35500
Tesla Model 3	40000*

*Precio estimado

Fuente: elaboración propia

El precio considerado para el Peugeot 308 es de 25.250 euros.

Otro gasto a tener en cuenta a la hora de adquirir un vehículo es el Impuesto de Matriculación. Según la Agencia Tributaria los vehículos con emisiones inferiores o iguales a 120 gr/km CO₂, no pagan impuesto de matriculación [20]. Este impuesto suele ser un porcentaje del valor del vehículo antes de impuestos, por lo que para todos los vehículos considerados en este estudio es del 0%, habida cuenta de que el único en emitir CO₂ durante su uso es el Peugeot 308 1.6 con 95 gr/km.

4.2.2 Subvenciones aplicables

Las ayudas a la compra de coches eléctricos, en 2017, se agrupan bajo el Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas (MOVEA) que debería de haber entrado en vigor el 1 de enero de 2017 y que se retrasa hasta después del verano, estará dotado de 16,6 millones de euros para ayudas a vehículos movidos por algún "tipo de energía alternativa a los combustibles fósiles tradicionales" donde se incluyen los VEB's [21].

De esos 16,6 millones de euros, 12 millones están destinados a la movilidad eléctrica, siendo 7 millones para la adquisición de turismos y 1 millón para instalar puntos de recarga para coches eléctricos.

Dentro de estos presupuestos el usuario podrá beneficiarse de la ayuda estatal para la compra de un coche eléctrico cuyo precio antes de impuestos sea menor a 32.000 euros (este precio baja con respecto al año pasado, que eran 40.000 euros).

Las cuantías de las ayudas son:

- Autonomía 100% eléctrica superior a 90 km: 5.500 euros
- Autonomía 100% eléctrica entre 40 y 90 km: 3.700 euros
- Autonomía 100% eléctrica entre 15 y 40 km: 2.700 euros

Aunque esta ayuda no se puede combinar con otras subvenciones se ofrecen 750 euros adicionales en la compra de un turismo M1 de una de las tres categorías anteriores si se chatarra un turismo M1 de más de 10 años. Esta ayuda extra no se considerará para el estudio.

Por otro lado y aunque el Plan PIVE 8 se agotó el pasado mes de julio de 2016 [22] y dejando de lado las especulaciones sobre un Plan PIVE 9 los fabricantes se están

lanzando a ofrecer descuentos en sus vehículos convencionales, temerosos de que el número de matriculaciones de coches nuevos baje, aunque los datos no lo reflejen así por el momento. En la imagen de abajo podemos encontrar un descuento aplicable para el Peugeot 308 1.6 que se puede adquirir en la Región de Murcia a día 20 de Junio de 2017.

Fig. 10 Captura del precio del Peugeot 380 1.6 a 20 de Junio de 2017



TENTACIONES

308 5 Puertas Style
1.6 BlueHDi 120 cv C.C. Automática 6 vel. STT
Blanco Banquise
Tela Meco Negro Mistral

▶ Ver la opción

Consumo l/100km (mixto) : 3.6
Consumo urbano - l/100km : 4.1
Consumo en carretera - l/100km : 3.4
Emisiones de CO2 (mixto) - g/km : 95

FICHA COMPLETA

Tarifa Recomendada 26.040 €⁽¹⁾
- Descuento Tentaciones (4) 4.800 €
- Descuento Si Finanzas (5) 1.200 €

CON 6 000 € DE VENTAJA CLIENTE !

20.040 € IMPUESTOS INCLUIDOS*

Con un solo click, descubre la mejor financiación con Peugeot Financial Services.

Configura tu cuota mensual de forma cómoda y sencilla.

SOLICITA UNA OFERTA PERSONALIZADA

Vehículo presentado a título indicativo pudiendo no corresponder con la versión presentada

ENTREGA EN 10 DÍAS

Disponibles en el punto de venta
AUTOMOVILES TOMAS GUILLEN [1,5 Distancia (KMs)]
--- Elige otro punto de venta

Fuente: https://ofertas.peugeot.es/solicita-oferta/peugeot/nuevo-308/5-puertas?gclid=CjwKEAjw87PNBRDA_rHbypeJmFkSJADRCaivoSHDRzCXd3jGmDkoFOdok7dEPEg6hMSAQ6LGRtY03hoCxILw_wcB&gclid=CPiBwMr_i9YCFWoj0wodiTwDdg

Considerando que esta tendencia se va a mantener y para no favorecer a los VEB's durante el presente estudio vamos a estimar una subvención por parte del fabricante de 5500 euros, igualándolas a los VEB's.

4.3 CONSUMO

Aunque idealmente podríamos calcular el consumo de un VEB en kWh/km simplemente dividiendo la capacidad de la batería entre la autonomía certificada la realidad es que este valor no sería el más indicado para este estudio por los siguientes motivos:

1. La autonomía NEDC no parece la estimación más real según se ha comentado más arriba
2. El consumo depende en gran medida del estilo de conducción del usuario

Para poder tener una estimación más precisa del consumo de los VEB's seleccionados consultamos el portal alemán Spritmonitor [23]. En esta página podemos encontrar una recopilación de datos reales de usuarios en función de la marca del coche, modelo, combustible, etc. Para nuestros VEB's tenemos la siguiente tabla.

Fig. 11 Consumos de los VEB's seleccionados

Vehículo	Consumo			
	Usuarios	min	MAX	medio
Renault ZOE R240	82	7,9	27,36	16,92
Nissan LEAF 30 kWh	39	6,22	22,91	16,76
BMW i3	26	10,32	22,48	15,01
Tesla Model 3	50	15,62	31,39	20,72

Fuente: elaboración propia

De cara al estudio el valor utilizado será el consumo medio.

Con este consumo en kWh/km y los kilómetros recorridos fácilmente podemos saber el consumo del VEB pero de cara a estimar los costes en los que incurre el usuario claramente hay otros factores que debemos considerar si no queremos caer en el “tecnoptimismo” del que pretende escapar este estudio.

Desde este consumo que indica el coche hasta el consumo real que nos cede la red eléctrica, que es el que pagará el usuario en última instancia, tenemos que tener en cuenta una serie de pérdidas eléctricas que se detallan a continuación.

La primera pérdida a considerar es el rendimiento de carga de la batería, que refleja las pérdidas por la transformación de la energía eléctrica recibida del cargador en energía química almacenable. Según las referencias consultadas el rendimiento de la batería

puede rondar entre el 97 y 95% para cargas de hasta 30 A. Para este estudio consideramos un rendimiento del 95%.

Muy relacionado con estas pérdidas son las pérdidas sufridas en el circuito de carga, esto es, el cargador. Para corrientes de hasta 30 A estas pérdidas se pueden estimar entre un 10 y un 13%, lo que deja el rendimiento de cargador en un rango de 87-90%. Utilizaremos el valor más conservativo para este estudio, un 87%.

Ahora bien ¿es esta energía, aplicados los rendimientos de batería y enchufe, la que finalmente pagará el usuario? Esta cerca de serlo pero no lo es, ya que esta energía está saliendo de un enchufe instalado en casa y no directamente de la acometida doméstica (“contador”). Para trasladar la energía que suministra el enchufe a ese punto de la red tendremos que sumar entre un 1-2% de pérdidas por la caída de tensión en la red doméstica según la Ley de Ohm. Para este estudio consideramos unas pérdidas de un 2%

Una vez puestos todos estos rendimientos observamos que la factura que paga el usuario es hasta un 20% más de la que corresponde por la energía que consume el VEB directamente. El rendimiento asociado al proceso de carga es de un 81% ($0.95 \cdot 0.87 \cdot 0.98$). Esto es, por cada kWh que consuma el coche el usuario estará obteniendo de la red 1,234 kWh.

Una vez que tenemos este consumo en kWh podemos calcular el precio que pagará el usuario por consumir esta energía. En España se distinguen hasta tres periodos de discriminación horaria (franja punta, valle o supervalle) con diferentes tarificaciones en función de la hora del día en la que se consuma la energía [24].

Para el estudio consideraremos una tarifa con dos periodos de carga. Dado que la realidad nos hará no cargar el coche siempre en el horario de precio reducido (en azul en la imagen) para el cálculo del precio estimaremos un factor de carga en precio reducido de 0.8, esto es, que cargaremos el VEB un 80% del tiempo en precio reducido y un 20% en precio con recargo.

Fig. 12 Tarifaciones por discriminación horaria con dos periodos



Fuente: <http://tarifaluzhora.es/precio-electricidad-espana>

En el portal para clientes de Endesa [25] se puede consultar el precio del kWh en tiempo real para Endesa. La imagen de abajo muestra el precio para el 21 de junio de 2017.

Fig. 13 Precio medio del kWh para el 21 de Junio de 2017



Fuente: <https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html>

Para el estudio, utilizaremos los siguientes precios medio en tarifas fijas (Endesa) aplicables a partir del 1 de enero de 2017 que se muestran en la siguiente imagen. Queda fuera del estudio el pago por potencia contratada, al considerarse un gasto fijo del usuario con el que ya contará.

Fig. 14 Precio fijo del kWh con discriminación horaria

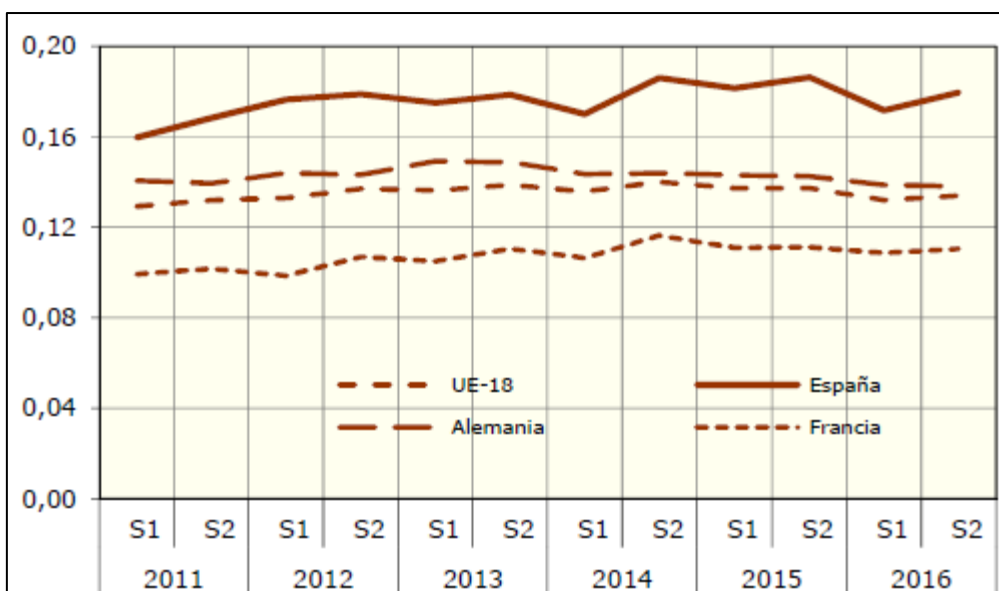
Precio Fijo con Discriminación Horaria (*)		
Término Potencia	Término Energía	
	Punta	Valle
3,170286 €/kW/mes	0,167746 €/kWh	0,084015 €/kWh

(*) Precios Vigentes desde el 1 de enero de 2017.

Fuente: <https://www.endesaclientes.com/articulos/tarifas-reguladas-luz-gas.html>

En cuanto al precio de la energía en España, merece la pena comentar el hecho de que España ocupa el quinto puesto en cuanto a precio de la electricidad doméstica de la Unión Europea se refiere, dato que perjudica bastante al coste por uso de un VEB si lo comparamos con prácticamente la mayoría de países de nuestro alrededor. En la siguiente gráfica obtenida del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital se recoge la evolución del precio neto del kWh doméstico en Alemania, Francia y España, recogiendo también la evolución del precio medio de la UE-18 [26]. Sobran las palabras si comparamos este precio con la renta media por país.

Fig. 15 Precio neto de la electricidad para uso doméstico



Fuente: <http://www.minetad.gob.es/es->

[ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf](http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf)

Para la comparativa, tomaremos para el Peugeot un consumo medio de 5.17 litros de diésel según Spritmonitor [23] y un precio del combustible de 1,0151 euros por litro según datos del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital) correspondiente al año 2016 [27]. De cara al estudio es notable la bajada del precio medio en 2016 según la tabla de abajo, lo cual va en consonancia con los datos conservativos que se están usando en para no beneficiar el VEB.

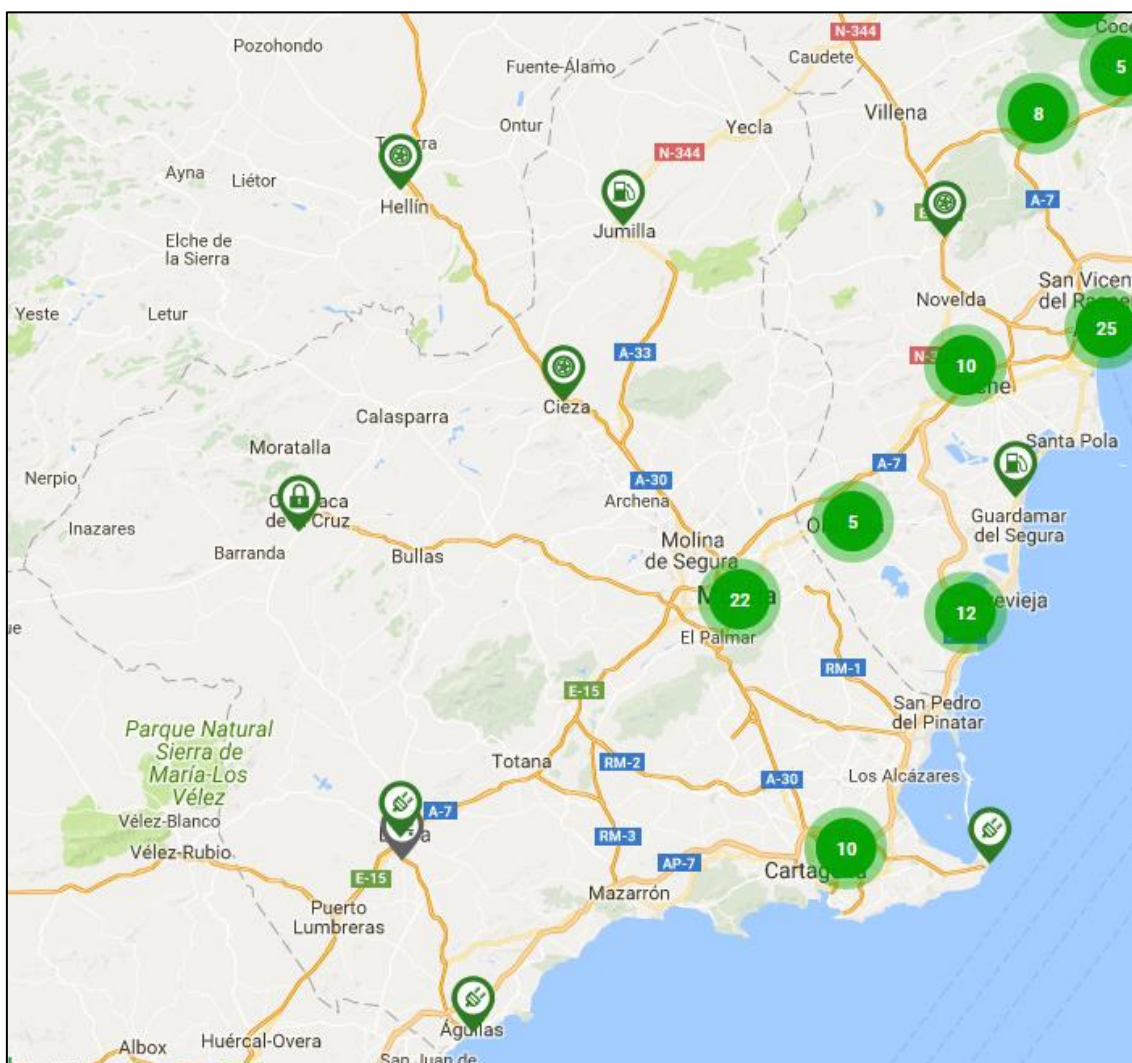
Fig. 16 Precio medio del gasóleo en España (impuestos incluidos)

Mes	(Céntimos de Euro/litro)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	136,96	134,21	107,15	93,38	112,82
Febrero	139,38	133,90	113,85	92,70	112,97
Marzo	138,06	132,50	116,83	97,10	111,13
Abril	134,90	132,41	117,45	97,60	111,54
Mayo	132,25	132,27	120,28	102,35	
Junio	133,41	133,06	118,68	105,26	
Julio	135,46	132,55	114,96	103,22	
Agosto	136,51	132,25	108,89	101,66	
Septiembre	138,47	132,14	107,69	102,90	
Octubre	135,51	128,23	106,31	106,44	
Noviembre	134,21	125,26	105,92	105,17	
Diciembre	135,44	114,92	99,49	110,29	
Media	135,88	130,31	111,44	101,51	112,12

Fuente: <http://www.cetm.es/principal/carburantes/Gasoleos/datos.asp>

Lo expuesto arriba hace referencia a la llamada carga lenta, para los cuáles se necesitan entre 8 y 10 horas para tener la batería completamente cargada. No obstante y según los perfiles de usuario, se han definido una serie de kilómetros recorridos al año en viajes de más 200 km. Para estos trayectos y para el estudio se considerará que todos esos kilómetros se recorren haciendo uso de cargas rápidas, aunque en la práctica la supone que la primera recarga la realizará el usuario en casa.

Fig. 18 Puntos de recarga pública en la Región de Murcia



Fuente: <https://www.electromaps.com/>

Estos puntos de recarga públicos están instalados y mantenidos por gestoras. Para este análisis utilizaremos los datos facilitados por la gestora vasca IBIL [29].

Los precios son los siguientes:

- Recarga rápida: 0,46 euros/kWh
- Recarga lenta: 0,38 euros/kWh

Como se puede ver estos puntos de recarga son significativamente más caros de los se obtienen con una recarga en casa. En la siguiente tabla se muestran los precios de recarga de los VEB's seleccionados teniendo en cuenta las pérdidas por batería y cargador:

Fig. 19 Precio en euros de la recarga de los VEB's seleccionados en función del tipo de carga

Vehículo	Capacidad batería KWh	Rend. Recarga	Precio carga lenta	Precio carga rápida
Renault ZOE R240	22	82,65%	10,11 €	12,24 €
Nissan LEAF 30 kWh	30	82,65%	13,79 €	16,70 €
BMV i3	33	82,65%	15,17 €	18,37 €
Tesla Model 3	60	82,65%	27,59 €	33,39 €

Fuente: elaboración propia

4.4 MANTENIMIENTO Y REVISIONES

Uno de los mayores focos de ahorro a la hora de cambiar un coche se centra en el menor mantenimiento que necesita un VEB en comparación con los vehículos de combustión. Se estima que un VEB lleva entre 800 y 1.000 elementos mecánicos menos con un coche convencional, principalmente por la ausencia de motor de combustión.

Está claro que, con el uso, ambos vehículos pueden tener alguna que otra avería y tener que pasar por el taller electromecánico, pero la realidad es que con los coches eléctricos quedan eliminadas muchas de éstas por el mero hecho de carecer de un buen número de elementos (especialmente del motor y de la caja de cambios) que sí están presentes en los coches tradicionales (térmicos) y requieren mantenimiento periódico, tales como: el aceite del motor y el de la caja de cambios; los filtros de aceite, de aire, de carburante, la correa de distribución, la junta de la culata, el embrague o el alternador...

Hay que aclarar que los vehículos eléctricos tienen, por contra, determinados componentes que no están presentes en los coches tradicionales. Pese a todo, tanto los controladores eléctricos como las baterías cuentan con una alta fiabilidad que se ha probado y contrastado en otras muchas aplicaciones (los motores eléctricos son una tecnología muy madura) para que las posibles averías sean mínimas.

En la siguiente tabla sacada de la página de Renault podemos encontrar la comparativa entre los principales puntos de mantenimiento periódico para un Renault Clio de combustión y un Renault Zoe similar al utilizado para el estudio.

Fig. 20 Comparación mantenimiento Renault Clio y Zoe

MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO	CLIO	ZOE
ACEITE MOTOR	<input checked="" type="checkbox"/>	X
ACEITE CAJA DE CAMBIOS	<input checked="" type="checkbox"/>	X
FILTRO DE ACEITE	<input checked="" type="checkbox"/>	X
FILTRO HABITACULO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FILTRO DE AIRE	<input checked="" type="checkbox"/>	X
FILTRO DE CARBURANTE	<input checked="" type="checkbox"/>	X
LIQUIDO DE FRENOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LIQUIDO DE REFRIGERACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CORREA DE DISTRIBUCIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>	X
CORREA DE ACCESORIOS	<input checked="" type="checkbox"/>	X
COMPROBACIÓN DE CALCULADORES	X	<input checked="" type="checkbox"/>
BATERÍA 12V	EN USO	EN USO
CONTROL Y NIVEL DE REFRIGERANTE	<input checked="" type="checkbox"/>	CADA 6 AÑOS
CONTROL DE SISTEMA DE FRENOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: <http://corrienteelectronica.renault.es/comparativa-mantenimiento-coche-electrico-frente-coche-termico/>

Según las referencias consultadas [30] el ahorro puede ser superior a un 56% aunque no disponemos de datos fiables para hacer nuestra propia estimación. Según valores de la revista Autofácil en el artículo *¿Cuánto cuesta, por kilómetro, mantener un coche en propiedad?* [31] tomaremos los siguientes valores para el Peugeot:

- Costes de revisión por km: 0,011 euros
- Costes de reparación por km: 0,018
- Coste de neumáticos por km: 0,01 euros

Por tanto estimamos el coste de mantenimiento por kilómetro en 0,038 euros. La estimación para el coche eléctrico la dejaremos en 0,02 euros por kilómetro, tratando de ser conservativos.

4.4.1 Cambio de batería

Con mucho, el principal gasto en el que se incurre a la hora de hablar del mantenimiento de un coche eléctrico es el cambio de batería, ya que como se ha comentado anteriormente la batería puede suponer hasta un tercio del precio total del vehículo.

La siguiente tabla muestra el coste de un cambio de batería según estimaciones basadas en las referencias consultadas y experiencias de usuarios.

Fig. 21 Coste cambio de batería para los VEB's seleccionados

Vehículo	Precio en euros*
Renault ZOE R240	8000
Nissan LEAF 30 kWh	6050
BMV i3	7000
Tesla Model 3	15000

*Precio estimado

Fuente: elaboración propia

Pero ¿cada cuánto hemos de cambiar de batería? Responder a esta pregunta no es sencilla, dada la opacidad de los fabricantes para revelar este dato (si bien tampoco es fácil estimar la vida de un motor de combustión en kilómetros) y la falta de datos dado que los VEB's no han llegado a un grupo numeroso de usuarios en la actualidad.

Para estimar la duración de una batería utilizaremos la autonomía NEDC corregida y una estimación del número de recargas que puede aguantar una batería.

Dado que los valores NEDC son muy optimistas y es sabido que las baterías pierden autonomía con el paso de las recargas (algunas experiencias de usuarios las sitúan en un 8% tras recorrer 150.000 km) a la hora de calcular los kilómetros a los que cambiaremos la batería le aplicaremos un factor de corrección a la autonomía de 0,85 como se ha comentado anteriormente.

Por tanto, los ciclos que soporta la batería según los kilómetros recorridos serán esos mismos kilómetros divididos entre la autonomía una vez aplicado el factor de corrección.

Una vez que esos ciclos superen el número de ciclos máximo estimado para el cambio de baterías, que es de 2.000 para este estudio, se sumará esa cantidad al coste de mantenimiento de ese año.

A modo de dato, Renault está dando una garantía para las baterías de 8 años o 160.000 kilómetros [32].

Otra opción, que no será considerada para el estudio, es la solución que están ofreciendo algunos concesionarios para evitar este gran desembolso que supone el cambio de batería por lo que están alquilando baterías cuya cuota varía en función de los kilómetros

estimados que se van a recorrer. En la imagen siguiente podemos ver las diferentes cuotas para un Renault Zoe.

Fig. 22 Cuotas alquiler de matrícula para Renault Zoe

	ZOE 22 kWh	ZOE 40 kWh
Z.E. FLEX	59 €/mes - 7.500 km/año + 10 €/mes por cada 2.500 km/año adicionales	69 €/mes - 7.500 km/año + 10 €/mes por cada 2.500 km/año
Z.E. RELAX		119 €/mes kilometraje ilimitado*
*Solo para particulares		

Fuente: <http://corrientelectrica.renault.es/cuanto-cuesta-alquilar-la-bateria-del-renault-zoe/>

4.5 OTROS GASTOS

4.5.1 Impuesto de circulación

Según el artículo 95 de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales las cuotas a pagar en función del vehículo son las siguientes (en euros):

Fig. 23 Cuotas de impuesto de circulación

A) TURISMOS	
De menos de 8 caballos fiscales.....	22,46
De 8 hasta 11,99 caballos fiscales.....	60,66
De 12 hasta 15,99 caballos fiscales.....	128,05
De 16 hasta 19,99 caballos fiscales.....	170,26
De caballos fiscales en adelante.....	224,00

Fuente: artículo 95 de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales

Los cálculos de potencia fiscal para los motores eléctricos según el Ministerio de Interior se realizan mediante la siguiente fórmula [33]:

Fig. 24 Fórmula para el cálculo de la potencia fiscal en motores eléctricos

d. Para los motores eléctricos:

$$CVF = Pe / 5,152 \quad (4)$$

La potencia efectiva Pe que se utiliza en las fórmulas (3) y (4), expresada en kilovatios (kw), será la que determine el Laboratorio Oficial que el Ministerio de Industria y Energía designe aplicando los métodos de ensayo que dicho Ministerio establezca.

Fuente: <http://www.interior.gob.es/documents/642012/1931881/05.+ANEXO+V.pdf/c8ba11b2-ceca-4485-9ef9-7c588d19c132>

Ante la dificultad de encontrar los valores de la potencia efectiva para los vehículos considerados para el estudio y teniendo en cuenta que los datos de potencia que se pueden dar corresponden a potencias de pico que dispararían la potencia fiscal se consideran los siguientes impuestos de circulación:

Fig. 25 Impuesto de circulación para los VEB's seleccionados

Vehículo	Precio en euros*
Renault ZOE R240	60,66
Nissan LEAF 30 kWh	60,66
BMV i3	128,05
Tesla Model 3	170,26

*CVF estimados

Fuente: elaboración propia

Para el Peugeot 308 se fija en 60,66 euros.

Por otro lado, encontramos en la página web de la Región de Murcia la siguiente información [34].

“2. Gozarán de una bonificación del 75 % de la cuota del impuesto, durante los cuatro primeros años de su matriculación o desde la instalación de los correspondientes sistemas, según los casos, aquellos vehículos que, en función de la clase de carburante utilizado, de las características del motor y de su baja incidencia en el medio ambiente, se encuadren en los siguientes supuestos:

- 1. Los vehículos eléctricos, bimodales o híbridos (motor eléctrico-gasolina, eléctrico-diesel o eléctrico-gas).*
- 2. Los vehículos impulsados mediante energía solar.*
- 3. Los vehículos que utilicen exclusivamente como combustible biogás, gas natural, gas líquido, metano, metanol, hidrógeno o derivados de aceites vegetales.”*

Por tanto para este estudio se considera un descuento del 75% para los VEB's aplicado durante los 4 primeros años. Cada destacar que si el descuento no se solicita por adelantado los ayuntamientos no lo aplican de forma automática, según experiencias leídas en diversos foros.

4.5.2 Seguros

Aunque la aportación al gasto total del seguro pueda parecer poca de cara a un estudio a 10 años vista, esta información es interesante de cara a ver cómo las compañías están tasando los seguros de los VEB's.

En la siguiente tabla podemos encontrar tanto la aseguradora como el precio anual para los VEB's de un seguro con las siguientes características:

- hombre de 30 años, soltero y sin hijos menores de 16
- 10 de antigüedad de carné y sin siniestros
- Residencia habitual en Murcia
- utilización del vehículo a diario
- aparcamiento en garaje individual
- hasta 32.000 kilómetros al año
- vehículo de matriculación nueva y único vehículo en la unidad familiar
- seguro a todo riesgo y sin seguros previos a su nombre en los últimos 60 días.

Fig. 26 Asegurados y precio del seguro para los VEB's seleccionados

Vehículo	Aseguradora	Precio en euros
Renault ZOE R240	MM	542
Nissan LEAF 30 kWh	MM	564
BMV i3	Qualitas Auto	956
Tesla Model 3	Mapfre	1000*

*Precio estimado

Fuente: elaboración propia

El dato del Tesla Model 3 es una estimación al no estar aún disponible en el mercado. Cabe destacar que el precio del seguro para un Tesla Model S60 es de 2751 euros con Mapfre, la única aseguradora que lo oferta en España.

4.5.3 Adecuación del garaje para la carga

Los coches eléctricos se pueden cargar en cualquier enchufe que tenga unas determinadas características técnicas (empezando por toma de tierra), pero hay algunas pequeñas consideraciones a tener en cuenta.

A pesar de que con un enchufe convencional es suficiente, los fabricantes recomiendan instalar un punto de recarga en tu garaje. El cargador ocasional que viene con el equipamiento básico de un VEB (dependiendo del modelo) suele tener la potencia

limitada a 2,3 kW. A esta potencia, una recarga completa se puede alargar hasta las 12 horas, de ahí que no sea lo más práctico para utilizarlo de forma diaria.

Con una toma de potencia propia se puede recargar a mayor potencia y por consiguiente, disminuir los tiempos de recarga. Además, estos puntos de recarga ofrecen funciones de protección contra descargas eléctricas y otras como la medición del consumo de energía o la posibilidad de controlar la recarga de forma remota, pudiendo por ejemplo climatizar el vehículo antes de uso para alargar así la autonomía.

Dependiendo de la instalación, hará falta más o menos obra y modificaciones en el circuito eléctrico. La sección de los cables, por ejemplo, es un factor a tener en cuenta. El reglamento que regula todo esto se llama Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos”, aprobado en el BOE el 31 de diciembre de 2014.

Como puntos interesantes de esta Instrucción [35]:

- En lo nuevos edificios (proyectos posteriores al 31/12/2014) que se rijan por la ley de propiedad horizontal, será necesaria proyectar una preinstalación “mediante, tubos, canales, bandejas, etc.” para futuras plazas con vehículo eléctrico.
- En nuevos aparcamientos públicos, de empresa, cooperativas, oficinas... será necesaria la instalación de un punto de recarga cada 40 plazas de parking.
- Los puntos de recarga ya existentes disponen de 3 años, para adaptarse a la nueva normativa, periodo que caducará al final del presente año
- No será necesaria la elaboración de proyecto para las instalaciones de recarga que se ejecuten en los grupos de instalación existentes en edificios de viviendas, siempre que las nuevas instalaciones no sean superiores a 50KW, 10KW si están en exterior e instalaciones de carga rápida en corriente continua

Además se definen los siguientes aspectos técnicos:

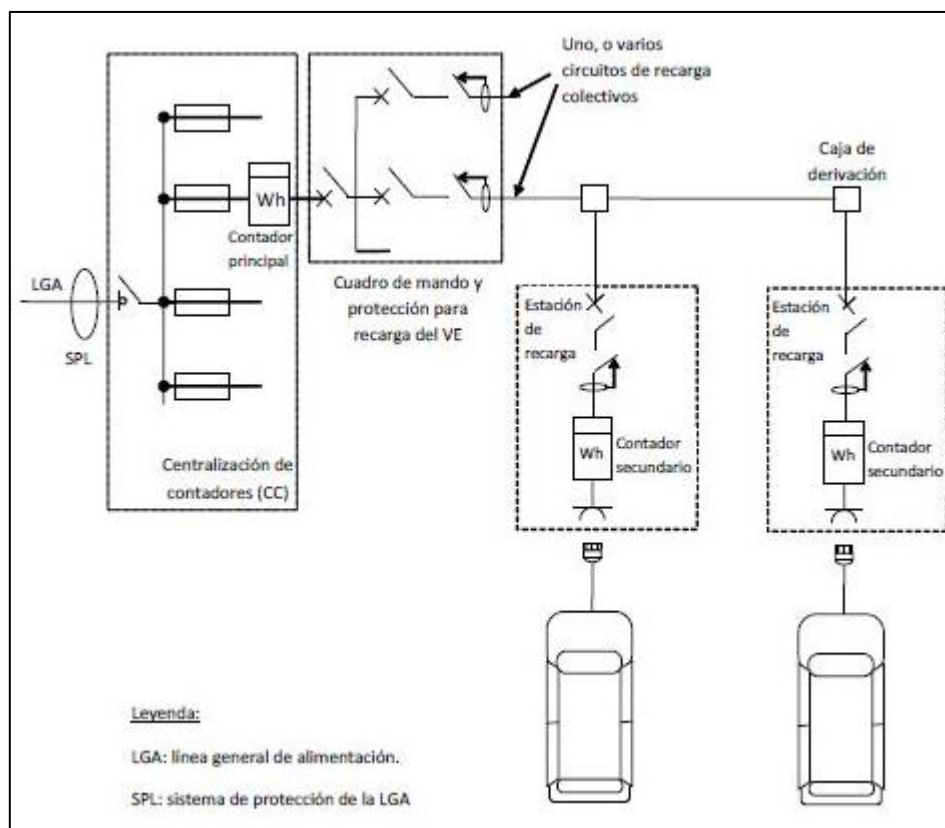
- Dotaciones mínimas de la estructura para la recarga de los vehículos eléctricos en edificios con estacionamientos de nueva construcción y en vías públicas.
- Esquemas de la instalación para la recarga del vehículo eléctrico (viviendas unifamiliares y aparcamientos colectivos).
- Previsión de cargas según los distintos esquemas.

- Requisitos generales de la instalación (alimentación, conexión del neutro, canalizaciones, punto de conexión, contadores secundarios de medida).
- Elementos de Protección Eléctrica de Seguridad para el vehículo eléctrico y la propia instalación. Explicitando que tipo de interruptor diferencial, sobrecorriente y sobretensiones se deben emplear. Una novedad interesante es que introduce el “Sistema de protección de la línea general de alimentación” (SPL). Sistema destinado a la protección contra sobrecarga de la línea general de alimentación del edificio mediante la disminución momentánea de la potencia destinada a la recarga de vehículos eléctricos.

Queda claro por tanto que para la instalación de estos puntos necesitaremos contar con personal cualificado.

En la siguiente imagen se muestra el esquema para la instalación de un punto de recarga individual en aparcamiento comunitario.

Fig. 27 Esquema de instalación colectiva troncal con contadores secundarios de recarga



Fuente: http://normativa.infocentre.es/sites/normativa.infocentre.es/files/sectores/PRD_aprobacion_ITC

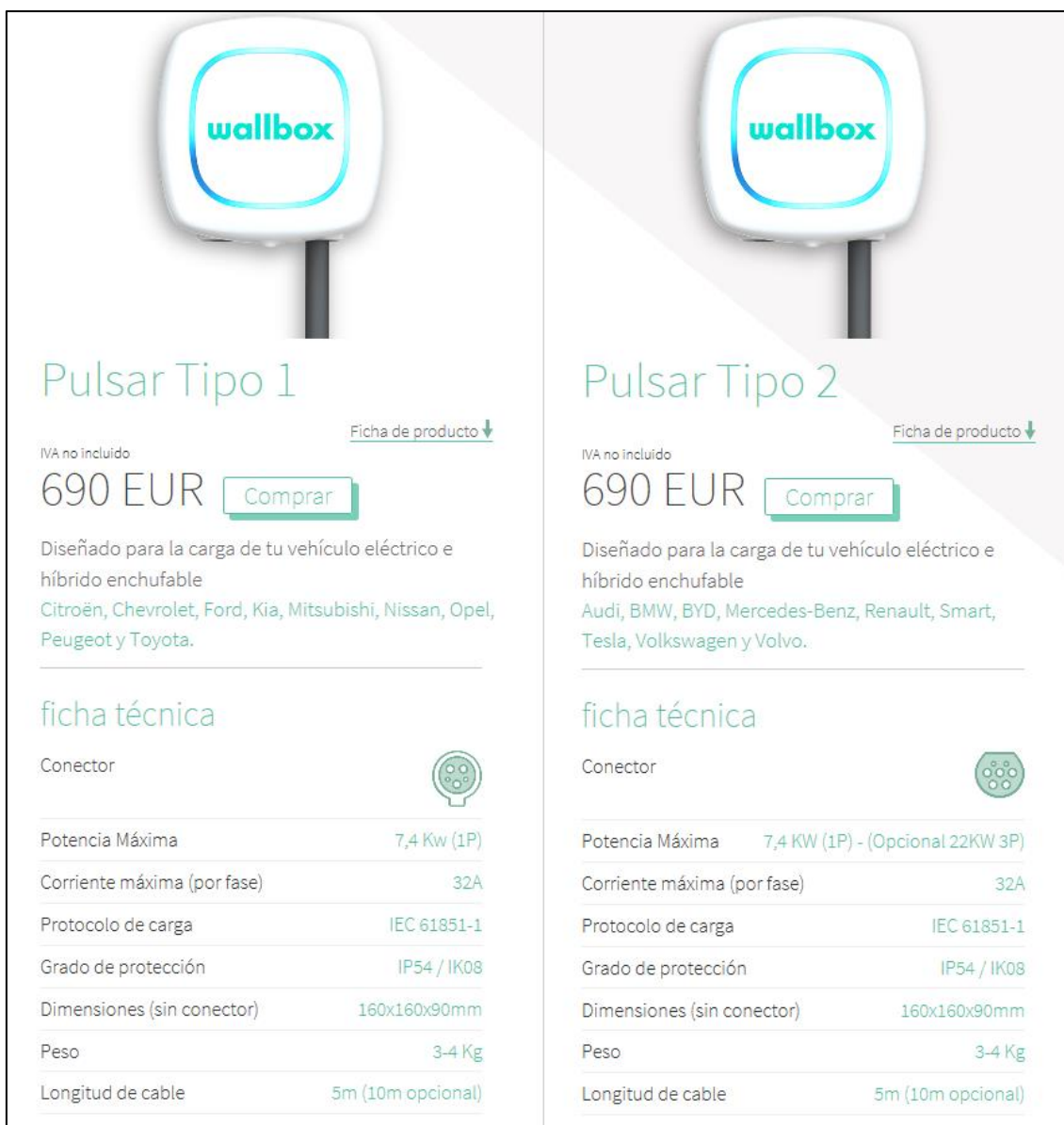
[BT 52.pdf](#)

Con esta nueva normativa por tanto se podría repercutir a casa de cada vecino el gasto provocado en la red de la comunidad.



En cuanto a los puntos de recarga en sí existen en el mercado diferentes alternativas con unos precios similares. Para este estudio consideramos un Wallbox Pulsar (el tipo 1 o 2 dependerá del vehículo en cuestión) cuyo precio es de 690 euros con impuestos y envío incluidos [36].

En la imagen de abajo se pueden ver las características de este tipo de punto de carga.

Fig. 28 Puntos de recarga “wallbox”



The image displays two Wallbox Pulsar charging stations side-by-side. Each station is white with a blue 'wallbox' logo. Below each station is a product card. The left card is for 'Pulsar Tipo 1' and the right card is for 'Pulsar Tipo 2'. Both cards show a price of 690 EUR (IVA no incluido) and a 'Comprar' button. They describe the stations as designed for charging electric and plug-in hybrid vehicles, listing compatible brands like Citroën, Chevrolet, Ford, Kia, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, and Toyota for Tipo 1, and Audi, BMW, BYD, Mercedes-Benz, Renault, Smart, Tesla, Volkswagen, and Volvo for Tipo 2. Below the descriptions are technical specifications for each model.

Pulsar Tipo 1		Pulsar Tipo 2	
Conector		Conector	
Potencia Máxima	7,4 Kw (1P)	Potencia Máxima	7,4 KW (1P) - (Opcional 22KW 3P)
Corriente máxima (por fase)	32A	Corriente máxima (por fase)	32A
Protocolo de carga	IEC 61851-1	Protocolo de carga	IEC 61851-1
Grado de protección	IP54 / IK08	Grado de protección	IP54 / IK08
Dimensiones (sin conector)	160x160x90mm	Dimensiones (sin conector)	160x160x90mm
Peso	3-4 Kg	Peso	3-4 Kg
Longitud de cable	5m (10m opcional)	Longitud de cable	5m (10m opcional)

Fuente: <https://www.wallbox.com/es/productos/pulsar/>

4.6 EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

Una de las principales ventajas que se le atribuyen a los coches eléctricos son las “cero emisiones” que producen, principalmente en lo que se refiere a gases de efecto invernadero (GEI), uno de los principales causantes del cambio climático y del calentamiento global. Por lo tanto una mejora en las emisiones globales sería un gran punto positivo a favor de los vehículos eléctricos. Lamentablemente y como se explica a lo largo de este apartado no podemos considerar aún que los VEB's supongan un transporte con cero emisiones.

El análisis de las emisiones se dividirá en dos partes: fabricación y uso

Pero antes de entrar con el análisis conviene manejar algunos datos del histórico de emisiones para entender la magnitud y el impacto del problema tratado [37].

Dentro de los GEI podemos encontrar el vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃) y clorofluorocarbonos (CFC).

Si bien todos ellos -salvo los compuestos del flúor- son naturales, en tanto que existen en la atmósfera desde antes de la aparición de los seres humanos, a partir de la Revolución industrial de mediados del siglo XIX, y debido principalmente al uso intensivo de combustibles fósiles en las actividades industriales, la ganadería y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera. Se estima que también el metano y el óxido nitroso están aumentando su presencia por razones antropogénicas (debidas a la actividad humana, en mayor parte la ganadería y la agricultura ganadera). Además, a este incremento de emisiones se suman otros problemas como la deforestación, que han reducido la cantidad de dióxido de carbono retenida en materia orgánica, contribuyendo así indirectamente al aumento antropogénico del efecto invernadero. Esta combustión de combustibles fósiles y la deforestación han provocado un aumento de la concentración atmosférica de CO₂ cercana al 43% desde el comienzo de la era de la industrialización [38].

Cabe destacar que los vehículos eléctricos, además de tener una gran potencialidad para reducir las emisiones de CO₂, también tienen un papel positivo en la reducción de otros gases contaminantes, quizás menos conocidos, pero muy perjudiciales para la salud, como pueden ser las partículas en suspensión (PM) o los óxidos de nitrógeno (NO_x), ya citado arriba. Estos elementos llegan a producir en núcleos urbanos problemas respiratorios,

irritaciones o incluso muertes prematuras. Según algunos estudios, la reducción de este tipo de compuestos evitaría de manera directa un mínimo de 800 muertes al año en cada una de las grandes ciudades.

En la siguiente tabla podemos encontrar las emisiones de gases contaminantes en gramos por kilómetro así como la energía utilizada [39].

Fig. 29 Emisiones y uso de energía para diferentes tipos de coche

Vehicle type	NO _x , g.km ⁻¹	SO _x g.km ⁻¹	CO g.km ⁻¹	PM g.km ⁻¹	CO ₂ g.km ⁻¹	Energy MJ.km ⁻¹
Gasoline ICE car	0.26	0.20	2.3	0.01	209	3.16
Diesel ICE car	0.57	0.13	0.65	0.05	154	2.36
CNG ICE car	0.10	0.01	0.05	<0.0001	158	2.74
Hydrogen ICE car	0.11	0.03	0.04	0.0001	220	4.44
Gasoline fuelled hybrid	0.182	0.14	1.61	0.007	146.3	2.212
MeOH fuel cell car	0.04	0.006	0.014	0.0015	130	2.63
Hydrogen fuel cell car	0.04	0.01	0.02	<0.0001	87.6	1.77
Battery car, British electricity	0.54	0.74	0.09	0.05	104	1.98
Battery car, CCGT electricity	0.17	0.06	0.08	0.0001	88.1	1.71

Fuente: [39] página 250

Según un estudio del MIT publicado en la revista Nature Energy [40] el 90% de los coches de EEUU se podrían sustituir por coches eléctricos que hay en la actualidad en términos de autonomía sin suponer un gasto adicional. Según el estudio, basado en datos obtenidos de GPS, esto supondría una reducción de un 30% aproximadamente en las emisiones de gases invernadero debidos al transporte en EEUU.

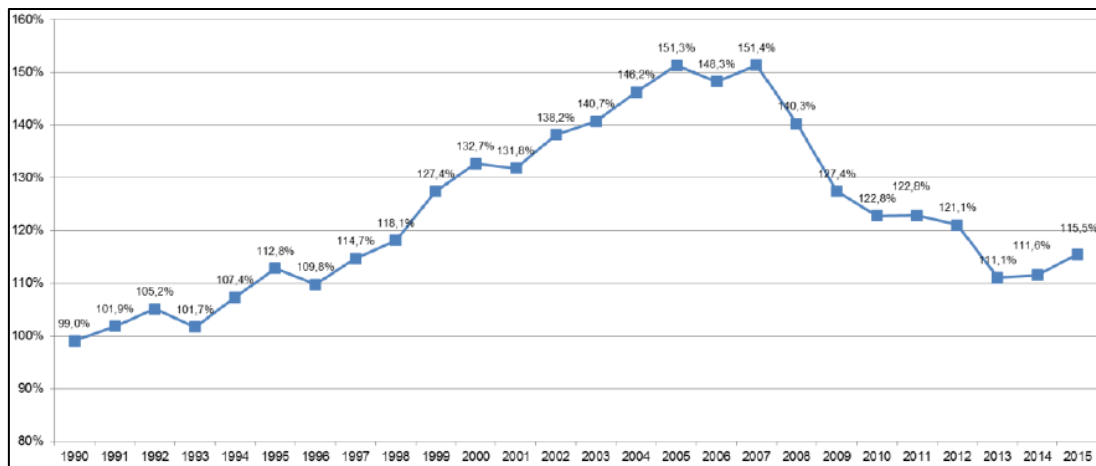
Las emisiones GEI se expresan como CO₂ equivalente, normalmente en forma de índice respecto a las emisiones de un año base. Este es el indicador utilizado en el Protocolo de Kioto para realizar un seguimiento del control de emisiones. Forma parte de los indicadores centrales de la Agencia Europea de Medio Ambiente y de los indicadores de la Estrategia de Desarrollo Sostenible de la Unión Europea.

Las toneladas equivalentes de CO₂ es la cantidad de gases de efecto invernadero, expresada como el resultado del producto del peso de los gases de efecto invernadero en toneladas métricas por su potencial de calentamiento atmosférico (PCA).

Según el Informe Resumen Inventario de Emisiones de España de Efecto Invernadero (Serie 1990-2015) publicado en marzo de 2017 [41] las emisiones de GEI estimadas para

el año 2015 del total del Inventario se sitúan en 335,6 millones de toneladas de CO₂-eq, lo que supone un incremento en relación al año base (1990 para CO₂, CH₄ y N₂O y 1995 para HFC, PFC y SF₆) del 15%.

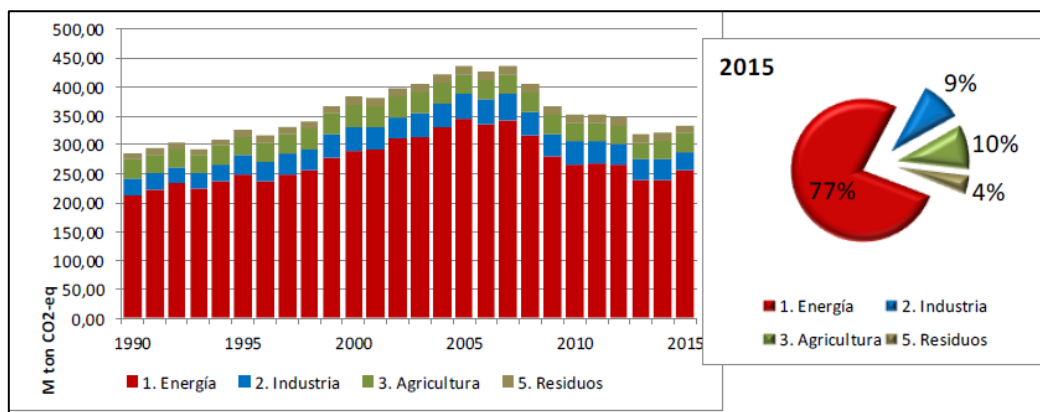
Fig. 30 Evolución de las emisiones de GEI tomando como referencia el primer año de la serie (1990)



Fuente: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf

En 2015, más de tres cuartas parte de las emisiones globales en España se originaron en los procesos de procesado de energía. Dentro de este grupo, la generación de electricidad supuso un 22% del total de las emisiones, mientras que el transporte generó un 25% del total de las emisiones. Mientras que el coche eléctrico tiene un efecto positivo (y drástico) en las emisiones generadas por transporte no hay que pasar por alto que el aumento de la energía consumida para la carga de los VEB's llevará consigo un aumento de las emisiones en la generación de energía. De este balance entre emisiones por generación de energía y por uso dependerá el impacto en las emisiones de una mayor implantación del coche eléctrico

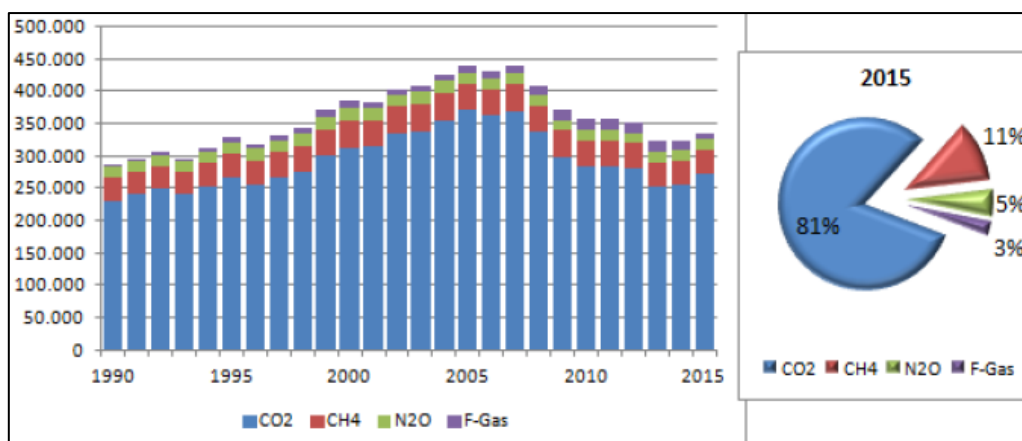
Fig. 31 Distribución anual de las emisiones de GEI por grupo de actividad y detalle para el año 2015



Fuente: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf

En cuanto a la distribución por tipo de gas, el CO₂ sigue siendo el principal gas emitido (81% del total), seguido del CH₄ (11%), del N₂O (5%). El conjunto de gases fluorados supuso en 2015 un 3% del global de las emisiones en términos de CO₂-eq [41].

Fig. 32 Distribución anual de las emisiones de GEI por gas y detalle para el año 2015



Fuente: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf

En la siguiente gráfica podemos encontrar las emisiones de toneladas de CO₂ per cápita para el periodo de 1990 a 2015 [42].

Fig. 33 Emisiones en toneladas de CO2 per cápita en España para el periodo 1990 a 2015

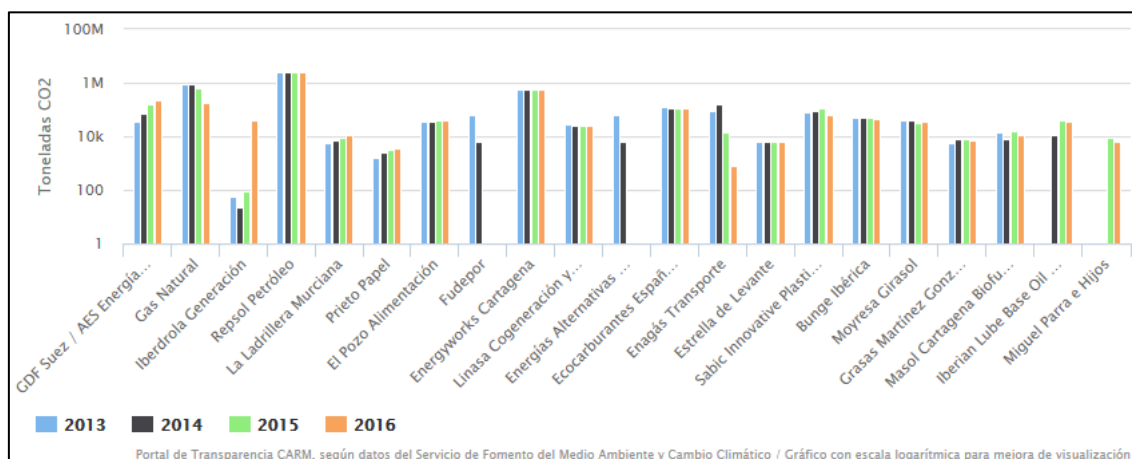
España - Emisiones de CO2							
Fecha	CO2 Kts	CO2 Kg/1000\$	CO2 t per capita	Fecha	CO2 Kts	CO2 Kg/1000\$	CO2 t per capita
2015	262.683	172	5,70	2002	327.871	248	7,84
2014	245.637	166	5,31	2001	309.278	241	7,50
2013	250.801	172	5,40	2000	310.490	252	7,62
2012	276.360	187	5,93	1999	294.529	251	7,29
2011	286.096	188	6,13	1998	272.451	243	6,79
2010	284.604	185	6,11	1997	263.510	245	6,59
2009	298.370	194	6,44	1996	244.000	235	6,12
2008	338.163	212	7,38	1995	253.657	251	6,38
2007	370.293	235	8,19	1994	241.287	246	6,09
2006	356.423	235	8,00	1993	231.388	241	5,86
2005	366.314	251	8,35	1992	245.060	253	6,22
2004	351.612	250	8,15	1991	238.002	248	6,06
2003	336.090	247	7,91	1990	229.864	245	5,87

Fuente: <http://www.datosmacro.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/espana>

Según una nota de prensa de Octubre de 2016 del periódico *La Verdad* de Murcia [43] los responsables del Observatorio de Sostenibilidad de España advirtieron sobre de la necesidad de que la Región de Murcia tome medidas urgentes en el campo de las emisiones, después de constatar que la Región de Murcia es la primera comunidad autónoma que más ha incrementado su emisiones de dióxido de carbono (CO2) desde el año 1990.

Las emisiones de CO2 en la Región de Murcia, en el periodo comprendido entre 1990 y 2014, pasaron de un factor 100 a un factor 156, según un comunicado difundido por el Observatorio de la Sostenibilidad, que fue constituido con el objetivo de ser una entidad independiente y de referencia en la coordinación de iniciativas encaminadas al desarrollo sostenible, ante el Día Internacional Contra el Cambio Climático.

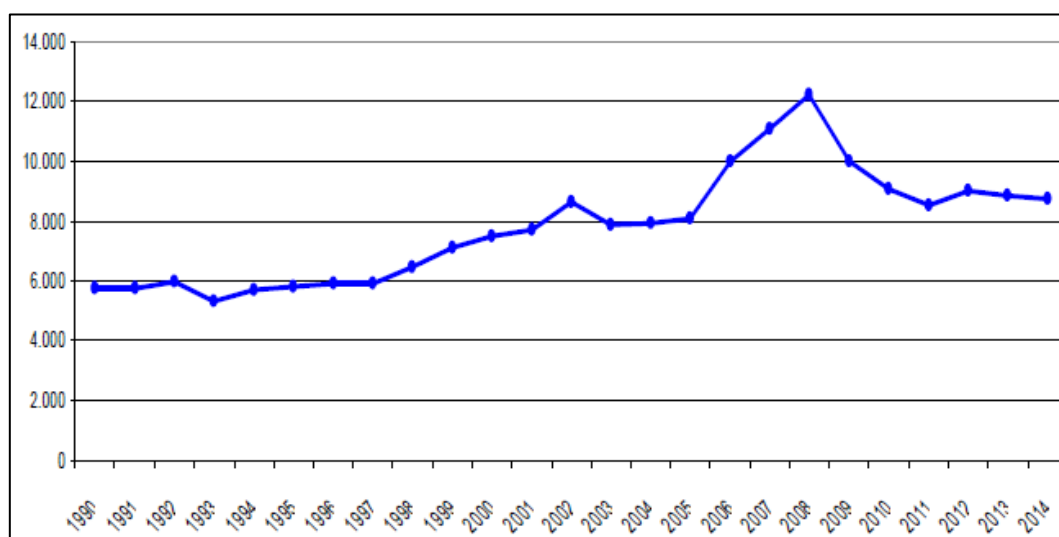
Fig. 34 Evolución de emisiones validad de GEI en la Región de Murcia de 2013 a 2016



Fuente: SUMARIO DE RESULTADOS - LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN EN LA REGIÓN DE MURCIA

El sumario de resultados de emisiones de GEI para la Región de Murcia publicado en Abril de 2015 [44] muestra las emisiones de la Región de Murcia en el conjunto de España, que suponen entre el 2 y el 3% de las del total. Se observa a su vez como a partir del año 2006 se produce un incremento como consecuencia de la entrada en funcionamiento de tres centrales térmicas de ciclo combinado en Escombreras. Desde 2008 se produce una caída debido a la reducción en la producción de electricidad que no ha sido más acentuada por la entrada en funcionamiento en 2011 de la ampliación de la refinería de Escombreras.

Fig. 35 Evolución de las emisiones de CO2 en kt en la Región de Murcia

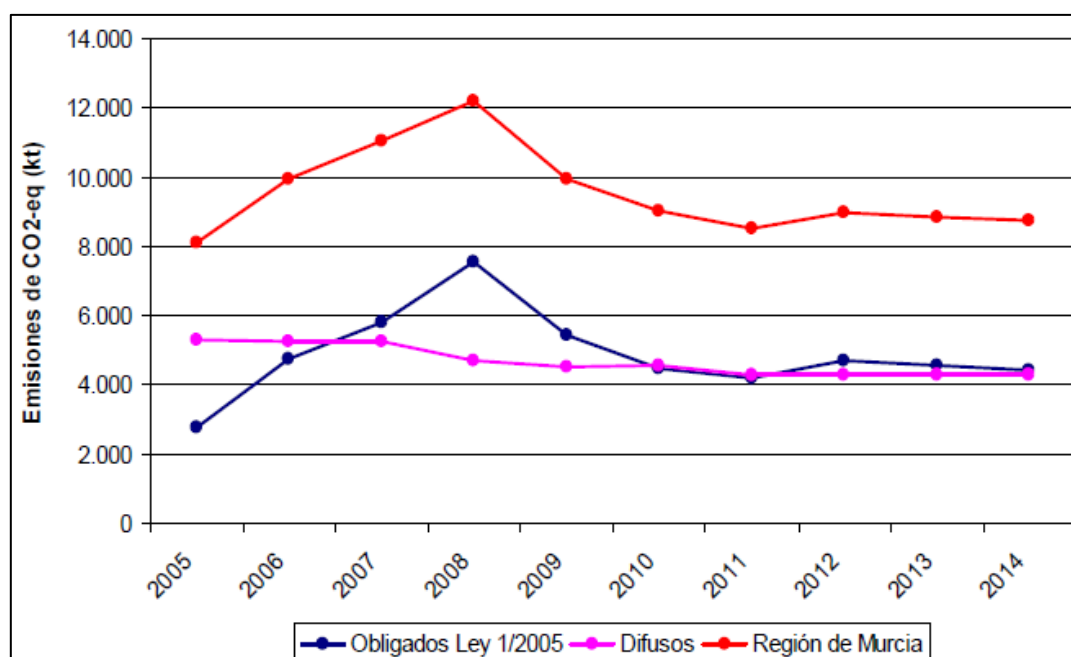


Fuente: SUMARIO DE RESULTADOS - LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN EN LA REGIÓN DE MURCIA

Un aspecto a destacar es que los sectores difusos que representan la mayor parte de las emisiones de la región y del país no han reducido sustancialmente sus emisiones como consecuencia de la crisis económica.

Dentro de los sectores difusos el transporte es el de mayor importancia, 52,26%, suponiendo un 26,7% de las emisiones totales regionales. A nivel nacional, dentro de los sectores difusos el transporte representa el 40,35% y supone el 24,8% del total de las emisiones del país.

Fig. 36 Evolución de las emisiones de gases totales, difusos y obligados en la Región de Murcia



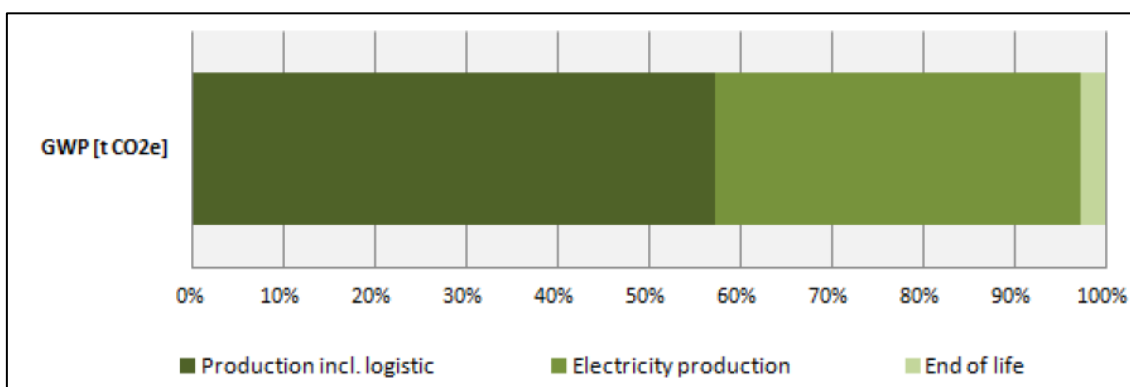
Fuente: *SUMARIO DE RESULTADOS - LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN EN LA REGIÓN DE MURCIA*

4.6.1 Emisiones por fabricación y reciclaje

Uno de los aspectos que no se suelen tener en cuenta en la mayoría de estudios sobre el vehículo eléctrico son las emisiones producidas durante la fabricación. Lejos de ser despreciable, analizaremos su impacto en el presente apartado.

La siguiente imagen muestra la tabla del informe del certificado de emisiones del BMW i3 para un ciclo de vida de 150.000 kms (NEDC) [45].

Fig. 37 Distribución de las emisiones de CO2 eq durante el ciclo de vida del BMW i3



Fuente: https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/responsibility/downloads/en/2015/Environmental_Certification_i3.pdf

Se observa por tanto que lejos de ser un factor despreciable supone, junto con el reciclaje del vehículo, en torno a un 60% de las emisiones totales. Las emisiones por consumo se han calculado según el mix energético de la UE en 2010.

Por otro lado en la siguiente tabla sacada de la publicación “Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles” publicado por Journal of Industrial Ecology en 2012 [46] podemos encontrar la comparativa de los principales elementos que generan emisión de GEI’s atendiendo al tipo de vehículo, donde ICEV se refiere a la fabricación de un Mercedes Clase A y el VEB a un Nissan Leaf con dos modelos de baterías de ión de Litio.

Fig. 38 Elementos que generan GEI en su fabricación por tipo de vehículo

Category	Component	ICEV	EV, LiFePO ₄	EV, LiNCM	Data sources
Glider	Body and doors	X	X	X	a-d
	Brakes	X	X	X	a, e-g
	Chassis	X	X	X	a, h
	Final assembly	X	X	X	h
	Interior and exterior	X	X	X	a, i
	Tires and wheels	X	X	X	a, h-k
	ICEV	Engine	X		
	Fluids	X			a, b, i, j
	Other powertrain	X			a, i, l
	Transmission	X			d, h, m
	PbA batteries	X			a, i, o, p
EV	Motor, control, and inverter		X	X	g, n
	Fluids		X	X	a, b, i, j
	Differential		X	X	g, h
	LiFePO ₄ battery		X		q
	LiNCM battery			X	q

Note: ICEV = internal combustion engine vehicle; EV = electric vehicle; LiNCM = lithium nickel cobalt manganese; LiFePO₄ = lithium iron phosphate; PbA = lead acid.
a = Burnham et al. (2006); b = Sullivan et al. (1998); c = USAMP (1999); d = Daimler AG (2008a); e = Tami (1991); f = Garg et al. (2000); g = Röder (2001); h = Schweimer and Levin (2000); i = IDIS 2 Consortium (2009); j = Nemry et al. (2008); k = NCDNR (2010); l = Lloyd et al. (2005); m = Volkswagen AG (2008a, 2008b); n = ABB (2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e); o = Rantik (1999); p = Delucchi (2003); q = Majeau-Bettez et al. (2011).

Fuente: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x/full>

Según este estudio, la fabricación de la batería contribuye entre un 35% y un 41% a las emisiones totales atribuidas a la fabricación, por lo que un cambio de la misma tendrá un gran impacto en el total de las emisiones. Por otro lado, los motores eléctricos contribuyen entre un 7% y un 8%. Otros componentes como los inversores o el sistema de enfriado de la batería tienen un impacto de entre un 16% y un 18% de total.

En el estudio se detallan valores de emisiones de entre 87 y 95 gr Co₂ eq/km para la fabricación de un VEB y de 43 Co₂ eq/km para el vehículo de combustión, o lo que es lo

mismo, en el estudio se concluye que la fabricación de un vehículo eléctrico tiene en torno al doble de impacto en cuanto a emisiones de GEI durante su fabricación.

Por otro lado, según el certificado de emisiones del Mercedes Clase A [47] se emiten 5.8 ton durante la producción y 0.5 ton para su reciclaje haciendo un total de 6.3 ton, dato utilizado para nuestro análisis en el caso de Peugeot 308.

En consonancia con lo datos de emisiones del estudio y las estimaciones del informe de Volkswagen AG 2013 [48] que sitúa las emisiones por fabricación del VEB en torno al doble que el de combustión, para el estudio consideraremos que la fabricación de un vehículo eléctrico emite 14 ton de CO₂ equivalente, considerando en ese valor las emisiones por reciclaje.

4.6.2 Emisiones por uso

Es en el uso donde en un primer momento podríamos pensar que los vehículos eléctricos tienen una gran ventaja respecto a los diésel, y aunque como veremos en España sí que emiten menos CO₂ a día de hoy no podemos caer en la tentación de decir que son vehículos con “cero emisiones” como muchas veces se quiere hacer creer.

Fundamentalmente la contaminación que produce un coche eléctrico por el uso depende de cómo se hay generado esa electricidad consumida. Las emisiones asociadas a la generación de electricidad varían en función a las tecnologías que se utilicen durante su generación en las centrales. No es lo mismo generar utilizando mucho carbón, utilizando mucho gas, basándose en la nuclear, tener un gran porcentaje de renovables...

Lo cierto es que las emisiones varían de año en año, ya que ha podido haber un año más soleado, o con más viento o más lluvioso. Por otro lado también pueden afectar los parones por mantenimiento de otro tipo de centrales como las nucleares o las térmicas.

Lo normal es que se haga una media con las emisiones asociadas a la generación de un año natural, que al final es el dato publicado por Red Eléctrica de España. Como se ha comentado las emisiones varían de año en año principalmente debido a una mayor o menor producción renovable y a un mayor o menor peso del carbón

Para el caso de España, los factores de emisiones de CO₂ de los últimos años se pueden ver en la siguiente tabla [49]. Como se puede comprobar, varían según el año aunque la diferencia entre el año con mayor y menor número de emisiones no es para nada exagerada.

Fig. 39 Factor de emisiones de CO2 en España en la producción de electricidad para el periodo de 2011 a 2015

AÑO	Producción (GWh)	Emisiones (MTnCO2)	Factor de emisiones (gCO2/kWh)
2011	255.597	73	285
2012	252.014	80	317
2013	246.368	60,1	244
2014	243.544	60,4	248
2015	248.181	73	294

Fuente: <http://www.diariorenovables.com/2016/12/emisiones-de-CO2-asociadas-a-la-generacion-de-electricidad-en-Europa.html>

En la siguiente imagen podemos encontrar las emisiones en tiempo real a día 18 de Julio de 2017 [50].

Fig. 40 Factor de emisiones para España el día 18 de Julio de 2017



Fuente: <https://www.electricitymap.org/?wind=false&solar=false&page=map>

Para nuestro estudio consideraremos el valor medio para el año 2015 por ser el dato más reciente que tenemos, esto es 294 gCO2/kWh.

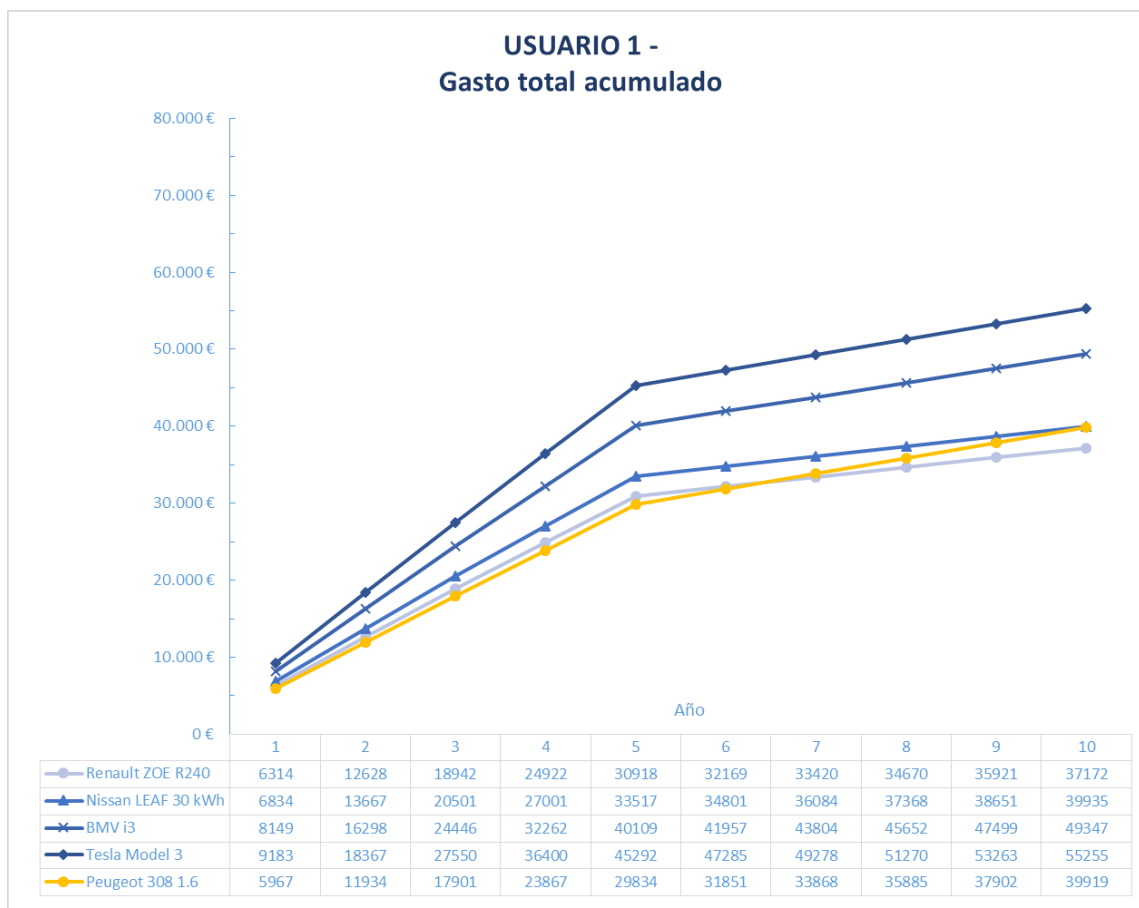
Por otro lado la contaminación por uso de un coche diésel viene de la combustión directa del combustible y por lo tanto están directamente relacionados con el consumo del vehículo. Consideramos un valor de 2,79 Kg de CO2 emitidos por litros de diésel consumido [51].

4.7 CONCLUSIONES

4.7.1 Balance económico

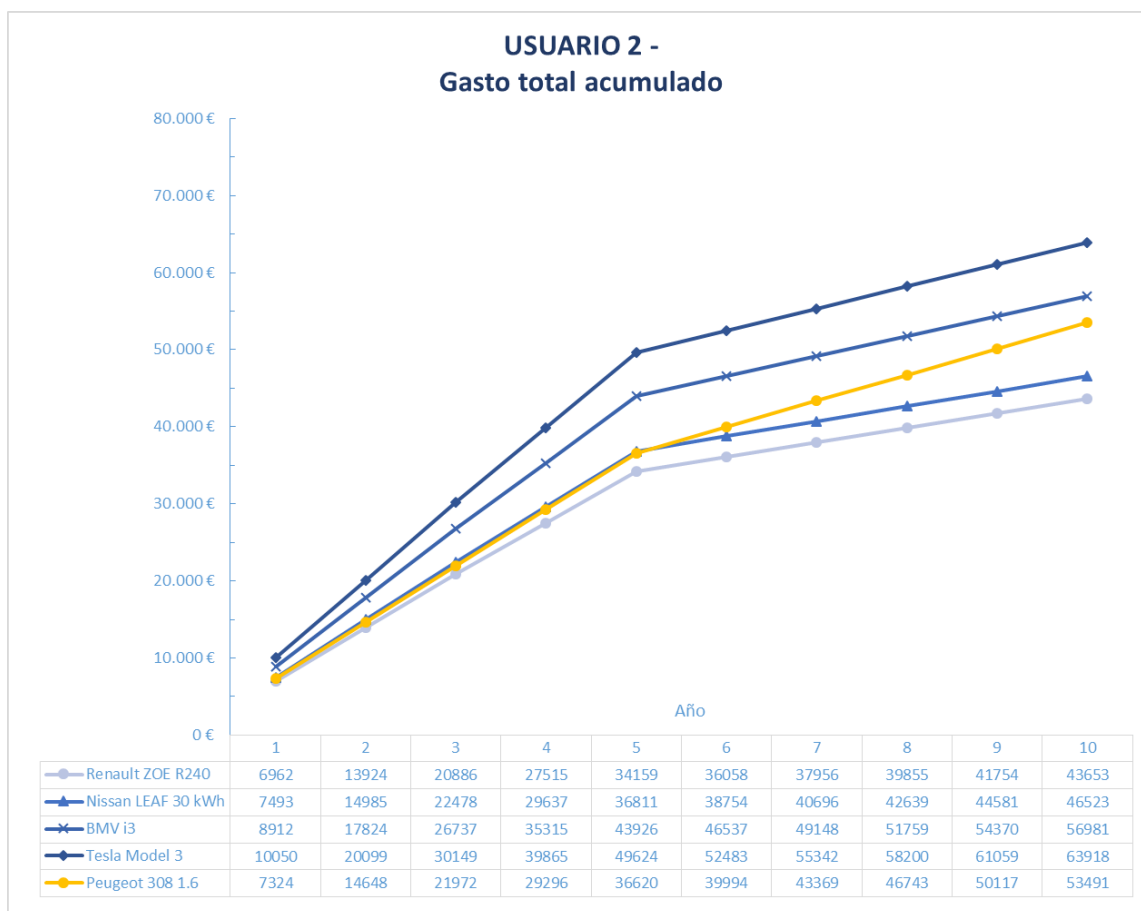
Las siguientes gráficas muestran el gasto total de todos los vehículos para los tres usuarios definidos:

Fig. 41 USUARIO 1 – Gasto total acumulado en euros



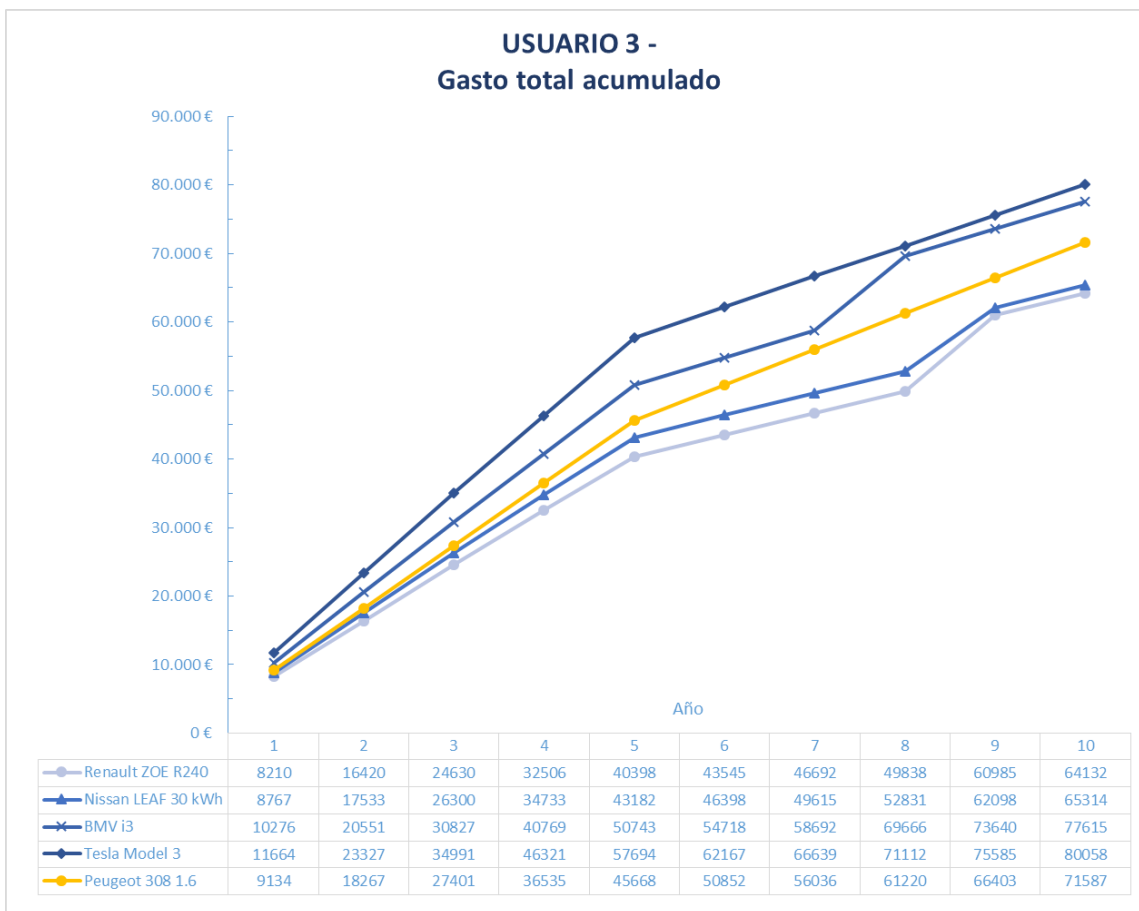
Fuente: elaboración propia

Fig. 42 USUARIO 2 – Gasto total acumulado en euros



Fuente: elaboración propia

Fig. 43 USUARIO 3 – Gasto total acumulado en euros



Fuente: elaboración propia

Analizando las gráficas observamos los siguientes comportamientos:

- 1) Una tendencia común a los tres usuarios como era de esperar es que es en los 5 años de amortización donde se producen las principales diferencias económicas entre los modelos
- 2) A partir de ese punto las pendientes se estabilizan haciendo paralelas las rectas para los eléctricos, lo que supone un gasto muy similar entre ellos anualmente. A partir de este punto es cuando la pendiente del diésel es notablemente mayor, lo que implica un mayor gasto anual.
- 3) Para los usuarios 1 y 2 la tendencia no varía durante los 10 años de vida analizados por lo que concluimos que el gasto es fijo para esos años
- 4) Por otro lado para el usuario 3 entre los años 7 y 8 tres de los cuatro modelos eléctricos, a excepción del Tesla Model 3, necesitan un cambio de batería (se observa un cambio de pendiente), lo que provoca un descenso muy notable en el ahorro respecto a la opción diésel

En la siguiente tabla podemos ver el ahorro porcentual por vehículo y usuario tomando como referencia el gasto incurrido por el vehículo de combustión.

Fig. 44 Ahorro porcentual por vehículo y usuario

Vehículo	USUARIO 1	USUARIO 2	USUARIO 3
Renault ZOE R240	-6,9%	-18,4%	-10,4%
Nissan LEAF 30 kWh	0,0%	-13,0%	-8,8%
BMV i3	23,6%	6,5%	8,4%
Tesla Model 3	38,4%	19,5%	11,8%

Fuente: elaboración propia

Como vemos, las opciones más económicas como son el Renault ZOE y el Nissan LEAF representan un ahorro respecto a la opción diésel especialmente interesante en el caso del Usuario 2. El máximo ahorro, del 18,4% supone casi 10.000 euros en 10 años con una tasa de ahorro de 983,8 euros de media al año

Para cualquier usuario la alternativa más económica es el Renault ZOE R24. Los modelos BMV i3 y Tesla Model 3 son siempre una opción sustancialmente más cara.

Por tanto, no podemos afirmar que cualquier coche eléctrico sea una opción más barata en un horizonte de 10 años para cualquier tipo de usuario.

Por otro lado, realizando algunas hipótesis y con el ánimo de dar una perspectiva más optimista de cara al futuro de los VEB's este estudio se ha replicado teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- 1) Bajada 10% precio kWh
- 2) Bajada 10% adecuación garaje
- 3) Subida diésel un 10 %
- 4) Bajada 15% precio de los VEB
- 5) Bajada 15% precio de las baterías

Los resultados que obtenemos en ese caso son los siguientes:

Fig. 45 Ahorro porcentual por vehículo y usuario con hipótesis de ahorro futuras

Vehículo	USUARIO 1	USUARIO 2	USUARIO 3
Renault ZOE R240	-20,5%	-30,0%	-23,3%
Nissan LEAF 30 kWh	-14,6%	-25,5%	-21,8%
BMV i3	5,5%	-8,6%	-6,8%
Tesla Model 3	17,0%	1,6%	-4,2%

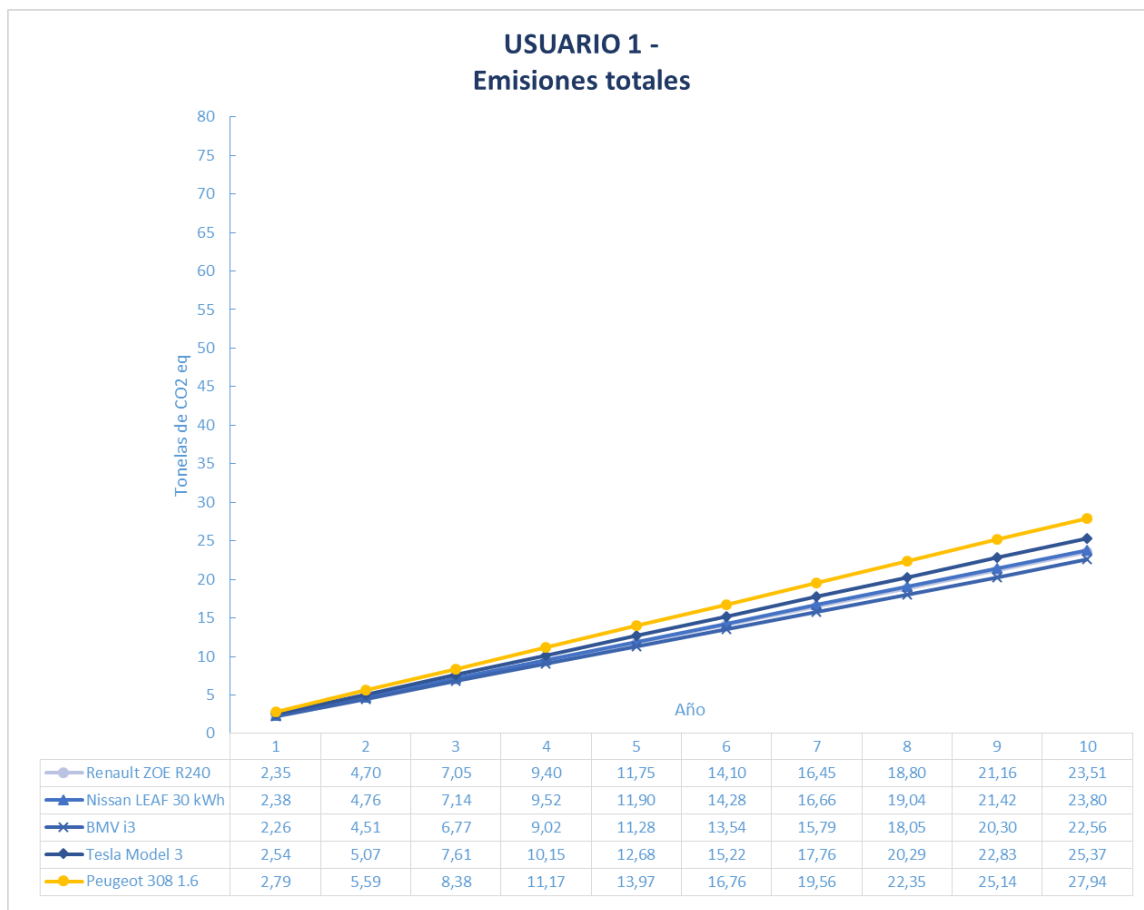
Fuente: elaboración propia

Vemos que con este escenario la alternativa a un vehículo de combustión se vuelve mucho más atractiva, siendo el ahorro máximo de hasta un 30%.

4.7.2 Balance de emisiones

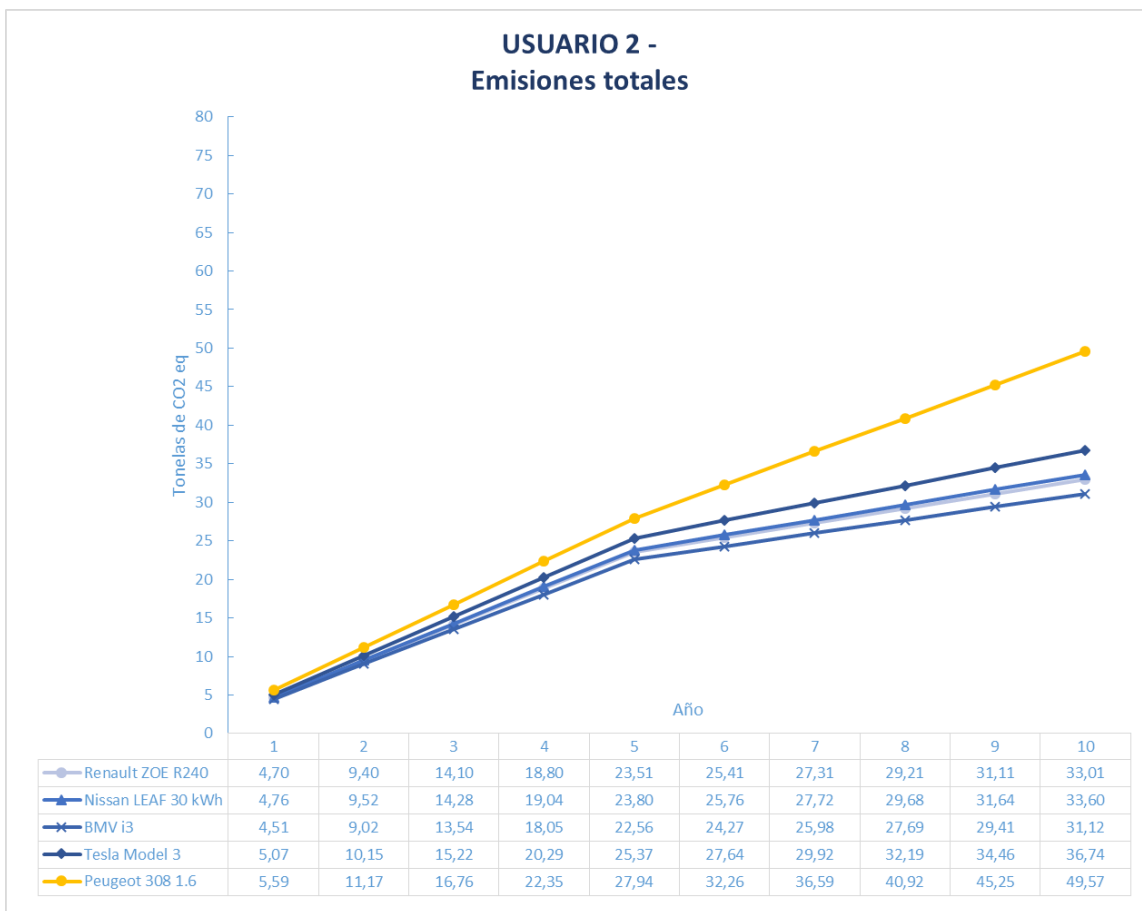
Las siguientes gráficas muestran las emisiones totales de todos los vehículos para los tres usuarios definidos:

Fig. 46 USUARIO 1 – Emisiones totales en ton de CO2 eq



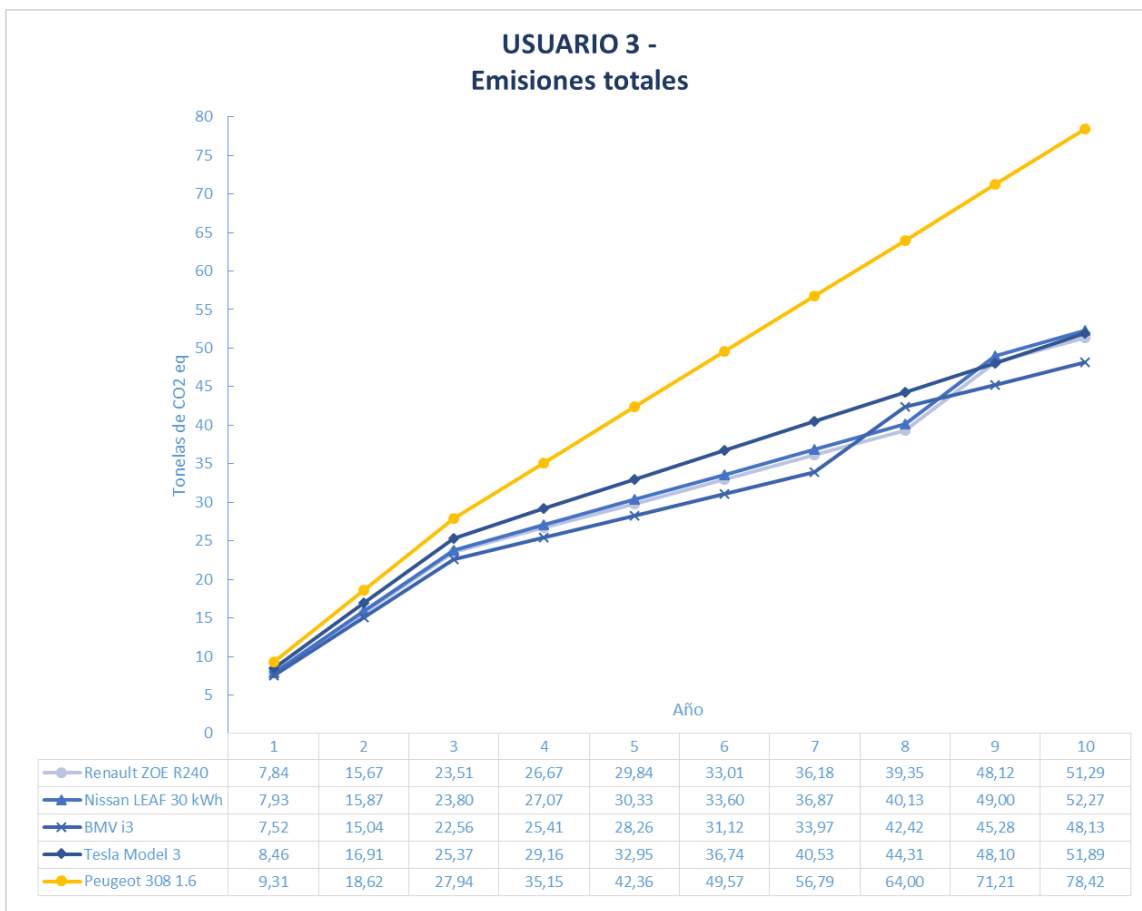
Fuente: elaboración propia

Fig. 47 USUARIO 2 – Emisiones totales en ton de CO2 eq



Fuente: elaboración propia

Fig. 48 USUARIO 3 – Emisiones totales en ton de CO2 eq



Fuente: elaboración propia

Analizando las gráficas observamos los siguientes comportamientos:

- 1) Después de superar el kilometraje de amortización (150.000 kms) la pendiente de la gráfica se suaviza
- 2) Hay un repunte en las emisiones asociados a los cambios de batería por el gran impacto en la emisiones que tienen sobre el total a la hora de su fabricación

En la siguiente tabla podemos ver el ahorro porcentual por vehículo y usuario tomando como referencia las emisiones generadas por el vehículo de combustión.

Fig. 49 Ahorro porcentual en emisiones por vehículo y usuario

Vehículo	USUARIO 1	USUARIO 2	USUARIO 3
Renault ZOE R240	-15,9%	-33,4%	-34,6%
Nissan LEAF 30 kWh	-14,8%	-32,2%	-33,4%
BMV i3	-19,3%	-37,2%	-38,6%
Tesla Model 3	-9,2%	-25,9%	-33,8%

Fuente: elaboración propia

Como se observa todas las opciones suponen un ahorro de emisiones sustancial siendo el ahorro mínimo de 9.2% en el caso del Tesla Model 3 para el Usuario 1.

Por otro lado el ahorro máximo lo encontramos para el BMV i3 en el Usuario 3, hecho que deriva directamente de su menor consumo en relación a sus competidores, a pesar de necesitar un cambio de batería en el periodo de estudio.

Por tanto sí podemos concluir que en el periodo de estudio un VEB suponga una mejora en las emisiones de CO2 equivalente.

5. ANEXOS

ANEXO 1. Hoja de Cálculo. “*TFE - EL COCHE ELÉCTRICO DE BATERÍA EN ESPAÑA. CÁLCULOS.xls*”

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Portal RENOBAT. 2012. Artículo “El envejecimiento de la batería” (<http://www.renobat.eu/es/comunicacion/articulos/191-el-envejecimiento-de-la-bateria>)
- [2] Portal RECARGACOCHESELECTRICOS. 2016. Artículo “Tipos de conectores para coches eléctricos” (<http://www.recargacocheselectricos.com/tipos-conectores-vehiculos-electricos/>)
- [3] Portal WIKIPEDIA. 2017. Entrada “New European Driving Cycle” (https://es.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle)
- [4] Portal PYSNNOTICIAS. 2017. Noticia “Renault Zoe lidera las ventas de eléctricos en España y en Europa” (<http://pysnnoticias.com/renault-zoe-lidera-las-ventas-de-electricos-en-espana-y-en-europa/>)
- [5] Portal ELECTROMAPS. 2017. Entrada “Renaul Zoe” (<https://www.electromaps.com/coches-electricos/renault/zoe>)
- [6] Revista AUTOBILD. 2016. Artículo “Prueba del Renault ZOE: un eléctrico normal y corriente” (<http://www.autobild.es/pruebas/renault-zoe-primer-electrico-que-vale-pena-206118>)
- [7] Portal WIKIPEDIA. 2017. Entrada “Nissan Leaf” (https://es.wikipedia.org/wiki/Nissan_Leaf)
- [8] Revista AUTOBILD. 2015. Artículo “Nissan Leaf 2015: y dura, y dura...” (<http://www.autobild.es/pruebas/nissan-leaf-2013-electrico-mas-util-real-211008>)
- [9] Portal ELECTROMAPS. 2017. Entrada “Prueba Nissan Leaf 30 kWh” (<https://www.electromaps.com/articulo/prueba-nissan-leaf-30-kwh>)
- [10] Página web de NISSAN. 2017. (<https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf/rendimiento-bateria.html>)
- [11] Portal MOVILIDADELECTRIA.COM. 2016. Artículo “El BMW i3 es el único coche del mundo con certificado C02” (<http://movilidadelectrica.com/bmw-i3-unico-coche-del-mundo-certificado-c02/>)
- [12] Revista AUTOBILD. 2017. Noticia “Tesla Model 3: todos los datos del eléctrico más esperado” (<http://www.autobild.es/noticias/tesla-model-3-274937>)
- [13] Revista AUTOBILD. 2017. Noticia “El Tesla Model 3 podría hacer el 0 a 100 km/h en 5.6 segundos” (<http://autobild.com.mx/actualidad/el-tesla-model-3-podr%C3%ADa-hacer-el-0-100-kmh-en-56-segundos>)
- [14] Página web de TESLA. 2017. Entrada “COMPARACIÓN DE MODEL S Y MODEL 3” (https://www.tesla.com/es_ES/compare?redirect=no)
- [15] Portal KM77. 2017. Entrada “Peugeot 308 5p Access 1.6 BlueHDi 100 (2017)” (<https://www.km77.com/coches/peugeot/308/2017/5-puertas/access/308-5p-access-16-bluehdi-100/datos>)
- [16] Periódico THE WALL STREET JOURNAL. 2012. Noticia “Ford CEO: Battery Is Third of Electric Car Cost” (<https://www.wsj.com/articles/SB10001424052702304432704577350052534072994>)

- [17] Björn Nykvist & Måns Nilsson, NATURE CLIMATE CHANGE. 2015. “Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles”
(<http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n4/abs/nclimate2564.html?foxtrotcallback=true>)
- [18] Portal MOVILIDADELECTRIA.COM. 2015. Artículo “Caída del precio de las baterías”
(<http://movilidadelectrica.com/precio-baterias/>)
- [19] Portal MOVILIDADELECTRIA.COM. 2016. Artículo “Evolución del precio de las baterías según General Motors” (<http://movilidadelectrica.com/evolucion-del-precio-de-las-baterias-segun-general-motors/>)
- [20] Portal de la AGENCIA TRIBUTARIA. 2017. Entrada “Fiscalidad de la primera matriculación de vehículos”
(http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Campanas/Impuesto_Especial_sobre_Determinados_Medios_de_Transporte/Impuesto_Especial_sobre_Determinados_Medios_de_Transporte.shtml)
- [21] MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. 2017. Plan de ayudas para la adquisición de vehículos de energías alternativas y para la implantación de puntos de recarga de vehículos eléctricos en 2017.
(<http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/plan-movea/Paginas/ayudas-movea.aspx>)
- [22] Revista AUTOBILD. 2016. Artículo “Agotado el Plan PIVE 8: guía para conseguir descuentos”
(<http://www.autobild.es/noticias/plan-pive-260335>)
- [23] Portal SPRITMONITOR. 2017. (<https://www.spritmonitor.de/en/>)
- [24] Portal TARIFALUZ HORA. 2017. Entrada “Precio de la electricidad en España”
(<http://tarifaluzhora.es/precio-electricidad-espana>)
- [25] Portal de ENDESA. 2017. Sección “Precio de la electricidad a tiempo real para tarifas PVPC”
(<https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html>)
- [26] MINISTERIO DE ENERGÍA, TURISMO Y AGENDA DIGITAL DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. 2017. PRECIO NETO DE LA ELECTRICIDAD PARA USO DOMÉSTICO Y USO INDUSTRIAL
(http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf)
- [27] CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS. 2017. EVOLUCIÓN PRECIOS DEL GASÓLEO (<http://www.cetm.es/principal/carburantes/Gasoleos/datos.asp>)
- [28] Portal ELECTROMAPS. 2017. Sección “Mapa de puntos de recarga”
(<https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/mapa>)
- [29] Portal ELECTROMAPS. 2017. Foro “Precio de los puntos de recarga ibil”
(https://www.electromaps.com/foro/pdr-de-uso-publico/precio-de-los-puntos-de-recarga-ibil_68)

- [30] Portal HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS. 2017. Artículo “Principales diferencias entre el mantenimiento de un coche eléctrico frente al tradicional“
(<http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/comunicados/mantenerse-electrico-cuesta-menos-mecanico/20170612135552014442.html>)
- [31] Portal de la revista AUTOFACIL. 2017. Foro. (<http://www.autofacil.es/usuario/2017/01/30/cuesta-kilometro-mantener-coche-propiedad/36832.html>)
- [32] Revista AUTOBILD. 2017. Artículo “Baterías para coche eléctrico: precios”
(<http://www.autobild.es/noticias/baterias-para-coche-electrico-precios-313261>)
- [33] MINISTERIO DEL INTERIOR DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. 2017. ANEXO X: CÁLCULO DE LA POTENCIA FISCAL
(<http://www.interior.gob.es/documents/642012/1931881/05.+ANEXO+V.pdf/c8ba11b2-ceca-4485-9ef9-7c588d19c132>).
- [34] HACIENDA Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA. 2017. 1197 - Impuesto de vehículos de tracción mecánica.
([https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1197&IDTIPO=240&TASAS=S&SUBTIPO_PRO CEDIMIENTO=FICHA_INFORMACION&RASTRO=c79\\$m2476.2295#informacionTasas](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1197&IDTIPO=240&TASAS=S&SUBTIPO_PRO CEDIMIENTO=FICHA_INFORMACION&RASTRO=c79$m2476.2295#informacionTasas))
- [35] AGENCIA ESTATAL BOLENTÍN OFICIAL DEL ESTADO DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. 2014. Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos”
(http://normativa.infocentre.es/sites/normativa.infocentre.es/files/sectores/PRD_aprobacion_ITC_BT_52.pdf)
- [36] Portal de WALLBOX. 2017. Productos. (<https://www.wallbox.com/es/productos/pulsar/>)
- [37] Portal WIKIPEDIA. 2017. Entrada “Gas de efecto invernadero”
(https://es.wikipedia.org/wiki/Gas_de_efecto_invernadero)
- [38] Portal WIKIPEDIA. 2017. Entrada “Dióxido de carbono”
(https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_carbono)
- [39] James Larminie & John Lowry. 2003. ELECTRIC VEHICLE TECHNOLOGY EXPLAINED.
- [40] Portal de MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. 2016. Noticia “Can today’s EVs make a dent in climate change?” (<http://news.mit.edu/2016/electric-vehicles-make-dent-climate-change-0815>)
- [41] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. 2017. INVENTARIO DE EMISIONES DE ESPAÑA EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. SERIE 1990-2015. INFORME RESUMEN.
(http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf)
- [42] Portal del diario EXPANSIÓN. 2015. Entrada “España - Emisiones de CO2”
(<http://www.datosmacro.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/espana>)

- [43] Portal del diario LA VERDAD. 2016. Noticia “Murcia es la región que más aumenta las emisiones de CO2 desde el año 1990” (<http://www.laverdad.es/murcia/201610/22/murcia-region-aumenta-emisiones-20161022012114-v.html>)
- [44] CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA DE LA REGIÓN DE MURCIA. 2015. LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN EN LA REGIÓN DE MURCIA.
- [45] BMW GROUP. 2015. Environmental Certification BMW i3. (https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup.com/responsibility/downloads/en/2015/Environmental_Certification_i3.pdf)
- [46] Troy R. Hawkins, Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettez, and Anders Hammer Strømman. 2012. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x/full>)
- [47] Global Communications Mercedes-Benz Cars. 2012. Environmental Certificate Mercedes-Benz A-Class. (http://www3.mercedes-benz.com/fleet-sales/en/assets/documents/certificates/A-Class_Environmental_Certificate.pdf)
- [48] VOLKSWAGEN GROUP. 2013. ANUAL REPORT 2013
- [49] Portal DIARIO RENOVABLES. 2016. Entrada “Emisiones de CO2 asociadas a la generación de electricidad en Europa” (<http://www.diariorenovables.com/2016/12/emisiones-de-CO2-asociadas-a-la-generacion-de-electricidad-en-Europa.html>)
- [50] Portal ELECTRICITY MAP. 2017. (<https://www.electricitymap.org/?wind=false&solar=false&page=map>)
- [51] OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMÀTIC. 2011. GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. (<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>)