



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
GESTIÓN INTEGRAL DE LA EDIFICACIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2014 - 2015



ANÁLISIS COMPARATIVO Y
REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL
SOBRE LA IMPLANTACIÓN DEL
VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL
PARQUE MÓVIL DEL
AYUNTAMIENTO DE SEVILLA

MARIO A. BARRERA PAQUILLA

SEVILLA NOVIEMBRE 2015



ANÁLISIS COMPARATIVO Y REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL SOBRE LA IMPLANTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL PARQUE MÓVIL DEL AYUNTAMIENTO DE SEVILLA

Trabajo de Fin de Máster presentado para optar al Título de Máster en Gestión Integral de la Edificación por Mario A. Barrera Paquilla, siendo el tutor del mismo D. Isidro Cortés Albalá.

Vº. Bº. del Tutor:

D. Isidro Cortés Albalá

Alumno:

D. Mario A. Barrera Paquilla

Sevilla, 18 de noviembre de 2015



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LA
EDIFICACIÓN
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN**

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO [2014-
2015]**

TÍTULO:

**ANÁLISIS COMPARATIVO Y REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL SOBRE LA
IMPLANTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL PARQUE MÓVIL DEL
AYUNTAMIENTO DE SEVILLA**

AUTOR:

MARIO A. BARRERA PAQUILLA

TUTOR ACADÉMICO:

D. ISIDRO CORTÉS ALBALÁ

RESUMEN:

Con un ritmo que aumenta con el transcurso del tiempo, el patrimonio medioambiental del ser humano está desapareciendo. En unos casos más pronunciadamente que en otros, el hombre está ejerciendo un impacto altamente negativo en su entorno natural. El calentamiento global consecuencia de la emisión de gases invernadero es un claro ejemplo de esta tendencia y el sector transporte es cómplice de ello con sus masivas emisiones de CO₂ a la atmósfera. Con 623.000 t de CO₂ emitidas anualmente tan solo por sector transporte en Sevilla, no sólo se está deteriorando el medio ambiente sino también la salud de la ciudadanía.

Aquí es donde el vehículo eléctrico tiene mucho que decir pues la ausencia de cualquier tipo de emisión lo posiciona como opción clave para reconducir el sector hacia el cauce de la sostenibilidad. Es por ello que este trabajo centra su atención en cuantificar las emisiones y el impacto medioambiental asociado, consecuencia de la sustitución de la flota de combustión interna de la Policía Local de Sevilla por vehículos eléctricos equivalentes. Analizando, además de los diferentes aspectos económicos de su implantación, el papel que juegan los sectores de la arquitectura, construcción e ingeniería (ACE), su responsabilidad e implicaciones.

Fruto de ello, se obtiene una importante reducción en la emisión de contaminantes atmosféricos así como un considerable ahorro energético y económico, consiguiendo ser esta propuesta un claro ejemplo de la completa viabilidad práctica del vehículo eléctrico en la movilidad urbana municipal.

PALABRAS CLAVE:

Vehículo eléctrico, combustible fósil, Sevilla, parque móvil Policía Local, medio ambiente, efecto invernadero, huella ecológica.

ABSTRACT:

With a rate that increases with the passage of time, the human environmental heritage is disappearing. In some cases more sharply than others, man is having a highly negative impact on the natural environment.

Global warming due to the emission of greenhouse gases is a clear example of this trend and the transport sector is complicit in it with their massive CO₂ emissions into the atmosphere. With 623,000 t of CO₂ emitted annually only for transportation in Seville, not only is deteriorating the environment but also the health of citizens.

This is where the electric vehicle has much to say since the absence of any kind of issue positions it as a key option for redirecting the sector towards sustainability runway. That is why this paper focuses on quantifying emissions and their associated environmental impact resulting from the replacement of the fleet of internal combustion of the local police in Seville by equivalent electric vehicles. In addition to the various economic aspects of its implementation, analysing the role of the sectors of architecture, construction and engineering (ACE), responsibility and implications. The result of this, a significant reduction is obtained in the emission of air pollutants as well as considerable energy and cost savings, this proposal getting to be a clear example of the complete practicality of electric vehicles in the municipal urban mobility.

KEYWORDS:

Electric vehicle, fossil fuel, Seville, police fleet, environment, greenhouse effect, ecological footprint.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. ESTADO DEL ARTE.....	9
2.1 Tecnología	9
2.1.1 El vehículo eléctrico.....	9
2.1.2 Puntos de recarga	15
2.1.3 Ventajas e inconvenientes en la actualidad	18
2.1.4 Por llegar	20
2.2 Legislación	23
2.2.1 Un vistazo internacional.....	23
2.2.2 Europa.....	23
2.2.3 España	24
2.3 Electrificación del planeta.....	27
2.3.1 En el extranjero.....	28
2.3.2 En España	30
3. JUSTIFICACIÓN.....	34
3.1 El medio ambiente, lo primero	34
3.2 El transporte como gran responsable	36
3.3 El hombre como solución al hombre.....	37
4. APLICABILIDAD AL SECTOR	39
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	40
6. HIPÓTESIS DE PARTIDA	41
7. OBJETIVOS	42
7.1 Generales.....	42
7.1 Específicos.....	42
8. METODOLOGÍA	42
8.1 Sevilla como escenario.....	43
8.2 La flota de la Policía Local como caso de estudio	43
8.3 Fase 1: estudio de la situación actual del parque móvil.....	43
8.3.1 Determinación de consumos y emisiones de la flota de combustión	44
8.3.2 Determinación de gastos y costes de la flota de combustión	44
8.4 Fase 2: sustitución de la flota de combustión por una equivalente eléctrica ...	44
8.4.1 Búsqueda y selección de los vehículos eléctricos.....	44
8.4.2 Determinación de consumos y emisiones de la flota eléctrica.....	44
8.4.3 Determinación de gastos y costes de la flota eléctrica	45
8.4.4 Infraestructura de recarga eléctrica.....	45

8.5 Fase 3: resultados.....	45
8.5.1 Resultados energéticos.....	45
8.5.2 Resultados medioambientales	45
8.5.3 Resultados económicos	45
8.6 Análisis de los resultados	46
8.7 Conclusiones.....	46
8.8 Esquema-resumen metodología.....	46
9. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	46
9.1 Elección del Ayuntamiento de Sevilla como marco para el desarrollo del trabajo.....	46
9.1.1 Contexto	47
9.1.2 Historia del vehículo eléctrico en la ciudad.....	47
9.1.3 Presente y futuro.....	48
9.2 Elección de la flota del Cuerpo de Policía Local de Sevilla como caso de estudio	49
9.3 Fase 1: estudio de la situación actual del parque móvil	49
9.3.1 Consumos y emisiones anuales de la flota de combustión	50
9.3.2 Gastos y costes anuales de la flota de combustión.....	51
9.4 Fase 2: sustitución de la actual flota de combustión por una equivalente eléctrica.....	51
9.4.1 Búsqueda y selección de los vehículos eléctricos	51
9.4.2 Consumos y emisiones anuales de la flota eléctrica	52
9.4.3 Gastos y costes anuales de la flota eléctrica.....	53
9.4.4 Infraestructura de recarga eléctrica.....	54
9.5 Fase 3: resultados.....	56
9.5.1 Resultados energéticos y medioambientales	56
9.5.2 Resultados económicos	56
10. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	57
10.1 Emisiones.....	57
10.3 Económicos.....	58
10.4 Prácticos	60
11. CONCLUSIONES	61
11.1 Generales.....	61
11.2 Concretas.....	61
11.2.1 Del análisis de la situación actual	61
11.2.1 Del análisis de los resultados.....	62
12. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	63
13. REFERENCIAS	63

13.1 Bibliografía	63
13.2 Proyectos académicos y de investigación	63
13.3 Informes, revistas, artículos de investigación	64
13.4 Normativa.....	66
13.5 Páginas web.....	68

1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho, vivimos en la cultura de lo inmediato (Innerarity, 2008). Una cultura en la que el presente devora cualquier otro tiempo verbal sin recalar lo más mínimo en lo que ello puede conllevar, sus consecuencias.

Alguien dijo que el dinero nunca duerme, por extensión los mercados financieros y su mecánica del beneficio instantáneo tampoco. A ello se suman tecnología y medios de comunicación, conduciendo al mismo presente hacia un olvido programado.

El presente ya no sustituye al pasado, el presente sustituye al presente más inmediato. Y es en el transcurso de este vertiginoso bucle donde se termina perdiendo la conciencia: nada importa, todo vale.

Esta frenética búsqueda de resultados instantáneos obliga a ignorar las repercusiones de los mismos, no importa el camino tomado siempre que se llegue antes. El daño ocasionado carece de relevancia para esta enorme maquinaria que rige el planeta siendo este último el que termina sufriendo en muchas ocasiones las consecuencias.

Es una realidad objetiva que producimos más de lo que consumimos¹ y que no sólo generamos una contaminación extra sino que, además, la exigida inmediatez hace que durante el proceso de producción aumente significativamente su cifra (IEA, 2014).

Por el contrario, y por suerte, cada vez más voces denuncian esta situación insostenible. Los estados firman pactos comprometiéndose a reducir sus emisiones, se desarrollan políticas de concienciación y sensibilización ciudadana, y se promueve la educación ambiental desde las edades más tempranas.

Este Trabajo Fin de Máster en Gestión Integral de la Edificación en su especialidad de Medio Ambiente pretende sumarse a esas voces aportando su propio granito de arena y lo hará centrándose en el vehículo de impulsión eléctrica como herramienta para reducir la contaminación en la ciudad.

A lo largo del mismo se tratarán diferentes aspectos concernientes a esta “solución medioambiental” que evidenciarán la importancia y la necesidad del vehículo eléctrico en los núcleos urbanos.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Tecnología

El estado actual del desarrollo tecnológico del vehículo eléctrico resulta clave para comprender su presente y futuro. Sin embargo, se hace necesario explicar ciertos aspectos previos.

2.1.1 El vehículo eléctrico.

Definición

Si buscamos definir en esencia qué es un vehículo eléctrico, podríamos decir que es todo aquel vehículo propulsado por uno o más motores eléctricos (Wikipedia, 2015).

Esta definición engloba a todo vehículo que, disponiendo de esta tecnología, se desplaza por cualquiera de los tres medios (tierra, mar o aire), vehículos tales como trenes, embarcaciones o aviones. Sin embargo, para la ocasión, resulta fundamental acotar la definición al ámbito urbano y su parque móvil. Por lo que diremos que serán

¹ Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA en inglés), en 2012 el consumo total energético en mundial fue de 8.979 Mtoe frente a los cerca de 14.000 Mtoe generados (Mtoe: millones de toneladas equivalentes de petróleo). www.iea.org/statistics/

vehículos eléctricos todos aquellos vehículos del parque móvil urbano propulsados por uno o más motores eléctricos.

Historia

Desde sus inicios, la tecnología del motor eléctrico estuvo ligada al transporte y por ende al automóvil.

En el siglo XIX, las investigaciones sobre electromagnetismo avanzaban con rapidez, y su aplicación a los transportes fue una de sus primeras funciones. En aquel momento, los inventores buscaban un sustituto para la tracción animal en los vehículos, y dos tecnologías se disputaban el puesto: los motores eléctricos y los térmicos.

Thomas Davenport, un herrero natural de Vermont, construyó en 1834 un motor eléctrico equipado con una batería que utilizó para operar un pequeño coche que circulaba sobre una trayectoria fija (figura 1). Esto abrió el camino para electrificar los tranvías, una idea que tuvo un gran éxito durante la segunda mitad del siglo. En 1837 registró la primera patente de un motor eléctrico (The Editors of Encyclopædia Britannica, 2015).



Figura 1. Primer motor eléctrico (1834). Fuente: El Confidencial

Fue el trabajo del físico francés Gaston Planté el que en 1859 dio el primer gran y duradero impulso al coche eléctrico con la invención de las baterías de plomo-ácido (Woods, 1967). Este tipo de baterías, que aún hoy emplean algunos coches eléctricos e híbridos, podían cargarse y reutilizarse varias veces, lo que aumentaba significativamente su eficacia. En 1881, otro científico francés, Camille Alphonse Faure, mejoraba estas baterías, aumentando sustancialmente su capacidad, lo que favoreció su producción industrial a gran escala (Hoffman, 2014).

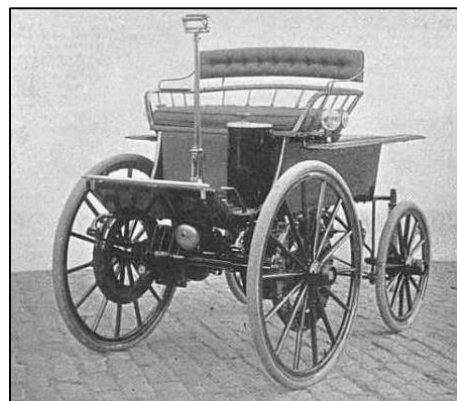


Figura 2. Electrobat (1894). Fuente: El Confidencial.

A finales de siglo surgen cada vez más modelos, sobre todo de tranvías y trenes, que van acoplando cada vez más de estas células de plomo-ácido para ganar en potencia. Sin embargo, en 1894 los tranvías empiezan a perder relevancia y el ingeniero Henry Morris y el químico Pedro Salom, ambos con experiencia en aplicar la electricidad a ese transporte, se unen para diseñar el Electrobat (figura 2), el primer coche eléctrico de cierto éxito (Wikipedia, 2015). La primera versión era lenta y pesada, tanto que las ruedas eran de acero para aguantar el enorme peso de su gran batería. Versiones posteriores solucionaron este problema.

A finales del siglo XIX, por tanto, los primeros vehículos con motor eran mayoritariamente eléctricos. Se impusieron a los de gasolina porque por entonces estos eran sucios, ruidosos, caros de mantener (no era fácil conseguir el combustible) y podían fallar en cualquier momento. Los eléctricos, en cambio, eran más limpios, suaves de conducir y de coste razonable para las clases altas, sus primeros usuarios. Aun así, contaban todavía con importantes limitaciones: un coche eléctrico normal no pasaba de los 20 km/h, su autonomía se limitaba a unos 50 kilómetros y necesitaba mucho tiempo para recargarse (Costas, 2015).

Aparte de los modelos fabricados por encargo de personalidades importantes, su llegada a las ciudades fue en forma de flotas de taxis, primero en Inglaterra y posteriormente en Francia y en Estados Unidos. En 1898 el aristócrata francés Gaston

de Chasseloup Laubat daba otro impulso a la tecnología al batir por primera vez un récord de velocidad con un coche, un automóvil eléctrico de la compañía francesa Jeantaud: recorrió 1 kilómetro en 57 segundos, alcanzando una velocidad media de 63,13 km/h (Guarnieri, 2011).

Con el siglo XX, las cosas empezaron a cambiar. Ford creó las cadenas de producción mecanizadas (figura 4), los coches de gasolina empezaron a equiparse con motores de arranque (hasta ahora se ponían en marcha con una manivela) y el combustible se hizo más barato y accesible (Camós, 2013). El coche de combustión interna ganaba terreno, y su precio era dos o tres veces menor que el del eléctrico. Sobre todo en Estados Unidos, la autonomía se volvía crucial porque había muchos kilómetros de carretera y se hacían viajes muy largos.

Pero no era sólo un cambio económico o tecnológico. Había un trasfondo social, según el historiador Mathieu Flonneau (2011) “para ciertos sectores de la población, el coche eléctrico carecía de virilidad. No era lo suficientemente potente, era demasiado silencioso y, por encima de todo, era muy apreciado por las mujeres”.

Fuera por esto o no, la mayor parte de los fabricantes cerró o se pasó a la industria del motor de combustión. Quedó olvidado en Europa, y poco después también en Estados Unidos, pero no desapareció, sino que se mantuvo siempre en la sombra, como una alternativa cuyo potencial estaba aún por explorar del todo, retomando protagonismo durante las épocas de guerras y crisis.

En los años veinte Francia, que contaba con una extensa red eléctrica e intentaba reducir su dependencia del exterior, volvió a darle un gran impulso. Los tranvías, el metro y los primeros autobuses estaban revolucionando el transporte público, pero había un interés general por llevar la electricidad a los coches particulares. En 1925 se creó la Société de Véhicules Électriques (figura 5), que en asociación con empresas especializadas llegó a producir varios miles de camiones y carros de carga eléctricos (Guignard, 2010).

Esto abrió un nuevo nicho de mercado, el de los vehículos profesionales, que fue aprovechado también en Estados Unidos: en 1927 había 6.000 camiones y camionetas eléctricos en el estado de Nueva York (Diariomotor Tecmovia, 2011). Pero la tendencia no llegó a los vehículos particulares, que preferían seguir optando por los motores de combustión interna.

La Segunda Guerra Mundial también fue una buena época para los coches eléctricos por la dificultad de conseguir gasolina y la necesidad de encontrar un sustituto. Muchos reconvirtieron sus coches para equiparlos con motores eléctricos. Pero la escasez también afectó a estos modelos, porque era difícil conseguir materiales como el cobre o el plomo, necesarios para las baterías. Francia, que años atrás impulsó la tecnología del motor eléctrico, en 1942 prohibió la electrificación de los vehículos, dejando su evolución en un punto muerto (Diariomotor Tecmovia, 2011).

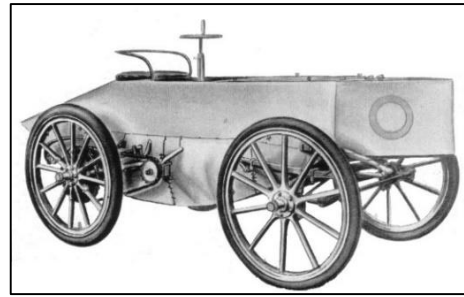


Figura 3. El Jateud con el que se batió el primer record de velocidad (1898).
Fuente: El Confidencial.



Figura 4. Primera cadena de montaje de Ford (1913). Fuente: El Confidencial.



Figura 5. Société de Véhicules Électriques (1925). Fuente: El Confidencial

Unos años después, en 1959, nace en Estados Unidos el Henney Kilowatt² (figura 6), e iniciativas similares aparecen en otros países. Los minicoches y scooters eléctricos se ponen de moda llegando a representar una época en la que se buscaban nuevas ideas (Linde, 2011).

Cuando en los años 70 se produce la primera gran crisis del petróleo, muchos países comprenden el problema de depender de otros para su suministro energético. En todo el mundo, la necesidad de encontrar una alternativa se convierte de nuevo en una prioridad, y surgen organizaciones con ese fin: el Consejo del Vehículo Eléctrico en Estados Unidos, la Compañía de Energía Eléctrica de Tokio en Japón, el Consejo de Electricidad en Inglaterra...

Durante un par de décadas brotan modelos en muchos países, todos con producción limitada pero con cada vez más capacidad y autonomía. Los franceses Peugeot 205 y Renault Express estaban equipados con baterías de níquel-hierro, podían recorrer 140 kilómetros y alcanzar los 100 km/h (Fogelberg, 2000); la japonesa Toyota lanzó el Toyota EV-30 con baterías de zinc-bromo, que recorría hasta 165 kilómetros a hasta 43 km/h (figura 7), mientras la alemana Mercedes-Benz probaba con baterías de sal fundida y de sulfuro de sodio.

Se lanzaron varias propuestas al mercado con aspiraciones a convertirse en productos de éxito, pero pocos lo fueron. Las baterías no tenían suficiente autonomía y ni siquiera los modelos híbridos que incluían un pequeño motor de combustión para prolongarla consiguieron convencer al público. En parte, el motivo fue que en los 90 el precio del petróleo, sobre todo en Estados Unidos, había vuelto a caer hasta niveles bajísimos y el recuerdo de la crisis de 1973 se había difuminado (Banco Mundial, 2015).

Sin embargo, la tecnología híbrida no fue sólo un intento por vender más. La combinación de un motor eléctrico y otro de gasolina demostró mucho potencial y se desarrolló durante esa época. Toyota, General Motors, Honda... fueron algunas de las primeras marcas en lanzar sus modelos.

Por otro lado, las baterías en esos años seguían siendo de plomo o de níquel, y no eran lo suficientemente potentes para competir con los coches de gasolina. De forma que los fabricantes comenzaron a investigar nuevas opciones, como las pilas de combustible basadas en el hidrógeno (Blanco, 2011). Aunque se ha avanzado mucho en esta dirección, sigue siendo una tecnología inmadura: superan en autonomía y vida útil a otras opciones, pero resultan más caras y no son por tanto económicamente competitivas. Se han presentado varios prototipos desde 2009, pero ninguno ha llegado a ponerse a la venta a gran escala.

Mientras tanto, llegaron las baterías de litio. Importadas del sector de la electrónica, son más estables y por tanto más seguras, no tienen efecto memoria (que provoca que después de varios ciclos de carga una batería no tenga la misma capacidad de almacenamiento de energía que al principio de su vida útil) y han logrado ampliar la autonomía de los coches en un rango entre 150 y 300 kilómetros.

Nueva tecnología, nuevo potencial y con ello más oportunidades de negocio y por tanto nuevas empresas. En la actualidad Tesla Motors³ se presenta como el baluarte del vehículo eléctrico. En 2006 causó sensación con la presentación del deportivo Tesla



Figura 6. Henney Kilowatt (1959). Fuente: El Confidencial



Figura 7. Toyota EV-30 (1987). Fuente Allcarindex.

² Fue el primer automóvil eléctrico regulado por transistores, vendido entre 1959 y 1962.

³ Exitosa compañía estadounidense dedicada en exclusiva a la fabricación y venta de automóviles eléctricos de altas prestaciones así como de su infraestructura de recarga. www.teslamotors.com

Roadster (figura 8), equipado con baterías de ion-litio y que no sólo era práctico o eficaz: era deseable. La compañía de Elon Musk⁴ ha presentado desde entonces varios modelos que sin excepción han recibido críticas muy positivas: su diseño, equipamiento y rendimiento han demostrado que los coches eléctricos pueden competir en igualdad de condiciones con los mejores coches de gasolina. Esta apuesta fue un revulsivo para la industria del coche eléctrico, que logró poner un pie en la primera división del mercado automovilístico (Dyer & Gregersen, 2015).



Figura 8. Tesla Roadster (2006). Fuente: Car and Driver.

Los primeros coches con batería de litio que llegaron al mercado lo hicieron en 2010, y aunque aún en minoría, se han hecho un hueco en las calles y en las carreteras. El Nissan Leaf, uno de los que aterrizó ese año, ha sido el primer coche eléctrico en alcanzar unas ventas de 100.000 unidades posicionándose como el coche eléctrico más vendido del mundo (Europa Press, 2014).

Día a día el vehículo eléctrico cuenta con más apoyos, desarrollo e infraestructura y está consiguiendo calar entre los usuarios. Todo indica que esta vez el vehículo eléctrico ha venido para quedarse.

El vehículo eléctrico en la actualidad

Si bien actualmente resulta cada vez más fácil encontrar el motor eléctrico en vehículos tradicionalmente impulsados por motores de combustión como motocicletas, autobuses o camiones, cuando pensamos en el vehículo eléctrico la asociación con el coche eléctrico es la que prima.

La definición inicial de vehículo eléctrico ha ido adaptándose a la evolución del mismo. En la actualidad el vehículo eléctrico (VE, o EV en inglés) sigue siendo todo vehículo propulsado por uno o más motores eléctricos, sin embargo, la inclusión de distintas tecnologías, sobre todo en los coches, ha hecho que esta definición inicial se diversifique y complemente.

Así, en la actualidad podemos encontrar varios tipos de vehículos eléctricos en el mercado (IDAE, 2012):

- Vehículo Híbrido (Hybrid Electric Vehicle, HEV). Usan únicamente como fuente energética el combustible y no permite la carga de la batería mediante una fuente exterior de electricidad. A diferencia del vehículo eléctrico puro, su batería no tiene como misión la de almacenar una gran cantidad de energía, sino que está, en todo momento, interviniendo en ciclos de carga y descarga. La reducción del consumo de gasolina está entre el 25% y el 40%. La batería se puede recargar mediante el motor de gasolina y el frenado regenerativo. El frenado regenerativo obtiene la energía cinética para cargar las baterías cuando el conductor presiona el freno. El Toyota Prius (figura 9) es un ejemplo de vehículo híbrido. Los sistemas híbridos minimizan el ralentí y proporcionan un

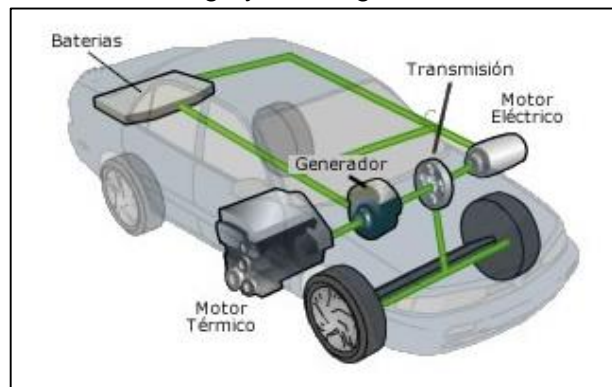


Figura 9. Esquema funcionamiento del Toyota Prius (HEV). Fuente: Aficionadosalamecanica.net.

⁴ Dueño y presidente de Tesla Motors.

arranque eléctrico integrado, lo que aumenta la capacidad del vehículo para arrancar y acelerar.

- Vehículo Híbrido Enchufable (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV) (figura 10). Esta familia de vehículo combina un motor de combustión interna (MCI) con una batería y un motor eléctrico. El MCI y/o el motor eléctrico impulsan el vehículo en una configuración paralela o en serie. Co-habitan dos fuentes exteriores de energías, provenientes de los combustibles que permiten mover el motor térmico, y de la electricidad suministrada por la red que permite recargar la batería. Normalmente, el motor de combustión es más pequeño que el que llevan los coches convencionales e incluso los coches híbridos. Las baterías se pueden cargar mediante:
 - Motor de gasolina.
 - Freno regenerativo: utiliza la energía cinética acumulada.
 - Conectando el vehículo a un punto de recarga.

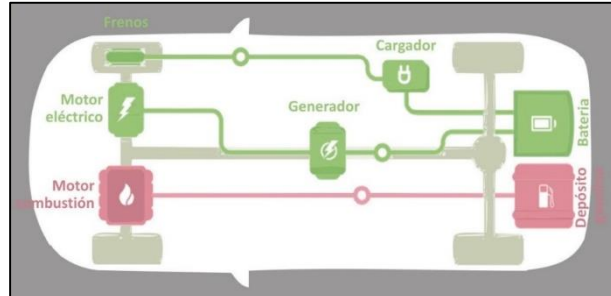


Figura 10. Esquema funcionamiento del vehículo eléctrico enchufable (PHEV).

Fuente: Recargacocheseléctricos.com

- Vehículo Eléctrico de Batería (Battery Electric Vehicle, BEV) (figura 11). Estos vehículos están propulsados únicamente por motores eléctricos. La fuente de energía es la electricidad almacenada en la batería, que se carga a través de la red y tiene un tamaño mayor que en los tipos de vehículos expuestos anteriormente. En adelante, este es el tipo al que el presente documento hará referencia.

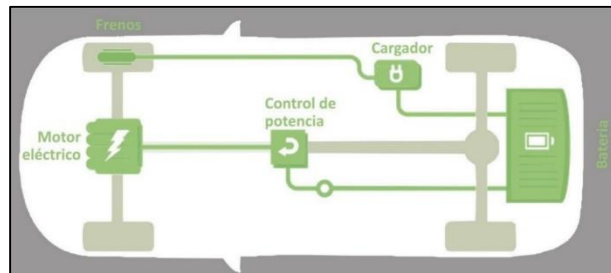


Figura 11. Esquema funcionamiento del vehículo eléctrico de batería (BEV).

Fuente: Recargacocheseléctricos.com.

- Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida (Extended Range Electric Vehicle, EREV) (figura 12). Tienen las mismas características que los vehículos eléctricos de batería pero llevan además un MCI (otra fuente de energía secundaria) que funciona como un generador. Utiliza un motor de combustión interna para alimentar un generador eléctrico que carga la batería del sistema en un proceso lineal, en caso de que sea necesario.

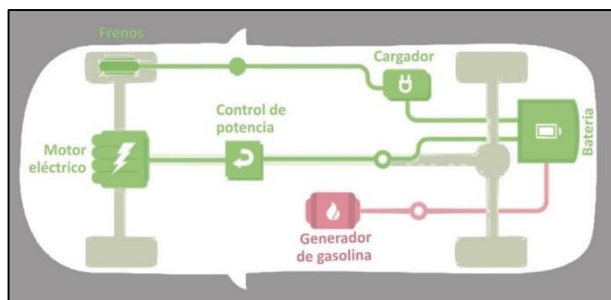


Figura 12. Esquema funcionamiento del vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV).

Fuente: Recargacocheseléctricos.com

2.1.2 Puntos de recarga

Definición y tipos

Básicamente, un punto de recarga es aquel enchufe al que se conecta un vehículo eléctrico para su recarga.

En la actualidad no existe consenso en cuanto al tipo de punto de recarga a utilizar, lo que da lugar a una variada tipología de conectores disponibles en el mercado (Ibáñez, 2012a):

- Schuko (figura 13). Es el conector doméstico estandarizado en Europa (CEE 7/4 Tipo F). Es monofásico, tiene dos bornes y toma de tierra y soporta corrientes de hasta 3.7 kW ~ 16 A. La recarga es lenta y carece de comunicación integrada.
- Conector Tipo 1 (SAE J1772) (figura 14). Es el estándar norteamericano para la recarga de vehículos eléctricos. Mide 43 mm de diámetro y tiene 5 bornes: los dos de corriente, el de tierra y dos complementarios de detección de proximidad. A su vez, se divide en dos niveles atendiendo a la velocidad de recarga.
 - Nivel 1: monofásico, recarga lenta, 1.9 kW ~ 16 A.
 - Nivel 2: monofásico, recarga rápida, 19.2 kW ~ 80 A.
- Conector Tipo 2 (Mennekes) (figura 15). Es un conector de origen alemán y extendido en Europa. Mide 55 mm y tiene 7 bornes: los cuatro para corriente (trifásica), el de tierra y dos para comunicaciones. Soporta corrientes monofásicas y trifásicas:
 - Monofásico, recarga lenta, 3.7kW ~ 16 A.
 - Trifásica, recarga rápida, 43.5 kW ~ 63 A.
- Conector Tipo 3 (Scame) (figura 16). Conocido como EV Plug-in Alliance, cuenta con el apoyo de los fabricantes franceses. Según se vaya a conectar a una red monofásica o trifásica tendrá 7 o 9 bornes respectivamente:
 - Monofásico: 5 bornes de corriente más tierra y comunicación con la red. Recarga lenta, 3.7kW ~ 16A.
 - Trifásica: 7 bornes de corriente más tierra y comunicación con la red. Recarga semi-rápida, 22 kW ~ 32 A.
- Conector Tipo 4 (CHAdeMO) (figura 17). Es el conector estándar de los fabricantes japoneses. Está pensado específicamente para recarga rápida en corriente continua. Tiene 9 bornes: 2 de corriente y 7 de señal. Admite hasta 62.5 kW ~ 200 A. Está indicado para recargas ultra-rápidas.

Además de los conectores vistos, recientemente se les ha dado el visto bueno a dos más. Uno de origen estadounidense y el otro europeo. Básicamente son una evolución de sus respectivos, siendo a su vez muy similares las características entre ambos:

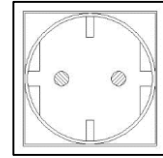


Figura 13. Enchufe conector Schuko (doméstico europeo).
Fuente: Salinger.



Figura 14. Enchufe conector Tipo 1 (norteamericano).
Fuente: Delphi.



Figura 15. Enchufe conector Tipo 2 (europeo).
Fuente: Mennekes.



Figura 16. Enchufe conector Tipo 3 (francés).
Fuente: LugEnergy.



Figura 17. Enchufe conector Tipo 4 (japonés).
Fuente: CHAdeMO.

- Conector Combo 1 (SAE J1772 Combo) (figura 18). Es el estándar norteamericano para la recarga de vehículos eléctricos mediante corriente continua. El conector del que deriva puede conectarse, aunque sólo podría utilizar corriente alterna. También se divide en dos niveles atendiendo a la velocidad de recarga.
 - Nivel 1: recarga rápida, 40 kW ~ 80 A.
 - Nivel 2: recarga ultra-rápida, 100 kW ~ 200 A.
- Conector Combo 2 (CCS) (figura 19). Es el conector elegido por la Unión Europea para convertirse en estándar. Viene a ser la versión europea del Combo 1 y, aunque deriva del conector Tipo 2 (Mennekes), las características técnicas son prácticamente idénticas.



Figura 18. Enchufe conector Combo 1 (norteamericano). Fuente: SAE.



Figura 19. Enchufe conector Combo 2 (europeo). Fuente: Zap-Map.com.

La estación de recarga

En caso de desear una recarga más rápida que la ofrecida por los enchufes domésticos (conector Schuko) debemos utilizar una estación de recarga.

Las estaciones de recarga son aquellos elementos de la infraestructura de recarga para el vehículo eléctrico en los que se encuentran los puntos de recarga, pudiendo haber más de uno y de diferente tipo. Las hay de pared (hogares, parkings), verticales (vía pública) y portátiles (figura 20).



Figura 20. De izquierda a derecha: estación de recarga de pared, vertical y portátil.

Tipos de recarga y tiempos

La velocidad con la que estas estaciones pueden recargar la batería de un vehículo eléctrico tiene relación directa con el tipo de conector de cada punto de recarga. Así, podemos clasificar las velocidades de recarga como sigue (Ibáñez, 2012a):

- Recarga super-lenta. Cuando la intensidad de corriente se limita a 10 A o menos por no disponer de una base de recarga con protección e instalación eléctrica adecuada. La recarga completa de las baterías de un coche eléctrico medio, unos 22 a 24 kWh de capacidad, puede llevar entre diez y doce horas.
- Recarga lenta, también conocida como convencional o recarga normal. Se realiza a 16 A, demandando unos 3,7 kW de potencia. Recargar esas mismas baterías puede llevar entre seis y ocho horas. Conector doméstico o Schuko.

- Recarga semi-rápida, en inglés se suele llamar quick-charge y menos rápida que la fast-charge. Se realiza a una potencia de unos 22 kW a 25 kW. Conector Tipo 3 o Scame y Mennekes.
- Recarga rápida. La potencia que se demanda es muy alta, entre 44 y 50 kW. La recarga de esos 22 a 24 kWh de baterías puede llevar media hora. Lo normal es que no se haga una recarga del 100% sino en torno al 80% o 90%. Conector tipo 4 (Mennekes) Nivel 2, Combo 2 (CCS) y CHAdeMO.
- Recarga súper-rápida, la potencia de recarga es todavía más alta que en la recarga rápida, aproximadamente el doble. Este tipo de recarga la utiliza por ejemplo Tesla Motors en su Tesla Model S, con una potencia entre 90 y 130 kW. Recargar unos 250 km de autonomía viene a requerir unos 20 minutos.

Mención especial se merecen las estaciones de recarga de Tesla Motors. Dispone de su propio tipo de conector, estación de recarga doméstica y pública o Supercharger (figura 21). En estas últimas recargar es gratis.

El Supercharger de Tesla es la estación de recarga más rápida del planeta. Funciona con corriente continua alcanzando los 130 kW, esto significa que tarda en cargar la batería de 434 km de autonomía del Model S 85 kWh⁵, al 100% y desde vacío, tan sólo 75 minutos (Tesla Motors, 2013). Sin embargo, sólo funciona con sus modelos de coches.



Figura 21. De izquierda a derecha: conector, estación de recarga doméstica y Supercharger. Fuente: Tesla Motors

Modos de recarga o nivel de comunicación

Los modos de recarga tienen que ver con el nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga (y por consiguiente la red eléctrica), y el control que se puede tener del proceso de carga, para programarla, ver el estado, pararla, reanudarla, o incluso volcar electricidad a la red (Ibáñez, 2012a).

- Modo 1 (figura 22), sin comunicación con la red. Sería el que se aplica a una toma de corriente convencional con conector Schuko.
- Modo 2 (figura 23), grado bajo de comunicación con la red. El cable cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto que sirve para verificar la correcta conexión del vehículo a la red de recarga. Podría seguir usándose un conector Schuko.
- Modo 3 (figura 24), grado elevado de comunicación con la red. Los dispositivos de control y protecciones se encuentran dentro del propio punto de recarga, y el

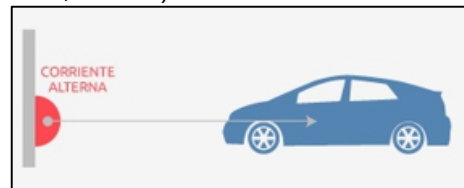


Figura 22. Modo 1. Fuente: AAVEA.



Figura 23. Modo 2. Fuente: AAVEA.



Figura 24. Modo 3. Fuente: AAVEA.

⁵ El Model S es el segundo coche fabricado por Tesla Motors. Está disponible en versiones de 70 kWh y 85 kWh. Fuente: Tesla Motors. www.teslamotors.com

cable incluye hilo piloto de comunicación integrado (por ejemplo los conectores SAE J1772, Mennekes, SSC o Scame).

- Modo 4 (figura 25), grado elevado de comunicación con la red. Hay un convertor a corriente continua y solo se aplica a recarga rápida (por ejemplo conector CHAdeMO).



Figura 25. Modo 4. Fuente: AAVEA.

Localización de estaciones de recarga

El número de estaciones de recarga para vehículos eléctricos aumenta día a día gracias a iniciativas públicas y privadas. Actualmente existen, algo más de 55000⁶ en el mundo.

Aunque en España aún no predominan y su localización puede no ser intuitiva para la mayoría, ésta resulta relativamente sencilla. Actualmente, y siempre que se disponga de una conexión a internet, es posible consultar los “mapas eléctricos” (figura 26) publicados tanto por organismos oficiales como asociaciones privadas que permiten encontrar aquella estación de recarga que más nos interese por distancia, precio, velocidad de carga, tipo de conector...



Figura 26. Mapa de puntos de recarga eléctrica. Fuente: Plugshare.

2.1.3 Ventajas e inconvenientes en la actualidad

A la hora de plantearnos la adquisición de un vehículo eléctrico muchas son las dudas sobre qué tan rentable o qué tan ecológico puede llegar ser. Estas dudas se disipan enfrentando las posibles ventajas e inconvenientes que, a su vez, pueden variar para cada individuo.

Inconvenientes

Autonomía. La autonomía sigue siendo a día de hoy uno de los aspectos que genera más rechazo a la hora de plantear la compra de un vehículo eléctrico. Los modelos con mayor autonomía son también los más caros y, en ningún caso, alcanzan ni la mitad de la de la de sus equivalentes de combustión (Solera, 2015). Es cierto que en el ámbito urbano la autonomía de los vehículos eléctricos actuales cubre las necesidades de desplazamiento diarias, incluso más (Dalmau, 2014). Sin embargo, en lo que a desplazamientos interurbanos o viajes largos se refiere, la tecnología actual es incapaz de competir con la autonomía de los motores de combustión. Por lo tanto, la limitada autonomía del vehículo eléctrico, siempre comparada con su equivalente de combustión, puede suponer un inconveniente (o no) según las necesidades de cada individuo.

Velocidad de recarga. Los tiempos de espera para recargar un vehículo eléctrico total o parcialmente han mejorado mucho con los avances tecnológicos. Con todo, en los coches eléctricos actuales existe una horquilla de tiempos de recarga total que puede ir desde las 10-8 horas de las más lentas hasta los 20 minutos en las más rápidas, tomando como referencia una batería media de 22 o 24 kWh (Ibáñez, 2012a). Ni el menor de los tiempos puede compararse con los escasos minutos que se tarda en repostar un modelo equivalente de combustión. Este hecho, sobre todo en

⁶ Datos aproximados obtenidos de Openchargemaps. www.openchargemaps.org

desplazamientos en los que la autonomía resulta un condicionante, hace que el vehículo eléctrico no entre en los planes de muchos.

Escasa infraestructura de recarga. Con menos de 8.000 puntos de recarga a nivel nacional, la infraestructura de apoyo necesaria para la implantación y desarrollo a gran escala del vehículo eléctrico destaca por su escasez (Electromaps, 2015). Es cierto que cada vez más ciudades deciden incluir redes de recarga en sus Planes de Movilidad Urbana pero la realidad es que son muy pocas las que logran el efecto deseado. Esto no mejora en los trayectos interurbanos. En ellos no resulta habitual encontrar estaciones de servicio con puntos de recarga para vehículos eléctricos.

Inversión inicial. Aunque las ayudas económicas a la compra varían según el país, la mayoría de aquellos por los que circulan vehículos eléctricos disponen de alguna. A pesar de ello el coste de adquisición de un vehículo eléctrico resulta elevado comparado con el de su equivalente de combustión (Europa Press, 2010). En el ámbito nacional todos, los vehículos eléctricos disponibles en el mercado, aplicadas ya las ayudas, son poco o mucho más caros y con menos autonomía que sus equivalentes de combustión, a lo que hay que sumar la opcional pero recomendable estación de recarga doméstica (Ibáñez, 2014).

Ventajas

Cero emisiones. Los vehículos eléctricos por definición no generan ningún tipo de ruido ni emisiones, menos aún si la electricidad con la que se cargan proviene de fuentes de energía renovables. Este hecho puede resultar totalmente indiferente para muchos usuarios, sin embargo puede ser una razón de peso para aquellos comprometidos con el medio ambiente.

Facilidades. Con el objetivo de seducir al posible comprador, el vehículo eléctrico goza de grandes privilegios en aquellas ciudades donde se pretende su implantación. Estacionamiento gratis e ilimitado en zonas reguladas, ventajas fiscales, acceso a zonas restringidas o recargas públicas gratuitas son solo algunas de las facilidades dispuestas para los usuarios de vehículos eléctricos (Cano, 2014). Además, la mayoría de los gobiernos que apuestan por esta tecnología disponen, en mayor o menor medida, de importantes descuentos sobre el precio de adquisición así como sobre el de la instalación de la estación de recarga doméstica (Sanchís, 2014).

Ahorro en el repostaje. Otro de los principales motivos que llevan a adquirir un vehículo eléctrico respecto uno de combustión es el ahorro a la hora de repostar. De media, el consumo de un coche eléctrico de ciudad ronda los 15 kWh, esto se traduce en 2 €/100 km o 0.80 €/100 km si recargamos en horario nocturno usando la denominada Tarifa Supervalle (Cosme, 2014). Comparado con su equivalente diésel de gasto medio 5.5 €/100 km, el ahorro es de 3 €/100 km o más.

Mantenimiento. Es un hecho que el vehículo y en especial el coche eléctrico tiene un número significativamente menor de piezas que uno diésel o de gasolina, en torno al 90% menos (Cano, 2014). Esto conlleva una reducción en los costes de mantenimiento aproximada al 20% ya que, por ejemplo, no necesita aceite para el motor, lleva menos filtros y no hay que sustituir ni revisar correas o embragues (Seijo, 2015). Además las pastillas de freno duran más gracias a su sistema de frenada regenerativa que carga de forma parcial la batería. Este argumento resulta de gran relevancia pues al reducir el número de piezas no sólo se alarga la vida útil del motor sino también se abarata.

Prestaciones. Comparado con su equivalente de combustión, el vehículo eléctrico goza de similares e incluso mejores prestaciones. Por ejemplo, la aceleración es la misma o mejor gracias a la entrega del par desde que arranca del motor eléctrico. Gracias a esto los vehículos eléctricos dan la sensación de mayor agilidad a pesar del sobrepeso derivado de sus baterías. Otro hecho es la mayor eficiencia del motor eléctrico frente al de combustión. Mientras que un motor de combustión tiene una eficiencia aproximada del 30%, la del motor eléctrico alcanza el 75% (Rodríguez, 2011). Es decir, necesita

menos energía para un mismo rendimiento o, visto de otro modo, con el mismo aporte energético sus prestaciones serían mejores.

2.1.4 Por llegar

Las ventas de vehículos eléctricos no hacen sino aumentar año tras año y el pronóstico es que esta tendencia continúe así, tanto que los más optimistas auguran en torno a los 20 millones de vehículos eléctricos en el mundo para 2020 (Trigg, 2013) (figura 27).

Y a más vehículos eléctricos, más infraestructura de recarga. A corto plazo se espera que se sobrepasen los 12 millones de estaciones de recarga eléctrica, de los que casi 200.000 serían de tipo rápida (Young, 2013) (figuras 28 y 29).

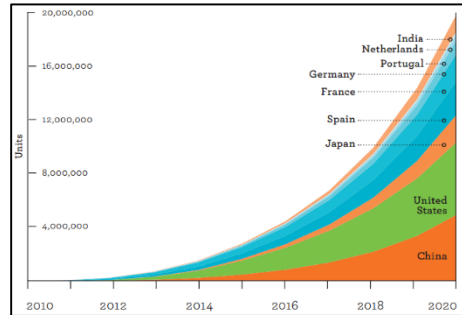


Figura 27. Pronóstico de vehículos eléctricos en el mundo para 2020. Fuente: Agencia Internacional de la Energía.

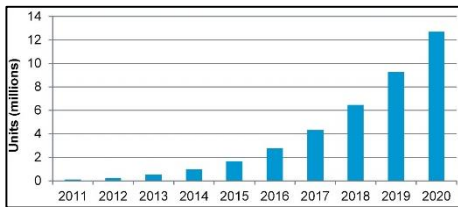


Figura 29. Estaciones de recarga eléctrica en el mundo para 2020. Fuente: IHS Automotive.

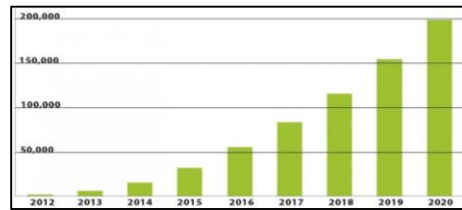


Figura 28. Estaciones de recarga eléctrica rápida en el mundo para 2020. Fuente: IHS Automotive.

Los datos son alentadores y el nicho de mercado a cubrir resulta lo suficientemente interesante como para generar toda una industria a su alrededor. Tanto es así que resulta fácil encontrar cada vez más nuevas empresas creadas con el objetivo de cubrir las posibles necesidades de este joven sector. Y otras que ya existían destinan importantes recursos para su investigación y desarrollo tecnológico (Díaz & Hernández, 2011).

Ejemplos de esto los podemos ver en los salones del automóvil donde ya es frecuente encontrar las propuestas eléctricas de fabricantes tradicionales (figura 30).



Figura 30. Porsche Mission E Concept, presentado en el salón del automóvil de Frankfurt en 2015: 100% eléctrico, 600 cv y 500 km de autonomía. Fuente: Porsche.

Además, las competiciones deportivas con vehículos eléctricos como la Fórmula E⁷ fomentan el desarrollo tecnológico (figura 31). Las marcas y empresas que participan están constantemente investigando para equipar a sus vehículos con la última tecnología, gran parte de la cual acaba siendo heredada por los modelos de calle.



Figura 31. Fórmula E, Spark-Renault SRT 01E en el circuito de Donington Park (Inglaterra). Fuente: FIA.

⁷ Competición de monoplazas eléctricos organizada por la Federación Internacional de Automovilismo, popularmente conocida como la "F1 eléctrica". www.fiaformulae.com

Los principales retos a los que la industria del vehículo eléctrico se enfrenta son los comentados inconvenientes que actualmente presenta respecto el tradicional de combustión.

Baterías

Uno de los aspectos en los que más se investiga es la autonomía. Como ya se ha visto, ni la mejor de las autonomías de un vehículo eléctrico puede comprarse con la de uno de combustión. Este hecho hace que los fabricantes se esfuercen en mejorarla ya que, además de los motivos prácticos y tecnológicos, en la consciencia de los posibles compradores está instaurado el temor a quedarse “tirado en medio de ninguna parte”, lo que se traduce en la denominada “ansiedad por autonomía” (Alfonsín, 2015). Romper con esta barrera multiplicaría significativamente las ventas y los fabricantes lo saben.

Por esta razón el desarrollo tecnológico de las baterías centra la atención y recursos de fabricantes y empresas. Tan importantes son que incluso se celebran conferencias anuales a las que asisten fabricantes, empresas y universidades para tratar la materia como la octava conferencia internacional sobre Baterías de Litio Avanzadas para Uso Automovilístico (ABAA en inglés) tenida lugar en Vitoria en 2015 (CIC Energigune, 2015).

Por otra parte, las mejores baterías que se pueden encontrar en los vehículos eléctricos disponibles en el mercado están fabricadas con Ion de Litio. Uno de sus principales problemas es su baja densidad energética, en el mejor de los casos cada kg de batería almacena 200 Wh (Flores, 2013). Esto significa que para lograr una autonomía similar a la de un vehículo de combustión medio tendrían que pesar más de 1000 kg⁸, inviable.

Sin embargo, las constantes búsquedas de la batería que iguale la autonomía y tiempo de recarga de un vehículo de combustión parecen empezar a vislumbrarse. En 2014 la compañía murciana Graphenano, en colaboración con la universidad de Córdoba, desarrolló una batería para vehículos eléctricos que, pesando la mitad que las de litio, tiene una autonomía de 1000 km y se recarga en 8 minutos, costando fabricarlas un 77% menos (Pascual, 2014). Esto se debe a que está hecha a base de polímeros de grafeno, un material descubierto en 2004. Este material aplicado a las baterías de vehículos eléctricos tiene mucho rango de mejora, tanto que en 2015 un equipo de investigación de Corea del Sur logró reducir el tiempo de recarga conseguido por Graphenano hasta algo menos de los cuatro minutos (Arteaga, 2015).

Los campos de investigación en baterías para vehículos eléctricos son variados y el transporte pesado es uno de ellos. General Electric trabaja en baterías mixtas litio-sodio para autobuses. Aúnan la potencia de las de litio con la mayor capacidad de carga de las de sodio, a la vez que se reduce su coste de fabricación en un 20% (Flores, 2014).

Tal importancia tienen las baterías para el sector del vehículo eléctrico que la puntera Tesla Motors empezó a construir en 2014 una inmensa fábrica de baterías para sus vehículos denominada Gigafactory. Se cree puede llegar a superar los 2 millones de metros cuadrados de superficie y suministrar baterías a bajo coste (Shahan, 2015).

La recarga

Aunque no recibe la misma atención y esfuerzos que la industria de las baterías, la recarga del vehículo eléctrico juega un papel importante. Como ya se ha visto, de su desarrollo depende en gran medida la velocidad con la que un vehículo eléctrico pueda efectuar la recarga.

Como se comentó con anterioridad, en la actualidad Tesla Motor posee la estación de recarga más rápida del mundo (Supercharger, 130 kW), careciendo de competidores

⁸ Elaboración propia.

a la vista. Sin embargo, las líneas de investigación en la materia se han diversificado en distintas direcciones.

Un ejemplo son las estaciones de recarga V2G. Estas estaciones proponen sacar el máximo rendimiento a las baterías de los vehículos eléctricos para beneficiar tanto a los consumidores como a las empresas eléctricas. Los consumidores podrían vender a la red la electricidad que no necesitaran, y las empresas ganarían así más capacidad para hacer frente a picos de demanda (S. F. S. Rajakaruna, 2014).

Otro ejemplo es la implantación de sistemas de recarga robotizados por Volkswagen. Mediante un brazo robótico se conectaría la manguera de la estación de recarga al vehículo sin que el usuario tuviese que intervenir. Ello permitiría implementar mayores niveles de recarga sin peligro alguno para las personas (Zazo, 2015).

Una de las líneas que está probándose recientemente y tiene futuro es la recarga por inducción. Aunque sin aplicación específica para el vehículo eléctrico, esta tecnología ya existe en la actualidad (p. ej. recarga del cepillo de dientes eléctrico). Básicamente recargaría el vehículo eléctrico de forma totalmente inalámbrica mediante campos magnéticos, siendo suficiente posicionar el vehículo sobre el punto de recarga situado bajo el asfalto. La idea ya se está probando en Málaga mediante el proyecto Victoria, con recargas de un autobús eléctrico tanto parado como en movimiento (Andres, 2015).

Además existen otros proyectos nacionales investigando en la materia. Recientemente se presentó en Zaragoza una estación de recarga rápida fruto del proyecto Unplugged. Esta estación es capaz de realizar una recarga totalmente inalámbrica desde los 3.7 kW (lenta) hasta los 50 kW (rápida), lo cual se traduciría en apenas 30 minutos para recargar completamente un vehículo eléctrico medio (Endesa, 2015).

Otras investigaciones

Además de las investigaciones y desarrollos tecnológicos descritos, la industria del vehículo eléctrico se nutre y alía con sectores paralelos para la búsqueda de nuevas soluciones que permitan ampliar las posibilidades del vehículo eléctrico.

Tal es el caso de la compañía Google. Ya estamos acostumbrado a que algunos coches aparquen solos, sin embargo, desde 2009 Google lleva desarrollando y probando la conducción autónoma de vehículos. Para ello se sirve principalmente de vehículos eléctricos, los cuales favorecen su gestión, dotándolos además de una gran conectividad (Fernandez, 2015a). Este hecho ya ha despertado la inquietud del sector, que ve en esta tecnología una implementación práctica para 2020 (Bejerano, 2015).

Otro ejemplo de sinergia es la que se pretende desde los organismos oficiales. La intención es que en el futuro toda la electricidad con la que se recarguen los vehículos eléctricos proceda de fuentes de energía renovables. Para ello se están llevando a cabo planes de ayudas y fomento así como colaboraciones con fabricantes de vehículos y con los gestores eléctricos. Esta iniciativa gubernamental ya está poniéndose en marcha en la Gigafactory de Tesla Motors, la cual espera no sólo ser autosuficiente sino, además, proveer de energía “verde” a más de 500.000 de sus vehículos haciendo uso de fuentes de energía renovables (Shahan, 2015).

Futuro eficiente

La previsible implementación de estas tecnologías producirá un impacto positivo en muchos aspectos. Gracias a la desaparición de emisiones los niveles de contaminación descenderán, la procedencia de fuentes renovables de la electricidad abaratará su coste, el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías disminuirán el coste de adquisición del vehículo eléctrico... En resumidas cuentas, todo ello permitirá realizar las mismas tareas consumiendo menos recursos, el futuro se antoja eficiente.

2.2 Legislación

El vehículo eléctrico es un concepto administrativamente novedoso. Su arraigo en la sociedad es reciente comparado con los de combustión interna, lo que hace que los diferentes organismos legisladores apenas se hayan pronunciado al respecto. Sin embargo, esta tendencia ya está cambiando. En la actualidad el vehículo eléctrico goza de popularidad, más como una idea de futuro que de presente, pero comienza a calar en la sociedad generando un volumen de mercado lo suficientemente significativo como para que las diferentes administraciones, en mayor o menor medida, ya estén trabajando en la elaboración de la legislación correspondiente.

2.2.1 Un vistazo internacional

A día de hoy no existe un articulado o normativa consensuada a nivel internacional. Cada país legisla al respecto según su criterio teniendo en cuenta, en mayor o menor medida, los consejos de los propios fabricantes o, incluso, de países con intereses comunes.

Aun así existen ciertos países que, como consecuencia del importante desarrollo del parque móvil eléctrico que albergan, ya cuentan con herramientas legales para incorporar con garantías el vehículo eléctrico a sus sociedades.

Un claro ejemplo de esto último es Estados Unidos. El país con el mayor parque móvil de coches eléctricos del mundo⁹ apuesta claramente por él destinando parte significativa de su presupuesto a iniciativas para impulsar esta tecnología.

A Estados Unidos le sigue, con prácticamente 110.000 vehículos eléctricos, Japón (IEA, 2015). Este país y potencia tecnológica hace tiempo que ve circular por sus ciudades vehículos impulsados con energía eléctrica, ya en 1996 publicó su primer programa de incentivos ampliándolo y mejorándolo edición tras edición. En la actualidad dispone de más puntos de recarga eléctrica que gasolineras y una política a favor muy clara (Beltrán, 2015).

China se presenta como el tercer parque móvil eléctrico mundial con aproximadamente el 12% de este (IEA, 2015). Resulta irónico que uno de los países más contaminantes ocupe el tercer puesto en movilidad eléctrica. Sin embargo, sus iniciativas y regulación administrativas distan de los dos ejemplos anteriores. Aun así el gobierno chino ya trabaja en ello destinando importantes fondos a tal efecto (IEA, 2012).

2.2.2 Europa

En Europa el articulado al respecto va más allá del vehículo eléctrico. Se trata de la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo a transponer por los estados miembros. Esta directiva establece un marco común de medidas para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos en la Unión a fin de minimizar la dependencia de los transportes respecto del petróleo y mitigar el impacto medioambiental del transporte. Establece requisitos mínimos para la creación de una infraestructura para los combustibles alternativos, incluyendo puntos de recarga para vehículos eléctricos y puntos de repostaje de gas natural (GNL y GNC) y de hidrógeno (UE, 2014). En lo que al vehículo eléctrico concierne, la directiva recoge lo siguiente:

- Respecto los puntos de recarga eléctrica:
 - Aquellos de uso público serán adecuados en número al parque móvil eléctrico a finales de 2020.
 - Estos anteriores también se instalarán en las estaciones de transporte público.

⁹ 275.104 coches eléctricos al cierre de 2014. Fuente: Agencia Internacional de la Energía (IEA). www.iea.org/evi

- Se debe fomentar la instalación de puntos no públicos.
 - Así mismo se instalarán puntos destinados a embarcaciones en puertos.
 - En la medida de lo posible, los puntos públicos deben contar con sistemas de medición inteligente.
 - Todos los puntos de recarga se ajustarán a las especificaciones técnicas recogidas en la directiva además de cumplir con la normativa de seguridad estatal.
 - La Unión Europea desarrollará normativa para la normalización de los puntos de recarga inalámbricos, el cambio de baterías y los puntos de recarga para autobuses.
- En lo referente a la gestión de los puntos de recarga eléctrica:
 - Permite que los gestores eléctricos de los puntos de recarga públicos puedan contratar el suministro a cualquier proveedor de la UE.
 - Establece que las recargas públicas puedan hacerse de forma puntual y sin que exista contrato alguno entre cliente y gestor.
 - Insta a un control razonable de los precios por parte de los distintos gobiernos.

Como se desprende de la directiva, Europa pretende derribar la barrera que hasta ahora suponía una infraestructura de puntos de recarga eléctrica insuficiente, en términos totales. Este hecho facilitará la paulatina migración hacia el vehículo eléctrico, lográndose con ello alcanzar los propósitos establecidos.

2.2.3 España

Planes MOVELE y PIMA

En el ámbito nacional, más que una normativa reguladora al uso, España se ha centrado en llevar a cabo actuaciones para fomentar el vehículo eléctrico.

De entre estas actuaciones cabe destacar los planes MOVELE y PIMA, los cuales han ido ganando aceptación según se renovaban sus ediciones.

El plan MOVELE consistía en la concesión de ayudas para la adquisición de vehículos nuevos impulsados completa o parcialmente con energía eléctrica. Abarcaba turismos, furgonetas, autobuses y cuadríciclos así como la implantación de una red de estaciones de recarga pública distribuida por Madrid, Barcelona y Sevilla (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2015c).

Por su parte el plan PIMA se centraba en conceder ayudas para la renovación, principalmente, de vehículos comerciales por otros, nuevos o con un año, menos contaminantes. Además de los combustibles tradicionales contemplaba aquellos vehículos impulsados por combustibles alternativos tales como Gas Licuado del Petróleo (GLP), Gas Natural Comprimido (GNC), Gas Natural Licuado (GNL) o bifuel gasolina-gas. También concedía ayudas para la adquisición de bicicletas eléctricas (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, 2014).

Lejos de desaparecer, actualmente ambos planes conforman uno único denominado Plan MOVEA con vistas a entrar en funcionamiento en 2016 (Arenas, 2015).

Estrategia VEA

Este plan MOVEA forma parte de una de las medidas que promueve la Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA).

La Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) tiene como objetivo favorecer una industria vinculada al desarrollo del sector de automoción de energías alternativas. Se estructura en tres ejes de actuación, 5 líneas estratégicas y 30 medidas (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2015).

- Ejes de actuación:
 - Industrialización. Se pretende impulsar la Industrialización de vehículos con energías alternativas y de los puntos de suministros asociados, con el objetivo de situar a España a la vanguardia del impulso de estas tecnologías.
 - Infraestructura. Se pretende favorecer una red de Infraestructura que permita cubrir las necesidades de movilidad de los usuarios y así permitir el desarrollo de un Mercado de VEA.
 - Mercado. Se pretende introducir acciones de impulso de la demanda hasta conseguir un Mercado suficiente que impulse las economías de escala y la oferta, permitiendo consolidar la Infraestructura y la Industrialización en España.

- Líneas estratégicas y medidas:
 - Industrialización de vehículos en España (eje de industrialización).
 - Planes para préstamos a los fabricantes de vehículos propulsados con energías alternativas y sus componentes.
 - Fomentar la cadena de proveedores de estos fabricantes.
 - Estudio nacional de las diferentes tecnologías actuales.
 - Desarrollo normativo, de homologación y certificación.
 - Fomentar la certificación de talleres para reparar estos vehículos.
 - Crear y coordinar un catálogo formativo (formar a los distintos profesionales del sector).
 - I+D, Innovación y Demostración de las tecnologías (eje de industrialización).
 - Ampliación del estudio nacional sobre la tecnología actual.
 - Fomentar ayudas al I+D+i.
 - Fomentar la participación de empresas españolas en proyectos de colaboración de I+D europeos.
 - Impulsar la participación de entidades españolas en actividades y grupos de trabajo internacionales.
 - Difusión y concienciación (eje de mercado).
 - Elaborar un Plan de Comunicación Institucional sobre Vehículos con Energías Alternativas.
 - Facilitar la identificación de los vehículos con energías alternativas.
 - Difusión de estas tecnologías entre los jóvenes conductores.
 - Fomento y estímulo de la adquisición (eje de mercado).
 - Se priorizará el mercado de flotas.
 - La adquisición y uso de VEA en flotas públicas de servicios debe ser facilitada por su papel ejemplarizante.
 - Los incentivos a la adquisición de los VEA se mantendrán (MOVELE + PIMA, es decir, MOVEA).
 - Se fomentará la demanda temprana de tecnologías y productos innovadores.
 - Impulsar una política impositiva y fiscal ventajosa para los vehículos con energías alternativas.
 - Se considerarán las reducciones de emisiones y consumo en los servicios públicos de transporte de viajeros asociadas a este tipo de vehículos.
 - Impulso de infraestructuras de energías alternativas (eje de infraestructura).
 - Trasposición de la Directiva 2014/94/EU, de 22 de octubre de 2014, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.

- Implantación a nivel nacional de las infraestructuras necesarias para atender la demanda.
- Impulso de programas específicos de incentivos para la instalación de la infraestructura necesaria.
- Participación en los comités técnicos de normalización existentes con el objetivo de identificar y superar las barreras legales.
- Se continuará con las modificaciones de las regulaciones y leyes que faciliten el despliegue y uso de la infraestructura de suministro de los vehículos con energías alternativas.

El plan deja bien claro que además de cumplir con los objetivos de contaminación europeos se hace una fuerte apuesta de futuro en la industria de la automoción impulsada por energías alternativas, lo cual afecta de manera directa al vehículo eléctrico.

Tarifa Supervalles

Vigente en la actualidad, fue publicada como parte del RD 647/2011 dentro de la Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico 2010-2014 (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2011).

Se trata de una tarificación eléctrica doméstica a precio reducido de 0,055744 €/kWh más impuestos en horario nocturno de 1:00 - 7:00. Además se crearon otras dos tarifas para el resto de franjas horarias del día tal y como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 1. Tarificación eléctrica establecida por el RD 647/2011.

	Franja horaria	€/kWh (sin impuestos)
Tarifa Punta	13:00 - 23:00 (10 h)	0,167056
Tarifa Valle	7:00 - 13:00 + 23:00 - 1:00 (8 h)	0,080880
Tarifa Supervalles	1:00 - 7:00 (6 h)	0,055744

Nota. Fuente: elaboración propia en base al Real Decreto 647/2011, 2011.

La intención es propiciar la adquisición de vehículos eléctricos mediante precios reducidos en la recarga eléctrica doméstica.

ITC BT 52

La Instrucción Técnica Complementaria BT 52 es una herramienta en forma de normativa que regula la infraestructura necesaria para la recarga de vehículos eléctricos.

Entró en vigor el 31 de junio de 2015 y de su articulado cabe destacar los siguientes aspectos (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2014):

- Edificios de nueva construcción.
 - En los 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 existentes deben adaptarse a la normativa en un plazo máximo de 3 años.
- Se permiten hasta 4 posibles esquemas eléctricos en las instalaciones, todos ellos detallados por la normativa.

- Esquema colectivo o troncal con un contador principal en el origen de la instalación. Destinado a gestores de carga.
 - Esquema individual con un contador común para la vivienda y la estación de recarga.
 - Esquema individual con un contador para cada estación de recarga.
 - Esquema con circuito o circuitos adicionales para la recarga del vehículo eléctrico. Destinado a viviendas individuales, empresas, garajes privados...
- Precisan proyecto de ingeniería:
 - Los puntos de carga instalados en aparcamientos o estacionamientos que requieren ventilación forzada.
 - Los puntos de carga instalados en aparcamientos o estacionamientos que disponen de ventilación natural.
 - Este no será necesario cuando formen parte de un edificio de viviendas existente y no se excedan los 50KW, 10KW de encontrarse en el exterior.

Ley de Ruido

La contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

Los primeros que desarrollaron ordenanzas contra el ruido fueron los Ayuntamientos. Posteriormente, algunas Comunidades Autónomas promulgaron leyes para que sirvieran de marco general. Finalmente, el Gobierno se vio obligado a unificar una legislación caótica siguiendo además directivas de la Unión Europea (Directiva sobre Ruido Ambiental 2002/49/CE). Esta norma requiere a los países localizar las zonas de alta contaminación acústica y reducir sus niveles, sin especificar valores límite.

En el año 2003 se aprobó la Ley del Ruido que tiene como objetivo prevenir, vigilar y reducir los niveles de contaminación acústica, para evitar molestias y daños a la salud y al medioambiente, y garantizar así los derechos constitucionales en relación con la emisión de ruidos molestos.

Esta ley se centra en el ruido ambiental, definido como el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, emitido por medios de transporte, tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por actividades industriales. Por tanto, excluye la contaminación acústica originada por actividades domésticas o relaciones de vecindad, siempre y cuando no exceda los límites tolerables de conformidad con los usos locales.

Su finalidad es determinar la exposición al ruido ambiental mediante la definición de las distintas áreas acústicas, la elaboración de mapas estratégicos de ruido y adoptar planes de acción donde los mapas de ruido detecten superaciones de los objetivos de calidad o zonas a proteger contra el aumento del ruido en determinadas aglomeraciones o infraestructuras de transportes en unos plazos determinados.

2.3 Electrificación del planeta

Como se ha visto con anterioridad, las ventas mundiales de vehículos eléctricos aumentan año tras año y la previsión es que esta tendencia continúe (Trigg, 2013).

Aun así, resultan insignificantes comparadas con las de vehículos de combustión interna. Para ilustrar esto un par de datos. En 2014 se vendieron en todo el mundo 320.000 vehículos eléctricos (Inside EVs, 2012) frente a los 71 millones de combustión interna (Statista, 2015).

La brecha existente es abrumadora y salvarla puede parecer un imposible, sin embargo existen muchas ciudades que son el claro ejemplo de cómo trabajar para conseguirlo.

2.3.1 En el extranjero

Ámsterdam, Países Bajos

Esta ciudad ya era conocida por lo mucho que su población utiliza la bicicleta para desplazarse. Una ciudad donde la combinación de transporte público y la bicicleta se utiliza más que el vehículo privado (figura 32).

A pesar de ello la ciudad se está volcando con la implementación del vehículo eléctrico. Como prueba, actualmente cuenta con múltiples subvenciones ofrecidas para la adquisición de taxis y de camiones así como para aquellas empresas que quieran hacerse con vehículos con esta tecnología (IEA, 2012).

Ya en 2013 la dirección del aeropuerto de Schipol reemplazó 35 autobuses diésel por eléctricos, mientras que por la ciudad rodaban 800 vehículos eléctricos.

En 2014 la ciudad contaba con 1163 puntos de carga (City of Amsterdam, 2014). Entre ese mismo año y el siguiente se contabilizaron 367 taxis eléctricos, 167 de los cuales estaban destinados a ofrecer el servicio aeropuerto (Joseph, 2014).

En 2015 la empresa de alquiler CAR2GO contaba con una flota de 350 eléctricos a disposición de sus usuarios (CAR2GO, 2015).

El gobierno local está decidido a conseguir que el vehículo eléctrico sea una realidad viable a corto plazo y la ciudadanía parece responder positivamente ante este hecho.

Kanagawa, Japón

Con 9 millones de habitantes y 3 de vehículos esta ciudad japonesa decidió llevar a cabo diversas estrategias para lograr que el vehículo eléctrico arraigase entre la población (IEA, 2012).

Entre ellas las más destacables son los incentivos a la compra. Para ello el gobierno local ha dejado exento a estos vehículos del impuesto de matriculación además del de circulación, este último durante 5 años. Se suma a estas iniciativas un descuento del 50% en parquímetros y autovías, así como en la diferencia de precio entre el vehículo eléctrico elegido y su equivalente de combustión interna (IEA, 2012).

Con iniciativas como estas, se logró que en 2013 la ciudad contase con 3000 vehículos eléctricos para los que el gobierno local instaló 100 puntos de carga lenta y otros 100 de carga rápida (IEA, 2012).

Los Ángeles, Estados Unidos

Con una extensión de 1200 km² para una población unos 4 millones que hace el 80% de sus desplazamientos en vehículo privado, las emisiones derivadas comenzaban a suponer un problema (figura 33).

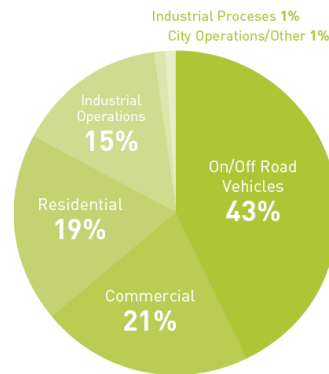


Figura 32. Reparto del transporte en Los Angeles. Fuente: Agencia Internacional de la Energía.

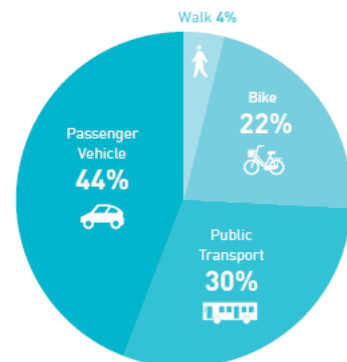


Figura 33. Reparto del transporte en Ámsterdam. Fuente: Agencia Internacional de la Energía.

Es por ello que el gobierno local se dedicó a promover iniciativas para fomentar el uso del vehículo eléctrico como sustituto del tradicional de combustión interna. Como ejemplo, desde 2012 la ciudad de Los Ángeles ofrece incentivos económicos de hasta 2500\$ por su adquisición, que sumados a los 7500\$ del gobierno central compensa en buena medida el sobrepeso de los vehículos eléctricos respecto los de combustión interna. A estos incentivos hay que añadir ventajas como la de circular por carriles de alta ocupación incluso sin llevar más que al conductor (IEA, 2012).

Como consecuencia, en la actualidad se encuentran circulando por la ciudad unos 57000 vehículos eléctricos para los que hay disponible un total de 436 puntos de recarga.

Además de todo esto, la ciudad ha comenzado a implementar el vehículo eléctrico en su parque móvil. Tal es así que ya dispone de autobuses eléctricos en el aeropuerto así como camiones con esta tecnología operando en el puerto marítimo (IEA, 2012).

Rotterdam, Países Bajos

De nuevo este país hace de una de sus ciudades un claro ejemplo de apuesta por el vehículo eléctrico.

Forma parte de la conciencia colectiva de la ciudad el sentido de responsabilidad ecológica. Entre otros aspectos, esta se refleja en los medios de transportes usados, usándose el vehículo privado lo mismo que el desplazamiento a pie (figura 34).

Esta responsabilidad ecológica se también encuentra presente en los estamentos políticos de la ciudad, lo cual favorece la decisión de promover entre la ciudadanía el reemplazo del tradicional vehículo de combustión interna por el eléctrico.

Para lograr esto, los compradores pueden beneficiarse de una serie de incentivos económicos centrados en los puntos de recarga. En los domésticos, existen ayudas de hasta 1000€ para su instalación, más 450€ si la electricidad es de origen “verde”. Respecto los públicos, la ayuda consiste en hasta 680€ de rebaja en la recarga para aquellos que no disponen de un punto doméstico (IEA, 2012).

Con medidas como estas la ciudad ha conseguido alcanzar en 2014 los 1124 vehículos eléctricos para los que se llevan instalados 1250 puntos de carga, en previsión de un aumento de las ventas de eléctricos (Eltis Mobility Observatory, 2014).

Además de estas medidas, el ayuntamiento ha decidido “electrificar” parte de su flota municipal incorporando a ella un total de 400 vehículos eléctricos (IEA, 2012).

Shanghái, China

La capital financiera de China pretende distanciarse de la capital política, Pekín, en lo referente a contaminación. Es por ello que las autoridades locales se han comprometido a impulsar el uso del vehículo eléctrico en la ciudad.

Con tal fin se ofrece a los compradores hasta 40000¥ chinos (unos 5600€) en concepto de ayuda, que sumados a los 60000¥ chinos (unos 8400€) del estado igualan el precio de adquisición de la mayoría de vehículos eléctricos al de sus equivalentes de combustión interna (IEA, 2012).

Para apoyar estas iniciativas, la ciudad contaba ya en 2012 con una infraestructura pública de 2000 puntos de recarga y 240 de recarga rápida.

En ese mismo año había un total de 1100 vehículos eléctricos destinados a servicios públicos y 14 privados. Para 2016 se prevé que unos 50000 de estos últimos, manteniéndose un ratio de puntos de recarga de en torno a 1.2 - 1.5 vehículos por punto (IEA, 2012).

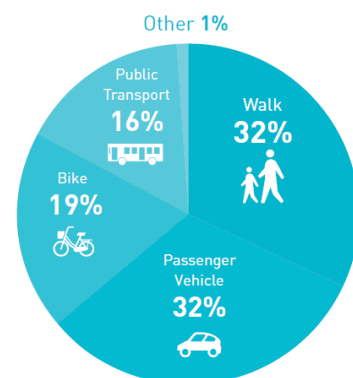


Figura 34. Reparto del transporte en Rotterdam. Fuente: Agencia Internacional de la Energía.

Portland, Estados Unidos

En 2030, esta ciudad espera haber reducido las emisiones de CO₂ en un 40% (OECD, 2012). Conscientes de que la mayoría de los desplazamientos locales se hacen usando el vehículo privado (figura 35) han concluido que, para lograr su objetivo, la sustitución de los vehículos de combustión interna por eléctricos es clave.

Para lograrlo, la ciudad consta de una serie de factores iniciales a favor. El bajo coste de la electricidad, su procedencia de origen “verde” y una ciudadanía consciente y comprometida (IEA, 2012).

A esto, el gobierno local añade una serie de incentivos económicos para estimular el mercado. Además de los 7500\$ del gobierno central, la ciudad concede una ayuda de 1500\$ para la adquisición un vehículo eléctrico. En cuanto al transporte pesado, con el objetivo de reemplazar los camiones diésel por eléctricos se ha aprobado un plan presupuestado en 4 millones de dólares. También para 2030, la ciudad espera haber sustituido al menos el 20% de su flota municipal con motores de combustión interna por eléctricos, aproximadamente unos 2800 vehículos (IEA, 2012).

En cuanto a infraestructura de recarga existen varias iniciativas. Para aquellos propietarios de vehículos eléctricos que colaboran anónimamente con el centro de datos, la recarga pública es gratis. Las empresas que deseen instalar puntos de recarga obtendrán una ayuda del 35% del importe de la infraestructura.

Con todos estos factores y medidas en 2012 había censados 1300 vehículos eléctricos y 225 puntos de recarga, llegando en 2015 a coronarse como la ciudad estadounidense con más puntos de recarga per cápita, 5.8 veces la media nacional (IEA, 2012).

Oslo, Noruega

50000 vehículos eléctricos circulando en 2018 por el país es el objetivo del gobierno noruego (Fulton, 2013). Las medidas para alcanzarlo se basan en los incentivos económicos para los propietarios.

En toda Noruega los vehículos eléctricos quedan exentos del IVA (25%) así como del impuesto de circulación. Se permite a los vehículos eléctricos circular por carriles bus y tanto estacionar en parkings públicos como circular por autopistas es gratis. Por su parte el acceso a Oslo pasa de costar 3.30€ a ser también gratis (Vaquero, 2014).

En Oslo la práctica totalidad de la energía proviene de fuentes renovables y tiene un precio tan ínfimo que la recarga pública de vehículos eléctricos resulta gratuita. Además la instalación de puntos de recarga domésticos está subvencionada (Sanchís, 2014).

Todas estas iniciativas han logrado que actualmente circulen por Oslo un total de 12000 vehículos eléctricos y se disponga de 1820 puntos de recarga públicos. Con estos datos, Oslo se convierte en la capital europea del vehículo eléctrico (Norway Govern, 2010).

2.3.2 En España

Madrid

Paulatinamente, la capital ha ido introduciendo el vehículo eléctrico entre la ciudadanía. La promoción de eventos así como la adscripción a diversos programas y planes como el ya descrito MOVELE ha conseguido que esta tecnología comience a calar en la población.

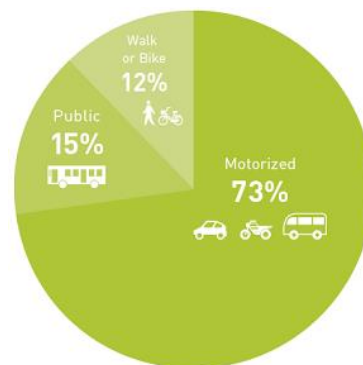


Figura 35. Reparto del transporte en Portland. Fuente: Agencia Internacional de la Energía.

Sin embargo, han sido una serie de iniciativas propuestas desde el ayuntamiento las que han facilitado la incorporación de este tipo de movilidad a la ciudad. En la actualidad, los vehículos eléctricos de la ciudad cuentan con la posibilidad de estacionar gratuita e ilimitadamente en las plazas verdes y azules. Recientemente se les ha permitido el libre acceso y estacionamiento en las áreas de Prioridad Residencial que la ciudad tiene establecidas. Además cuenta con incentivos económicos como la rebaja del 75% en el impuesto de circulación, que se suma a la exención estatal del impuesto de matriculación (Fernandez, 2015).

A estas medidas hay que sumar los 175 puntos de recarga públicos que el ayuntamiento tiene desplegados por la ciudad, de los cuales 24 están situados en la vía pública (Salamanca, 2015)

Todo esto facilita la adquisición de un vehículo eléctrico. De este modo, en 2012, por la ciudad ya circulaban 346 vehículos eléctricos privados (Medialdea, 2012).

Por su parte, el ayuntamiento dispone a día de hoy de una flota de 178 vehículos eléctricos, 20 de los cuales autobuses. También ha llegado a un acuerdo con la empresa de car-sharing CAR2GO para incorporar una flota de 500 vehículos eléctricos destinados a tal fin (El Periódico de la Energía, 2015).

A todo ello hay que añadir varias iniciativas con vistas al futuro. Una de ellas es la sustitución de la totalidad de los autobuses que circulan por las Zonas de Bajas Emisiones (1338 unidades) por otros de tecnología "limpia", entre las que se encuentra la electricidad. Otra iniciativa es lograr para 2020 que la totalidad de los taxis que circulan por la ciudad estén basados en tecnologías "limpias" (Ayuntamiento de Madrid, 2014).

Aunque resulta precipitado describir a Madrid como una ciudad volcada con la movilidad eléctrica, es cuestión de tiempo que la tecnología del vehículo eléctrico se afiance.

Barcelona

La Ciudad Condal es la capital, en este caso, en lo que a movilidad eléctrica se refiere. Es la que más apuesta por la tecnología del vehículo eléctrico como herramienta medioambiental.

El objetivo es convertir a Barcelona en el referente nacional, además de posicionarse como uno de las ciudades mundiales líderes en la materia. Para lograrlo la ciudad dispone de una serie de iniciativas y estrategias.

Los ciudadanos que quieran adquirir un vehículo eléctrico en Barcelona pueden beneficiarse de varias ayudas económicas. Aparte de los planes de subvención estatales, disfrutan de una rebaja del 75% en el impuesto de circulación además de quedar exentos de abonar el impuesto de matriculación (LIVE, 2015). Aquellos que decidan hacerse con bicicletas eléctricas también disfrutan de ayudas así como los que adquieran una motocicleta eléctrica, estas últimas con una rebaja del 20% sobre su precio (LIVE, 2015). Los propietarios de vehículos eléctricos podrán realizar recargas gratis en aquellos puntos municipales hasta el 31 de diciembre de 2015 y el estacionamiento en zonas reguladas está libre de tasas (LIVE, 2015). También podrán solicitar ayudas para la instalación en sus viviendas de puntos de recarga privados mientras que los aparcamientos de concesión públicos están obligados a disponer de puntos de recarga en número, al menos, igual al 2% del número de plazas (LIVE, 2015).

El sector público también recibe incentivos para la implantación del vehículo eléctricos. En este aspecto el ayuntamiento se beneficia de subvenciones para la adquisición de vehículos eléctricos municipales así como los taxistas lo hacen para los taxis impulsados por esta tecnología (LIVE, 2015).

A estos incentivos se les suma la exención de abonar peajes en las autopistas de toda la comunidad autónoma y la libre circulación por el carril Bus-VAO C-58 (Redacción La Vanguardia, 2015).

Con un total aproximado de 660 puntos de recarga repartidos por la ciudad y unos incentivos interesantes, por las calles de Barcelona circulan más de 300 vehículos

eléctricos municipales, aproximadamente el 30% de la flota y más de 530 de carácter privado (Ayuntamiento de Barcelona, 2015).

Además de todos los mecanismos establecidos para la implantación del vehículo eléctrico, la ciudad tiene objetivos de futuro. Pretende que, a medio plazo, la flota municipal esté impulsada en su mayoría por electricidad. De este modo ya circulan cuatro autobuses con esta tecnología (Transports Metropolitans de Barcelona, 2014) así como 30 motocicletas destinadas a la Guardia Urbana, con intención de haber sustituido la totalidad de las mismas (198 unidades) para 2019 (Horta, 2015).

Castilla y León

Cabe mencionar las iniciativas de la comunidad leonesa en favor de la movilidad sostenible en todo su territorio. Una de las muchas herramientas que creó es la Guía del Vehículo Eléctrico, en 2013.

Los objetivos de esta guía son varios. Uno de los principales es impulsar el desarrollo del sector de la automoción autonómico a la vez que se mejoraba el medio ambiente. Así para 2015 se pretendían alcanzar los 15000 vehículos eléctricos. A esta cifra se la quería acompañar con un número de puntos de recarga proporcionado. Se esperaba una instalación de 300 puntos en la vía pública, 3000 en domicilios privados y 600 en aparcamientos públicos. Repartidos estos objetivos por 20 municipios.

Resulta Castilla y León una comunidad autónoma muy favorable para la implantación y desarrollo del vehículo eléctrico. Y es que, según la Guía del Vehículo Eléctrico, en ella se genera más energía de la que se consume, procedente gran parte de renovables. Como dato, en 2010 el 41% era de origen hidráulico, el 30% eólico y el 2% solar. Con un objetivo de 15000 vehículos eléctricos, el incremento en el gasto energético apenas representaría el 0.51% de la energía eólica generada, llegando a soportar el sistema un parque de vehículos eléctricos semejante al 5% del actual de combustión sin necesidad de complejas inversiones. Esto significaría un ahorro anual aproximado de 10 millones de dólares (Dirección General de Industria e Innovación Tecnológica, 2012).

Sin embargo, la realidad es muy distinta ya que, a pesar de los factores a favor, actualmente sólo 419 vehículos circulan por Castilla y León impulsados con electricidad (Junta de Castilla y León, 2012).

A pesar de este dato, son varios los municipios que están decididos a implantar la movilidad eléctrica en sus ciudades. Tal es el caso de Valladolid. Como parte de los compromisos adquiridos en 2012 tras firmar el Pacto de los Alcaldes, el ayuntamiento está apostando por esta tecnología. El objetivo es lograr para 2020 una reducción total de emisiones de más de 6000 toneladas de CO₂ (División informática y comunicaciones, 2015).

Para tal fin, en 2014 se elaboró el Plan de Vehículos Limpios (División informática y comunicaciones, 2014). El mismo contempla a corto plazo la incorporación de un total de 50 vehículos eléctricos entre públicos y privados, acompañados de 63 estaciones de recarga adicionales así como la renovación completa de la flota municipal por otra más "verde".

De momento la ciudad ya ha puesto en marcha diversas iniciativas para fomentar este tipo de vehículos. Los vehículos eléctricos en Valladolid están exentos del impuesto de matriculación así como de abonar el estacionamiento en zona azul. Y a esto se le suma una ayuda en la adquisición de taxis de hasta 12000€ que incluye la instalación de carga en el domicilio. Todo ello acumulable a los diferentes planes de ayudas estatales (División informática y comunicaciones, 2015).

Gracias a medidas como estas, Valladolid cuenta ya con 60 vehículos eléctricos circulando por sus calles y 34 puntos de carga disponibles (División informática y comunicaciones, 2015).

Málaga

Bien por su participación en la Agenda 21 o bien por formar parte del Pacto de los Alcaldes lo cierto es que la capital de la Costa del Sol se presenta como un auténtico laboratorio urbano donde gran variedad de proyectos tecnológicos con fines medioambientales y energéticos se están desarrollando. Tal es la implicación de la ciudad que se la comienza a conocer como la “Silicon Valley” de España (malagavalley, 2015).

Uno de sus proyectos se denomina SmartCity. Desde 2008 y en colaboración con Endesa, la ciudad está modernizando su red de media y baja tensión con la última tecnología. El objetivo final es conseguir un aumento en el consumo de energías renovables a la vez que se reducen las emisiones de CO₂ y se mejora la eficiencia energética. Esta nueva infraestructura permite la implementación de puntos de recarga inteligentes con tecnología V2G, mediante la cual la electricidad entre punto y vehículo eléctrico puede circular en ambos sentidos, es decir, además de la carga del vehículo es posible extraer electricidad del mismo si la red lo demanda (Endesa, 2008).

Otro de los proyectos en los que participa la ciudad se denomina E-Mob. De carácter europeo, lo que pretende este proyecto es acelerar la investigación, desarrollo e implantación de las nuevas tecnologías en el sector transporte (Ayuntamiento de Málaga, 2012). Para ello el ayuntamiento se sumó a la iniciativa Green Emotion, mediante la que se espera lograr una gestión inteligente de la red de distribución para la recarga de vehículos eléctricos así como su implantación masiva en el ámbito urbano (Agencia Municipal de la Energía de Málaga, 2011).

Fruto de su implicación en las diferentes iniciativas, el gobierno local decidió reflejar parte del trabajo mediante el programa ZEM2All. En alianza con Japón, el ayuntamiento dispuso 200 coches eléctricos para facilitar a la población el acceso a esta tecnología, de los cuales 160 en régimen de alquiler privado y 40 para flotas de alquiler de vehículos. El programa venía acompañado de unas condiciones especiales para la financiación de los puntos de recarga domésticos así como 23 puntos de recarga inteligente rápida públicos (6 de ellos con tecnología V2G), convirtiendo a Málaga en la ciudad con la mayor red de recarga rápida de Europa (Ibáñez, 2012b). Esto le supuso, en 2013, recibir el premio E-Visionary Award concedido por la Asociación Mundial de Vehículos eléctricos (AVELE, 2013).

Otro de los destacables proyectos de la ciudad no es otro que el Proyecto Victoria. Desarrollado entre 2013 y 2015, este proyecto ha creado en Málaga el primer autobús urbano eléctrico capaz de recargar de hasta tres formas diferentes (Europa Press, 2013). Se trata de un autobús que recorre una ruta de 10km que puede recargar sus baterías bien del modo tradicional en la cochera por la noche, bien mediante carga estática inductiva o durante el recorrido mediante carga dinámica inductiva. Estas dos últimas se sirven de mecanismos dispuestos en el carril bus de la línea urbana (figura 36). Las ventajas que consigue este autobús respecto el eléctrico tradicional son el incremento de la autonomía, rentabilidad y eficiencia así como la reducción del coste de

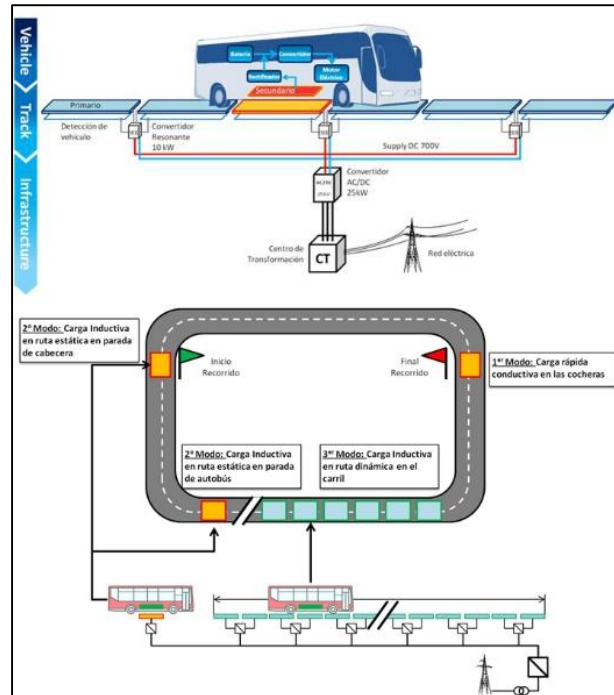


Figura 36. Funcionamiento Proyecto Victoria. Fuente: Endesa.

las baterías, debido esto último a la reducción en su tamaño consecuencia de una menor necesidad de capacidad (Andres, 2015).

Además de los constantes proyectos en los que participa, Málaga, a través del Plan Especial de Movilidad Urbana Sostenible, dispone de una serie de beneficios para los propietarios de vehículos eléctricos. Uno de ellos es el poder estacionar de manera gratuita e ilimitada en zonas de aparcamiento regulado. También se reserva espacio de estacionamiento a vehículos eléctricos y sus correspondientes puntos de recarga. Además de esto los propietarios de vehículos eléctricos ven reducido el impuesto de circulación en un 75% (Área de Gobierno de Accesibilidad y Movilidad, 2014).

Todas estas iniciativas y contar con unos 37 puntos de recarga aproximados ha logrado que a día de hoy por las calles malagueñas circulen 329 vehículos eléctricos, ahorrando las correspondientes emisiones de CO₂.

3. JUSTIFICACIÓN

Como se esbozaba en la introducción y se detalla en los siguientes puntos, el principal motivo para elegir esta propuesta es dar una respuesta diferente a la actual y alarmante situación en que se encuentra el medio ambiente.

Además de las motivaciones personales o la convicción del investigador del vehículo eléctrico como herramienta contra el cambio climático, la elección de este tema queda justificada por la realidad medioambiental que vivimos. Una realidad que, como se verá, ha evidenciado cuan valioso resulta el vehículo eléctrico en la urbe para conseguir reducir las emisiones contaminantes.

Además del enfoque medioambiental, destaca el papel que juega el sector constructivo pues, veremos que en el ámbito nacional éste deberá tener en cuenta la infraestructura necesaria que rodea a la implantación del vehículo eléctrico, contribuyendo al desarrollo sostenible del entorno urbano.

3.1 El medio ambiente, lo primero

Es el propio plantea nuestro más valioso recurso pues de él depende nuestra existencia. Sin embargo, el hombre parece haberle dado la espalda en favor de sus intereses, lo cual ya estamos pagando al más alto precio.

A lo largo del pasado siglo XX el mundo se industrializó como nunca antes. La economía aumentó a la par que lo hizo la población y las emisiones de gases a la atmósfera (figura 37). Ya en la década de los ochenta, la comunidad científica logró relacionar estas emisiones con variaciones inusuales de los condicionantes atmosféricos.

El dato más alarmante fue descubrir cómo esas emisiones y concretamente los conocidos como gases invernadero (CO₂, SO₂, CH₄, NO₂ y CFCs) generaban un progresivo incremento en la temperatura del planeta (WMO, 2012), siendo más acusado su aumento durante la segunda mitad del mismo (figura 38), además coincidiendo este hecho en el tiempo con un aumento de la concentración de gases invernadero en la atmósfera (figura 39). La relación es evidente.

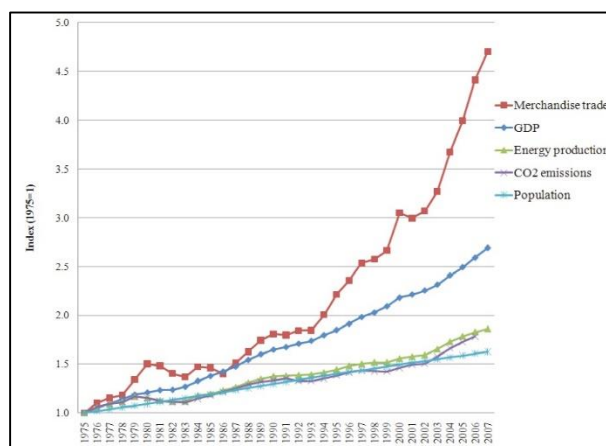


Figura 37. Indicadores de desarrollo mundial 1975 - 2007. Fuente: World Bank Development Indicators

Alterado un factor atmosférico tan importante como la temperatura, los fenómenos meteorológicos que de él dependen se ven afectados en periodicidad e intensidad. Como dato, según el Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED en inglés) el número de éstos ha aumentado drásticamente desde 1900, sobre todo, también, desde la última mitad del siglo XX (figura 40).

Resulta fácil relacionar estos datos y sacar conclusiones, y lo resulta porque es un hecho contrastado que el ser humano es origen y causa, su huella ecológica en el planeta ha aumentado exponencialmente a raíz de la era industrial (WWF International, 2014). Según recoge el Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF en inglés) en su Informe Planeta Vivo 2014, en el último tramo del siglo XX la huella ecológica del ser humano ha aumentado en un 200% desde los años sesenta (figura 41), siendo la huella de carbono o emisión de gases invernadero el tipo de huella que mayor incremento acusa (figura 42).

Se convierte por tanto la huella de carbono o emisión de gases invernadero, en el gran problema del hombre.

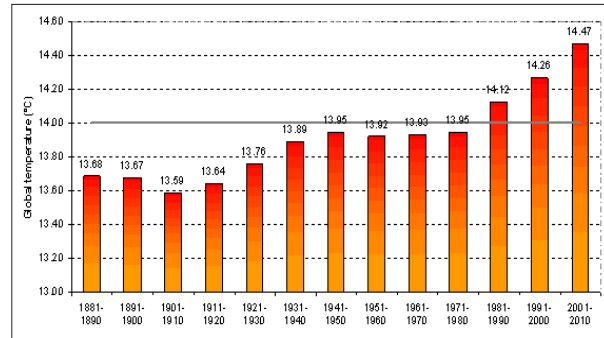


Figura 38. Evolución de la temperatura media del planeta a lo largo del siglo XX. Fuente: WMO.

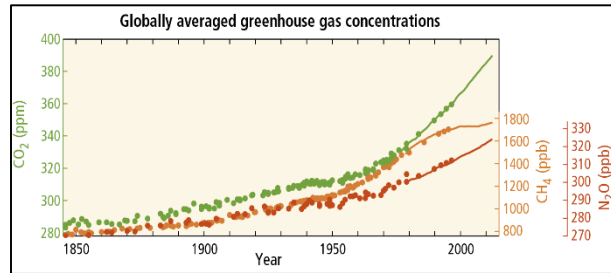


Figura 40. Evolución de la concentración media mundial de gases invernadero. Fuente: IPCC.

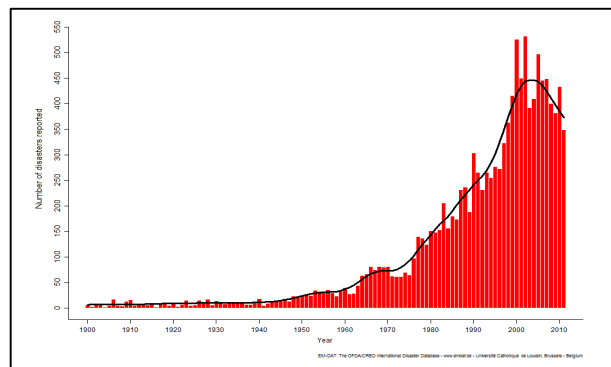


Figura 39. Desastres naturales 1900 - 2011. Fuente: CRED.

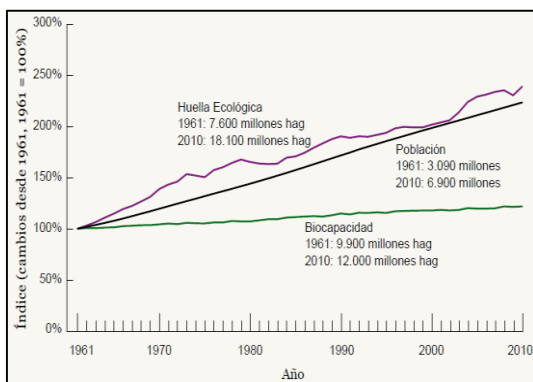


Figura 41. Huella ecológica del hombre en el planeta. Fuente: Informe Planeta Vivo 2014, WWF.

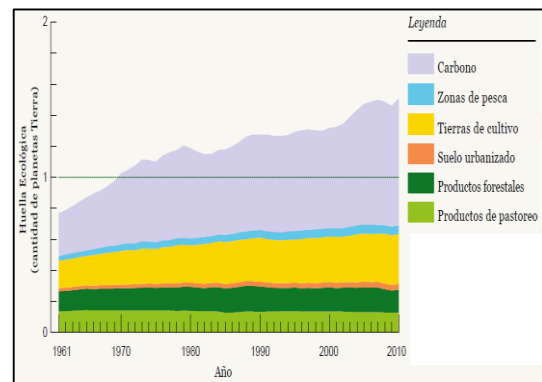


Figura 42. Evolución de los tipos de huella ecológica en el planeta. Fuente: Informe Planeta Vivo 2014, WWF.

3.2 El transporte como gran responsable

Y si los gases invernadero son el gran problema del hombre, el sector transporte tiene buena culpa de ello (figura 43). Este sector se sirve de los combustibles fósiles, generando muchos de dichos gases.

En 2014 la Organización Mundial de la Salud (WHO en inglés, en adelante OMS) publicó un dato demoledor, en 2012 siete millones de personas murieron en todo el mundo como consecuencia directa de la contaminación del aire.

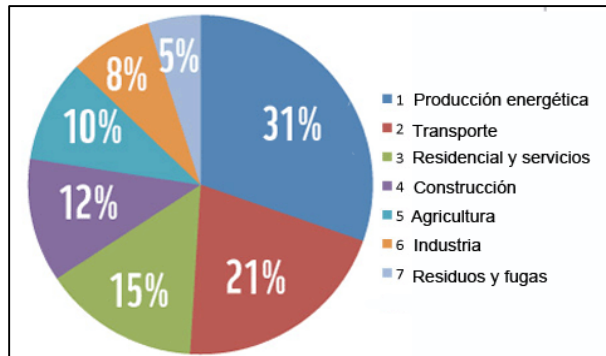


Figura 43. Emisiones de gases invernadero por sector económico. Fuente: WWF.

Entre combustibles fósiles cabe destacar el extendido diésel pues, aunque la tipología y cantidad de los gases derivados de la combustión diésel es variada (figura 44) y entre ellos podamos encontrar gases inofensivos como el nitrógeno (N₂, componente esencial del aire que respiramos) también hay gases altamente dañinos para el ser humano como el monóxido de carbono (CO) (Aficionados a la mecánica, 2014).

En relación a cuán dañino pueden llegar a ser algunos de estos gases, la OMS (Organización Mundial de la Salud) lo tiene claro. En 2012 publicó un informe basado en investigaciones cuyo contenido revelaba que los gases de escape de los motores diésel generan cáncer de pulmón (OMS, 2012). Sin embargo, entre aquellos gases emitidos no tóxicos para el ser humano también se encuentra el CO₂, y es que sólo a concentraciones muy elevadas (20-30%) lo sería (CCSSO, 1997).

Sin resultar tóxico para el ser humano a bajas concentraciones, en el punto anterior, se ha visto cómo el CO₂ y el denominado grupo de gases invernadero al que pertenece (CO₂, SO₂, CH₄, NO₂ y CFCs) contribuye a debilitar la capa de ozono, teniendo el CO₂ un papel protagonista entre los gases invernadero que provienen de motores diésel (figura 47).

La responsabilidad del sector es más que evidente, alcanzando mayor protagonismo en las urbes.

Las ciudades insostenibles son ejemplos a escala de la dinámica general del planeta.

Aún elevada población, gran actividad industrial y escaso control de emisiones (Alonso, 2007). Es en este tipo de ciudades donde el sector transporte, tanto público como privado, multiplica su impacto ambiental. Sus emisiones, ya de por sí significativas, se suman a las del resto de sectores ocasionando no sólo deterioro y alteraciones en el medio ambiente que con el paso del tiempo puedan terminar perjudicando a sus habitantes sino además, un daño directo y mortal hacia los mismos tal y como acabamos de ver.

Datos como estos no deberían ser pasados por alto y es que ya vivimos en estas ciudades “envenenadas”. En 2013 las autoridades de Pekín aconsejaron temporalmente a sus habitantes no salir de sus hogares frente al riesgo

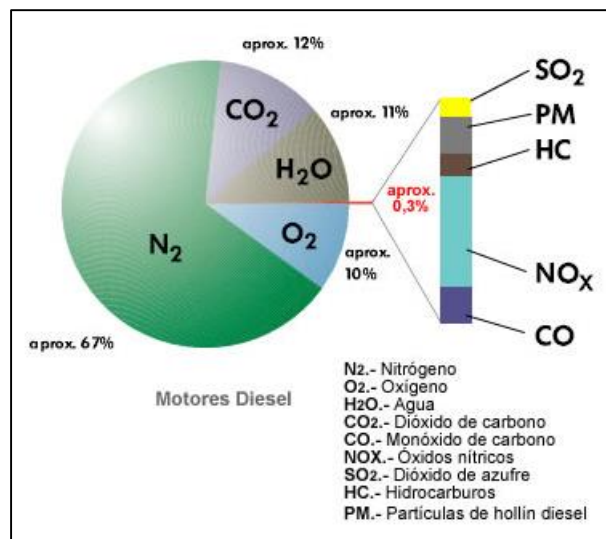


Figura 44. Composición gases escape diésel. Fuente: Didac Former

que suponía para su salud exponerse a unos niveles de contaminación que superaban en 20 veces los límites recomendados por la OMS (Díez, 2013).

El caso de Pekín puede resultar exagerado para aquellos que no sufren sus consecuencias, sin embargo es una realidad que existen cientos de “Pekines” a mayor o menor escala repartidos por el mundo. Dehli (India), Kabul (Pakistán), Abu Dahbi (Emiratos Árabes Unidos) o El Cairo (Egipto) son algunos ejemplos de las ciudades con el aire más contaminado (WHO, 2014).

A las emisiones de gases contaminantes hay que sumar aquellas emisiones de ruido generadas por los motores de combustión interna que originan la denominada contaminación acústica.

La contaminación acústica es la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente (Ecologistas en Acción, 2013).

El tráfico rodado es el principal responsable de la contaminación acústica de una ciudad (Ecologistas en Acción, 2013). Este ruido está compuesto esencialmente por factores como la rodadura de los vehículos, el emitido por sus motores o los eventuales pitidos de claxon, aumentando los dos primeros sensiblemente con la velocidad (figura 45).

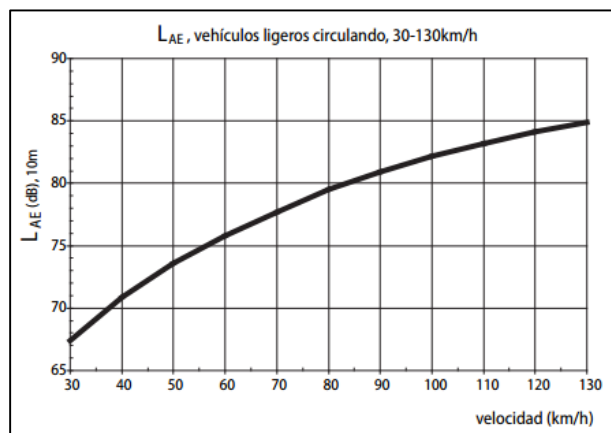


Figura 45. Relación velocidad-ruido generado.

Fuente: Ecologistas en Acción

Es una característica propia de los motores de combustión interna la emisión de ruido. Ruido consecuencia de las explosiones que se producen en su interior y del movimiento de sus múltiples componentes mecánicos.

Los niveles de ruido que pueden alcanzar los motores de combustión interna dependen de factores tan diversos como el fabricante, el combustible o el propio uso que se haga del mismo, aumentando con el régimen de giro en todos los casos (González, 1980).

Este tipo de contaminación puede llegar a perjudicar seriamente la salud de la población. Así según la Agencia Europea de Medio Ambiente las emisiones de ruido producidas por el tráfico rodado llegan a ser nocivas para 3 de cada 5 personas en grandes ciudades, siendo el riesgo para la salud a medio plazo muy superior a los del tabaquismo pasivo y la contaminación de aire por ozono y partículas (AEMA, 2013), pese a no tener la misma repercusión mediática.

Esto puede llegar a generar una serie de efectos negativos en la salud tales como estrés, molestias, alteraciones del sueño, efectos cardiovasculares o alteraciones de la capacidad cognitiva (Ecologistas en Acción, 2013), ocasionando un grave daño en la salud de las personas.

El escenario se antoja dantesco y lo es. Como también es momento para que el sector transporte no solo se responsabilice sino que además reaccione y actúe al respecto.

3.3 El hombre como solución al hombre

Tuvieron que darse situaciones meteorológicas casi inexplicables, datos de contaminación medioambiental inverosímiles y muchas muertes directas para que el hombre reaccionara (Herzer & Gurevich, 1996). Tarde, pero parece que reaccionó.

En la actualidad son cada vez más quienes toman conciencia de lo que está sucediendo, del daño que estamos provocando en el medio ambiente, es decir, a nosotros mismos.

Los estados organizan cumbres con la intención de llegar a acuerdos que permitan mejorar la situación (Cumbre del Clima de la ONU¹⁰), las propias ciudades firman pactos internacionales comprometiéndose a la reducción de emisiones (Pacto de los Alcaldes¹¹) y cada vez más la ciudadanía se hace eco incorporando a su vida prácticas ecológicas.

En este punto la tecnología tiene mucho que decir. Resulta irónico que el desarrollo tecnológico fruto de la era industrial pueda tener un importante papel en la lucha contra el cambio climático que generó. Y lo vemos a diario por ejemplo en el uso de paneles fotovoltaicos, en los campos de aerogeneradores o en el creciente uso de vehículos eléctricos.

Merece la pena destacar este último ejemplo, el vehículo eléctrico. Para 2050, la ONU pretende reducir las emisiones en un 80% respecto 1990, lo que ha originado que el sector transporte fije su mirada en el motor eléctrico.

La tecnología del motor eléctrico ha ido calando paulatinamente en la sociedad. Ya son pocos los fabricantes que en su catálogo no disponen de “un eléctrico” o, al menos, “un híbrido”. El mercado los demanda y sus ventas ascienden año tras año (figura 46).

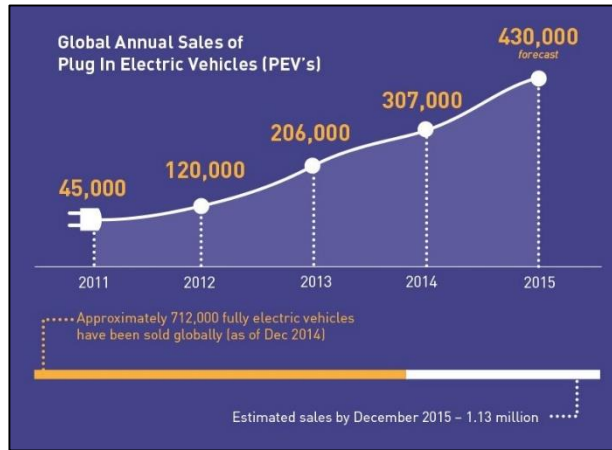


Figura 46. Evolución de las ventas mundiales de vehículos eléctricos en los últimos años.

Fuente: Car leasing made simple.

La repercusión medioambiental de esto es directa e inmediata. Como se observa en la tabla 1, un solo vehículo eléctrico puede lograr que dejen de deteriorarse unas 4 hectáreas aproximadamente.

Tabla 2. Huella de carbono del vehículo de gasolina frente al eléctrico.

EMISIONES	TIPO VEHÍCULO	
	Gasolina	Eléctrico
g CO ₂ /km	124,32	0,00
Kg CO ₂ /año (30.000 km)	3.730,34	0,00
Ha/año necesarias para absorber el CO ₂ emitido	3,973	0,00

Nota. Fuente: Elaboración propia en base a M. Vidal & E. Cuervos, 2014. Huella de carbono de vehículos de nuevas energías para el análisis de la sostenibilidad (p. 14). Revista de ciencia, tecnología y medio ambiente de la Universidad Alfonso X El Sabio.

A esto se suma la abrumadora eficiencia energética del motor eléctrico. Hablamos de aproximadamente un 90% de eficiencia en los motores eléctricos frente al 20-30% de los de combustión, logrando consecuentemente un significativo menor consumo energético neto (Rodríguez, 2011).

¹⁰ Reunión anual de los líderes de los países miembros de la ONU, sector privado y sociedad civil en la que se debate y proponen medidas para lograr un mundo bajo en emisiones. www.un.org/climatechange/summit/ (Wikipedia, 2015b)

¹¹ Principal movimiento europeo en el que participan las autoridades locales y regionales que han asumido el compromiso voluntario de mejorar la eficiencia energética y utilizar fuentes de energía renovable en sus territorios. www.pactodelosalcaldes.eu

Esto se complementa con la ausencia de ruidos de motor propia de los vehículos eléctricos y es que este es tan ínfimo que resulta despreciable (Dietsche, 2005), con lo que se elimina así la contaminación acústica asociada al motor.

Las diferentes estrategias de incentivos fiscales también son un apartado en el que los gobiernos están trabajando, bien reduciendo el coste de adquisición para el usuario final o bien gravando con elevados impuestos los vehículos con motor tradicional (Sanchís, 2014).

La viabilidad y ventaja medioambiental del vehículo eléctrico es una realidad y su contribución a la reducción de la peligrosa huella de carbono será de gran importancia.

Todos estos factores descritos hasta ahora no hacen sino posicionar al vehículo eléctrico como una herramienta decisiva para el hombre a la hora de afrontar el gran desafío medioambiental que le sobreviene.

4. APLICABILIDAD AL SECTOR

La industria del automóvil y el desarrollo urbano han estado vinculados desde sus inicios pues, en ambos casos, el desarrollo de uno ha tenido en cuenta al otro (Ortego, 2012). Entre el decálogo de requisitos exigidos en cada nuevo modelo de automóvil existen factores propios de las ciudades que, en mayor o menor medida, terminan condicionando aspectos como el diseño, la funcionalidad o las características técnicas del mismo. De igual modo, las ciudades tienen en consideración a los automóviles que las transitan a la hora de afrontar su diseño urbanístico o implementar mejoras. Sin embargo, mientras el primero se rige por las leyes del libre mercado, en el segundo es la sostenibilidad la que articula las iniciativas. Y es que el desarrollo urbano sostenible ha dejado de ser una corriente para convertirse en la pauta a seguir. Actualmente su alcance e importancia son tales que la sostenibilidad es denominador común en todas las áreas de cualquier ciudad sostenible que se precie (FAMP, 2002).

Como parte de un desarrollo urbano sostenible la movilidad resulta crucial pues, como se ha visto en anteriores puntos de este trabajo, tiene una gran responsabilidad medioambiental. Por ello son cada vez más las ciudades que disponen de un plan de movilidad urbana sostenible que, a su vez, incorpora al vehículo eléctrico como parte del mismo. Esto evidencia la utilidad del vehículo eléctrico como herramienta para luchar contra la contaminación ambiental y no sólo evitando emisiones de gases sino, además, evitando las emisiones de ruido o contaminación acústica producida por los motores de combustión. Este es un hecho que, aun a la sombra de la contaminación por los gases de escape, resulta de suma importancia desde la perspectiva urbanística.

El ruido de los vehículos de combustión genera una contaminación acústica que, además de mermar el confort, puede incluso dañar la salud de la ciudadanía (M. García, 2013). Mientras que la contaminación acústica de los motores de combustión interna y en especial los diésel sobrepasan en muchas ocasiones los valores límites de las ciudades (Dietsche, 2005 y Gómez, 2010), los vehículos eléctricos carecen de ella.

En este punto la consideración del vehículo eléctrico en el planeamiento urbano cobra aún más importancia, pasando de considerarse una opción a ser una herramienta fundamental para el completo desarrollo sostenible de la ciudad pues no sólo no emite gases contaminantes, sino que, además tampoco ruido.

Tomada la determinación del vehículo eléctrico como pieza clave en el desarrollo de la ciudad, el sector de la construcción cobra protagonismo en la implantación de la infraestructura urbana que le rodea. Asociada al vehículo eléctrico se encuentra toda una infraestructura de recarga necesaria para su viabilidad práctica. En España esta infraestructura queda regulada por la normativa ITC BT 52, la cual también establece los agentes intervinientes en el proceso de instalación. Así, se puede encontrar desde técnicos proyectistas que estudian la ubicación estratégica de los puntos de recarga públicos y privados o técnicos que supervisan y controlan el correcto desarrollo de los trabajos hasta las propias empresas instaladoras o gestoras de la infraestructura. Además, esta norma determina cómo los edificios deben adaptarse o construirse, ya

sean existentes o de nueva planta respectivamente, para incluir la infraestructura de recarga necesaria para el vehículo eléctrico. Se convierte por tanto esta norma en el elemento que vertebra la relación entre vehículo eléctrico y sector constructivo, dando lugar a una sinergia multidisciplinar entre arquitectura, ingeniería y construcción (AEC).

Como se acaba de comentar, la implantación práctica del concepto de vehículo eléctrico lleva asociado una implicación del sector urbanístico y constructivo que estrecha, más que nunca, la histórica relación entre automóvil y ciudad.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Una correcta labor de investigación es crucial para lograr los objetivos del investigador. Debe iniciarse con la identificación de los conceptos a investigar y una búsqueda general de los mismos. Conforme el investigador va documentándose filtra la información, desechando aquella irrelevante. Sobre las referencias que resultan de interés toma notas e indaga profundizando en su contenido, descubriendo y añadiendo así otras nuevas. Y con la información seleccionada, procede a su análisis y organización para una adecuada integración en el trabajo a desarrollar.

Este proceso descrito fue el seguido para fundamentar el presente documento. Así, definidos los conceptos, se comenzó investigando sobre aquellos trabajos científicos previos con idéntico o similar objetivo, descubriéndose una inesperada escasez de los mismos.

Uno de ellos es *Recomendaciones para la introducción progresiva de la tecnología de propulsión eléctrica en el transporte público de Santiago de Chile* (Mújica, 2014) donde se estudia la viabilidad a 20 años del reemplazo de una parte de la flota de autobuses urbanos de la ciudad de Santiago de Chile por la tecnología eléctrica y se determina la reducción de contaminantes así como se generan recomendaciones a nivel técnico, contractual y político para facilitar la innovación tecnológica, concluyendo con la viabilidad del proyecto fundamentada por la reducción de costes y emisiones.

Por su parte, en *Sostenibilidad técnica, económica y ambiental de flotas comerciales de vehículos eléctricos* (Cestau, 2014) se analiza si el vehículo eléctrico es sostenible técnica, económica y medioambientalmente y puede sustituir a un vehículo de combustión interna, estudiando la flota de vehículos eléctricos de una empresa que tiene un servicio de carsharing contratado para el desplazamiento de sus comerciales, concluyendo el trabajo con la completa viabilidad del mismo en todos estos ámbitos.

Se encontraron similitudes con *Análisis de la viabilidad del vehículo eléctrico en una empresa de reparto de comida a domicilio* (Domínguez, 2013), en cuyo trabajo se analiza y evalúa el impacto de la incorporación del ciclomotor eléctrico a una empresa de reparto de comida a domicilio y se elabora su estudio tecnoeconómico, para terminar concluyendo que la elección de ciclomotores eléctricos resultará óptima según las necesidades y el funcionamiento de la empresa, restringiendo y frenando la incorporación de este tipo de vehículos en el sector del reparto.

En *Evaluación costo beneficio en la implantación y fomento de la movilidad eléctrica local. Estudio de caso: vehículos eléctricos en servicios públicos de limpieza de Barcelona* (Muñoz, 2014) se estudió la movilidad eléctrica de flotas comerciales de vehículos, analizando el funcionamiento operativo de acuerdo a la categoría de combustible utilizado en cada uno de éstos, en los que se compara el biodiesel, el eléctrico y el de gas natural para luego elaborar propuestas económicamente viables y rentables y lograr así determinar cuál de ellos presenta mayor atractivo de implantación.

Con objetivos distintos aunque guardando relación, en *Desarrollo de una plataforma para el análisis del potencial de electrificación de flotas de taxis* (de Prado, 2015) se desarrolla una plataforma que permite estudiar la viabilidad técnica de la transición de los vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos en una flota de taxis, para más tarde evaluar su grado de electrificabilidad, detallando qué porcentaje pueden realizar los trayectos diarios, teniendo en cuenta la autonomía de un vehículo eléctrico

y sus posibles recargas intermedias, por lo que se llega a la conclusión de una aplicación factible aunque condicionada por la plataforma, del taxi eléctrico.

Mientras, en *Evaluación del impacto de los vehículos eléctricos en las redes de distribución* (Mateo, 2010) se estudia el impacto de los coches eléctricos en las redes eléctricas de distribución, con diferentes casuísticas de comportamiento de los usuarios en la recarga de los vehículos llegando a la conclusión de que es preferible que la recarga de los vehículos se realice en puntos de alta concentración del consumo, tanto grandes flotas de vehículos como, en un futuro, electrolineras.

Como apoyo se tuvieron en cuenta artículos científicos. Tal es el caso de *Análisis de las emisiones de CO2 en la producción de las fuentes energéticas utilizadas en el transporte por carretera* (López, Flores, Lumbreras, Villimar, & Pascual, 2008) que analizan casos de transporte eléctrico urbano de pasajeros y recogida de residuos sólidos en las ciudades para sacar conclusiones acerca de hasta qué grado de electrificación conviene llegar para un determinado tipo de vehículo y uso. En *Factors influencing fleet manager adoption of electric vehicles* (Sierzchula, 2014) se elabora un completo estudio sobre la actualidad del vehículo eléctrico como parte de flotas determinando las razones que llevaron a su adquisición para concluir argumentando el impacto positivo de su implantación. Y en *Optimization of Charging Stops for Fleet of Electric Vehicles: A Genetic Approach* (Alesiani & Maslekar, 2014) se publica una herramienta de gestión que permite optimizar la energía almacenada en flotas de vehículos eléctricos mediante la redistribución de las estaciones de recarga y el cálculo de rutas.

Sin ser relevantes en cantidad, la entidad de estos trabajos científico s ayudó a sentar las bases y la estrategia general de la investigación la cual, conforme avanzaba, fue complementándose con otras referencias.

6. HIPÓTESIS DE PARTIDA

Junto con la definición de los conceptos a investigar, se plantea una casuística inicial. Ello permite tener una visión más global de la materia, repercutiendo positivamente en el desarrollo de la investigación. Este desarrollo hará que se vayan adoptando o descartando las diferentes hipótesis de partida o casuística inicial.

El estudio del impacto medioambiental que supone la sustitución de un vehículo de combustión por uno eléctrico se presenta como punto de partida. La variedad de opciones de investigación del tema han hecho que se tuviesen en cuenta múltiples aspectos del mismo.

Se planteó la posibilidad de dirigir la investigación en torno a una aplicación práctica, lo que condujo a proponer la sustitución de todo el parque móvil de un ayuntamiento por vehículos eléctricos, tomándose como ejemplo la ciudad de Sevilla.

Fruto de esta idea se consideró la posibilidad de centrar la investigación en una flota concreta, la del cuerpo de la Policía Local.

Otro aspecto previo que se tuvo en cuenta fue la inclusión y optimización de los recursos naturales y tecnológicos disponibles. Así se planteó hacer uso de fuentes de energía renovable para el abastecimiento de los vehículos eléctricos o la implementación de la carga inductiva¹².

Ampliar el estudio medioambiental hacia lo económico también se planteó. De este modo se consideró la posibilidad de analizar las implicaciones económicas asociadas al reemplazo del vehículo de combustión por el eléctrico y las repercusiones sobre talleres y proveedores.

Un aspecto medioambiental que también se planteó abordar fue el estudio y análisis de las implicaciones de la medida en relación con la contaminación acústica generada en la ciudad, sus consecuencias.

¹² Sistema de recarga eléctrica inalámbrica mediante campos magnéticos.

Además, fue valorada la opción de llevar a cabo un estudio sobre el sector constructivo, contemplando las adaptaciones que se requieren para la introducción de esta modificación en la movilidad urbana.

Todas estas hipótesis de estudio y análisis sirvieron para adquirir perspectiva y definir la línea central de investigación.

7. OBJETIVOS

La problemática medioambiental actual y su relación directa con el transporte han posicionado al vehículo eléctrico como una herramienta fundamental para poder reconducir esta situación (punto 3. *Justificación*). Consciente de ello, la intencionalidad de este trabajo engloba una serie de objetivos fundamentales que podrían agruparse en generales y específicos.

7.1 Generales

Con este trabajo se pretende demostrar la importancia que tiene el vehículo eléctrico en el camino hacia la sostenibilidad urbana, tomando como ejemplo la ciudad de Sevilla. Es por ello que se realiza un estudio comparativo entre una flota de combustión y su equivalente eléctrica para evidenciar las múltiples ventajas y beneficios de su implantación frente a los tradicionales sistemas de propulsión a base de combustibles fósiles.

7.1 Específicos

Para la consecución de los objetivos generales se ha hecho necesario alcanzar una serie de objetivos específicos que se complementan definiendo el desarrollo a seguir en el trabajo realizado.

- Se pretende realizar un estudio comparativo de las repercusiones medioambientales, energéticas y económicas derivadas de la sustitución de la flota de automóviles de combustión de la Policía a Local de Sevilla por su equivalente eléctrica.
- Se pretende cuantificar el impacto ambiental de la propuesta sobre la ciudad de Sevilla, referente tanto a emisiones de gases contaminantes como a contaminación acústica.
- Se pretende estudiar las implicaciones económicas asociadas a la implantación de la flota, considerando aspectos como el valor de adquisición o el consumo energético y determinar su viabilidad.
- Además se pretende analizar el grado de implicación urbanístico y constructivo necesario para llevar a cabo la instalación de la infraestructura de recarga asociada.

8. METODOLOGÍA

Todo trabajo de investigación es el resultado de una suma de procesos. Bien mediante el seguimiento de alguna metodología científica previamente establecida o bien guiado a través de su propia intuición, el investigador va recorriendo un camino que le conduce hacia la obtención de los objetivos inicialmente establecidos, siendo cada uno de los pasos dados al recorrer ese camino los que conforman el método o estrategia seguida en la investigación.

A lo largo de este punto se irá detallando pormenorizadamente los pasos o proceso investigador seguido para la consecución de los objetivos.

8.1 Sevilla como escenario

Desde el primer momento el investigador se plantea el Ayuntamiento de Sevilla como marco para el desarrollo del trabajo. Los conocimientos previos sobre la ciudad así como la entidad de la misma la posicionan como opción preferente. Además, la profundización en la investigación sobre la ciudad y su ayuntamiento terminan por confirmar su idoneidad.

8.2 La flota de la Policía Local como caso de estudio

Con la intención de acotar la magnitud del trabajo y tras investigar y analizar las diferentes flotas de que dispone el Ayuntamiento de Sevilla repartidas por las áreas en que se estructura, así como sus empresas municipales, se toma la decisión de llevar a cabo el desarrollo práctico del trabajo sobre la flota del Cuerpo de Policía Local de Sevilla.

A diferencia de otras posibles flotas, este parque móvil carece de cualquier tipo de vehículo eléctrico, híbrido o que utilice combustibles alternativos¹³. Pudiendo representar esto un hándicap desde una perspectiva medioambiental, resulta interesante para la realización de este trabajo pues supone abordar el caso más desfavorable posible y universal: una flota impulsada íntegramente por combustibles tradicionales¹⁴.

8.3 Fase 1: estudio de la situación actual del parque móvil

Teniendo claros el marco y el caso de estudio, el siguiente paso en la investigación se centra en la definición de los distintos aspectos a analizar de este último.

Haciendo uso del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Sevilla (Ayuntamiento de Sevilla, 2015b) se obtiene información sobre la flota de vehículos de la que actualmente dispone el Cuerpo de Policía Local de Sevilla. Esta información contempla el tipo, marca, modelo y combustible de cada vehículo.

Gracias a los conocimientos previos del investigador en automovilismo así como la información obtenida de los fabricantes de los vehículos, se complementa la información del Ayuntamiento de Sevilla con datos oficiales de plazas, potencia, consumos y emisiones para cada modelo.

Además de a los datos técnicos, mediante el citado portal se tiene acceso al contrato por el que el Ayuntamiento de Sevilla dispone de la flota de vehículos, en régimen de alquiler (Ayuntamiento de Sevilla, 2015c).

Ante la no obligación de los fabricantes de suministrar información sobre las emisiones de ruido generadas por los motores (Parlamento Europeo, 2014) de los vehículos de la flota y la ausencia de información al respecto, para lograr determinar estas emisiones se opta por recurrir al límite que las ordenanzas municipales establecen para los vehículos motorizados en zonas urbanizadas (Ayuntamiento de Sevilla, 2013).

¹³ Aquellos que provienen de fuentes no derivadas del petróleo. Lo más populares son bioetanol, GNC, GLC, hidrógeno y biodiesel. Todos tienen en común unas menores emisiones que los combustibles tradicionales. Fuente: U.S. Office of Transportation & Air Quality. www.fueleconomy.gov

¹⁴ Aquellos que provienen de fuentes fósiles no renovables: derivados del petróleo (gasolina, diésel...) y carbón. Fuente: Wikipedia. www.es.wikipedia.org

8.3.1 Determinación de consumos y emisiones de la flota de combustión

Para la obtención de los consumos y emisiones de gases contaminantes generadas anualmente por la totalidad de la flota es necesario conocer previamente su kilometraje.

Para su cálculo se utiliza la cláusula de kilometraje anual por vehículo recogida en el contrato de alquiler.

Conocido el kilometraje anual se procede a calcular la cantidad de combustible consumido y sus emisiones derivadas. Para el consumo se tiene en consideración exclusivamente en ciclo urbano suministrado por el fabricante de cada vehículo. Para las emisiones, las especificadas por el fabricante.

En cuanto a las emisiones de ruido generadas por los motores de combustión de la flota, se calcula el ruido total generado en base a las ordenanzas municipales comentadas en el punto anterior como suma de cada uno de los vehículos. Ello permite obtener una idea global de las emisiones de ruido generadas por la actual flota.

8.3.2 Determinación de gastos y costes de la flota de combustión

A partir del consumo anual de combustible de la flota se procede a obtener el gasto económico asociado, tomando como base el precio actual del combustible en el mercado. Para la ocasión la totalidad de la flota usa combustible diésel.

Como cláusula del contrato de alquiler se estipula que el mantenimiento integral de los vehículos corre a cargo del arrendador, por lo que no se consideran los costes derivados del mismo.

8.4 Fase 2: sustitución de la flota de combustión por una equivalente eléctrica

Con el caso de estudio completamente definido es en este punto del trabajo donde el investigador comienza a alcanzar los objetivos propuestos inicialmente. Se describe el proceso seguido para reemplazar la flota existente a base de motores de combustión por una equivalente eléctrica.

8.4.1 Búsqueda y selección de los vehículos eléctricos

Por cada vehículo de combustión se propone uno impulsado exclusivamente por electricidad. Los criterios de búsqueda y selección deben respetar las mismas exigencias hechas para la flota de combustión recogidas en el contrato de alquiler.

Para ello se hace una revisión de los modelos existentes actualmente en el mercado nacional, seleccionando aquellos que cumplen dichas exigencias.

8.4.2 Determinación de consumos y emisiones de la flota eléctrica

Para la obtención de los consumos y emisiones de gases contaminantes generados anualmente por la totalidad de la flota eléctrica se realiza un proceso muy similar al seguido en el caso de la flota de combustión. La única diferencia reside en que los vehículos eléctricos carecen de ciclos de consumo, éste es constante, por lo que se tiene en consideración el único dato de consumo suministrado por el fabricante de cada vehículo.

En cuanto a las emisiones de ruido generadas por los motores de la flota eléctrica, es una característica propia y común a todos ellos la ausencia de ruido derivado de su funcionamiento. El ruido generado por los motores eléctricos es tan ínfimo que resulta despreciable (González, 1980). De ahí que la totalidad de la flota carezca de emisiones de ruido.

8.4.3 Determinación de gastos y costes de la flota eléctrica

A partir del consumo anual eléctrico de la flota se procede a obtener el gasto económico asociado, tomando como base el precio actual de la electricidad en el mercado. Para la ocasión se consideran dos posibilidades de tarificación: 2.0 A (normal) y 2.0 DHS (vehículo eléctrico) (Red Eléctrica de España S.A.U., 2015).

En cuanto a los costes de mantenimiento, las propias características de los vehículos eléctricos hacen que sean tan irrelevantes como para obviarlos (Mis coches eléctricos, 2014).

8.4.4 Infraestructura de recarga eléctrica

Debido al intensivo uso que se les supone a los vehículos de la flota derivado del cumplimiento de sus funciones, se determina que la infraestructura de recarga conste de, al menos, un punto de recarga por vehículo eléctrico y especificaciones técnicas de recarga semi-rápida.

Se decide que la distribución de las estaciones de recarga se haga por las diferentes comisarías y garajes de la Policía Local en proporción al número de vehículos eléctricos correspondientes a cada uno y se analiza la implicación del sector urbanístico en el proceso.

8.5 Fase 3: resultados

Durante esta etapa, el investigador recopila y organiza los frutos que la investigación comienza a darle. Así, en este punto se procede a exponer los resultados energéticos, medioambientales y económicos obtenidos en ambas flotas.

8.5.1 Resultados energéticos

Se recogen los datos de consumo energético obtenidos en ambas flotas y se comparan entre sí expresados en la misma unidad de medida, en este caso kWh.

8.5.2 Resultados medioambientales

Se recogen los datos de emisiones generadas en ambas flotas y se comparan.

Para la ocasión, estas emisiones se refieren al CO₂ emitido exclusivamente por los vehículos y no a aquel derivado de la obtención de las fuentes energéticas de que se sirven.

También se comparan las emisiones de ruido generado por los motores de ambas flotas previamente comentadas.

8.5.3 Resultados económicos

Se recogen los datos de gastos y costes obtenidos en ambas flotas y se comparan.

Para lograr una correcta comparativa se decide ampliar el estudio económico incluyendo costes de adquisición/alquiler e infraestructura, enmarcados estos en el periodo de vigencia del contrato de alquiler, lo cual facilita su comparación.

A la flota de combustión se le imputa el coste derivado del contrato de alquiler. Mientras, a la flota eléctrica se le imputa el coste de su adquisición e infraestructura, aplicándole las diferentes ayudas y subvenciones a las que puede acogerse.

8.6 Análisis de los resultados

Llegados a este punto concluye la labor investigadora y se procede al análisis de los resultados arrojados por el caso estudiado. El método científico exige el máximo rigor en el tratamiento de los resultados pues son los elementos de la investigación que argumentan las conclusiones que permiten tomar decisiones.

Se analizan los resultados de consumo, emisiones y económicos obtenidos y se obtienen otros nuevos complementarios.

Tal es el caso de la amortización económica del proyecto, fruto del análisis económico de ambas flotas, mediante la que se estudia el momento en el tiempo en que la propuesta eléctrica pasa de ser un gasto a un ahorro económico. Atiende a parámetros como la inversión inicial, el gasto anual por consumo eléctrico y el gasto anual por consumo diésel.

8.7 Conclusiones

Analizados los resultados, el investigador procede a elaborar una conclusión. En esta conclusión se rescatan los objetivos iniciales para contrastarlos con los resultados analizados. La refutación, respuesta o cumplimiento de los objetivos da paso al juicio final emitido por el investigador sobre la propia investigación, finalizando así el trabajo.

8.8 Esquema-resumen metodología

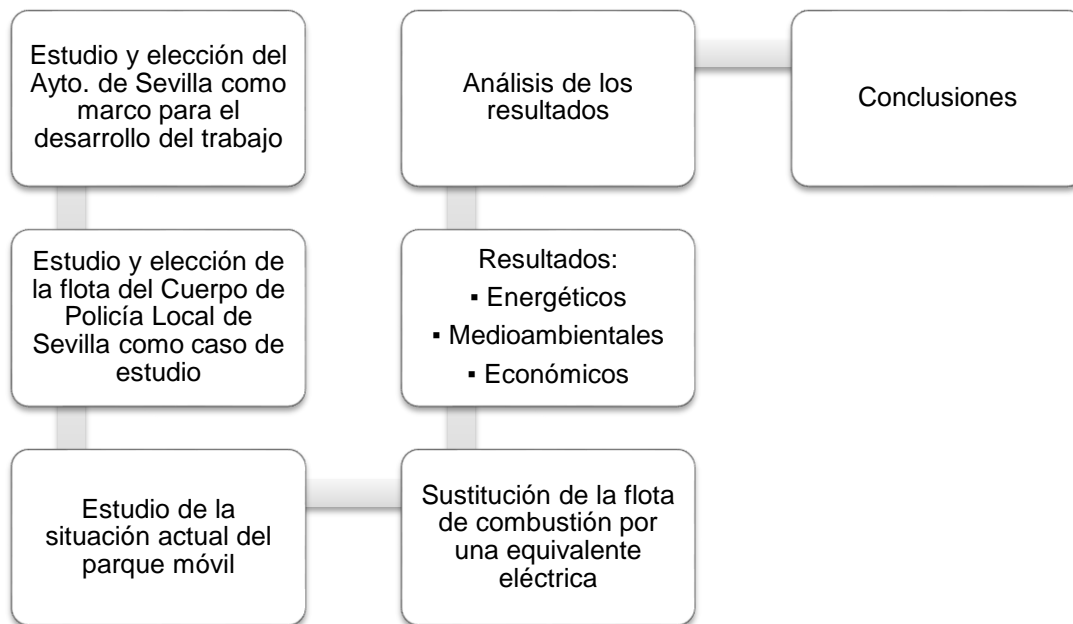


Figura 47. Esquema-resumen de la metodología seguida para el desarrollo del trabajo.
Fuente: elaboración propia.

9. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

9.1 Elección del Ayuntamiento de Sevilla como marco para el desarrollo del trabajo

El previo conocimiento de la ciudad por el investigador sumado a su entidad y relevancia posicionan a Sevilla como opción preferente para acoger la aplicación práctica de este trabajo. Es por ello que se procede a estudiar y analizar aquellos factores propios de la ciudad con el fin de determinar su idoneidad.

9.1.1 Contexto

Sevilla es una ciudad comprometida con el medio ambiente y la sostenibilidad. En 1996 firmó la Carta de Aalborg (Gloobal, 2012), con la que se comprometió a implantar mecanismos para un desarrollo sostenible de la ciudad. En el año 2000 firma la iniciativa europea Hacia un Perfil de la Sostenibilidad Local – Indicadores Comunes Europeos (Gloobal, 2012), mediante la que participa junto a otras ciudades en la definición y desarrollo de indicadores de sostenibilidad urbanos. Consecuencia de ambos compromisos fue la implantación de la Agenda Local 21¹⁵ en la ciudad (Gloobal, 2012), un instrumento para definir líneas estratégicas, objetivos y actuaciones ambientales a corto, medio y largo plazo .

En 2003 la ciudad se adhiere a la Oficina Española de Cambio Climático (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, 2012), un organismo nacional con el que colabora en el desarrollo de políticas relacionadas con el cambio climático. En 2005 entra a formar parte de la Red Española de Ciudades por el Clima (Red Española de Ciudades por el Clima, 2006), que promueve la lucha contra el cambio climático mediante actuaciones basadas en el transporte, las energías renovables, la planificación urbana y la ecotecnología. Ya en 2009 Sevilla entra a formar parte del Pacto de Alcaldes (Oficina del Pacto, 2012), un tratado con el que cientos de ayuntamientos de toda Europa se comprometen a ejecutar en sus municipios el Plan de Acción para la Estrategia Sostenible, cuyo objetivo final es lograr una reducción en las emisiones de CO₂ de al menos el 20% para 2020.

Todos estos compromisos adquiridos han llevado a Sevilla a elaborar una ambiciosa Agenda Local 21 para así poder cumplir con los objetivos. Paralelamente, el desarrollo tecnológico del vehículo eléctrico ha permitido posicionarlo no sólo como un medio de transporte alternativo sino como una herramienta de sostenibilidad urbana, tal y como ya se ha comentado.

Consciente de la importancia del vehículo eléctrico en el ámbito urbano, el Ayuntamiento de Sevilla apostó por su implantación y desarrollo en la ciudad, de tal modo que lo integró en la Agenda Local 21 (Agencia Local de la Energía de Sevilla, 2012) siendo, a día de hoy, pieza clave para el desarrollo de políticas sostenibles y el cumplimiento de objetivos ambientales.

9.1.2 Historia del vehículo eléctrico en la ciudad

La relación entre la ciudad de Sevilla y el vehículo eléctrico es muy reciente. Uno de los primeros incentivos consolidados para poder ver vehículos eléctricos rodando por sus calles fue la exención del impuesto de matriculación establecida por el Gobierno Central allá por 2008 (Agencia Tributaria, 2014). De modo ejemplarizante el Ayuntamiento de Sevilla incorporó dos microbuses eléctricos para circular por el centro (J.M.C., 2007). Ello animó a algunas empresas a interesarse en el sector, como fue el caso de Cochele y su flota de vehículos eléctricos de alquiler (Barahona, 2010). Sin embargo, la industria local del sector no terminó de arrancar aun incluso surgiendo macroyectos como el de la empresa Movand y su Ciudad de la Energía, que nunca llegó a materializarse (A. García, 2012).

Es entre 2010 y 2012 cuando la ciudad participa, junto a Madrid y Barcelona, en el primer gran proyecto nacional para el impulso del vehículo eléctrico en el ámbito urbano, se le denominó plan MOVELE (Ayuntamiento de Sevilla, 2012a). Este plan contemplaba ayudas a la adquisición de vehículos eléctricos así como el despliegue de una

¹⁵ Documento que desarrolla un Plan Estratégico Municipal basado en la integración sostenible de las políticas ambientales, económicas y sociales del municipio. Surge del Programa Global para el Desarrollo Sostenible en el siglo XXI, enmarcado dentro de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en Junio de 1992. Fuente: Ministerio de Educación de Perú. www.minedu.gob.pe

infraestructura de apoyo. El ayuntamiento podía beneficiarse de hasta 30000€ para adquirir vehículos eléctricos para su flota municipal (autobuses, autocares y furgonetas) y se instalaron 75 puntos de recarga eléctrica, en los que su recarga fue y será gratuita hasta 2016 para todos los ciudadanos que soliciten la correspondiente tarjeta (Ayuntamiento de Sevilla, 2012a).

Las ventajas e incentivos locales al vehículo eléctrico se sucedieron. En 2011 se comenzó a permitir el estacionamiento gratuito en zona azul así como el libre acceso a zonas restringidas al tráfico (Ayuntamiento de Sevilla, 2011). Y en 2012 el impuesto de circulación se redujo en un 75% (Ayuntamiento de Sevilla, 2012b), y tanto coches como motos podían comenzar a circular por el carril bus (Noya, 2012).

Precisamente en ese mismo periodo la Junta de Andalucía publicó el Programa de Impulso al Vehículo Eléctrico (Consejería de Economía, 2014). Una serie de ayudas económicas para fomentar el vehículo eléctrico destinadas a ciudadanos, empresas y ayuntamientos. Gracias a ello el Ayuntamiento de Sevilla incorporó 4 microbuses eléctricos a su flota (Agencia Andaluza de la Energía, 2013).

Esta serie de medidas logró calar, aumentando el número de vehículos eléctricos e iniciativas empresariales. Al cierre de 2014 Sevilla contaba con 186 vehículos eléctricos en sus calles (Dirección General de Tráfico, 2012).

9.1.3 Presente y futuro

En la actualidad Sevilla sigue muy implicada con el medio ambiente y está decidida a cumplir con los objetivos y compromisos adquiridos, y el vehículo eléctrico va cobrando cada vez más protagonismo.

La apuesta es firme. Las iniciativas adoptadas en favor del vehículo eléctrico se mantienen y además se promueve el uso de esta tecnología.

Un ejemplo es el I Roadshow Eléctricos de Sevilla 2015 (FEDEME, 2015), un evento celebrado para la promoción y difusión del vehículo eléctrico que contó con la participación de fabricantes y empresas relacionadas con el sector, despertando el interés de la ciudadanía.

Hasta la fecha, las ventas de vehículos eléctricos han ido aumentando año tras año, así a día de hoy circulan por Sevilla 364 vehículos eléctricos (Dirección General de Tráfico, 2012).

Por su parte, el Ayuntamiento lleva incorporando el vehículo eléctrico a las distintas flotas municipales desde 2008 y proyectos como SmartCity tienen previsto que continúe así. SmartCity es un Plan Director de Innovación para el desarrollo e impulso de la innovación con el propósito de diseñar un modelo de ciudad sostenible basado en el uso intensivo de las nuevas tecnologías, aprobado en 2014 (Ayuntamiento de Sevilla, 2015d). Abarca la práctica totalidad del ámbito público, desde la Administración o el planeamiento urbano, hasta la eficiencia energética y el medio ambiente. Una de sus estrategias se basa en el apoyo, impulso e implementación del vehículo eléctrico en la ciudad con actuaciones como el aumento de su número en la flota municipal, la creación de más puntos de recarga eléctrica y adaptación de edificios a su infraestructura, o la creación de incentivos para empresas que migren su flota al vehículo eléctrico.

Como se puede ver, el vehículo eléctrico entra en los planes de futuro del Ayuntamiento de Sevilla y motivos no le faltan.

A la decisión de su implantación podrían sucederse una serie de dudas sobre las ventajas e inconvenientes, siendo estos últimos razón menor si recordamos lo valioso que es el vehículo eléctrico como herramienta para cumplir los objetivos a los que se ha comprometido la ciudad. A ello se suma el aspecto económico. Y es que si bien la inversión puede parecer significativa, factores como las ayudas, las tarifas eléctricas discriminatorias o el uso de renovables permitirían reducir sensiblemente los periodos de amortización.

Sin duda, el escenario es muy favorable para la implantación del vehículo eléctrico en el Ayuntamiento de Sevilla y es por ello por lo que se elige como marco para el desarrollo de este trabajo.

9.2 Elección de la flota del Cuerpo de Policía Local de Sevilla como caso de estudio

Con el fin de acotar la magnitud del trabajo se decide centrar el estudio sobre una de las varias flotas que conforman el parque móvil del Ayuntamiento de Sevilla.

El estudio de su organigrama administrativo revela que se encuentra claramente diferenciado entre el Ayuntamiento y sus áreas, y las empresas municipales (Ayuntamiento de Sevilla, 2015b). De este modo, las distintas flotas responden en primera instancia al órgano que hace uso de ellas.

Para la determinación de la flota más idónea a estudiar se establece como criterio de selección el porcentaje de vehículos de combustión que la conforman. Así pues se lleva a cabo un análisis pormenorizado de cada una de las flotas existentes que concluye con la del del Cuerpo de Policía Local de Sevilla como la única flota que se impulsa en su totalidad a base de combustibles tradicionales (Ayuntamiento de Sevilla, 2015a). Es por ello que es elegida para el desarrollo práctico del trabajo.

9.3 Fase 1: estudio de la situación actual del parque móvil

Parque móvil del Cuerpo de Policía Local de Sevilla

La flota de que dispone el Cuerpo de Policía Local de Sevilla consta de un total de 105 vehículos repartidos entre distintos modelos como se indica en la tabla 3. Todos los motores utilizan exclusivamente combustible diésel.

Tabla 3. Flota de vehículos del Cuerpo de Policía Local de Sevilla.

Tipo	Marca	Modelo	Plazas	Combustible	Potencia (CV)	Cantidad
Turismo	Renault	Nuevo Clio 5p.	5	Diésel	90	5
Turismo	Renault	Mégane 5p.	5	Diésel	110	3
Turismo	Renault	Laguna 5p.	5	Diésel	150	1
Turismo	Renault	Scénic 5p.	5	Diésel	110	85
Furgoneta	Renault	Kangoo 3p.	2	Diésel	90	2
Furgón	Renault	Trafic Combi 4p.	6/9	Diésel	115	9

Nota. Fuente: elaboración propia en base a Ayuntamiento de Sevilla. www.sevilla.org

Los datos anteriores se complementan con los suministrados por los fabricantes para cada modelo, como se muestra en la tabla 4. Dado el uso puramente urbano, el consumo considerado es el correspondiente al ciclo urbano.

Tabla 4. Consumo y emisiones de cada modelo.

Modelo	Plazas	Combustible	Potencia (CV)	Consumo urbano (l/100 km)	Emisiones CO ₂ (g/km)
Nuevo Clio 5p.	5	Diésel	90	3,9	92
Mégane 5p.	5	Diésel	110	3,9	93
Laguna 5p.	5	Diésel	150	5,5	118
Scénic 5p.	5	Diésel	110	4,5	105
Kangoo 3p.	2	Diésel	90	5,2	119
Trafic Combi 4p.	6/9	Diésel	115	7,9	174

Nota. Fuente: elaboración propia en base a Renault. www.renault.es

Kilometraje anual y diario medio

Para determinar el kilometraje anual realizado por totalidad de la flota se recurre al contrato de alquiler. El mismo contiene una cláusula que estima el kilometraje anual para cada modelo en base a la función que vaya a desempeñar, resultando como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Kilometraje anual y diario medio de cada modelo.

Modelo	Km/año	Recorrido medio diario (Km)
Nuevo Clio 5p.	15.000	42
Mégane 5p.	15.000	42
Laguna 5p.	10.000	28
Scénic 5p.	28.000	77
Kangoo 3p.	10.000	28
Trafic Combi 4p.	24.000	66

Nota. Fuente: elaboración propia en base a Ayuntamiento de Sevilla, Contratación del arrendamiento de vehículos con destino al servicio de la Policía Local. www.sevilla.org

Ruido

En cuanto a las emisiones de ruido generadas por los motores de la flota, se opta por emplear el peor escenario posible, es decir, el límite permitido por las ordenanzas municipales para zonas urbanizadas, tal y como se muestra en la tabla 6 (Ayuntamiento de Sevilla, 2013).

Tabla 6. Ruido máximo permitido.

Modelo	Emisiones ruido (dBA)
Nuevo Clio 5p.	65
Mégane 5p.	65
Laguna 5p.	65
Scénic 5p.	65
Kangoo 3p.	65
Trafic Combi 4p.	65

Nota. Fuente: elaboración propia.

9.3.1 Consumos y emisiones anuales de la flota de combustión

Conocidos los datos de consumos y emisiones así como el kilometraje anual de cada modelo, se procede a calcular el consumo y emisiones anuales de la totalidad de la flota (tabla 7).

Tabla 7. Consumo y emisiones totales anuales.

Modelo	Cantidad	Km/año	Consumo urbano (l/100 km)	Consumo anual (l)	Emisiones CO ₂ (g/km)	Emisiones anuales CO ₂ (kg)
Nuevo Clio 5p.	5	15.000	3,9	292.500	92	6.900
Mégane 5p.	3	15.000	3,9	175.500	93	4.185
Laguna 5p.	1	10.000	5,5	55.000	118	1.180
Scénic 5p.	85	28.000	4,5	10.710.000	105	249.900
Kangoo 3p.	2	10.000	5,2	104.000	119	2.380
Trafic Combi 4p.	9	24.000	7,9	1.706.400	174	37.584
Total				13.043.400		302.129

Nota. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las emisiones de ruido generadas por la totalidad de la flota, la tabla 8 muestra un total, que si bien se encuentra disperso por toda la ciudad, permite cuantificar y conocer la magnitud de las mismas.

Tabla 8. Ruido máximo permitido.

Modelo	Cantidad	Emisiones ruido (dBA)	Total (dBA)
Nuevo Clio 5p.	5	65	325
Mégane 5p.	3	65	195
Laguna 5p.	1	65	65
Scénic 5p.	85	65	5.525
Kangoo 3p.	2	65	130
Trafic Combi 4p.	9	65	585
			6.825

Nota. Fuente: elaboración propia.

9.3.2 Gastos y costes anuales de la flota de combustión

Derivados del consumo de combustible

Como se observa en la tabla 9, a partir del consumo anual de combustible de toda la flota se obtiene el gasto económico asociado. Para ello se toma como base el precio actual del combustible (diésel) en el mercado (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2015b).

Tabla 9. Gasto económico asociado al consumo anual de combustible.

Combustible (l/año)	Precio (€/l)	Total (€/año)
13.043.400	1,050	13.695.570

Nota. Fuente: elaboración propia.

Derivados del contrato

A la flota de combustión se le imputa el coste derivado del contrato de alquiler. De este se desprende que su duración es de 5 años y cuantía total 4.055.469,12 €, es decir, 811.093,82 € anuales (Ayuntamiento de Sevilla, 2015c).

Tabla 10. Gasto económico derivado del contrato de alquiler.

Duración (años)	Coste (€)	Coste anual (€)
5	4.055.469,12	811.093,82

Nota. Fuente: elaboración propia en base a Ayuntamiento de Sevilla, Contratación del arrendamiento de vehículos con destino al servicio de la Policía Local. www.sevilla.org

No se tiene en cuenta los el coste asociado al mantenimiento de la flota pues, según el contrato de alquiler, este va incluido en el mismo (Ayuntamiento de Sevilla, 2015c).

9.4 Fase 2: sustitución de la actual flota de combustión por una equivalente eléctrica

Definida la actual flota del Cuerpo de Policía Local de Sevilla así como sus parámetros principales, se procede a su sustitución por una equivalente impulsada exclusivamente por energía eléctrica.

9.4.1 Búsqueda y selección de los vehículos eléctricos

Por cada modelo de combustión se propone uno eléctrico equivalente que, respondiendo a la misma tipología, ofrece el mismo número de plazas y similares prestaciones, respetando así las exigencias del contrato de alquiler de la flota de combustión. El resultado es el mostrado en la tabla 11.

Tabla 11. Vehículos eléctricos propuestos.

C	Marca	Modelo	Plazas	Potencia (CV)	Consumo urbano (l/100 km)	Consumo energético ^a (kWh/100 km)	Emisiones CO ₂ (g/km)
D	Renault	Nuevo Clio 5p.	5	90	3,9	38,9	92
E	Renault	Zoe 5p.	5	88	-	14,6	0
D	Renault	Mégane 5p.	5	110	3,9	38,9	93
E	Nissan	Leaf 5p.	5	109	-	17,3	0
D	Renault	Laguna 5p.	5	150	5,5	54,9	118
E	Ford	Focus electric 5p.	5	145	-	14,3	0
D	Renault	Scénic 5p.	5	110	4,5	44,9	105
E	Mercedes	Clase B ED 5p.	5	180	-	17,9	0
D	Renault	Kangoo 3p.	2	90	5,2	51,9	119
E	Renault	Kangoo Z.E. 3p.	2	60	-	15,5	0
D	Renault	Trafic Combi 4p.	6/9	115	7,9	78,8	174
E	Nissan	E-NV200 Combi 5p.	7	109	-	16,5	0

Nota. Los vehículos eléctricos por definición carecen de ciclos de consumo. Fuente: elaboración propia en base a Mercedes (www.mercedes-benz.es), Ford (www.es.ford.com) Nissan (www.nissan.es) y Renault (www.renault.es). ^a1 l diésel = 9,98 kWh.

C: Combustible, D: Diésel, E: Electricidad.

9.4.2 Consumos y emisiones anuales de la flota eléctrica

Conocidos los datos de consumos y emisiones así como el kilometraje anual de cada modelo, se procede a calcular el consumo y emisiones anuales de la totalidad de la flota (tabla 12).

Tabla 12. Consumo y emisiones totales anuales.

Modelo	Uds.	Km/año	Autonomía (km)	Cons. energético (kWh/100 km)	Cons. anual (kWh)	CO ₂ (g/km)	CO ₂ (kg/año)
Zoe 5p.	5	15.000	240	14,6	1.095.000	0	0
Leaf 5p.	3	15.000	199	17,3	778.500	0	0
Focus electric 5p.	1	10.000	161	14,3	143.000	0	0
Clase B ED 5p.	85	28.000	200	17,9	42.602.000	0	0
Kangoo Z.E. 5p.	2	10.000	170	15,5	310.000	0	0
E-NV200 Combi 5p.	9	24.000	163	16,5	3.564.000	0	0
Total					48.492.500		0

Nota. Fuente: elaboración propia.

Ruido

Tenidas ya en cuenta las emisiones de ruido generadas por los motores de la flota de combustión, a continuación se muestran las generadas por los motores de la flota eléctrica propuesta (tabla 13).

Tabla 13. Ruido generado por los motores de la flota eléctrica propuesta.

Modelo	Cantidad	Emisiones ruido (dBA)	Total (dBA)
Zoe 5p.	5	0	0
Leaf 5p.	3	0	0
Focus electric 5p.	1	0	0
Clase B ED 5p.	85	0	0
Kangoo Z.E. 5p.	2	0	0
E-NV200 Combi 5p.	9	0	0
			0

Nota. Fuente: elaboración propia.

Como se observa, los motores de la flota eléctrica propuesta no generan ruido. No lo hacen porque esta es una característica propia de todo motor eléctrico, el ruido consecuencia de su funcionamiento es tan ínfimo que se entiende que no generan (González, 1980).

9.4.3 Gastos y costes anuales de la flota eléctrica

Derivados del consumo de electricidad

Con el objetivo de maximizar el ahorro, además de la tarificación eléctrica normal (2.0 A) se estudia el gasto económico de consumo eléctrico haciendo uso de la tarifa Supervalve (2.0 DHS) (Red Eléctrica de España S.A.U., 2015), tal y como se refleja en las tablas 14 y 15 respectivamente.

Tabla 14. Gasto económico asociado al consumo anual de electricidad. Tarifa 2.0 A (normal)

Electricidad (kWh/año)	Precio (€/kWh)	TOTAL (€/año)
48.492.500	0,12309	5.968.942

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Gasto económico asociado al consumo anual de electricidad. Tarifa 2.0 DHS (supervalve)

Electricidad (kWh/año)	Precio (€/kWh)	TOTAL (€/año)
48.492.500	0,06165	2.989.563

Nota. El precio de la tarifa supervalve sólo está disponible en el periodo comprendido entre las 1:00 y 7:00 horas. Fuente:

Derivados de la adquisición de los vehículos

Se entiende por coste de adquisición el precio final que se paga por cada vehículo. Para reducir el coste en la medida de lo posible se decide acogerse a todas las ayudas que procedan. En este caso las ayudas a las que se puede acceder corresponden al plan estatal MOVELE 2015 y son:

- 5.500 €/vehículo.
 - Máximo 30 vehículos.
 - Han de ser: turismo (M1), 100% eléctricos y autonomía > 90 km.
 - Deben estar incluidos en el catálogo dispuesto por MOVELE 2015.
 - Precio por vehículo antes de impuestos ≤ 40.000.

Cumpliendo con estos requisitos la flota seleccionada, el coste de adquisición queda como se indica en la tabla 16.

Tabla 16. Coste de adquisición de la flota eléctrica.

Modelo	Cantidad	Precio (€)		Coste antes ayudas (€)	Ayudas		Coste final (€)
		Antes de impuestos	Tras impuestos		Nº	Importe (€)	
Zoe 5p.	5	17.518	21.200	106.000			106.000
Leaf 5p.	3	24.000	29.040	87.120			87.120
Focus electric 5p.	1	30.810	39.000	39.000			39.000
Clase B ED 5p.	85	35.537	43.000	3.655.000	30	5.500	3.490.000
Kangoo Z.E. 5p.	2	16.353	20.700	41.400			41.400
E-NV200 Combi 5p	9	25.043	30.302	272.719			272.719
Total				4.201.239			4.036.239

Nota. Fuente: elaboración propia en base a Mercedes (www.mercedes-benz.es), Ford (www.es.ford.com) Nissan (www.nissan.es) y Renault (www.renault.es).

En caso de querer reflejar el coste en los mismo términos de vigencia del contrato de alquiler de la flota de combustión, este quedaría como se indica en la tabla 17.

Tabla 17. Coste anual de la adquisición de la flota eléctrica

Duración (años)	Coste (€)	Coste anual (€)
5	4.036.239	807.247,80

Nota. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los costes de mantenimiento, las propias características de los vehículos eléctricos hacen que sean tan irrelevantes como para obviarlos (Mis coches eléctricos, 2014).

9.4.4 Infraestructura de recarga eléctrica

Elección del equipo y cantidad

Debido al intensivo uso que se les supone a los vehículos de la flota derivado del cumplimiento de sus funciones, para minimizar los tiempos de recarga en la medida de lo posible se determina que la infraestructura de recarga conste de, al menos, un punto de recarga por vehículo eléctrico y especificaciones técnicas de recarga semi-rápida mediante el modo 3 (ver 2.1.2 *Puntos de recarga*).

En cumplimiento de las características descritas se elige la siguiente estación de recarga para la totalidad de la flota (tabla 18 y figura 48).

Tabla 18. Estación de recarga modo 3 seleccionada. Características principales.

ES-WPP2T32/0	
Modo de carga	Modo 3 - IEC61851
Corriente nominal	32 A
Voltaje	400V (trifásico)
Potencia de carga máx.	22 kW
Acoplador de carga	Tipo 2 / IEC62196
Protección integrada	Tipo A 30mA RCBO
Peso	2,7 kg
Dimensiones (H x W x D)	37 x 18 x 14 cm
Indicador LED	Estado recarga, Indicador de error
Temperatura de funcionamiento	- 30 °C ... + 50 °C

Nota. Fuente: e-station. www.e-station-store.com



Figura 48. Estación de recarga elegida. Fuente: e-station

Con estas especificaciones, los tiempos estimados de recarga para la flota eléctrica propuesta serían los indicados en la tabla 19.

Tabla 19. Tiempos de recarga de la flota eléctrica.

Modelo	Capacidad batería (kWh)	Tiempo recarga (0-100%)
Zoe 5p.	22	2 h
Leaf 5p.	24	2h 10'
Focus electric 5p.	23	2h 5'
Clase B ED 5p.	28	2h 35'
Kangoo Z.E. 5p.	24	2h 10'
E-NV200 Combi 5p	24	2h 10'

Nota. Fuente: elaboración propia en base a Mercedes (www.mercedes-benz.es), Ford (www.es.ford.com) Nissan (www.nissan.es) y Renault (www.renault.es).

Las estaciones de recarga se distribuyen por las 9 comisarías y garajes que la Policía Local dispone en proporción al número de vehículos eléctricos correspondientes a cada una. De este modo se disponen un total de 105 estaciones de recarga eléctrica.

Coste de adquisición

Al precio de venta del fabricante se suma el coste de instalación. A ello hay que descontar las ayudas recogidas en el plan estatal MOVELE 2015.

Al otorgar una ayuda, MOVELE 2015 contempla que, por vehículo subvencionado, el concesionario donde se expidió asume el coste de adquisición e instalación de un punto de recarga eléctrica hasta los 1.000 €. De este modo, el coste de adquisición de la infraestructura de recarga queda como se indica en la tabla 20.

Tabla 20. Coste de adquisición de la infraestructura de recarga de la flota eléctrica.

Estación recarga (€/u)	Instalación (€/u)	Cantidad	Ayudas		Coste final (€)
			Nº	Importe (€)	
840,58	200	105	30	1.000	79.261

Nota. Fuente: elaboración propia en base a e-station. www.e-station-store.com

En caso de querer reflejar el coste en los mismo términos de vigencia del contrato de alquiler de la flota de combustión, este quedaría como se indica en la tabla 21.

Tabla 21. Coste anual de la adquisición de la flota eléctrica

Duración (años)	Coste (€)	Coste anual (€)
5	79.261	15.852,20

Nota. Fuente: elaboración propia.

Implicaciones de la infraestructura

La instalación de la infraestructura necesaria para la recarga de la flota eléctrica precisa de su estudio pues, este aspecto implica a varios agentes.

Como ya se vio en el punto 2.2.3 *España*, en España la infraestructura de recarga para el vehículo eléctrico está regulada por la normativa ITC BT 52. Entre otros aspectos, en ella se recoge la tipología y características de la infraestructura según el emplazamiento y función que vaya a tener. En el caso que nos ocupa, al decidirse ubicar la infraestructura en las comisarías y garajes de la Policía Local de Sevilla, esta encaja con la tipología establecida por la norma para aquella infraestructura de recarga ejecutada en aparcamientos de viviendas unifamiliares (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2014).

Más allá de los aspectos puramente técnicos asociados a la tipología de la infraestructura, la norma establece que según el uso y tipología del edificio donde vaya a realizarse la instalación, esta puede precisar de proyecto. Para el caso se cumple con aquellas condiciones de la norma que exigen la realización de un proyecto de instalación pues los edificios destino se corresponden con los contemplados por la norma donde este proyecto es exigido (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2014).

Esta exigencia conlleva la implicación de varios agentes relacionados con el ámbito urbanístico. Ya sea desde la redacción del proyecto hasta la posible dirección de su ejecución y la propia instalación, intervendrán una serie de técnicos cualificados así como otros agentes (técnicos municipales, empresas instaladoras), implicando así al sector urbanístico y constructivo en la implantación del vehículo eléctrico en la ciudad.

El coste económico derivado de estas implicaciones se entiende incluido en el precio de la infraestructura, al encargarse la empresa instaladora de las necesidades técnicas para su implantación.

9.5 Fase 3: resultados.

Estudiada la flota de combustión y su equivalente eléctrica, se recogen los diferentes resultados obtenidos de una y otra.

9.5.1 Resultados energéticos y medioambientales

A continuación se muestran los resultados de consumo energético anuales de la flota de combustión y de su equivalente eléctrica (tabla 22).

Tabla 22. Consumos energéticos anuales.

Consumo energético (kWh/año)		
Flota actual (combustión)	Flota propuesta (eléctrica)	Diferencia
130.173.132 ^a	48.492.500	81.680.632

Nota. Fuente: elaboración propia. ^aCada litro diésel equivale a 9,98 kWh.

En la tabla 23 se recogen los resultados de emisiones de CO₂ anuales de la flota de combustión y de su equivalente eléctrica.

Tabla 23. Emisiones de CO₂ anuales.

Emisiones de CO ₂ (kg/año)		
Flota actual (combustión)	Flota propuesta (eléctrica)	Diferencia
302.129	0	302.129

Nota. Fuente: elaboración propia.

La tabla 24 muestra los resultados de emisiones de ruido generadas por los motores de la flota de combustión y por la eléctrica propuesta.

Tabla 24. Emisiones de ruido.

Emisiones de ruido (dBA)		
Flota actual (combustión)	Flota propuesta (eléctrica)	Diferencia
6.825	0	6.825

Nota. Fuente: elaboración propia.

9.5.2 Resultados económicos

A continuación se resumen los gastos económicos estudiados asociados a cada flota. Estos gastos se clasifican en:

- Gastos anuales derivados del consumo.
- Gastos anuales derivados del alquiler (flota de combustión) y de la adquisición e infraestructura (flota eléctrica).

Gastos de consumo

En la tabla 25 se recogen los gastos económicos generados por el consumo energético anual de cada flota.

Tabla 25. Gasto económico asociado al consumo anual.

Flota actual (combustión)	Gastos de consumo (€/año)		Diferencia
	Tarifa 2.0 A (normal)	Tarifa 2.0 DHS (supervalle)	
13.695.570	5.968.942	2.989.563	+7.726.628 / +10.706.007

Nota. El símbolo positivo (+) significa que la diferencia resulta favorable a la propuesta eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

Gastos alquiler / adquisición e infraestructura

En la tabla 26 se recogen los gastos económicos generados anualmente por el alquiler (flota de combustión) y por la adquisición e infraestructura (flota eléctrica) de las flotas.

Tabla 26. Gasto económico asociado al alquiler / adquisición e infraestructura.

Alquiler (flota combustión)	Gastos (€/año)		Diferencia
	Flota eléctrica	Infraestructura eléctrica	
811.093,82	807.247,80	15.852,20	-12.006,18

Nota. El símbolo negativo (-) significa que la diferencia es a favor de la flota de combustión. Fuente: elaboración propia.

Es conveniente recordar que los gastos anuales están referidos a un periodo de cinco años (vigencia del contrato de alquiler) para poder ser comparados en igualdad de condiciones, tal y como se describió en 8.3.2 *Gastos y costes anuales de la flota de combustión*, en 8.4.3 *Gastos y costes anuales de la flota eléctrica* y en 8.4.4 *Infraestructura de recarga eléctrica*.

10. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Concluido el desarrollo de la sustitución de la flota del Cuerpo de Policía de Sevilla por una impulsada exclusivamente por electricidad se procede a analizar los resultados arrojados.

10.1 Emisiones

Gases contaminantes

Una de las premisas para la sustitución de la flota existente por otra eléctrica se basaba en la reducción de las emisiones de gases contaminantes.

En el caso de la ciudad de Sevilla, en 2013 las emisiones de CO₂ ascendieron a las 950.000 t, de las cuales 623.000 t (65,6%) fueron originadas por el tráfico rodado (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2013). Ante esta situación medioambiental en Sevilla, el presente trabajo cobra mayor importancia y es que sólo sustituyendo la flota del Cuerpo de la Policía Local de Sevilla, impulsada por combustible diésel, por una equivalente completamente eléctrica se ha conseguido dejar de emitir 302 t de CO₂ anuales a la atmósfera.

Teniendo en cuenta lo que se acaba de exponer, la lectura de esta reducción de emisiones resulta positiva. En el aspecto medioambiental, este ahorro en emisiones de CO₂ favorece la recuperación de la dañada capa de ozono, lo cual reduce el efecto invernadero y el calentamiento global. Además contribuye a la reducción de la huella de carbono ya que equivale a unas 280 ha de planeta que dejan de deteriorarse (Vidal & Cuervos, 2014). Administrativamente, supone una significativa ayuda para la consecución de los objetivos de los distintos compromisos suscritos por el Ayuntamiento

de Sevilla. Por ejemplo el Pacto de los Alcaldes, mediante el que se comprometió a una reducción del 20% en las emisiones de CO₂ para 2020. Y en cuanto a calidad del aire, esta reducción no sólo en CO₂ sino en el resto de gases emitidos por la combustión diésel, mejora la salubridad del aire urbano lo cual repercute directamente en la salud de la ciudadanía.

La superior eficiencia energética de los motores eléctricos frente a los de combustión queda patente en este trabajo. Si ya se adelantaron diferencias de entre un 60% y un 70%, los resultados de consumo energético lo corroboran: 130.173.132 kWh anuales de la flota de combustión (13.043.400 litros de diésel) frente a 48.492.500 kWh anuales de la eléctrica. En otras palabras, por cada kWh consumido por la flota eléctrica la de combustión consume 2,68 kWh (0,27 l de diésel). Una diferencia media entre ambas flotas de casi el 60%.

Esta diferencia en la eficiencia energética se refleja en los aspectos económicos asociados y en las emisiones derivadas de la combustión pero también en aquellas emisiones generadas justo hasta el momento del repostaje/recarga. Estas son las denominadas emisiones en origen y engloban a todas aquellas emisiones generadas en los distintos procesos de obtención, tratamiento y transporte de la energía utilizada hasta el punto de repostaje/recarga.

Estas emisiones dependen de terceros (pozos de petróleo, refinerías, centrales eléctricas, transporte...) y aunque a priori pueda no parecerlo, son evitables, en gran medida, recurriendo al abastecimiento energético procedente de fuentes renovables.

La energía de fuentes renovables (viento, sol, agua...) no genera emisiones durante su obtención, transformándose principalmente en electricidad o calor pero en ningún caso en combustible fósil. Ante la posibilidad del vehículo eléctrico de acceder a esta energía frente al de combustión, la diferencia de eficiencia entre ambos aumenta aún más si cabe pues no sólo realiza un menor consumo y con cero emisiones sino que, además, reduce aquellas derivadas de la obtención energética, las emisiones en origen.

Esta lectura de los resultados de consumo energético cuantifica la gran ventaja del vehículo eléctrico sobre el de combustión, un aspecto que, como se acaba de ver, termina repercutiendo positivamente más allá del propio ámbito de la flota de vehículos.

Ruido

Siempre a la sombra de las emisiones de gases contaminantes, las emisiones de ruido generadas por el tráfico rodado suponen el 80% de la contaminación acústica de una ciudad (Ecologistas en Acción, 2013). Aunque el daño producido no sea tan alarmante como el de las emisiones de gases contaminantes, este subyace en su día a día. En este caso y como se ha visto en puntos anteriores, reemplazar la flota de combustión interna de la Policía Local de Sevilla por una eléctrica equivalente supone retirar 105 vehículos emitiendo 65 dBA por toda la ciudad, es decir, 6.825 dBA o lo que es lo mismo, una reducción de la contaminación acústica asociada del 100%.

La lectura de estos resultados tiene un impacto positivo y directo sobre la ciudadanía que sufre los daños provocados por la contaminación acústica, tales como daños psíquicos, físico-vegetativos o los del propio oído (Ecologistas en Acción, 2013). Eliminar esa cantidad de emisiones de ruido repercute en un mayor confort urbano haciendo de la ciudad un lugar más agradable donde vivir, es decir, una ciudad más sostenible.

10.3 Económicos

La sustitución de la actual flota de combustión de la que se sirve el Cuerpo de Policía Local de Sevilla por una equivalente impulsada únicamente por electricidad conlleva una serie de implicaciones económicas.

Análisis

Por una parte, el gasto de implantación de la flota que, a su vez, comprende el gasto de adquisición de los vehículos y el de los puntos de recarga eléctrica.

Como se ha visto en el punto 8.4.3 *Determinación de gastos y costes de la flota eléctrica* el importe de adquisición de la flota de vehículos asciende a los 4.201.239 €, 4.036.239 € de hacer uso de las ayudas disponibles, es decir, un ahorro de 165.000 €. Para poder comparar en igualdad de condiciones el gasto anual (por alquiler y adquisición) de ambas flotas (combustión y eléctrica respectivamente) se decidió tomar como unidad modular la duración del contrato de alquiler de la flota de combustión, es decir, 5 años. Así, en este marco temporal de 5 años, frente a un gasto anual por el alquiler de la flota de combustión de 811.093,82 € el anual por la adquisición de la flota de vehículos eléctricos se queda en 807.247,80 € ayudas incluidas, una diferencia de 3.846,02 € al año.

Mientras, en el punto 8.4.4 *Infraestructura de recarga eléctrica* se muestra cómo, ayudas incluidas, la adquisición de toda la infraestructura de recarga asciende a 79.261 €, es decir, 15.852,20 € anuales.

Por tanto, el gasto total de implantación de la flota eléctrica (adquisición de vehículos + infraestructura) alcanza los 4.115.500 € ayudas incluidas, es decir, 823.100 € anuales. Frente a los 811.093,82 € anuales de alquiler de la actual flota de combustión, la completa implantación de la flota eléctrica supone tan sólo un sobrecoste de 12.006,18 € al año.

Por otra parte, sustituir la actual flota de combustión por una equivalente eléctrica tiene asociado un ahorro económico consecuencia del uso de electricidad en lugar de combustible diésel. Mientras que la flota actual tiene un gasto anual de 13.695.570 €, el de la eléctrica es de 5.968.942 €, una diferencia de 7.726.628 € anuales que puede aumentar hasta 10.706.007 € si, en lugar de hacer uso de la tarifa eléctrica normal 2.0 A, se aprovecha la franja Supervalle de la tarifa con discriminación horaria 2.0 DHS.

Viabilidad económica

El hecho de considerar y analizar estas implicaciones descritas (implantación y consumo) conforma lo que puede definirse como el plan de viabilidad económica del proyecto. Fruto de ello, en la tabla 27 se muestra el resultado económico anual de la implantación de la flota eléctrica frente a la actual de combustión.

Tabla 27. Coste económico anual de la sustitución de la flota de combustión por una equivalente eléctrica.

		Coste anual (€/año)			
Flota de combustión		Flota eléctrica			Diferencia
Alquiler	Consumo	Implantación	Consumo (según tarifa)		
			2.0 A (normal)	2.0 DHS (S-Valle)	
811.093,82	13.695.570	823.100	5.968.942	2.989.563	
14.506.663,82		6.792.042 (2.0 A)			+7.714.621,82 (2.0 A)
		3.812.663 (2.0 DHS)			+10.694.000,82 (2.0 DHS)

Nota. El símbolo positivo (+) significa que la diferencia resulta favorable a la propuesta eléctrica.
Fuente: elaboración propia.

Como se acaba de demostrar en la tabla 23, la sustitución de la flota de combustión por una equivalente eléctrica supone un ahorro económico considerable: 7.714.621,82 € anuales utilizando una tarifa eléctrica normal (2.0 A) y 10.694.000,82 € en caso de usar la tarifa Supervalle (2.0 DHS). El proyecto es rentable económicamente, tan sólo restaría determinar su período de amortización para completar el plan de viabilidad económica.

Determinar la amortización significa obtener el momento en el tiempo a partir del cual la sustitución de la flota de combustión por una equivalente eléctrica pasa de ser un gasto a un ahorro económico. Para ello se tienen en consideración tres parámetros: inversión inicial o coste total de implantación (vehículos + infraestructura), gasto anual por consumo eléctrico y gasto anual por consumo diésel. El momento en el que el proyecto queda amortizado es aquel en el que la suma de la inversión inicial y el gasto anual por consumo eléctrico es inferior al gasto anual por consumo diésel, es decir, su balance es positivo (+). En la tabla 28 se muestra la amortización del proyecto a 5 años (duración del contrato del alquiler de la flota de combustión).

Tabla 28. Amortización económica a 5 años.

Año	Gasto consumo diésel	Inversión inicial	Amortización anual (€/año)		Amortizado
			Gasto consumo electricidad	Balance	
1	13.695.570	4.115.500	6.792.042 (2.0 A)	+ 2.788.028	Sí
			3.812.663 (2.0 DHS)	+ 5.767.407	Sí
2	13.695.570	0	6.792.042 (2.0 A)	+ 6.903.528	Sí
			3.812.663 (2.0 DHS)	+ 9.882.907	Sí
3	13.695.570	0	6.792.042 (2.0 A)	+ 6.903.528	Sí
			3.812.663 (2.0 DHS)	+ 9.882.907	Sí
4	13.695.570	0	6.792.042 (2.0 A)	+ 6.903.528	Sí
			3.812.663 (2.0 DHS)	+ 9.882.907	Sí
5	13.695.570	0	6.792.042 (2.0 A)	+ 6.903.528	Sí
			3.812.663 (2.0 DHS)	+ 9.882.907	Sí

Nota. El símbolo positivo (+) significa que la diferencia resulta favorable a la propuesta eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla 28, al término del primer año el proyecto ya queda amortizado, con un balance positivo o ahorro económico que va desde los 2.788.028 €, de elegir la tarifa eléctrica normal o 2.0 A, hasta los 5.767.407 € en caso de usar la franja Supervalve de la tarifa con discriminación horario 2.0 HDS. Esto hace que para el segundo año no reste por amortizar nada de la inversión inicial, alcanzando desde entonces un ahorro económico anual que va desde los 6.903.528 € a 9.882.907 €, respectivamente.

De este modo, la lectura y análisis de los resultados económicos recogidos a lo largo del punto 8.5 Fase 3: resultados demuestran la completa viabilidad económica del proyecto.

10.4 Prácticos

A través del análisis de los resultados obtenidos así como del desarrollo del trabajo, se extrae la lectura de la aplicación práctica del proyecto, determinada fundamentalmente por el aspecto técnico de la autonomía y recarga de la flota eléctrica.

La relación recorrido-autonomía diaria resulta clave para la determinar viabilidad práctica del proyecto pues, es fundamental que los vehículos puedan recorrer la distancia que por el cumplimiento de su función se les estima, o más, sin necesidad de parar para realizar recarga alguna.

Con tal fin y con los datos aportados de los distintos modelos y recorrido anual, se obtiene la viabilidad práctica de cada uno en base a las premisas anteriores (tabla 29).

Tabla 29. Recorrido y autonomía diarias.

Modelo	Km/año	Recorrido medio diario (Km)	Autonomía (km)
Zoe 5p.	15.000	42	240
Leaf 5p.	15.000	42	199
Focus electric 5p.	10.000	28	161
Clase B ED 5p.	28.000	77	200
Kangoo Z.E. 5p.	10.000	28	170
E-NV200 Combi 5p.	24.000	66	163

Nota. Fuente: elaboración propia en base a Mercedes (www.mercedes-benz.es), Ford (www.es.ford.com) Nissan (www.nissan.es) y Renault (www.renault.es).

Como se observa en la tabla 25, la autonomía para todos los modelos sobrepasa en más del doble las necesidades medias diarias, por lo que, aun con picos de recorrido, la autonomía resultaría suficiente.

Esta lectura y análisis de los resultados demuestra que la implantación del proyecto resulta viable desde una perspectiva práctica.

11. CONCLUSIONES

11.1 Generales

De los resultados obtenidos en la investigación se ha podido confirmar la hipótesis principal en torno al sentido que tiene la implantación del vehículo eléctrico en la ciudad como parte de un conjunto en la búsqueda de una la mejora de la calidad del aire.

De inicio se planteaba la introducción del vehículo eléctrico en el ámbito urbano como medida para contrarrestar su contaminación atmosférica. Este principio ha podido corroborarse durante el desarrollo de la investigación, confirmando así su teoría.

Se ha demostrado que el vehículo eléctrico es una herramienta tan útil que casi se hace necesaria para la consecución del desarrollo urbano sostenible, pues, como se ha podido comprobar, representa una respuesta real a la problemática medioambiental generada por el sector transporte. Se cumple así, con el principal objetivo de este proyecto de investigación.

11.2 Concretas

11.2.1 Del análisis de la situación actual

El desarrollo de la investigación ha permitido adentrarse y profundizar en el estado actual medioambiental, sus múltiples causas y la gran responsabilidad que el hombre tiene como origen y solución. Se ha comprobado cómo los niveles de contaminación han ido ascendiendo exponencialmente con el transcurso de los años y cómo el sector transporte es cómplice de ello. De lo cual se ha podido extraer que este sector precisa de un cambio para afrontar la realidad medioambiental que le rodea y ofrecer soluciones a los problemas que él mismo origina.

Frente a esta situación, y desde hace unos años, cada vez más son los organismos públicos que van tomando conciencia en el asunto. Se establecen políticas y acuerdos para frenar la contaminación del medio ambiente, e invertir la situación actual.

Uno de los caminos que paulatinamente va tomando más notoriedad es el fomento del vehículo eléctrico como reemplazo al vehículo con motor de combustión. Los organismos crean marcos legales e iniciativas favorables para su desarrollo e implantación, así como su divulgación, para aumentar la demanda en el sector en detrimento del vehículo de combustión.

Se ha podido comprobar, en particular, que el Ayuntamiento de Sevilla se suma a esta corriente. Se encuentra comprometido e involucrado con diferentes proyectos que

se estructuran, mediante organismos dispuestos específicamente, con el fin de remediar la situación medioambiental en la que se ha podido comprobar que se encuentra. Como parte de ello se ha observado que dispone de un marco muy favorable para el uso del vehículo eléctrico en la ciudad y que ya ha comenzado a implantarlo en distintas áreas de su organigrama como parte de experiencias para probar su impacto medioambiental.

Como respuesta a las políticas favorables a la implantación del vehículo eléctrico que van proliferando, se ha podido comprobar cómo los fabricantes del sector aprovechan el incipiente nicho de mercado para posicionar sus productos. Fabricantes de vehículos eléctricos, de infraestructura de recarga, empresas de renting, de car-sharing y proveedores se han dado cuenta de la relevancia que está y seguirá tomando el vehículo eléctrico, creándose así toda una industria a su alrededor. La competencia fruto de ello está favoreciendo un constante desarrollo tecnológico en busca de una mayor cuota de mercado, repercutiendo positivamente en última instancia sobre el medio ambiente.

Sin embargo, a esto último hay que añadir un hándicap. La rapidez con la que evoluciona el sector y la tecnología de la que se sirve, ha ocasionado un desfase entre las necesidades demandadas y las regulaciones administrativas de estas. Se ha podido concluir que la industria del sector va un paso por delante, lo que, en ciertos, casos origina un abandono legal. El más claro es la problemática de la estandarización de los conectores para la recarga de los vehículos eléctricos. La inexistencia de un diálogo entre organismos sumado a el desarrollo individualista de bloques de fabricantes ha ocasionado un abanico de opciones en la tipología de conectores que ha dado lugar a una gran confusión entre los consumidores. Del mismo modo que ya sucede entre viviendas de países distintos, el diseño de los enchufes no permite conectar cualquier vehículo a cualquier punto de recarga sino que este está sujeto al tipo de conector que tenga, originando incompatibilidades en la recarga. De ello se extrae la necesidad de una estandarización dentro de un marco normativo consensuado entre gobiernos y fabricantes, para así eliminar esta problemática.

11.2.1 Del análisis de los resultados

Derivadas de la investigación y el análisis de los resultados arrojados, se han podido obtener conclusiones referentes a aspectos medioambientales y de viabilidad de la propuesta.

La sustitución de la actual flota de combustión de la Policía Local de Sevilla por una equivalente eléctrica ha revelado la importancia y repercusión de esta tecnología sobre el medio ambiente en la ciudad. El estudio de implantación de esta propuesta ha probado que, a pesar de su acotada magnitud, la completa ausencia de emisiones contaminantes a la atmósfera supone un gran y positivo impacto en la calidad del aire de la ciudad, del medio ambiente en general y del confort urbano, contribuyendo a la reducción de los gases invernaderos y de la contaminación acústica.

Del análisis de los resultados económicos se ha podido extraer la conclusión de la viabilidad económica del proyecto. Pese a la gran inversión inicial, las diferencias entre las cantidades energéticas consumidas y sus respectivos precios de mercado han terminado por justificar su viabilidad económica, consiguiendo, además, ser amortizado al término del primer año.

En cuanto a la viabilidad práctica del proyecto las posibles dudas iniciales al respecto quedan disueltas tras el análisis de su implantación y uso práctico. Del análisis de las características de la flota y su recorrido diario se ha podido concluir que cuenta con la autonomía eléctrica suficiente para el presumible cumplimiento de sus funciones, llegando esta, incluso, a duplicar las necesidades medias diarias en previsión de posibles picos de actividad.

Todo esto proporciona la suficiente solidez a este trabajo de investigación como para afirmar que, además del cumplimiento de sus objetivos, resulta una propuesta firme y atractiva a la vez que útil y factible que puede ser extrapolada con carácter universal,

con unas repercusiones, en todo caso, que fomentan el positivo desarrollo de aquellos campos sobre los que incide.

12. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de este trabajo de investigación ha ido abriendo ventanas hacia temas adyacentes a la línea central, que, por la entidad de los mismos requieren una profundización no abarcable en el presente documento. Es por ello que se quedan propuestos como posibles líneas de investigación a explorar.

- Hacer uso de la tecnología de recarga eléctrica inalámbrica por inducción¹⁶ reservando ciertos carriles en la ciudad para la recarga en movimiento o dinámica de los vehículos.
- Implantación y estudio de la infraestructura necesaria para suministrar una recarga eléctrica procedente de fuentes de energía renovable (eólica, solar o hidráulica).
- Ampliar la delimitación de la investigación abarcando la totalidad de la flota pública de la ciudad
- Analizar el impacto socio-económico de la implantación del vehículo eléctrico sobre talleres de automóviles y proveedores de componentes.

13. REFERENCIAS

13.1 Bibliografía

Dietsche, K.-H. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Reverte.

Linde, A. (2011). *Preston Tucker & Others: Tales of Brilliant Automotive Innovations*. Veloce Publishing Ltd.

OECD. (2012). *OECD Green Growth Studies Compact City Policies A Comparative Assessment: A Comparative*. OECD Publishing.

Rajakaruna, S. F. S. (2014). *Plug in Electric Vehicles in Smart Grid: Energy Management*. (S. Rajakaruna, F. Shahnia, & A. Ghosh, Eds.). New York: Springer Berlin Heidelberg.

Woods, V. (1967). *Acumuladores*. Editorial Diana.

13.2 Proyectos académicos y de investigación

Blanco, A. (2011). *Análisis de vehículos basados en pila de combustible alimentados por hidrógeno*. Universidad de Sevilla. Recuperado a partir de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5435>

¹⁶ Sistema de recarga eléctrica inalámbrica mediante campos magnéticos.

- Cestau Cubero, S. (2014). *Sostenibilidad técnica, económica y ambiental de flotas comerciales de vehículos eléctricos*. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado a partir de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/286233/TSCC1de1.pdf?sequence=1>
- De Prado, A. (2015). *Desarrollo de una plataforma para el análisis del potencial de electrificación de flotas de taxis*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Recuperado a partir de http://oa.upm.es/37360/7/PFC_ALEJANDRO_DE_PRADO_NANTON_2015.pdf
- Domínguez, J. L. (2013). *Análisis de la viabilidad del vehículo eléctrico en una empresa de reparto de comida a domicilio*. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado a partir de http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17364/Memoria_TFM_JoseLuisDomínguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fogelberg, H. (2000). *Renegotiating the identity of «the modern electric vehicle». Electrifying Visions: The Technopolitics of Electric Cars in California and Sweden During the 1900's*. Göteborg University.
- Mateo, Á. R. (2010). *Evaluación del impacto de los vehículos eléctricos en las redes de distribución*. Universidad Pontificia Comillas. Recuperado a partir de <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4c19f52f00697.pdf>
- Mújica, J. (2014). *Recomendaciones para la introducción progresiva de la tecnología de propulsión eléctrica en el transporte público de Santiago de Chile*. Universidad de Chile. Recuperado a partir de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115973/cf-mujica_jc.pdf?sequence=1
- Muñoz, H. (2014, enero 1). *Evaluación costo beneficio en la implantación y fomento de la movilidad eléctrica local. Estudio de caso: vehículos eléctricos en servicios públicos de limpieza de Barcelona*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. Recuperado a partir de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/22424>

13.3 Informes, revistas, artículos de investigación

- Alesiani, F., & Maslekar, N. (2014). Optimization of Charging Stops for Fleet of Electric Vehicles: A Genetic Approach. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 6(3), 10-21. <http://doi.org/10.1109/MITS.2014.2314191>
- Alonso, L. (2007). La ciudad insostenible. *Inmueble: Revista del sector inmobiliario*, 69, 59-60. Recuperado a partir de <http://www.revistainmueble.es/2007/03/01/inmueble-69/>
- City of Amsterdam. (2014). *EV Amsterdam city Map*. Amsterdam.
- Díaz, C. A., & Hernández, J. C. (2011). Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica. *Sistemas & Telemática*, 9, 53-81. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/exportarcita.oa?id=411534385004>

- Dirección General de Industria e Innovación Tecnológica. (2012). *Guía del vehículo eléctrico para Castilla y León*.
- Dyer, J., & Gregersen, H. (2015). Decoding Tesla's Secret Formula. *Forbes*. Recuperado a partir de <http://0-search.proquest.com.fama.us.es/docview/1707556008?accountid=14744>
- Ecologistas en Acción. (2013). Contaminación acústica y ruido. Recuperado a partir de http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/cuaderno_ruido_2013.pdf
- Endesa. (2008). *Smartcity Malaga, Un modelo de gestión energética sostenible para las ciudades del futuro. Dirección General de Distribución de Endesa*.
- González, F. P. (1980). Motores Diésel. *Revista DYNA*, 4, 70-83. Recuperado a partir de <http://www.revistadyna.com/inicio-dyna>
- Guarnieri, M. (2011). When Cars Went Electric, Part 2 [Historical]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 5(2), 46-53. <http://doi.org/10.1109/MIE.2011.941122>
- Guignard, S. (2010). *Histoire du développement en France du véhicule électrique - ADEME*. ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Recuperado a partir de <http://www.ademe.fr/histoire-developpement-france-vehicule-electrique>
- Herzer, H., & Gurevich, R. (1996). *La relación contaminación-desastre natural*. Recuperado a partir de <http://www.desenredando.org/>
- IDAE. (2012). *Mapa Tecnológico movilidad eléctrica*. Recuperado a partir de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Movilidad_Electrica_ACC_c603f868.pdf
- IEA. (2012). *EV City casebook: A look at the global electric vehicle movement. EV City Casebook*.
- IEA. (2014). *Key World Energy Statistics 2014*. Recuperado a partir de <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>
- IEA. (2015). *Global EV Outlook 2015*. Recuperado a partir de <http://www.iea.org/topics/transport/subtopics/electricvehiclesinitiative/>
- López Martínez, J. M., Jiménez Alonso, F., Flores Holgado, N., & Resino Zamora, D. (2011). Requerimientos energéticos de los vehículos híbridos de transporte urbano de alto tonelaje. *Energetic requirements of heavy duty urban transport hybrid vehicles. (English)*, 86(2), 182-189. Recuperado a partir de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=59798986&lang=es&site=ehost-live>
- OMS. (2012). Los gases de escape de los motores diésel son cancerígenos. *Nota de prensa Nº 213*. Recuperado a partir de http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_S.pdf

- Sierzchula, W. (2014). Factors influencing fleet manager adoption of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31, 126-134. <http://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.022>
- The Editors of Encyclopædia Britannica. (2015). Thomas Davenport. En *Encyclopædia Britannica*. Encyclopædia Britannica. Recuperado a partir de <http://global.britannica.com/biography/Thomas-Davenport>
- Trigg, T. (2013). Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020. *IEA*, (April), 1-41. Recuperado a partir de <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name-37024-en.html>
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Global+EV+Outlook:+Understanding+the+Electric+Vehicle+Landscape+to+2020#0>
- Vidal, M., & Cuervos, E. (2014). Huella de carbono de vehículos de nuevas energías para el análisis de la sostenibilidad. *Revista de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente de la Universidad Alfonso X El Sabio*, 18. Recuperado a partir de <http://www.uax.es/publicacion/huella-de-carbono-de-vehiculos-de-nuevas-energias-para-el-analisis-de-la.pdf>
- WWF International. (2014). *Informe Planeta Vivo 2014*. Recuperado a partir de www.wwf.es/ipv

13.4 Normativa

- Área de Gobierno de Accesibilidad y Movilidad. (2014). *Plan de Movilidad Urbana Sostenible*. Ayuntamiento de Málaga.
- Ayuntamiento de Madrid. (2014). *Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la ciudad de Madrid*. Recuperado a partir de http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidadTransportes/MOVIDAD/PMUS_Madrid_2/PMUS_Madrid/Diagnóstico_Ejecutivo_PMUS_Madrid_14_feb_2014.pdf
- Ayuntamiento de Málaga. (2012). Movilidad: Líneas de trabajo y objetivos. Recuperado 18 de septiembre de 2015, a partir de http://movilidad.malaga.eu/portal/seccion_0004
- Ayuntamiento de Sevilla. Modificación Ordenanza fiscal reguladora de Tasa por estacionamiento regulado, Ayuntamiento de Sevilla web site (2011). Spain. Recuperado a partir de http://www.sevilla.org/ayuntamiento/competencias-areas/area-de-hacienda-y-administracion-publica/agencia-tributaria-de-sevilla/d-informacion-tributaria/ordenanzas-fiscales/ordenanzas-fiscales-2012/tasa_estacionamiento_de_vehiculos_xzona_azul-aussax.pdf
- Ayuntamiento de Sevilla. Ordenanza contra la contaminación acústica, ruidos y vibraciones. (2013). España.

- Ayuntamiento de Sevilla. Ordenanza fiscal reguladora del impuesto sobre vehículos, Ayuntamiento de Sevilla web site (2012). Spain. Recuperado a partir de http://www.sevilla.org/ayuntamiento/competencias-areas/area-de-hacienda-y-administracion-publica/agencia-tributaria-de-sevilla/d-informacion-tributaria/ordenanzas-fiscales/ordenanzas-fiscales-2014/of_impuesto_sobre_vehiculos_de_traccixn_mecxnica.pdf
- Ayuntamiento de Sevilla. (2015d). Sevilla Smartcity: Plan Director de Innovación. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.sevilla.org/ayuntamiento/competencias-areas/alcaldia/ITAS/plan-director>
- Consejería de Economía, I. C. y E. (2014). Programa de impulso al vehículo eléctrico en Andalucía. Recuperado a partir de https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/pimve_info.pdf
- LIVE. (2015). Ayudas e incentivos. Recuperado 15 de septiembre de 2015, a partir de <http://w41.bcn.cat/es/ajuts-incentius/>
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. RD 989/2014 (PIMA Aire 4), Pub. L. No. 12413 (2014). España: Boletín Oficial del Estado.
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos», del Reglamento electrotécnico para ba, Pub. L. No. 13681 (2014). España: Boletín Oficial del Estado.
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2015a). *Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) en España (2014-2020)*. España: Dirección de Comunicación.
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. Real Decreto 287/2015, de 17 de abril, por el que se regula la concesión directa de subvenciones para la adquisición de vehículos eléctricos en 2015 (Programa MOVELE 2015)., Pub. L. No. 4215 (2015). España: Boletín Oficial del Estado.
- Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética. (2011).
- Parlamento Europeo. (2014). El Parlamento Europeo endurece el límite de ruido de los vehículos. Recuperado 12 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.europarl.europa.eu/news/es/news-room/content/20140331IPR41178/html/El-Parlamento-Europeo-endurece-el-l%C3%ADmite-de-ruido-de-los-veh%C3%ADculos>
- UE. Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, L 94/1 Diario Oficial de la Unión Europea 12-13 (2014).

13.5 Páginas web

- AEMA. (2013). La contaminación del tráfico sigue siendo nociva para la salud en muchas partes de Europa. Recuperado 12 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.eea.europa.eu/es/pressroom/newsreleases/la-contaminacion-del-trafico-sigue>
- Aficionados a la mecánica. (2014). Emisión de Gases de Escape en Motores Gasolina y Diesel. Recuperado 21 de octubre de 2015, a partir de <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- Agencia Andaluza de la Energía. (2013). Andalucía espera contar con 1.600 puntos de recarga de vehículos eléctricos a finales de 2014. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/noticias/Programa-impulso-vehiculo-electrico-agosto2013>
- Agencia Local de la Energía de Sevilla. (2012). Sistema de Indicadores de Sostenibilidad. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.sevilla.org/ayuntamiento/competencias-areas/area-de-habitat-urbano-cultura-y-turismo/agencia-local-de-la-energia/sistema-indicadores-al21>
- Agencia Municipal de la Energía de Málaga. (2011). Proyecto Green eMotion. Recuperado 14 de octubre de 2015, a partir de http://energia.malaga.eu/portal/menu/seccion_0002/secciones/subSeccion_0005
- Agencia Tributaria. (2014). Impuesto de Matriculación de Vehículos Automóviles. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/datosabiertos/catalogo/hacienda/Estadistica_del_Impuesto_sobre_Matriculacion_de_Vehiculos_Automoviles.shtml
- Alfonsín, G. (2015). Elon Musk promete acabar con la ansiedad por la autonomía este jueves. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://es.autoblog.com/2015/03/16/elon-musk-promete-acabar-con-la-ansiedad-por-la-autonomia-este-m/>
- Andrés, R. (2015). Proyecto Victoria: Autobús eléctrico que se carga en marcha. Recuperado 18 de septiembre de 2015, a partir de <http://effenergy.net/un-autobus-electrico-que-se-carga-en-movimiento/>
- Arenas, J. (2015). El Gobierno impulsará los vehículos de energías alternativas con el plan Movea. Recuperado 10 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/7021277/09/15/El-Gobierno-impulsara-los-vehiculos-de-energias-alternativas-con-el-plan-Movea.html>
- Arteaga, S. (2015). Una batería de grafeno carga un coche eléctrico en 4 minutos. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://computerhoy.com/noticias/hardware/bateria-grafeno-carga-coche-electrico-4-minutos-29065>
- AVELE. (2013). Málaga recibe el E-Visionary Award. Recuperado 14 de octubre de 2015, a partir de <http://www.avele.org/malaga-recibe-el-e-visionary-award-en-evs27/>

- Ayuntamiento de Barcelona. (2015). Punts Recarrega Vehicles Elèctrics. Barcelona: Ayuntamiento de Barcelona.
- Ayuntamiento de Sevilla. (2012a). MOVELE Sevilla. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://sevillatienesupunto.org/>
- Ayuntamiento de Sevilla. (2015a). Flota Cuerpo de Policía Local de Sevilla. Recuperado 18 de octubre de 2015, a partir de <http://www.sevilla.org/ayuntamiento/transparencia/informacion-sobre-la-corporacion-municipal-1/pdf/vehiculos-renting>
- Ayuntamiento de Sevilla. (2015b). Información sobre la Corporación Municipal. Recuperado 17 de octubre de 2015, a partir de <http://www.sevilla.org/ayuntamiento/transparencia/informacion-sobre-la-corporacion-municipal-1/>
- Ayuntamiento de Sevilla. (2015c). Plataforma de Contratación. Recuperado 18 de octubre de 2015, a partir de https://www.sevilla.org/pdc/ContractNoticeDetail.action?request_locale=es&lite=N&code=2015-0000001980
- Banco Mundial. (2015). Global Economic Monitor (GEM) Commodities. Recuperado 22 de septiembre de 2015, a partir de [http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=global-economic-monitor-\(gem\)-commodities](http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=global-economic-monitor-(gem)-commodities)
- Barahona, P. (2010). Presentado en Sevilla el primer servicio de alquiler de coches eléctricos por horas. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de http://www.elmundo.es/elmundo/2010/09/17/andalucia_sevilla/1284744743.html
- Bejerano, P. G. (2015). El CEO de Nissan confirma coches autónomos para 2020. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://blogthinkbig.com/ceo-nissan-confirma-coches-autonomos-2020/>
- Beltrán, R. S. (2015). Japón tiene más puntos de carga eléctricos que gasolineras. Recuperado 10 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.autobild.es/noticias/japon-tiene-mas-puntos-carga-electricos-que-gasolineras-245241>
- Camós, J. (2013). 100 años de cadena de montaje de Ford, en 100 segundos. Recuperado 22 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.motorpasion.com/industria/100-anos-de-cadena-de-montaje-de-ford-en-100-segundos>
- Cano, E. (2014). Diez mitos falsos sobre el coche eléctrico. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.abc.es/motor-reportajes/20140606/abci-mitos-falsos-coche-electrico-201406051355.html>
- CAR2GO. (2015). CAR2GO - Amsterdam. Recuperado 14 de octubre de 2015, a partir de <https://www.car2go.com/en/amsterdam/>

- CCSSO. (1997). Respuestas OSH: Dióxido de Carbono - Efectos en la Salud. Recuperado 21 de octubre de 2015, a partir de http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/carbon_dioxide/health_cd.html
- CIC Energigune. (2015). 8th Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications » 8th edition of the International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications, ABAA-8. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://abaa8.cicenergigune.com/>
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2013). Visor de estadísticas. Recuperado 21 de octubre de 2015, a partir de <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/vem/?c=Tabla/indicador/893>
- Cosme, J. (2014). Coste recarga coche eléctrico: BMW i3. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.seisenlinea.com/coste-recarga-coche-electrico/>
- Costas, J. (2015, mayo 7). Historia de los coches eléctricos. Recuperado 22 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos>
- Dalmau, J. (2014). Comparativo eléctricos: toda la verdad sobre la autonomía. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.coches.net/videos/bmw-i3-ford-focus-kia-soul-nissan-env200-nissan-leaf-renault-zoe-volkswagen-up-volkswagen-golf>
- Diariomotor Tecmovia. (2011). La historia del coche eléctrico: un largo proceso de desarrollo. Recuperado 22 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2011/07/19/la-historia-del-coche-electrico-un-largo-proceso-de-desarrollo/>
- Díez, P. M. (2013). Pekín recomienda a sus ciudadanos quedarse en casa por la contaminación. Recuperado 4 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.abc.es/sociedad/20130129/abci-pekín-ciudadanos-casa-contaminacion-201301291151.html>
- Dirección General de Tráfico. (2012). Portal estadístico. Recuperado 19 de septiembre de 2015, a partir de https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB_IEST_CONSULTA/subcategoria.faces
- División informática y comunicaciones. (2014). El Ayuntamiento presenta el pionero plan de vehículos limpios. Recuperado 17 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.valladolid.es/es/actualidad/noticias/ayuntamiento-presenta-pionero-plan-vehiculos-limpios>
- División informática y comunicaciones. (2015). Valladolid recibe el premio a la Mejor Estrategia Pública de Movilidad Sostenible 2015. Recuperado 17 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.valladolid.es/es/actualidad/noticias/valladolid-recibe-premio-mejor-estrategia-publica-movilidad>

- El Periódico de la Energía. (2015). Carmena ya tiene su flota de coches eléctricos de alquiler para Madrid. Recuperado 14 de septiembre de 2015, a partir de <http://elperiodicodelaenergia.com/carmena-ya-tiene-su-flota-de-coches-electricos-de-alquiler-para-madrid/>
- Electromaps. (2015). Todos los puntos de recarga de vehículos eléctricos. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/listado>
- Eltis Mobility Observatory. (2014). Rotterdam takes the lead in electrifying transport (The Netherlands). Recuperado 11 de octubre de 2015, a partir de <http://www.eltis.org/discover/case-studies/rotterdam-takes-lead-electrifying-transport-netherlands>
- Endesa. (2015). La carga por inducción de vehículo eléctrico ya está más cerca gracias al proyecto 'Unplugged'. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.endesa.com/es/saladeprensa/noticias/Paginas/carga-por-induccion-de-vehiculo-electrico-proyecto-Unplugged.aspx>
- Europa Press. (2010). Seis años para amortizar un eléctrico. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.elmundo.es/elmundomotor/2010/11/16/conductores/1289927320.html>
- Europa Press. (2013). Málaga Sostenible: La capital contará con un autobús eléctrico que se cargará en movimiento y sin cables. Recuperado a partir de <http://www.europapress.es/andalucia/sostenible-00672/noticia-malaga-sostenible-capital-contara-autobus-electrico-cargara-movimiento-cables-20130919164042.html>
- Europa Press. (2014). Nissan alcanza unas ventas acumuladas de 100.000 unidades del eléctrico Leaf. Recuperado a partir de <http://www.europapress.es/motor/coches-00640/noticia-nissan-alcanza-ventas-acumuladas-100000-unidades-electrico-leaf-20140120173558.html>
- FAMP. (2002). Red de Ciudades Sostenibles de Andalucía. Recuperado 26 de octubre de 2015, a partir de <http://www.famp.es/famp/varios/ciudadessostenibles/recsa.htm>
- FEDEME. (2015). I Roadshow Eléctricos de Sevilla. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.fedeme.com/evento/i-roadshow-electricos-de-sevilla-29-y-30-de-abril/>
- Fernandez, S. (2015a). ¿Es la conducción autónoma de Google el futuro del transporte? Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://forococheselectricos.com/2015/10/es-la-conduccion-autonoma-de-google-el-futuro-del-transporte.html>
- Fernandez, S. (2015b). Los coches eléctricos tendrán acceso a las Áreas de Prioridad Residencial de Madrid. Recuperado 14 de septiembre de 2015, a partir de <http://forococheselectricos.com/2015/07/los-coches-electricos-tendran-acceso-a-las-areas-de-prioridad-residencial-de-madrid.html>

- Flores, J. (2013). La autonomía, un talón de Aquiles de los coches eléctricos. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.muyinteresante.es/revista-muy/noticias-muy/articulo/la-autonomia-un-talon-de-aquiles-de-los-coches-electricos-411386164277>
- Flores, J. (2014). Una nueva batería para impulsar el mundo de los vehículos pesados eléctricos. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.muyinteresante.es/innovacion/articulo/un-cargador-dual-electrico-podria-revolucionar-el-mundo-de-los-vehiculos-pesados-electricos>
- Fulton, E. (2013). WECE: Oslo. Recuperado 20 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.worldcities.org/cities/oslo#>
- García, A. (2012). La Ciudad de la Energía se gestó con dos millones del Estado y sigue en el aire. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://sevilla.abc.es/20120320/sevilla/sevi-ciudad-energia-gesto-millones-201203200041.html>
- García, M. (2013). El ruido del tráfico, un problema de salud. Recuperado 26 de octubre de 2015, a partir de <http://revista.dgt.es/es/reportajes/2013/El-ruido-un-problema-de-salud.shtml#.Vi51glUvfDc>
- Gloobal. (2012). Gloobal: Agenda 21 Local de Sevilla (España). Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?entidad=Experiencias&id=60&html=1>
- Gómez, J. E. (2010). Ruidos en la ciudad. Recuperado 26 de octubre de 2015, a partir de <http://waste.ideal.es/ruidosciudad.htm>
- Hoffman, S. (2014). Camille Alphonse Faure (1840 – 1898). Recuperado 22 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.upsbatterycenter.com/blog/camille-alphonse-faure-1840-1898/>
- Horta, A. S. (2015). Barcelona, la primera ciudad con una flota de motos totalmente eléctricas. Recuperado 15 de septiembre de 2015, a partir de http://eldigital.barcelona.cat/es/barcelona-la-primera-ciudad-con-una-flota-de-motos-totalmente-electricas_161203.html
- Ibáñez, P. (2012a). Tipos de conectores, tipos de recarga y modos de carga. Recuperado 23 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/tipos-de-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga>
- Ibáñez, P. (2012b). ZEM2All: 200 coches eléctricos en Málaga por 300 euros al mes. Recuperado 18 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/zem2all-200-coches-electricos-en-malaga-por-300-euros-al-mes>
- Ibáñez, P. (2014). ¿Son caros los coches eléctricos? El coste oculto de nuestro vehículo: eléctrico contra tradicional. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.xataka.com/automovil/son-caros-los-coches-electricos-el-coste-oculto-en-el-coche-coche-electrico-contra-tradicional>

- Innerarity, D. (2008). La cultura de lo Inmediato. Recuperado 25 de agosto de 2015, a partir de <http://www.articuloz.com/noticias-y-sociedad-articulos/la-cultura-de-lo-inmediato-589878.html>
- Inside EVs. (2012). Monthly Plug-In Sales Scorecard. Recuperado 21 de septiembre de 2015, a partir de <http://insideevs.com/monthly-plug-in-sales-scorecard/>
- J.M.C. (2007). Dos microbuses eléctricos de 20 plazas recorren desde ayer el centro histórico. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de http://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-30-03-2007/sevilla/Home/dos-microbuses-electricos-de-20-plazas-recorren-desde-ayer-el-centro-historico_1632273590606.html
- Joseph, N. (2014). Amsterdam's Schiphol airport launches fleet of 167 Tesla electric taxis. Recuperado 21 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.autoblog.com/2014/10/20/schiphol-airport-167-tesla-model-s-taxis-official/>
- Junta de Castilla y León. (2012). Matriculaciones de vehículos eléctricos en Castilla y León. Recuperado 17 de septiembre de 2015, a partir de http://www.vehiculoelectrico.jcyl.es/web/jcyl/VehiculoElectrico/es/Plantilla100/1284309060502/_/_/_
- malagavalley. (2015). Málaga Valley. Recuperado 14 de octubre de 2015, a partir de <http://www.malagavalley.com/index.php/es/>
- Medialdea, S. (2012). Por Madrid ya circulan 524 coches eléctricos. Recuperado 14 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.abc.es/20120919/local-madrid/abci-vehiculos-electricos-botella-201209191348.html>
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. (2012). Oficina Española de Cambio Climático. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/organismos-e-instituciones-implicados-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico-a-nivel-nacional/oficina-espanola-en-cambio-climatico/>
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2015b). Precios de carburantes. Recuperado 18 de octubre de 2015, a partir de <http://www.minetur.gob.es/energia/es-ES/Servicios/Paginas/consultasdecarburantes.aspx>
- Mis coches eléctricos. (2014). Mantenimiento de un coche eléctrico. Recuperado 18 de octubre de 2015, a partir de <http://www.miscocheselectricos.com/mantenimiento-coche-electrico-264.html>
- Norway Govern. (2010). Grønn Bil. Recuperado 20 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.gronnbil.no/english/>
- Noya, C. (2012). Sevilla permite a los coches y motos eléctricas circular por los carriles bus. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://forococheselectricos.com/2012/12/sevilla-permite-los-coches-y-motos.html>

- Oficina del Pacto. (2012). Pacto de los Alcaldes. Recuperado 6 de septiembre de 2015, a partir de http://www.pactodelosalcaldes.eu/about/covenant-of-mayors_es.html
- Ortego, L. M. (2012). Las ciudades en la era del automóvil: 1950 – 1975. Recuperado 26 de octubre de 2015, a partir de <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/05/20/las-ciudades-en-la-era-del-automovil-1950-1975/>
- Pascual, J. A. (2014). Una batería de grafeno carga un coche eléctrico en 8 minutos. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://computerhoy.com/noticias/hardware/bateria-grafeno-carga-coche-electrico-8-minutos-21651>
- Red Eléctrica de España S.A.U. (2015). Precio voluntario para el pequeño consumidor. Recuperado 18 de octubre de 2015, a partir de <http://www.esios.ree.es/web-publica/pvpc/>
- Red Española de Ciudades por el Clima. (2006). Red Española de Ciudades por el Clima. Recuperado 25 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.redciudadesclima.es/index.php?nlm6=0&nlm7=1>
- Redacción La Vanguardia. (2015). Los coches eléctricos tienen desde hoy la autopista gratis. *La Vanguardia*. Recuperado a partir de <http://www.lavanguardia.com/vida/20150915/54436520866/coches-electricos-desde-hoy-autopista-gratis.html>
- Rodríguez, B. (2011). Motor eléctrico versus motor de combustión: par, potencia y eficiencia. Recuperado 13 de octubre de 2015, a partir de <http://forococheselectricos.com/2011/11/motor-electrico-versus-motor-de.html>
- Salamanca, M. (2015). Mapa de los 175 puntos de recarga de vehículos eléctricos en Madrid. Recuperado 14 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.espormadrid.es/2015/03/mapa-de-los-175-puntos-de-recarga-de.html>
- Sanchís, V. (2014). ¿Por qué en Noruega se venden tantos Coches Eléctricos? Recuperado 20 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.recargacocheselectricos.com/por-que-en-noruega-se-venden-tantos-coches-electricos/>
- Seijo, D. (2015). 10 preguntas con respuesta sobre el coche eléctrico. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2011/11/15/10-preguntas-con-respuesta-sobre-el-coche-electrico/>
- Shahan, Z. (2015). Tesla Gigafactory could be over twice initially planned size. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://cleantechnica.com/2015/07/10/tesla-gigafactory-could-be-over-twice-initially-planned-size/>
- Solera, I. (2015). Así está la competencia en autonomía y precio del coche eléctrico. Recuperado 24 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/precio-autonomia-potencia-coches-electricos>

- Statista. (2015). International car sales 1990-2015. Recuperado 21 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.statista.com/statistics/200002/international-car-sales-since-1990/>
- Tesla Motors. (2013). Supercharger. Recuperado 22 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.teslamotors.com/supercharger>
- Transports Metropolitans de Barcelona. (2014). Barcelona amplía la flota de autobuses limpios con nuevos vehículos 100% eléctricos. Recuperado 15 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.tmb.cat/es/sala-de-premsa/-/seccio/noticies/innovacio/noticies-autobusos-nets-100-electrics-zeeus-barcelona-20141014-innovacio>
- Vaquero, R. (2014). En Noruega los coches eléctricos se están convirtiendo en un problema. Recuperado 14 de octubre de 2015, a partir de <http://cocheselectricos365.com/en-noruega-los-coches-electricos-se-estan-convirtiendoen-un-problema-11660.html>
- WHO. (2014). Database: outdoor air pollution in cities. Recuperado 4 de septiembre de 2015, a partir de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities-2011/en/
- Wikipedia. (2015a). Electrobat. Recuperado 13 de octubre de 2015, a partir de <https://en.wikipedia.org/wiki/Electrobat>
- Wikipedia. (2015b). UN Climate Summit. En *Wikipedia*. Wikipedia. Recuperado a partir de <http://www.irishsun.com/index.php/sid/223797021/scat/aba4168066a10b8d/ht/Robinson-to-head-United-Nations-effort-on-climate-change>
- Wikipedia. (2015c). Vehículo eléctrico. En *Wikipedia*. Wikipedia. Recuperado a partir de https://es.wikipedia.org/wiki/Vehículo_Eléctrico
- WMO. (2012). Causes of Global Warming. Recuperado 5 de septiembre de 2015, a partir de http://www.wmo.int/pages/themes/climate/causes_of_global_warming.php

