

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Estudio de sistema de coches eléctricos compartidos  
en la ciudad de Sevilla

Autor: Pedro Antonio Pastor Alfaro

Tutor: Fernando Delgado Ruíz

Dep. Ingeniería de la Construcción y  
Proyectos de Ingeniería  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2017



Departamento de  
Ingeniería de la Construcción  
y Proyectos de Ingeniería



Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

# **Estudio de sistema de coches eléctricos compartidos en la ciudad de Sevilla**

Autor:

Pedro A. Pastor Alfaro

Tutor:

Fernando Delgado Ruíz

Profesor asociado

Dep. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



## RESUMEN

A lo largo de los últimos años el planeta se ha visto inmerso en un proceso constante de cambio climático debido al aumento de la contaminación atmosférica y al mal uso de los recursos por parte de los seres humanos. Gran parte de la culpa se encuentra en el uso de los vehículos de combustión interna cuyas emisiones son altamente peligrosas para las personas y la naturaleza. A todo esto hay que sumarle la realidad de que tarde o temprano las reservas de petróleo se agotarán, por lo que será imposible el uso de los coches de gasolina y gasoil.

Los vehículos eléctricos se postulan como un buen sustituto para los coches convencionales gracias al desarrollo que se ha venido dando durante los últimos años y a las emisiones nulas que presentan. Por tanto, desarrollar un sistema de alquiler de este tipo de automóvil que permita el desplazamiento de las personas por el interior de la ciudad de Sevilla, como ya existe desde hace años en Madrid o Barcelona, parece una buena opción para mejorar la situación medioambiental, además suponer una serie de ventajas para sus usuarios, como los desplazamientos por carriles reservados para autobuses y taxis y la exención de pago en zonas de estacionamiento regulado.

Este estudio analizará la posibilidad de desarrollar dicho sistema de alquiler en Sevilla, suponiendo un área permitida para el uso de los vehículos y analizando las diferentes propuestas técnicas para cada una de las partes que lo compondrán. Se llevará a cabo una elección del vehículo y de los postes de recarga de los que se dotará el sistema, así como el sistema de control y seguimiento de los coches. Posteriormente, se realizará un análisis económico de viabilidad de la propuesta, teniendo en cuenta tres escenarios de ocupación diferentes, y un estudio de la repercusión medioambiental que supondría la implantación de la idea.

Para terminar, se diseñará una serie de planos donde se recogerán los emplazamientos destinados al estacionamiento y la recarga de los vehículos, así como la distribución de las plazas y la colocación de los postes de recarga en su interior.

### PALABRAS CLAVE:

Vehículo eléctrico, vehículo de combustión interna alternativo, sistema de alquiler, poste de recarga, parking, sistema de control, Sevilla, emisiones, medioambiente, aplicación de móvil.



## **ABSTRACT**

Throughout last years, the planet has been immersed in a constant process of climate change due to the increase of the air pollution and the misuse of resources by humans. Great part of the fault is in the use of internal combustion vehicles which emission is really dangerous for people and nature. Moreover, the oil reserves are close to finish so it will be impossible to use gasoline and diesel cars.

The electric vehicles are postulated as a good substitute for conventional cars thanks to the development that has been giving in recent years and the null emission they present. Therefore, to develop a system of renting this type of cars that allows the movement of people inside the city of Seville, as it has existed for years in Madrid or Barcelona, seems to be a good option to improve the environmental situation, as well as number of benefits for its users, such a reserved lanes for buses and taxis and the exemption of payment in regulated parking areas.

This study will analyze the possibility of developing such a rental system in Seville, assuming an area allowed for the use of vehicles and analyzing the different technical proposals for each of the parts that will compose it. There will be carried out a choice of the vehicle and the charging posts form which the system will be provided, as well as the system of control and monitoring of cars. Later, an economic analysis of viability of the offer will be carried out, taking into account three different scenarios, and a study of the environmental repercussion that would suppose the implantation of the idea.

To end, a series of planes will be designed where the sites for park and recharge the vehicles will be represented, as well as the distribution of the places and the placement of the recharge posts inside.

## **KEYWORDS:**

Electric vehicle, internal combustión vehicle, rental system, recharge post, parking, system of control, Seville, emission, environment, mobile application.

## ÍNDICE GENERAL

Resumen .....	3
Abstract .....	5
Índice .....	6
Memoria.....	7
Anexos .....	94
Planos.....	100

Memoria

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETO.....	11
3. ALCANCE.....	12
4. ANTECEDENTES.....	14
4.1. Historia del alquiler de vehículos.....	14
4.2. El vehículo eléctrico.....	16
4.2.1. Historia .....	16
4.2.2. Tipos de vehículos eléctricos.....	18
4.2.3. Puntos de recarga.....	19
4.2.4. Ventajas e inconvenientes.....	20
4.3. Sistemas de alquiler de vehículos eléctricos.....	22
4.3.1. Car2Go.....	22
4.3.2. Emov.....	24
4.3.3. IfRenting.....	25
4.3.4. Autolib.....	26
5. NORMATIVA.....	28
5.1. ITC-BT 52.....	28
5.2. IEC62916 .....	31
5.3. Ordenanza de circulación de Sevilla .....	32
6. REQUISITOS DE DISEÑO.....	33
6.1. Características del vehículo.....	34
6.2. Características de los postes de recarga.....	35
6.3. Características de la distribución de plazas.....	36
6.4. Características del sistema de control.....	36
7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	38
7.1. Caso de estudio.....	38
7.2. Elección del vehículo.....	38
7.2.1. Situación del mercado del vehículo eléctrico.....	39
7.2.2. Baterías.....	40
7.2.3. Vehículos preseleccionados.....	41
7.2.4. Comparación de vehículos analizados.....	46
7.2.5. Selección del vehículo eléctrico.....	49
7.3. Elección del poste de recarga.....	50
7.3.1. Métodos de recarga.....	51
7.3.2. Tipos de poste de recarga.....	52
7.3.3. Elección del sistema de recarga.....	55
7.4. Elección del sistema de control y de pago.....	56
7.4.1. Sistema GPS para el seguimiento de vehículos.....	57
7.4.2. Sistema de pago para el alquiler del vehículo.....	59

7.4.3. Funcionamiento del sistema de control y de pago elegido.....	59
7.5. Localización y distribución de las plazas de aparcamiento.....	63
7.5.1. Parking de la empresa.....	63
7.5.2. Parking auxiliar .....	64
7.6. Explicación del sistema de mantenimiento y vigilancia.....	66
7.6.1. Sistema de mantenimiento.....	66
7.6.2. Sistema de vigilancia.....	67
8. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DEL SISTEMA.....	68
8.1. Viabilidad técnica.....	68
8.1.1. Autonomía del vehículo.....	68
8.1.2. Puntos de recarga.....	69
8.1.3. Adecuación de las instalaciones.....	69
8.1.4. Tiempos de recarga.....	70
8.1.5. Empleo por parte del usuario.....	70
8.2. Viabilidad económica .....	70
8.2.1. Costes del sistema.....	71
8.2.2. Ingresos .....	74
8.2.3. Inversión inicial.....	75
8.2.4. Financiación .....	76
8.2.5. Escenarios .....	76
8.2.6. Resultados .....	84
9. REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	85
10. CONCLUSIONES .....	87
11. PROPUESTAS DE FUTURO .....	88
12. BIBLIOGRAFÍA .....	89
12.1. Libros de texto.....	89
12.2. Proyectos académicos y de investigación.....	89
12.3. Informes .....	89
12.4. Normativa .....	89
12.5. Páginas web.....	90

## 1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho la evolución que en estos últimos años está sufriendo el vehículo eléctrico (si bien, está siendo más lenta de lo esperado) así como el desarrollo de uno de los factores con mayor repercusión negativa en este tipo de vehículos (su autonomía), debido a las limitaciones que presentaban las baterías eléctricas, campo en el que se han producido numerosos avances y en el que otros tanto se encuentran aún por llegar.

Todo esto ha provocado la implantación de un numeroso parque de vehículos eléctricos, especialmente para su uso urbano. Son muchos los países que promueven y favorecen esta revolución en la mentalidad de las personas, fomentando la introducción de esta clase de transporte a través de subvenciones e incentivos en favor de los automóviles impulsados por motores eléctricos, así como la subida de impuestos a los vehículos más contaminantes, junto con leyes que restringen las emisiones de CO<sub>2</sub> en coches de combustión interna. Y es que la realidad del cambio climático y los altos niveles de contaminación que se registran en las grandes urbes es otra de las causas por las que cada vez más investigadores defienden los vehículos eléctricos (con 0% de emisiones) junto con la idea de que las reservas de petróleo, componente básico en el funcionamiento del automóvil convencional, cuentan con una estimación de agotamiento en, aproximadamente, 60 años.

Por ello, la idea de crear un sistema de alquiler de corta duración de vehículos eléctricos en nuestra ciudad, Sevilla, a semejanza de otras donde ya se han implantado sistemas de este tipo, como Madrid, París o Ámsterdam, resulta de interés para contrarrestar los altos niveles de contaminación que pueden llegar a registrarse, así como la densidad de circulación que pueda darse en las horas puntas y la dificultad o el costo que supone el aparcamiento en diferentes sectores urbanísticos donde abundan las zonas de estacionamiento regulado, donde los vehículos eléctricos están exentos de pago.

## **2. OBJETO**

El proyecto que nos ocupa se basa en la realización de un estudio para la implantación de un sistema de alquiler de vehículos eléctricos en Sevilla, como ya existe en muchas de las grandes ciudades europeas, con la cual sea posible facilitar la movilidad en la zona urbana y reducir las emisiones producidas por los vehículos de combustión interna, es decir, un alquiler de vehículos respetuosos con el medio ambiente.

Se busca dar una respuesta concreta a la necesidad de reducir la contaminación en la localidad, problema que se ha convertido en uno de los principales quebraderos de cabeza en ciudades como Madrid o Barcelona, y que han llevado a tomar decisiones tan drásticas como la prohibición de la circulación de ciertos vehículos, en función de la matrícula de estos (par o impar) o de las emisiones, cuya clasificación se puede ver en el código de colores de las nuevas pegatinas que se están colocando en los coches de nueva matriculación y tras el paso de las revisiones; así como la limitación de velocidad a valores inferiores al máximo permitido en las vías interurbanas.

Otro de los objetivos principales que se persigue es la disminución de los tiempos empleados en los trayectos por la ciudad, solventado gracias a las ventajas que presentan los vehículos de tipo eléctrico para moverse por ella, como es el empleo del carril reservado para transporte público y taxi.

Además, se busca favorecer el estacionamiento de vehículos en zonas donde este se encuentra regulado, produciendo un ahorro en este sentido al usuario del coche eléctrico ya que se encuentran exentos de pagar esta tasa. Esto permitirá a las personas que apuesten por el sistema la posibilidad de aparcar en zonas donde, por lo general, hacerlo es más complicado e incluye un coste que en ciertas ocasiones puede ser elevado (como la necesidad de aparcar en zona azul mientras se trabaja o se va al hospital). Se destaca la instalación de zonas de aparcamiento propias de la empresa junto al centro histórico, donde el usuario puede dejar el vehículo del sistema de alquiler sin ningún coste adicional y con todas las facilidades, esquivando así la dificultad de encontrar un aparcamiento junto al centro histórico de Sevilla.

### 3. ALCANCE

El estudio que vamos a realizar buscará definir una propuesta viable y que pueda llevarse a cabo para la creación del sistema de alquiler, centrándose en el análisis de las diferentes partes de las que va a constar este.

Se va a llevar a cabo la elección de un vehículo eléctrico y su poste de recarga, partiendo de diferentes propuestas que existen a día de hoy en el mercado y a través de un estudio que defienda dicha elección en cada caso. En el caso del vehículo, el análisis se centrará en la autonomía de las baterías y en el tamaño y el coste de adquisición; mientras que para el poste, las características técnicas serán las que determinen si se adapta tanto al vehículo como a las condiciones externas de instalación y de la ciudad. El proyecto no incluye el cálculo de la instalación eléctrica, es decir, la adecuación de las instalaciones existentes para la conexión de un sistema de otro tipo. Por otra parte, sí será necesaria la determinación del número de vehículos que permitan prestar un servicio adecuado a la población en función del área que determinemos para el empleo de dichos coches, y, por tanto, la delimitación del sistema.

Otro aspecto a tener en cuenta es la selección de un sistema que permita la gestión y el seguimiento de los diferentes vehículos que componen la flota. Aquí, de entre las propuestas que encontremos en el mercado, se escogerá aquella que mejor se adapte a las necesidades de nuestro sistema, sobre todo, en lo que se refiere a información sobre la autonomía del vehículo y la localización por GPS. Además, se va a proponer un sistema de pago que facilite la realización a través de una aplicación de móvil que permita también el empleo del sistema sin dificultad por parte del usuario beneficiándose de las diferentes ventajas ofrecidas, como la posibilidad de realizar una reserva de un vehículo. El diseño de la aplicación no será objeto de estudio. También se incluirá una propuesta para la vigilancia de las instalaciones cuyo desarrollo no se incluye en el proyecto.

En cuanto a las dos zonas destinadas para el aparcamiento y la recarga de los vehículos de la empresa, será necesario diseñar la distribución de las plazas con la ubicación de los postes en ella, representándose estas en los planos que acompañan a nuestro proyecto, así como la determinación de la localización geográfica de las dos zonas en las proximidades del centro de la ciudad. Estos aparcamientos no tendrán ningún tipo de estructura en la cual se introduzcan los coches, como podría ser una marquesina, e irán directamente sobre el suelo y al aire libre, por lo que no se va a realizar ningún cálculo estructural.

Será necesario, una vez seleccionados los diferentes componentes que constituirán el sistema, llevar a cabo un estudio de viabilidad, tanto técnica como económica.

En la viabilidad técnica nos centraremos en la posibilidad de que el proyecto se pueda llevar a cabo desde el punto de vista técnico, es decir, analizando que nuestras

necesidades se vean solventadas con las soluciones propuestas, centrándonos en la autonomía de los vehículos, en los postes de recarga y los tiempos que necesitan para que la batería se recargue completamente, así como en la sencillez de uso de la aplicación por parte de los usuarios, de manera que suponga un incentivo para el empleo del sistema.

Por otra parte, la viabilidad económica incluirá un estudio económico de la solución que se ha elegido, calculando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) en tres supuestos de ocupación de los vehículos diferentes, uno pesimista, otro conservador y, el último, optimista. En función de los resultados, podremos determinar si el proyecto es viable o si debe descartarse por motivos económicos.

Terminaremos realizando un estudio medioambiental, en el cual consideraremos las reducciones diarias y anuales de emisiones que podría conllevar nuestro sistema, a través de una comparación con las emisiones de gases, especialmente de CO<sub>2</sub> que produce de media un vehículo convencional. En este caso, no se analizarán las reducciones acústicas debido a su complejidad, centrándonos en emisiones contaminantes a la atmósfera exclusivamente.

## 4. ANTECEDENTES

### 4.1. Historia del alquiler de vehículos

Si bien es verdad que la realidad que supone el alquiler de coches se ha venido popularizando en los últimos años, cabe destacar que todo comenzó hace poco más de un siglo, cuando tener un coche era algo elitista que no estaba al alcance de toda la población debido al coste que esto suponía.

El 20 de agosto de 1916, Josías Ellis “Joe” Sanders, ciudadano de Nebraska, publicó en la sección de clasificados del periódico *Omaha World Herald* un anuncio con el enunciado “*Coches de alquiler*”. El coche en cuestión era un *Ford T*, ni siquiera de su propiedad, y el sistema consistía en la instalación de un tacógrafo que medía la distancia recorrida, cobrándose dicha distancia por millas realizadas.

La primera empresa de éxito surgió en Chicago, en el año 1923, cuando Sandor Hertz compró una flota de *Ford T* para su posterior alquiler. Sin embargo, la idea fue evolucionando desde el original vehículo con conductor, como los servicios actuales de taxis, hasta la iniciativa de la conducción propia del coche.



Figura 1. Fotografía de un Ford T

Fuente: <http://www.biografiasyvidas.com>

Tres años más tarde, la empresa Hertz fue adquirida por General Motors, abriendo su primera oficina en el año 1932 en el aeropuerto de Chicago, y en 1950 la primera en Europa, más concretamente en París. Junto a ella, Avis se convirtió en otra de las primeras empresas en promover la idea del alquiler de coches. Esta empresa, fundada en 1946, instauró varios años más tarde, en 1953, su primera oficina en Francia.

Entre los años 60 y 90 se produjo una consolidación del sistema de alquiler de vehículos bruscamente frenada a comienzos del siglo XXI con la aparición de las aerolíneas de bajo coste y el abaratamiento del precio de los coches, lo que los hizo más accesibles a personas de muy diferente clase social. Todo esto conllevó a una bajada del precio del alquiler de vehículos por horas, para conseguir que el negocio siguiera siendo competitivo en el mercado. Así, se fueron haciendo hueco una serie de empresas como *Europcar*, *Goldcar*, *Sixt*, *Car2Go* o las propias *Avis* o *Hertz*, las cuales siguen apostando por el sistema que en su momento comenzara Joe Sanders.

En España, la única compañía puramente nativa fue *Atesa*, fundada por el propio Estado en 1949 y cuyos fines eran turísticos. Fue en los años 80 cuando la empresa fue absorbida por *PSA-Peugeot* y, posteriormente, por la norteamericana *Enterprise* en 2012.

A finales de los 90, el 30% de las reservas de los coches de alquiler en nuestro país fueron realizadas por españoles aunque los motivos seguían siendo turísticos. La causa del decrecimiento de la demanda extranjera no es otra que la antes mencionada: la aparición de las aerolíneas de bajo coste, opción preferencial para los extranjeros que venían a pasar unos días en nuestro país.

Llegadas de turistas internacionales						
Rango	Serie	(millones)		Variación (%)		
		2014	2015*	14/13	15*/14	
1	Francia	TF	83,7	84,5	0,1	0,9
2	Estados Unidos	TF	75,0	77,5	7,2	3,3
3	España	TF	64,9	68,2	7,0	5,0
4	China	TF	55,6	56,9	-0,1	2,3
5	Italia	TF	48,6	50,7	1,8	4,4
6	Turquía	TF	39,8	39,5	5,3	-0,8
7	Alemania	TCE	33,0	35,0	4,6	6,0
8	Reino Unido	TF	32,6	34,4	5,0	5,6
9	México	TF	29,3	32,1	21,5	9,4
10	Fed. de Rusia	TF	29,8	31,3	5,3	5,0

Tabla 1. Turistas internacionales

Fuente: Panorama OMT del turismo internacional (Edición 2016)

No obstante, lo más interesante del mercado de alquiler de vehículos en España es que se trata del más competitivo del mundo, propiciado por ser la tercera potencia turística a nivel mundial (año 2015), y uno de los principales fabricantes de automóviles. En el año 2014 nuestro país se encontraba entre las diez primeras potencias.



Figura 1. Producción automovilística por países.

Fuente: <https://ingenieriadeautomocion.wordpress.com>

Actualmente, una de las principales preocupaciones del sistema de alquiler de vehículos es solucionar las necesidades, no solo humanas, sino también medioambientales, lo que se ve favorecido con la reducción de los llamados combustibles fósiles. Por tanto, son varias las empresas (como *Car2Go* o *Emov*) que han querido revolucionar el mercado mediante el empleo de vehículos eléctricos. Todo esto supone también un aumento del beneficio de las empresas, ya que este tipo de vehículos recibe

una serie de subvenciones y conlleva un ahorro a la hora del repostaje, pues no son necesarios gasolina o gasoil; contrarrestando la mayor inversión debido a que el precio de partida de estos coches es superior hoy en día, en comparación con las prestaciones (hay que tener en cuenta que poco a poco estos precios van bajando y dentro de unos años se asemejarán a los de los coches convencionales).

#### 4.2. El vehículo eléctrico

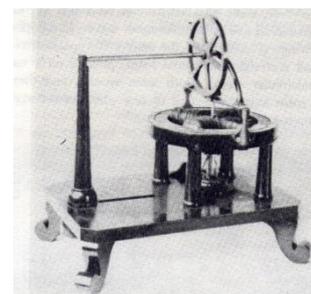
Teniendo en cuenta que el sistema que queremos implantar se compondrá de coches de tipo eléctrico, vamos a introducir brevemente algunos aspectos que pueden resultar de interés de los mismos.

##### 4.2.1. Historia

Desde sus comienzos existe una fuerte relación entre el motor eléctrico y el transporte.

Fue en el siglo XIX cuando se dieron las dos circunstancias de esta unión. En primer lugar, el estudio sobre electromagnetismo sufrió un importante avance. Todo esto asociado a una búsqueda de un sistema que permitiera sustituir la tracción animal en el transporte, por alguna tecnología, comenzando así la competencia en aquella época entre los motores térmicos y los eléctricos.

La invención del vehículo eléctrico no se atribuye a una única persona, sino que son varios los inventores que en pocos años idearon diferentes sistemas alimentados por motores eléctricos. En 1828, un húngaro de nombre Ányos Jedlik creó un pequeño coche impulsado por un motor eléctrico inventado por él. En 1834, un herrero de Vermont (Estados Unidos) llamado Thomas Davenport construyó un motor eléctrico equipado con una pequeña batería y lo empleó para mover un coche pequeño que circulaba en una trayectoria fija, corta y circular (figura 2). Un año después, en los Países Bajos, el profesor Sibrandus Stratingh y su asistente, crearon un coche eléctrico a pequeña escala que se alimentaba con baterías no recargables.



*Figura 2. Motor eléctrico*

*T.Davenport*

*Fuente:*

*<http://sarahcaminitophysics>.*

En el año 1859, el físico francés Gastón Planté inventó la batería de plomo-ácido, suponiendo un importante impulso en el desarrollo del vehículo eléctrico. Estas baterías, mejoradas por el francés Camille Alphonse Faure en 1881 en lo referido a su capacidad,

permitían ser recargadas y reutilizadas varias veces, mejorando la eficiencia del sistema. Poco a poco, tras las diferentes mejoras, se consiguió la producción a gran escala.

El inventor inglés Thomas Parker construyó la primera producción de coches eléctricos en Londres, en el año 1884, empleando baterías de alta capacidad desarrolladas para la causa, buscando bajar la emisión de humos y la contaminación. Esta producción quedó en manos de la empresa Elwell-Parker. Este país, junto a Francia, fue de los primeros en apoyar la idea del vehículo eléctrico. Cuatro años más tarde (1888), el ingeniero Andreas Flocken creó el primer coche eléctrico en Alemania.



Figura 3. Flocken  
Elektrowagen

Fuente:

<https://es.wikipedia.org>

Uno de los primeros coches eléctricos de éxito fue el Electrobat (figura 4), con una gran batería cuyo peso solo podía ser soportado por ruedas de acero, dándose un vehículo de gran lentitud. No obstante, aparecieron versiones posteriores que mejoraron el primer modelo.



Figura 4. Electrobat

Fuente: <http://www.neoteo.com>

En el año 1897, apareció en Londres el primer taxi eléctrico, de la mano de Walter C. Bersey. A la par, se introdujo esta idea en Nueva York, donde la flota de taxis superaba los 100 vehículos. Por tanto, a finales del siglo XIX la mayoría de los coches se movían impulsados por motores eléctricos al ser más limpios, menos ruidosos y más económicos para las clases privilegiadas, que eran las que podían permitirse los coches en la época. Si bien es verdad que existían unas limitaciones

importantes, entre las que destacaba la escasa velocidad de este tipo de vehículos, que no superaba los 20 km/h, así como la poca autonomía de la batería, cuya vida era de 50 km y los tiempos de recarga muy elevados.

Uno de los grandes logros se consiguió un año antes de finalizar el siglo, cuando Camille Jenatzy desarrolló un coche eléctrico que superó los 100 km/h, llegando a una punta de 105,88 km/h (figura 5). A esto se sumó el aumento de la autonomía de los vehículos, que empezó a situarse entre los 60 y los 100 km.



Figura 5. Primer vehículo en  
superar los 100 km/h

Fuente:

<http://www.endesaeduca.com>

Tras unos años donde los vehículos eléctricos quedaron relegados a camiones y camionetas, para el transporte de mercancías, debido a la aparición de la producción en cadena, el interés creciente por la contaminación durante la década de los 60 hizo revivir el interés por estos vehículos en Europa y América.

Las diferentes crisis del petróleo y los problemas medioambientales han sido los principales causantes del desarrollo y la evolución de los vehículos eléctricos a lo largo de la historia. Toda esta evolución afectaba principalmente a la autonomía y la velocidad del coche, centrándose las principales investigaciones en las mejoras de las baterías para dotarlas de mayor autonomía.

La aparición de las baterías de ion-litio fue favoreciendo la aparición de nuevas empresas que han adquirido gran importancia en el desarrollo del vehículo eléctrico, entre las que destaca Tesla Motors, que ya en 2006 lanzó el primer deportivo eléctrico, el Tesla Roadster (figura 6). A día de hoy, el coche eléctrico más vendido ha sido el Nissan Leaf, del cual se han comercializado más de 100.000 unidades, lo que nos demuestra el considerable aumento de las personas que apuestan por este tipo de transporte, que cada vez tiene más fuerza y nombre y cuyo objetivo es el de desbancar a los vehículos tradicionales de gasolina y gasoil.



Figura 6. Tesla Roadster

Fuente: <http://www.motortrend.com>

#### 4.2.2 Tipos de vehículos eléctricos

En la actualidad, el concepto de vehículo eléctrico se ha ido ampliando a aquellos que se propulsan total o parcialmente por un motor eléctrico, alimentados por baterías, y que a su vez se alimentan conectándolas a la corriente. Esta ampliación nos permite clasificar los vehículos de este tipo en tres grandes bloques, dependiendo del tipo de motor o motores que presentan. Así, podemos encontrar:

1. Vehículo Híbrido Eléctrico (Hybrid Electric Vehicle, HEV): equipan un motor de combustión interna y un motor eléctrico de imán permanente. El primero cumple la función de fuente energética principal y la batería no puede ser cargada de forma externa. El motor eléctrico entra en juego en el arranque y en la aceleración, suministrando potencia adicional al conjunto, descargando la batería; así como a bajas velocidades, donde la impulsión se debe exclusivamente al motor eléctrico. Cuando el coche se para, el motor de combustión se apaga, reduciendo considerablemente las emisiones. El cargado de las baterías se produce cuando se pisa el freno, cuando el motor eléctrico cumple la función de generador y transforma la energía cinética en eléctrica. El consumo

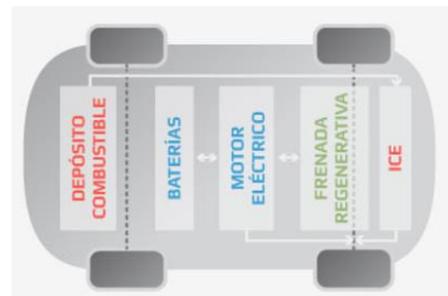


Figura 7. Esquema funcionamiento HEV

Fuente:

<http://www.endesavehiculoelectrico.com>

de gasolina se reduce entre un 25% y un 40%. El principal ejemplo es el Toyota Prius.

2. Vehículo Híbrido Enchufable (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV): combinan un motor de combustión interna con uno eléctrico y una batería, con la diferencia de que ambos motores pueden funcionar como fuentes de energía del sistema. El tamaño del motor de combustión es menor que en los vehículos de combustión e incluso en los híbridos. Los primeros kilómetros se recorren con la energía obtenida directamente de la red eléctrica. En lo referido a la carga de la batería, se puede realizar a través del motor de gasolina, del frenado regenerativo o conectando el vehículo a la corriente en un punto de recarga.

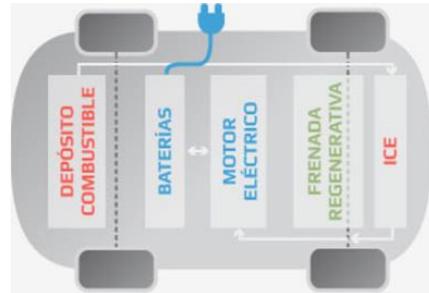


Figura 8. Esquema funcionamiento PHEV

Fuente:

<http://www.endesavehiculoelectrico.com>

3. Vehículo 100% Eléctrico (Electric Vehicle, EV): son sistemas donde la impulsión general corre a cargo del motor eléctrico, que es el único presente en el sistema. Se espera que, con su uso, se reduzcan considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub> en casi un 50% a mediados de siglo.

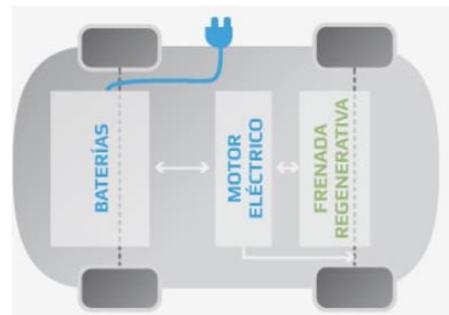


Figura 9. Esquema funcionamiento EV

Fuente:

<http://www.endesavehiculoelectrico.com>

#### 4.2.3. Puntos de recarga

Como puntos de recarga definimos aquellos enchufes donde se conectan los vehículos eléctricos para la recarga de la batería. Esto se lleva a cabo a través de un conector cuyo modelo es diferente en función del lugar geográfico en el que nos encontremos, puesto que según el país suele emplearse uno u otro, y del tipo de recarga que se realice, trifásica o monofásica.

De entre todos ellos vamos a destacar el conector Tipo 2 (figura 10), también llamado Mennekes, al ser el más empleado en Europa. Está compuesto por siete bornes, los cuatro para corriente trifásica, el de tierra para la protección y otros dos que permiten las comunicaciones. En cuanto a las corrientes, pueden ser monofásicas, para recargas lentas, o trifásicas, aumentando considerablemente la velocidad del cargado.



Figura 10. Conector Tipo 2

Fuente:

[www.endesavehiculoelectrico.com](http://www.endesavehiculoelectrico.com)

Como sabemos, este es uno de los principales inconvenientes que presenta este tipo de coches frente a los de combustión interna, cuyo repostaje es de muy pocos minutos. En lo referido a los vehículos eléctricos, la recarga puede oscilar entre las diez o doce horas del conector más lento, hasta los 20 minutos que se tarda en tener la batería completa en la recarga súper-rápida.

Por lo general, las recargas se realizan a través de estaciones de recargas que aceleran los procesos de carga de baterías de los vehículos eléctricos. En estas estaciones, encontramos el punto de recarga propiamente dicho, y pueden ser de tres tipos: de pared, que se caracterizan por ser fijos y son los que podemos encontrar en los hogares y en los parkings; verticales, que son estructuras que se montan en la vía pública para cargar los coches que se conecten a ellos en la propia calle; y los portátiles (figura 11).



Figura 11. De izquierda a derecha, estación de pared, vertical y portátil.

#### ***4.2.4. Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico frente al vehículo de combustión interna***

A la hora de escoger entre un tipo de vehículo u otro, uno de los factores más determinantes que podemos encontrar es la rentabilidad y el respeto al medioambiente, realidad que se ha puesto muy de moda en las últimas décadas propiciada por el cambio climático en el que nos vemos inmersos. Las ventajas e inconvenientes de cada uno siempre van a tener cierto carácter individual, y estará en las manos de la persona decidir y opinar sobre ellos.

##### *Ventajas*

- **Cero emisiones.** El vehículo eléctrico no consume combustibles fósiles durante su funcionamiento y, por consiguiente, no emite CO<sub>2</sub> a la atmósfera. También se eliminan las emisiones de todos los gases de combustión. A su vez, el ruido es prácticamente nulo, por lo que tampoco existen problemas por contaminación acústica, siendo esta un problema mayor en las grandes ciudades.

- **Coste por kilómetro menor.** Este tipo de vehículos consumen realmente poco, lo que se traduce en un precio que oscila entre los 0,8 € y los 2 € por kilómetro, en función de la tarifa que apliquemos a la hora de recargar la batería mediante la conexión a red. El coche de combustión interna rara vez baja de los 5,5 €/km.
- **Facilidades.** La mayoría de los países están interesados en la introducción del vehículo eléctrico y lo favorecen con descuentos y subvenciones para alentar a la población a su adquisición y uso.
- **Reducción de costes de mantenimiento.** El coche eléctrico tiene un 90% menos de piezas que su equivalente de combustión. Esto hace que el precio global del producto se abarate, pues hay partes que no tienen que revisarse y elementos que ni siquiera existen, como el sistema de refrigeración del motor.

#### *Inconvenientes*

- **Autonomía.** Supone uno de los principales caballos de batalla para los vehículos eléctricos. Para que el coche tenga gran autonomía, la inversión inicial necesaria será mucho mayor, y aun así, no llegaremos al nivel de los vehículos de combustión interna. La autonomía del eléctrico puede alcanzar los 200 kilómetros, pero difícilmente superarlos, ya que las baterías no admiten cargas mayores.
- **Tiempo de recarga completa.** Para cargar completamente la batería del vehículo eléctrico, el tiempo que este debe estar conectado a la red oscilará entre las 10 horas en el caso más desfavorable y los 20 minutos si el cargado es a la mayor velocidad posible. No es competencia para los pocos minutos que tarda el repostaje de combustible del coche convencional.
- **Escasez de puntos de recarga.** En España, existen unos 8.000 puntos de recarga, cantidad que sigue siendo insuficiente a pesar del continuo esfuerzo de las ciudades por introducir nuevos puntos. Otro problema importante es la práctica inexistencia de estos puntos en las áreas de servicio interurbanas, lo que complica la posibilidad de recargar la batería en caso de hacer trayectos largos.
- **Precio inicial.** Por lo general, los vehículos eléctricos son más caros que los de combustión a pesar de las ayudas económicas de las que los primeros disponen. Por otro lado, la infraestructura que permite cargar el vehículo no es obligatoria, pero sí muy recomendable, y su precio suele ser elevado.

### 4.3. Sistemas de alquiler de vehículos eléctricos

A continuación, vamos a pasar a detallar diferentes sistemas de alquiler de vehículos eléctricos ya existentes en España y Europa, y que puedan asemejarse al que propondremos en la ciudad de Sevilla; adentrándonos en la realidad actual en la que se encuentra este sistema.

#### 4.3.1. Car2Go

Car2Go es una filial de Daimler AG que presta sus servicios en numerosas ciudades de Europa y de Norteamérica. No todos los vehículos con los que opera son eléctricos, pero sí una amplia proporción (se eligió como coche eléctrico el Smart Fortwo ED (figura12)). Los únicos requisitos para darse de alta son tener la mayoría de edad y disponer de permiso de conducir en regla.

Todo se basa en el empleo de una aplicación móvil gracias a la cual es posible localizar el vehículo más cercano, permitiendo la reserva hasta 20 minutos antes de utilizar el coche, sin que este tiempo cuente como alquiler. Una vez llegado al vehículo, la puerta de este se desbloquea mediante la propia aplicación o a través de una tarjeta de socio. Además, el usuario que se registre paga el alquiler en función de los minutos que ha empleado el coche y es posible su estacionamiento dentro de la zona permitida por la empresa, en cualquier punto de esta. El aparcamiento fuera de zona presenta un coste adicional.



Figura 12. Vehículo sistema Car2Go en Ámsterdam

Fuente: <https://commons.wikimedia.org>

El vehículo está equipado con un sistema GPS que permite no solo la localización del vehículo, sino que avisa también de la necesidad de recargar la batería en los diferentes puntos habilitados para ello. No obstante, esto también corre a cargo de la propia empresa, que al tener constancia de que a uno de sus vehículos se le agota la batería, envía a un empleado a recoger el coche del lugar en el que esté aparcado y lo conecta a un sistema de recarga.

El pago se reduce al precio del alta en el sistema y al alquiler del vehículo por minuto, variando la tarifa según la ciudad. Por otro lado, existen unos precios máximos por horas y por días; y no existe una cuota anual. A continuación, repasaremos la adaptación de los servicios de esta empresa en diferentes áreas urbanas.

#### *Ámsterdam (Países Bajos)*

A finales de 2011, Car2Go instaló un total de 300 vehículos eléctricos de tipo Smart, en un proyecto en el que el buen uso del sistema y de las instalaciones, como dejar

correctamente conectado el vehículo a un poste de recarga, se premiaba con minutos de alquiler gratuitos.

En esta ocasión, la única aportación del ayuntamiento fue la cesión de los espacios habilitados para el aparcamiento y las infraestructuras para la recarga de baterías; constituyéndose como el primer gran sistema de vehículos eléctricos de alquiler.

El proyecto surgió como respuesta a la dificultad que suponía aparcar en la ciudad, llena de canales y calles estrechas, además del precio de aparcar en la calle, que ascendía a unos 585 € al año para ello, aun sabiendo que era muy probable que llegada la hora de la verdad, pudieran hacerlo por falta de sitio.

En la actualidad, el precio de alquiler del vehículo es de 0,31 €/min, aunque existe la posibilidad de alquilarlo por horas, si el empleo se va a prolongar, e incluso por días, ascendiendo el precio a 12,60 €/h y 69,00 €/día respectivamente.

#### *Berlín (Alemania)*

En el año 2013, la empresa pone a disposición de los habitantes berlineses un total de 300 vehículos eléctricos.

Al igual que en Ámsterdam, la aplicación de móvil permitía detectar si la conducción se había llevado a cabo de manera eficiente, suponiendo bonificaciones aplicables en los posteriores alquileres.

En lo que se refiere al precio del alquiler de los coches actualmente, el precio por minuto en Berlín es algo inferior al de Ámsterdam, 0,24 €/min. No obstante, las tarifas de larga duración superan los precios de la capital holandesa, pues alcanza los 13,99 €/h y los 79,00 €/día.

#### *Madrid (España)*

Nuestro país no se quedó atrás y en noviembre de 2015 una flota formada por 350 vehículos eléctricos, que ascendió a 500 a lo largo de 2016, se instalaron en las calles de la capital con gran aceptación debido a la alta contaminación que esta presentaba, la cual se vería reducida gracias a estos coches sin emisiones. Otro motivo de apoyo fue la densidad de población madrileña, que convertía a Madrid en la tercera zona metropolitana europea en este aspecto.

El área de circulación para los coches del servicio de alquiler es de 53 km<sup>2</sup>, limitados por la ronda de circunvalación M-30 (figura 13).

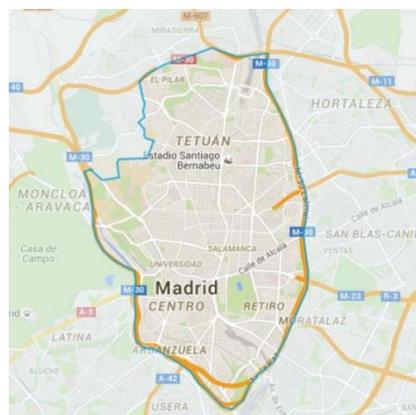


Figura 13. Área de circulación en Madrid

Fuente: <http://www.europapress.es>

Este sistema supuso múltiples ventajas, algunas presentes en la actualidad en nuestra capital, aparte de los aciertos que introduce el propio sistema. En este caso particular:

- I. La búsqueda de aparcamiento es más sencilla y reduce un 25% el tráfico.
- II. Es complementario a otro tipo de transporte.
- III. La carga completa de la batería es relativamente rápida, inferior a una hora.
- IV. Creó puestos de trabajo.
- V. Ayuda al pago de impuestos.

En la actualidad, la tarifa por minuto en Madrid es la más baja que tiene la empresa en todas las ciudades donde presta sus servicios, pues apenas alcanza los 0,19 €/min. No se dispone de tarifa horaria pero sí de tarifa diaria, cuyo coste es de 59,00 €/día.

#### **4.3.2. Emov (Madrid, España)**

Emov es otra de las empresas que se dedican al alquiler de vehículos eléctricos, concretamente en la capital española, formada por la unión de dos multinacionales, Eysa y el Grupo PSA (Peugeot-Citröen). Presenta un sistema muy parecido al de su competidora en el sector, Car2Go, pues emplea una página web a través de la cual permite a los usuarios darse de alta pagando una cuota relativamente baja, y el resto de los trámites se realizan a través de una aplicación móvil, siendo posible localizar los vehículos, abrirlos para poder montarse en ellos, e incluso realizar los pagos del alquiler, que vuelven a ser por minutos conducidos.

Una vez realizado el trayecto, el coche se puede aparcar en cualquier lugar de estacionamiento público, sin tener que preocuparse por la recarga de la batería, y sin tener que pagar por ello. En caso de que la batería se esté agotando, un empleado de la empresa retira el vehículo y lo lleva al punto de recarga más próximo.

La empresa puso a disposición de la población madrileña un total de 500 vehículos a finales del año 2016, concretamente, el 19 de diciembre, con la esperanza de aumentar la flota a 1.000 coches a lo largo del año 2017. En este caso, el seleccionado fue el Citroën C-Zero (figura 14), un vehículo 100% eléctrico de cuatro plazas y cinco puertas.



Figura 14. Vehículo de Emov

Fuente: <http://www.libremercado.com>

El perímetro por el cual está permitido la conducción está limitado por la M-30, incluyendo la casi totalidad de la Ciudad Universitaria de Madrid, zona a la que no se podía acceder con el servicio Car2Go. Todo

por el mismo precio que su competidora, pues la tarifa por minuto es de 0,19 €, llegando a los 59 € en caso de que el alquiler se realice durante el día completo.

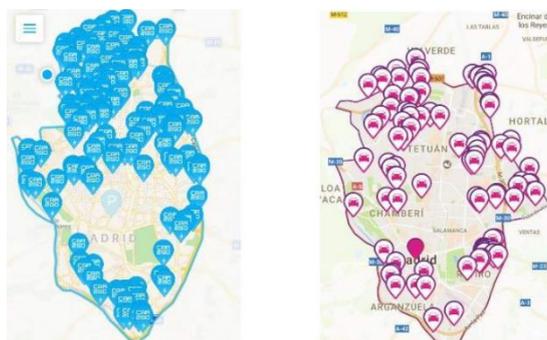


Figura 15. Áreas de servicio de Car2Go y Emov.

Fuente: [www.eleconomista.es](http://www.eleconomista.es)

Por consiguiente, entre las principales diferencias que presentan estas dos empresas en la ciudad de Madrid, cabe destacar que el alta en el sistema propuesto por Emov es más simple, pues la validación del carnet de conducir se puede realizar a través de la propia página web, sin la necesidad de hacerlo de forma presencial en una autoescuela, como exige Car2Go. Esta última no cubre los daños físicos en caso de accidente, mientras que Emov sí lo hace a través de un seguro que incluye este aspecto. Por último, el Citroën C-Zero tiene una capacidad mayor y pueden viajar en él más pasajeros, además de ser más robusto y completo, mientras que el Smart Fortwo Electric Drive, más pequeño, permite encontrar más fácilmente un estacionamiento, además de contar con mejores prestaciones y un navegador con el que no cuenta el Citroën C-Zero de Emov.

#### 4.3.3. IfRenting (Barcelona)

En junio del año 2012, la empresa andorrana If Rent se asoció con Endesa para promover la creación de un sistema de alquiler de vehículos eléctricos en la ciudad condal.

El coche elegido en este caso fue el Renault Twizy (figura 16), autocar de dos plazas con una autonomía de 100 kilómetros y velocidad punta de 50 km/h, lo que dificulta la posibilidad de circular fuera de la propia ciudad, convirtiéndose en un sistema poco desarrollado en cuanto al área de circulación (reducida al interior de la propia ciudad). La flota inicial era de 18 vehículos.



Figura 16. Renault Twizy

Fuente: <http://www.renault.es>

Para alquilarlos, el individuo tiene que acudir a la zona de aparcamientos, situada en la Plaza de Cataluña, donde se encuentran los postes de recarga de las baterías;

siendo un sistema más rudimentario que los tratados hasta ahora. Además, una vez que el coche deja de utilizarse, debe ser aparcado en ese mismo lugar, lo que obliga a que el alquiler sea durante un período de tiempo mayor.

En cuanto al precio, existe una tasa anual de 100 €, que puede sustituirse por dos semestrales de 60 € cada una. Aparte, el alquiler se realiza por horas y es diferente para los turistas que para el resto de usuarios del sistema. Los primeros, pagan las dos primeras horas por 21 €, y las tres siguientes por 15 €, de forma que una vez abonados estos 36 €, el resto del tiempo es gratuito hasta un máximo de 12 horas. Para los demás, el precio es de 7 euros la hora. Además, se permite la recarga gratuita en este tiempo en cualquier punto de carga de la ciudad y el estacionamiento en toda zona sin necesidad de pagar, por un tiempo máximo de dos horas.

Si lo comparamos con los sistemas de Madrid, no es difícil darse cuenta de que el catalán sale perdiendo, tanto en cobertura y vehículo, aparte del elevado precio de alquiler y la existencia de una tasa anual, de la que carecen Car2Go y Emov. Con IfRenting no es posible coger el coche durante un corto período de tiempo, pues no sería rentable, y es necesario comenzar y acabar el trayecto en el mismo punto.

#### **4.3.4. Autolib (Francia)**

Es un servicio de alquiler de coches compartidos inaugurado en París en el año 2011 y que actualmente cuenta con más de 4.000 puntos de recarga repartidos por todo el país para la gestión de la batería de los, aproximadamente, 3.000 *Bluecars Bollorés* con los que cuenta la empresa.

Para poder utilizar los servicios, lo primero que el usuario debe hacer es darse de alta en el sistema a través de la página web de la compañía, siendo los únicos requisitos la mayoría de edad y disponer de un permiso de conducir vigente. A cambio, la empresa hace llegar un carné de socio que sirve para desbloquear los vehículos y poder acceder a ellos una vez alquilados. En caso de necesitar un coche, tendríamos que ir a uno de los diferentes aparcamientos que la empresa tiene instalados, y una vez allí, coger el coche el tiempo que necesitemos, con el único inconveniente de tener que aparcarlo en otra zona de la compañía habilitada para ello.



Figura 17. Vehículo del sistema Autolib  
Fuente: <http://www.cedemos.org>

El vehículo es 100% eléctrico (figura 17) y dispone de un GPS que permite localizar los puntos de recarga más cercanos y la disponibilidad de aparcamiento en ellos. Además, la autonomía de este coche de cuatro plazas es de 250 kilómetros y tarda cerca de cuatro horas recargar la batería por completo.

Por último, el precio varía en función de la tasa que tengamos contratada, y la facturación es por cada media hora de trayecto. Así, el servicio puede tener una suscripción anual, mensual, semanal e incluso diaria, cambiando también el precio de cada una de ellas. Estas tasas de alquiler se encuentran comprendidas entre los 4 y los 8 euros, siendo mayores para aquellos socios que tienen una suscripción de menor duración.

## 5. NORMATIVA

A la hora de proponer las soluciones de las diferentes partes de las que consta el proyecto es necesario tener en cuenta la legislación vigente en España respecto a los postes e instalaciones de recarga. Para ello, vamos a hacer mención especial a la ITC-BT 52, donde queda recogida la normativa sobre la infraestructura de recarga de los vehículos eléctricos, así como a diferentes normas donde se recogen las protecciones con las que debe contar un sistema de baja tensión, como es nuestro caso. Analizaremos también lo que recogen las ordenanzas municipales sobre la circulación de este tipo de vehículos.

### 5.1. ITC-BT 52

La Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT 52, *Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos*, es una herramienta en forma de normativa donde se dan una serie de pautas acerca de cómo serían las diferentes formas de llevar a cabo la recarga de un vehículo eléctrico; sea cual sea la ubicación y el tipo de uso (público o privado) que se haga de dicha estación de recarga.

Se denomina punto de conexión a aquel donde vehículo e instalación se conectan a través de una toma de corriente o de un interruptor general. En esta instrucción se recogen cuatro modos de carga diferentes:

- **Modo de carga 1:** el vehículo se conecta a la red a través de tomas de corriente normalizadas, cuya intensidad no supera los 16 A y con una tensión normalizada en el lado de la alimentación inferior a 250 V en monofásico o 480 V trifásicos.
- **Modo de carga 2:** el vehículo se conecta a la red a través de tomas de corriente normalizadas, con una intensidad inferior a 32 A y tensión normalizada en el lado de la alimentación no superior a 250 V o 480 V, dependiendo del número de fases. Este sistema incluye una protección para las personas y un circuito de control.
- **Modo de carga 3:** se emplea un SAVE (conjunto de equipos montados que suministran la energía para la recarga del vehículo eléctrico, incluyendo protecciones y tomas de corriente) específico conectado constantemente a la alimentación.
- **Modo de carga 4:** el vehículo se conecta a la red a través de un cargador que permite el control sobre el equipo que se conecta a la instalación.

La norma también recoge los diferentes esquemas eléctricos que deben presentar las estaciones de recarga, obligando a aquellas que no las tengan a adaptar su distribución a una de las siguientes:

- Esquema colectivo o troncal con un contador principal en el origen de la instalación.
- Esquema individual con un contador común para vivienda y estación de recarga (figura 19).
- Esquema individual con un contador para cada estación de recarga.
- Esquema con circuito(s) adicional(es) para recargar el vehículo.

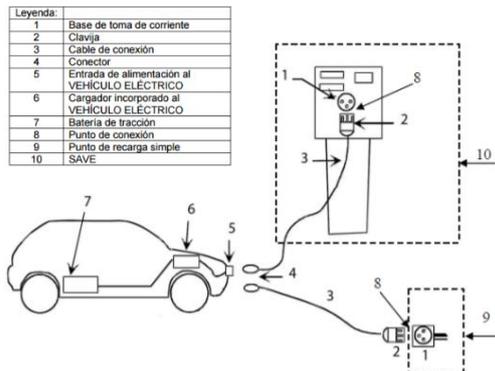


Figura 18. Esquema de carga del vehículo eléctrico.

Fuente: ITC-BT 52

Debemos tener en cuenta que, en nuestro caso, las estaciones de recarga las vamos a colocar en los aparcamientos propios de la empresa para este fin de manera que la conexión del vehículo la pueden llevar a cabo el usuario del sistema o el empleado de la empresa que lo recoge cuando la batería está próxima a agotarse. Esto es importante puesto que, en función del usuario de las estaciones, las bases de las tomas de corriente o conectores instalados deben cumplir unos determinados requisitos según la instrucción.

Así, si el usuario no está familiarizado con los riesgos de la energía eléctrica, se debe cumplir lo que se recoge en la tabla 2.1. No obstante, si los sistemas de recarga están supervisados por usuarios concededores de los riesgos de la energía eléctrica, es necesario el cumplimiento de la tabla 2.2., con los modos de recarga 3 y 4, o el 1 en caso de vehículos de poca potencia. Por consiguiente, acudiremos a las normas de la primera tabla, en función del tipo de alimentación (monofásica o trifásica).

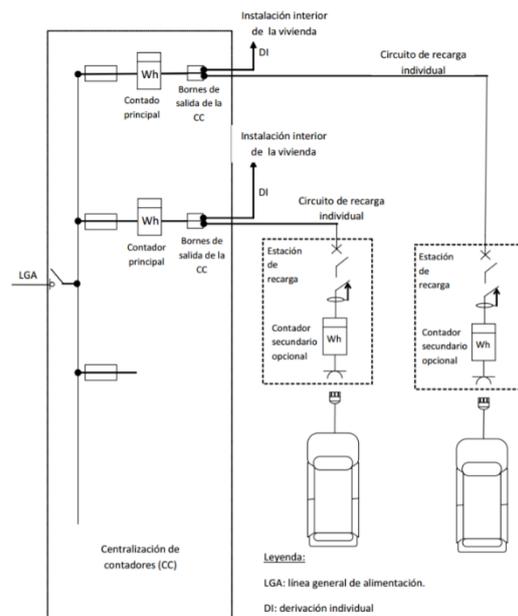


Figura 19. Esquema individual con contador común para vivienda y estación de recarga.

Fuente: ITC-BT 52

Alimentación de la estación de carga	Base de toma de corriente según	In interruptor automático protección general
Monofásica	UNE 20315-1-2	10 A
	UNE 20315-2-11	10 A
	UNE-EN 62196-2	16 A
Trifásica	UNE-EN 62196-2	16 A
	UNE-EN 62196-2	32 A
	UNE-EN 62196-2	63 A

Tabla 2.1. Puntos de conexión a instalar en estaciones de carga con uso de personas no familiarizadas con los riesgos eléctricos.

Fuente: *El vehículo eléctrico y su infraestructura de carga; Molero Piñeiro, Eva; Marcombo, 2013*

Alimentación de la estación de carga	Base de toma de corriente según	In interruptor automático protección general
Monofásica	UNE-EN 60309-1/2	16 A
	UNE-EN 60309-1/2	32 A
Trifásica	UNE-EN 62196-2	16 A
	UNE-EN 62196-2	32 A
	UNE-EN 62196-2	63 A

Tabla 2.2. Puntos de conexión a instalar en estaciones de carga con uso de personas familiarizadas con los riesgos de la electricidad.

Fuente: *El vehículo eléctrico y su infraestructura de carga; Molero Piñeiro, Eva; Marcombo, 2013*

Según la instrumentación técnica, todas las instalaciones destinadas a la recarga del vehículo eléctrico deben aplicar una serie de prescripciones generales:

- ✓ Alimentación: si se emplean los modos de recarga 1, 2 ó 3; la tensión debe ser obligatoriamente de 230/400 V. En el modo 4, la tensión de entrada es la del convertidor, pudiendo ser de 1000 V en alterna trifásica o 1500 V en continua.
- ✓ Sistemas de conexión del neutro: solo se emplea la conexión TN-S para proteger frente a contactos indirectos a través del diferencial.
- ✓ Puntos de conexión: deben estar junto a la plaza que se va a alimentar e instalarse en una envolvente con una altura comprendida entre 0,6 y 1,2 metros (entre 0,7 y 1.2 metros para personas con movilidad reducida).

Alimentación de la estación de recarga	Base de toma de corriente según norma:	I del punto de conexión	I <sub>n</sub> del interruptor automático	Modo de carga previsto	Ubicación posible de conexión		
					Viviendas unifamiliares	Aparcamientos en edif. viviendas	Otras
Monofásica	UNE 20315-1-2	-	10 A	1 ó 2	Sí	Sí	No
	UNE 20315-2-11	-	10 A	1 ó 2	Sí	Sí	No
	UNE-EN 62196-2	16 A	X	3	Sí	Sí	No
	UNE-EN 62196-2	32 A	X	3	Sí	Sí	No
Trifásica	UNE-EN 62196-2	16 A	X	3	Sí	Sí	Sí
	UNE-EN 62196-2	32 A	X	3	Sí	Sí	Sí
	UNE-EN 62196-2	63 A	X	3	No	No	Sí

X: La protección va incluida en el SAVE por lo que es responsabilidad del fabricante el cálculo de la intensidad nominal del interruptor.

Tabla 3. Posibles puntos de conexión en función de la ubicación del sistema de carga.

Fuente: *ITC-BT 52*

El último aspecto que se trata en la ITC-BT 52 son las protecciones, estableciéndose las siguientes para este tipo de instalaciones:

- **Contra sobre intensidades:** la ITC-BT 22 exige que cada punto de recarga se proteja individualmente con un dispositivo frente a sobrecargas y cortocircuitos; cumpliendo las normas UNE 61009 o UNE-EN 60947-2. Si el modo de carga empleado es el 1 o el 2, la intensidad asignada del interruptor automático será de 10 A, según la norma UNE 20315.
- **Contra sobretensiones:** mediante dispositivos según la norma EN 50550 y UNE-EN 61643-11 frente a sobretensiones temporales y transitorias. En los modos de carga 1 y 2 el sistema de sobretensiones transitorias se coloca en el cuadro de mando y protección del circuito de distribución colectivo, respaldado por un segundo dispositivo si la longitud de este es mayor de 10 metros.

Es necesario evitar por todos los medios el disparo del interruptor general, lo que se favorece con la instalación de una protección incorporada al dispositivo contra sobretensiones que en caso de no ser propia será la recomendada por el fabricante.

## 5.2. IEC 62916

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) lanzó este estándar aplicable al conjuntos de conectores y a los modos de recarga de las baterías de los vehículos eléctricos, imponiendo la necesidad de no superar un voltaje de 690 V con una corriente inferior a 250 A en alterna, o los 600 V e intensidad no superior a 400 A si se trata de corriente continua.

Se establecen, según este estándar, los cuatro modos de recarga del vehículo tratados en la ITC-BT 52.

Hablaremos de recarga semirrápida cuando la potencia se encuentre entre 15 kW y 40 kW, de forma que para toda potencia que supere este segundo valor la recarga sería considerada como rápida.

Actualmente, se está desarrollando un sistema de carga combinada (CCS) donde se instalan en la misma envoltura las conexiones para la recarga en corriente alterna y en corriente continua, que hasta ahora eran independientes, adaptándose la instalación a los dos valores de tensiones (400 V y 230 V en Europa, respectivamente). Se ha acordado el empleo de HomePlug GreenPHY como protocolo de comunicación, y los enchufes han sido desarrollados por la empresa Phoenix Contact.

Otra parte del estándar recoge los diferentes tipos de conectores que se pueden emplear entre los que destacan el conector Yazaki en América del Norte, el Mennekes en Europa y el CHAdeMO, en Japón (este último es un conector de corriente continua). Una

estación de carga con un conector específico podría tener un adaptador para otro tipo de conexión diferente aunque la corriente no se activa hasta que el pin de señal de presencia se conecta, quedándose la intensidad en 16 A a menos que reciba una señal de modo de carga 62916 IEC que especifique el nivel de amperaje superior.

Todos los tipos de enchufe tendrán dos señales adicionales, la de control y la de proximidad, en pines independientes a los de las líneas de recarga y transmisión de energía.

### 5.3. Ordenanza de circulación de Sevilla

Esta ordenanza aprobada el 16 de agosto de 2014 surge como respuesta a la necesidad de unificar las materias relativas a la circulación, dispersas en diferentes ordenaciones previas. Es aplicable a todo el término municipal de Sevilla (de obligado cumplimiento para los titulares y usuarios de las vías de uso común), así como a las vías interurbanas cuya competencia haya sido concedida al Ayuntamiento de Sevilla.

Esta amplia ordenanza recoge algunas normas que afectan concretamente a nuestro caso de estudio, el vehículo eléctrico, por lo que deben ser tenidas en cuenta a la hora de desarrollar el sistema de alquiler y el empleo que se haga de los coches por parte de los usuarios.

- ❖ **Artículo 54. Carriles reservados.** Los vehículos eléctricos podrán circular por los carriles reservados para el transporte público, a no ser que la señalización reglamentaria al comienzo del carril indique lo contrario.
- ❖ **Artículo 68. Promoción del uso del vehículo eléctrico.** El Ayuntamiento de Sevilla se compromete a promover el vehículo eléctrico facilitando su circulación y aparcamiento y estableciendo bonificaciones fiscales.
- ❖ **Artículo 131. Modelos oficiales de distintivos.** Será necesaria la aprobación por parte del Ayuntamiento de un distintivo oficial que deberá llevar todo vehículo eléctrico.
- ❖ **Artículo 136. Exenciones (pago de tarifa).** Los vehículos eléctricos no tienen que pagar la tarifa de aparcamiento en las zonas reguladas establecidas por el Ayuntamiento, siempre que cuenten con el distintivo oficial y se coloque visible en el parabrisas del coche.
- ❖ **Artículo 137. Adquisición de tiques y obtención de distintivos.** Serán otorgados por el Ayuntamiento y podrá encargarse de este proceso la empresa concesionaria.

## 6. REQUISITOS DE DISEÑO

En este apartado vamos a especificar las diferentes exigencias que tienen que cumplir cada una de las partes que componen nuestro sistema de alquiler de vehículos eléctricos, desde el propio vehículo hasta el sistema de control y gestión de la flota, pasando por las estaciones de recarga y el diseño de las plazas de aparcamiento.

Para ello, una de las primeras cosas que debemos tener en cuenta es el área de utilización permitida para la conducción de los coches de la flota, pues delimitará las necesidades de todos los aspectos que abarca nuestro proyecto. Como es lógico, este área no solo va a influir en el número de vehículos que se deben considerar para dar una respuesta adecuada a los usuarios, así como para el proyecto de las zonas destinadas al estacionamiento y recarga de vehículos, desde su extensión hasta la estructura que tendrán; sino también en otros aspectos más técnicos, como la autonomía de los coches y los tiempos de recarga que permitirán dar un servicio continuado.

Analizando uno de los casos más cercanos al nuestro, el sistema empleado por Car2Go en Madrid, este delimita la zona a la M-30, cuya longitud es de 32,5 kilómetros. Por su parte, Emov amplía este área a la ciudad universitaria, ocupando una extensión algo mayor.

Hacer una analogía directa de esta idea en Sevilla implicaría emplear la ronda de circunvalación SE-30 como límite del espacio en el cual se puede dar uso a los coches de nuestro sistema de alquiler. Esta suposición tiene dos inconvenientes fundamentales, la exclusión de ciertos barrios que se encuentran más alejados del centro de la ciudad y que quedan fuera de estos límites, como Bellavista, San Jerónimo, Pino Montano y Sevilla Este; y la inclusión de una zona próxima al Aljarafe que no aporta demasiado a nuestro sistema pues en ella solo se localizan las diferentes entradas y salidas a ciertos pueblos que se encuentran más allá del río Guadalquivir.

Por todo ello, y teniendo en cuenta que hay barrios donde el servicio va a ser complicado debido a su difícil acceso desde el resto de la ciudad, así como por lejanía a las estaciones que se van a establecer para la recarga de los vehículos, afectando considerablemente a la autonomía de los vehículos, se ha decidido que el área de empleo del sistema esté delimitado por: (figura 20).

- SE-30 entre los kilómetros 0 y 14 y entre el kilómetro 20 y la salida al Estadio Olímpico.
- Ronda Urbana Norte.
- Avenida Juventudes Musicales.
- Avenida Carlos III.

- Carretera Cádiz-Huelva.

Podemos concluir que la longitud de la carretera que limita la zona es de unos 25 kilómetros y la velocidad máxima que se permite en alguno de sus puntos, también interesante para nuestro estudio, es de 80 km/h en el tramo de la SE-30.



Figura 20. Área de empleo del sistema

### 6.1. Características del vehículo

Los requisitos que han de tenerse en cuenta a la hora de seleccionar el vehículo eléctrico que emplearemos en el sistema de alquiler son las siguientes:

- Autonomía: será necesario que el vehículo pueda utilizarse sin necesidad de ser cargado durante el mayor tiempo posible ya que solo existirán dos puntos concretos en todo el área de empleo donde irán instalados los sistemas de recarga, y debemos garantizar la continuidad del servicio.
- Velocidad: teniendo en cuenta el área en el cual puede usarse el vehículo eléctrico perteneciente a nuestro sistema de alquiler, debemos considerar que por la ronda de circunvalación SE-30 la velocidad máxima permitida es de 80 km/h, por lo que sería interesante que el coche escogido pudiera alcanzar dicha velocidad para acelerar los desplazamientos y evitar colapsos en los recorridos realizados por estas vías.
- Tamaño: debido a que el estacionamiento del vehículo se realizará en zona urbana, parece lógico considerar que cuanto menor sea el tamaño del coche, más fácil nos resultará aparcarlo en las calles de la ciudad, así como menores serán las dimensiones de los dos emplazamientos donde situaremos los sistemas de recarga de las baterías. Además, tendrá una repercusión positiva sobre el tráfico urbano a lo largo del día, pues cuanto más compacto es el coche, menos espacio ocupa sobre la propia vía.

- Tipo: es necesario que el coche que elijamos sea 100% eléctrico, por lo que descartaremos los vehículos híbridos.
- Batería: actualmente las baterías están construidas con diferentes compuestos metálicos. Intentaremos que las prestaciones de esta sean las mejores dentro de lo posible y que su recarga se realice a valores de tensión próximos a los que aparecen en la ITC-BT 52, 220 V en caso de corriente monofásica y 400 V si es trifásica.

Todo esto debe ser visto dentro de un marco económico, es decir, no será posible costear un vehículo cuyo precio sea excesivamente elevado, por lo que tendremos que llegar a una solución de compromiso en la que consideraremos todos los aspectos indicados con anterioridad.

La flota estará compuesta por un total de 60 vehículos, cantidad que se ha obtenido realizando una equivalencia con el sistema implantado por Car2Go en Madrid. En este caso, para una población de 3.166 millones de habitantes (2016), el número total de vehículos con los que cuenta el sistema es de 350. En Sevilla, la población asciende a 690.566 habitantes aproximadamente (2016), por lo que la equivalencia directa daría un número cercano a 75 coches de carácter eléctrico; sin embargo, al ser el área de empleo algo menor en la ciudad hispalense, se ha optado por reducir el número aún más, apostando por los 60 indicados en este apartado.

## 6.2. Características de los postes de recarga

En la selección de los postes de recarga que emplearemos para el llenado de la batería, en caso de que esté próxima a agotarse en los vehículos de la empresa, tendremos que tener en cuenta las siguientes características de diseño:

- Tamaño: según la ITC-BT 52, la altura de la conexión debe encontrarse entre los 0,6 y 1,2 metros, al estar prevista para el uso público.
- Tipo de recarga: la velocidad a la que se realice la recarga también es importante pues en este tipo de sistema conviene que haya un número considerable de vehículos operativos al mismo tiempo. Esto implica que, de ser posible, la recarga debe ser rápida o en su defecto normal, con tiempos de recarga bajos, para cumplir con los requisitos de disponibilidad.
- Protecciones: como ya indicaba la ITC-BT 52, cada uno de los sistemas deberá estar protegido frente a sobreintensidades con un interruptor automático cuya intensidad depende del modo de conexión, y frente a sobretensiones a través de su correspondiente protección.

Como en el caso del vehículo eléctrico, tendremos que llegar a una solución de compromiso entre la tecnología y el coste de esta. Por otro lado, la instalación eléctrica se encargará a una empresa externa por lo que no vamos a dedicar tiempo a ella en el desarrollo de la idea.

### 6.3. Características de la distribución de plazas

El sistema contará con dos emplazamientos destinados al aparcamiento del vehículo por parte del usuario, si así lo desea, y estará dotado con postes para su recarga. Estos aparcamientos, por tanto, no solo cumplen la función de facilitar a los usuarios del sistema el poder aparcar en las inmediaciones del centro, reduciendo tiempos y costes; sino que serán los lugares donde se llevarán los vehículos cuando la batería de estos esté próxima a agotarse.

Uno de ellos será el parking propio de la empresa, que dispondrá de un número de plazas igual al total de vehículos con los que cuenta el sistema, 60. Todas ellas estarán dotadas de un sistema de recarga que permitirá el cargado de la batería de todos y cada uno de los vehículos, lo cual será necesario, en ocasiones, para su posterior empleo por las calles de Sevilla.

El otro aparcamiento debe estar situado cerca del centro histórico y contar con 20 plazas con sus respectivos postes para la recarga.

El tamaño de las plazas dependerá del vehículo seleccionado y la distribución buscará que el espacio ocupado sea lo menor posible para que el terreno también lo sea y, por tanto, el coste. Además, tendrán que determinarse la disposición y el tamaño de los carriles en el interior del aparcamiento, de manera que facilite el estacionamiento de los vehículos y la movilidad dentro de la ubicación.

### 6.4. Características del sistema de control

Para llevar a cabo el control y el seguimiento del sistema de alquiler de vehículos será necesario disponer de una serie de datos propios del vehículo y del conductor que lo utilice.

La información que le llega al centro de control en tiempo real debe estar compuesta, entre otros, por la localización de todos y cada uno de los vehículos, tanto los que se encuentran estacionados como los que están siendo empleados en cada instante, con el recorrido que estén realizando. También debe ser posible saber el estado de la

batería del vehículo para que la propia empresa pueda encargarse de la retirada del coche del punto en el que se encuentre a través de un trabajador y llevarlo al poste de recarga de la empresa más cercano una vez que el trayecto haya finalizado.

En lo referido al estado de los coches, en caso de avería o accidente el sistema debe enviar una señal de alarma que permita inhabilitar el coche una vez que este se aparque hasta que un operario lleve a cabo una comprobación del estado del vehículo y se realice de nuevo su puesta a punto si se considerara necesario. También se hará partícipe de esto a los usuarios, que podrán colaborar con el mantenimiento de los vehículos notificando los daños y desperfectos que observen en los coches antes de hacer uso de ellos.

En cuanto al empleo, este deberá ser lo más sencillo y cómodo posible, tanto para poder alquilar o reservar previamente los vehículos sin necesidad de acudir a un punto físico en el que hacerlo, así como para acceder al propio coche a través de un sistema que funcione como llave y que permita la apertura y cierre del coche. En este aspecto, se hará uso de una aplicación de móvil a través de la cual se tenga acceso a la localización de los coches disponibles para poder seleccionar el que se encuentre más próximo en cada caso, permitiendo la reserva de este durante un período de media hora, y un sistema de apertura y cierre alternativo hará las veces de las llaves de los coches. El pago también deberá poder realizarse a través de dicha aplicación.

## **7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

### 7.1. Caso de estudio

A la hora de llevar a cabo una propuesta en los diferentes campos que abarca nuestro proyecto, será interesante tener en cuenta el tipo de usuario que va a emplear nuestro servicio de alquiler, para lo que acudiremos a los datos que aporta la Junta de Andalucía sobre los desplazamientos diarios que se producen en la comunidad autónoma, y más concretamente, en el interior de la zona que se ha considerado para el uso del sistema.

Según la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo; en Andalucía, el 57% de los desplazamientos diarios en territorio urbano se realizan en vehículo privado. De todos esos desplazamientos, prácticamente el 60% de los realizados en coche son por motivos de trabajo, siendo, por lo general, desplazamientos de más de 6 kilómetros de distancia. Otro de los motivos principales son las compras y el ocio, así como su uso en el trayecto hacia el médico. Estas mismas causas son las que impulsan a las personas al empleo del transporte público.

De este estudio, podemos concluir que en su mayoría, los usuarios de nuestro sistema de alquiler serán personas de camino a su lugar de trabajo, así como aquellas que necesiten llegar a ciertos lugares más rápido que lo que tardarían con el empleo del transporte público (hospital, estaciones de tren, etcétera). Además, otro sector interesante podría ser el turismo, puesto que a veces las combinaciones existentes de transporte público no son las más adecuadas para llegar a determinados lugares, y los turistas podrían encontrar en este sistema una alternativa para desplazarse por la ciudad sin depender de horarios ni factores externos.

La otra idea que sacamos del estudio es que los trayectos rara vez superarán los 15 kilómetros, ya que la media se encuentra en torno a los 10 y solo en casos excepcionales el usuario empleará el vehículo para llegar más lejos. Esto será considerado para la elección según la autonomía del vehículo y para las estaciones de recarga.

### 7.2. Elección del vehículo

El objetivo de este apartado es seleccionar el vehículo eléctrico que vamos a emplear en el sistema de alquiler propuesto.

El esquema que vamos a seguir será el siguiente:

En primer lugar, vamos a acudir al mercado español para analizar los diferentes vehículos 100% eléctricos que se ofertan actualmente en él.

Una vez hecho esto, nos centraremos en uno de los puntos más críticos de los transportes impulsados por motor eléctrico, las baterías, que influyen directamente en la autonomía de los vehículos.

A partir de estos dos aspectos, llevaremos a cabo una preselección de los vehículos que puedan cumplir con nuestros requisitos y una posterior comparación de sus características técnicas para finalizar con la selección del coche que consideramos más adecuado para el sistema.

### ***7.2.1. Situación del mercado de vehículos eléctricos***

Si acudimos al mercado español, podemos comprobar que la cantidad de vehículos con motores eléctricos, tanto híbridos como 100% eléctricos, resulta insignificante en comparación con los coches de combustión interna, si bien es verdad que cada vez se están haciendo más hueco.

Dentro del sector eléctrico, a día de hoy se sigue prefiriendo el vehículo híbrido debido a que las prestaciones suelen ser mejores, por lo general, y más parecidas a los coches tradicionales.

La selección se va a realizar entre los vehículos 100% eléctricos cuyo precio inicial no alcance los 35.000 euros, ya que un valor superior se consideraría una inversión importante que la empresa no estaría dispuesta a asumir. Además, se han descartado todos los vehículos cuya función principal sea diferente al desplazamiento de personas, como las furgonetas, más destinadas al transporte de mercancías.

Por consiguiente, de todos los coches eléctricos del mercado la elección se realizará entre:

- Citroën C-Zero
- Hyundai Ioniq
- Kia Soul EV
- Mitsubishi i-Miev
- Nissan Leaf
- Peugeot iOn
- Renault Twizy
- Renault Zoe
- Smart Fortwo electric drive

- Volkswagen e-Up!

### 7.2.2. Baterías

Uno de los aspectos fundamentales de los vehículos eléctricos es la batería, pues influye directamente en la autonomía y en los tiempos de recarga del coche a la hora de que esta se agote. En la actualidad, para poder combatir la autonomía de los coches convencionales sería necesario colocar en los eléctricos baterías de grandes dimensiones, cosa que resulta inviable, por lo que el principal objetivo para el desarrollo de estos vehículos es la mejora en la tecnología de las baterías.

En el mercado actual, los principales baterías son:

- ✓ **Baterías de Plomo-Ácido:** como batería secundaria (arranque o iluminación) es la más común debido a su bajo coste, su seguridad y sus características funcionales para el empleo en vehículos. El tamaño influye en su capacidad. Son baterías muy tóxicas y pesadas, y las recargas suelen ser muy lentas.

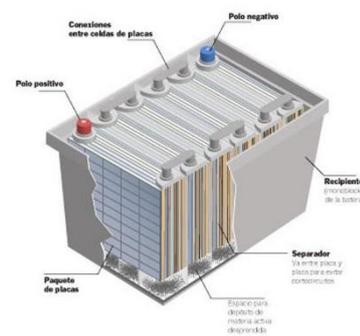


Figura 21. Sección batería de Pb-ácido

Fuente: <http://www.soymoto.net>

- ✓ **Baterías de Níquel-Cadmio:** su asentamiento en el mercado es alto, si bien suelen tener más importancia

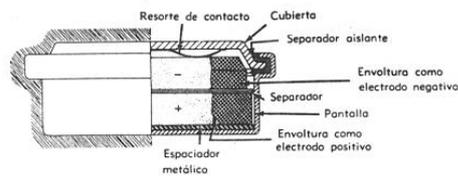


Figura 25. Sección batería Ni-Cd

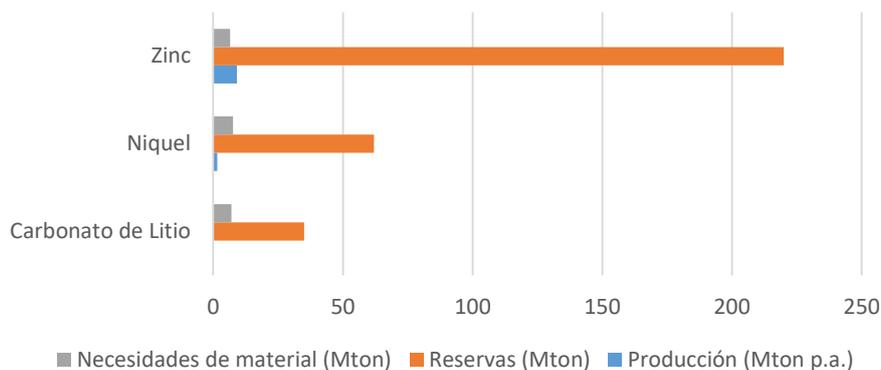
Fuente: <http://www.sapiensman.com>

- en la aviación y en vehículos militares al caracterizarse por su gran rendimiento a bajas temperaturas. Son algo mejores que las baterías de plomo pero varias veces más caras y con reducción de capacidad en cada recarga debido al efecto memoria, por lo que no son las más adecuadas para los vehículos eléctricos.
- ✓ **Baterías de Níquel-hidruro de metal:** son similares a las anteriores aunque mejoran su capacidad. La carga es más rápida y tienen un efecto memoria menor, pero requieren un alto mantenimiento ya que se deterioran en presencia de altas temperaturas y presentan una autodescarga relativamente alta.
- ✓ **Baterías de ion-litio:** presentan un gran número de ventajas entre las que destacan el almacenamiento y la alta densidad de energía y de potencia en un rango elevado de temperaturas. En su contra, los materiales que la

componen son tóxicos e inflamables, por lo que hay que tener cuidado a la hora del diseño. Son bastante más caras pero el tamaño se reduce hasta tres veces con respecto a sus principales competidoras.

Por consiguiente, una vez analizadas las principales baterías que se emplean en el ámbito de la automoción, parece evidente que a pesar de su mayor coste, las baterías de ion-litio siguen siendo las mejor posicionadas y las más rentables a la hora de ser introducidas en los vehículos eléctricos. La vida útil de estas es mayor y, como ya se ha indicado con anterioridad, proporcionan mayores densidades energéticas y potenciales, incrementando la tasa de aceleración del vehículo.

Actualmente, la mayoría de los coches eléctricos incorporan este tipo de baterías, si bien se investigan nuevas líneas para mejorar las propiedades de estas, entre las que se encuentran las baterías de Níquel-metal hidruro (NiMH), las de níquel cloruro de sodio (NaNiCl) y las de Zinc-Aire.



	Carbonato de Litio	Níquel	Zinc
Producción (Mton p.a.)	0,075	1,5	9,1
Reservas (Mton)	35	62	220
Necesidades de material (Mton)	7	7,65	6,5

Figura 21. Producción, reservas y requerimientos para baterías de 5 kWh

### 7.2.3. Vehículos preseleccionados

Vamos a proceder al análisis individual de cada uno de los vehículos que hemos considerado factibles para nuestro sistema de alquiler, con la finalidad de escoger uno entre todos ellos teniendo en cuenta los requisitos que indicábamos en el apartado anterior.

De todos los coches que se listaron con anterioridad, han sido descartados aquellos cuya longitud supera los 4 metros, pues el sistema debe incluir vehículos compactos, reduciendo el análisis a los vehículos siguientes:

*Citröen Z-Cero, Peugeot iOn y Mitsubishi i-Miev*

Empezamos analizando estos tres vehículos juntos debido a su gran similitud, ya que, si no fuera por el logo en el coche, sería difícil identificar cuál de ellos es cuál, considerándolos un único vehículo puesto que las diferencias entre ellos son ínfimas.

Son pequeños utilitarios de 5 puertas cuyo tamaño aproximado es 3,47x1,47x1,61 metros, lo que los convierte en vehículos compactos. Al ser un coche estrecho y alto, las maniobras por las calles de la ciudad se simplifican.

El motor eléctrico es de tipo síncrono de imanes permanentes con una potencia de 49 kW (equivalente a 69 CV) y un par motor de 180 Nm. La aceleración de 0 a 100 km/h se puede llevar a cabo en un tiempo de 15,9 segundos y la velocidad máxima que puede alcanzarse es de 130 km/h.

En cuanto a las baterías, estas son de iones-litio con una capacidad de 16 kWh que permiten una autonomía de 150 km en ciclos NECD (homologados). Según la empresa automovilística, el consumo real es de 135 Wh/km.

Estos coches admiten dos tipos de recarga. La normal (lenta) requiere unas 6 horas a 230 V y 16 A; mientras que la rápida permite recargar el 80% de la batería en un tiempo de 30 minutos, o bien, el 50% en un cuarto de hora a través de una toma trifásica de 400 V y 32 A. A cada lado de la carrocería, el vehículo tiene una toma de enchufe independiente.

Actualmente, el Citröen Z-Cero y el Peugeot iOn pueden obtenerse desde 26.190 €, mientras que el Mitsubishi i-Miev es algo más barato, pudiéndose adquirir por unos 24.400 €.

Resumen de especificaciones:

- Número de asientos: 5
- Medidas: 3,47 m (longitud) x 1,47 m (altura) x 1,61 m (anchura)
- Potencia del motor: 49 kW (69 CV); Par: 180 Nm
- Velocidad máxima: 130 km/h
- Autonomía: 150 km (ciclo NEDC)
- Batería: iones-litio con 16 kWh de capacidad
- Peso: 1.200 kg en vacío
- Precio: 24.400 € (Mitsubishi i-Miev) / 26.190 € (Citröen y Peugeot)

En las figuras siguientes (22 a 24) podemos observar la similitud exterior de estos vehículos, siendo diferentes los acabados interiores que cada empresa le ha dado al suyo propio.



Figura 22. Citröen Z-Cero  
Fuente: [www.electromaps.com](http://www.electromaps.com)



Figura 23. Peugeot iOn  
Fuente: <http://www.peugeot.es>



Figura 24. Mitsubishi i-Miev  
Fuente: [www.mitsubishi-motors.ca](http://www.mitsubishi-motors.ca)

### Renault Twizy

Este vehículo se comercializa en dos versiones diferentes, en función de su potencia y de la velocidad máxima.

Se trata de un vehículo biplaza de carácter urbano sin puertas, aunque puede llevar equipados unos protectores laterales, que realmente son puertas sin ventanillas. Debido a la potencia que presenta el motor, está homologado como un cuadríciclo ligero y no es necesario el permiso tipo B para su conducción. Su tamaño es bastante reducido, 2,33x1,23x1,45 metros, lo que permite una conducción sencilla en núcleos urbanos.

Si nos centramos en el Renault Twizy Life 80, versión que se acerca más a los requisitos necesarios, ya que la Urban 45 solamente alcanza una velocidad máxima de 45 km/h; el accionamiento que presenta es un motor eléctrico de tipo asíncrono cuya potencia máxima es de 9 kW, lo que equivale a 13 CV, y un par máximo de 57 Nm, pudiendo alcanzar una velocidad máxima de 80 km/h.

Las baterías montadas en este coche son de iones-litio con una capacidad de 6,1 kWh y una autonomía homologada próxima a los 100 km. El consumo real es de 63 Wh/km.

En cuanto a la recarga de la batería, se puede hacer completamente en un tiempo de tres horas y media a través de la conexión a la red doméstica (230 V y 16 ó 10 A), o realizar un cargado rápido con una tensión de 400 V y 36 A de intensidad, que permite la recarga del 50% de la batería en tan solo 10 minutos.

Actualmente, es posible adquirir este vehículo por un precio de 7.930 €.

Resumen de especificaciones:

- Número de asientos: 2
- Medidas: 2,33 m (longitud) x 1,45 m (altura) x 1,23 m (anchura)

- Potencia del motor: 9 kW (13 CV); Par: 57 Nm
- Velocidad máxima: 80 km/h
- Autonomía: 100 km (ciclo NEDC)
- Batería: iones-litio con 6,1 kWh de capacidad
- Peso: 690 kg en vacío
- Precio: 7.930 €



*Figura 25. Renault Twizy Life 80*

*Fuente: <http://www.motor16.com>*

### *Smart Fortwo Electric Drive*

Es uno de los dos modelos de la marca Smart que son 100% eléctricos, si bien, se diferencia del otro en el número de plazas y, por consiguiente, en el tamaño. Nos centramos en el análisis de este ya que el de cuatro plazas (Forfour) aún no se ha implantado en gran parte del continente y está en vías de desarrollo.

El coche en cuestión está impulsado por un motor de imanes permanentes cuya potencia máxima tiene un valor de 55 kW (75 CV) y un par máximo de 130 Nm. Este vehículo puede pasar de 0 a 100 km/h en 11,5 segundos aproximadamente y alcanza una velocidad máxima de 125 km/h.

Monta baterías de ion-litio propias de Daimler AG cuya capacidad es de 17,6 kWh, permitiendo una autonomía homologada de 175 km por cada recarga completa. El consumo eléctrico del vehículo es de 151 Wh/km.

Para su recarga, emplea un cargador de a bordo que, conectado a la red de 230 V, permite tener la batería llena en unas 7 horas. Si, por el contrario, preferimos una recarga rápida, se conseguirá cargar la batería completamente en apenas una hora gracias a la conexión a 400 V.

El coche, cuyo tamaño es 2,7x1,56x1,57 metros, se puede obtener a partir de 23.000 €.

#### Resumen de especificaciones:

- Número de asientos: 2
- Medidas: 2,7 m (longitud) x 1,57 m (altura) x 1,56 m (anchura)
- Potencia del motor: 55 kW (75 CV); Par: 130 Nm
- Velocidad máxima: 125 km/h
- Autonomía: 175 km (ciclo NEDC)
- Batería: iones-litio con 17,6 kWh de capacidad
- Peso: 920 kg en vacío
- Precio: 23.000 €



*Figura 26. Smart Fortwo ED*

*Fuente: <http://www.motormecha.es>*

#### Volkswagen e-Up

El último de los vehículos que puede cumplir los requisitos necesarios para ser el coche seleccionado en nuestro sistema es uno de cuatro plazas compacto cuyas medidas son 3,54x1,65x1,49 metros (similares a las medidas de los tres primeros coches que tuvimos en cuenta).

En este caso, el motor eléctrico puede proporcionar una potencia máxima de 60 kW, es decir, 82 CV, y el par máximo posible es de 210 Nm. Las características del motor le permiten pasar de 0 a 100 km/h en 12,4 segundos y la velocidad máxima alcanzable es 130 km/h.

Las baterías son acumuladores de ion-litio con una capacidad de 18,7 kWh, lo que permite una autonomía homologada de 160 kilómetros. El consumo eléctrico del Volkswagen e-Up es de 117 Wh/km.

Los tiempos de recarga también varían en función de la tensión a la que se conecte el vehículo. En caso de recarga a 220 V en un enchufe convencional, es decir, la recarga

lenta, serán necesarias unas 9 horas para conseguir llegar al 100%. No obstante, el cargado rápido, en este caso mediante un sistema de carga combinada CCS, consigue que la batería llegue al 80% en apenas media hora.

El paquete básico está a la venta por 27.720 €.

Resumen de especificaciones:

- Número de asientos: 4
- Medidas: 3,54 m (longitud) x 1,49 m (altura) x 1,65 m (anchura)
- Potencia del motor: 60 kW (82 CV); Par: 210 Nm
- Velocidad máxima: 130 km/h
- Autonomía: 160 km (ciclo NEDC)
- Batería: iones-litio con 18,7 kWh de capacidad
- Peso: 1.139 kg en vacío
- Precio: 27.720 €



*Figura 27. Volkswagen e-Up*

*Fuente: www.electromaps.com*

#### **7.2.4. Comparación de los vehículos analizados**

A la hora de realizar esta comparativa entre los diferentes vehículos eléctricos que se han estudiado con anterioridad hay que tener en cuenta que todos son muy similares entre sí al ser coches urbanos utilitarios, salvo el Renault Twizy (clasificado como un cuadriciclo ligero) y que por su forma y carrocería podría cumplir mejor la función de vehículo apto para turistas más que para el sistema de alquiler que estamos planteando en este caso. No obstante, las características técnicas de los cinco vehículos resultan bastante interesantes.

Fabricante	Modelo	Precio (€)	Plazas	Autonomía (km)	Velocidad máx (km/h)
Citröen	C-Zero	26.190	5	150	130
Peugeot	iOn	26.190	5	150	130
Mitsubishi	i-Miev	24.400	5	150	130
Renault	Twizy Life 80	7.930	2	100	80
Smart	Fortwo ED	23.000	2	175	125
Volkswagen	e-Up	27.720	4	160	130

Fabricante	Modelo	Potencia		Batería	Tiempo de carga	
		kW	CV	kWh	Normal (h)	Rápida (min)
Citröen	C-Zero	49	69	16	6	30
Peugeot	iOn	49	69	16	6	30
Mitsubishi	i-Miev	49	69	16	6	30
Renault	Twizy	9	13	6,1	3,5	10 (50%)
Smart	Fortwo ED	55	75	17,6	7	60
Volkswagen	e-Up	60	82	18,7	9	30

Fabricante	Modelo	Dimensiones (m)			Peso (kg)
		Longitud	Altura	Anchura	
Citröen	C-Zero	3,47	1,47	1,61	1.200
Peugeot	iOn	3,47	1,47	1,61	1.200
Mitsubishi	i-Miev	3,47	1,47	1,61	1.200
Renault	Twizy	2,33	1,45	1,23	690
Smart	Fortwo ED	2,7	1,57	1,56	920
Volkswagen	e-Up	3,54	1,49	1,65	1.139

Tabla 4. Comparativa de los vehículos eléctricos seleccionados

Como podemos observar directamente de las tablas comparativas, si nos centramos en los precios de los diferentes vehículos podemos comprobar que el Renault Twizy es el más barato de ellos (7.930 €), seguido del Smart Fortwo ED (23.000 €) y el Mitsubishi i-Miev (24.400 €). Por su parte, tanto el Citröen C-Zero como el Peugeot iOn tienen el mismo coste (26.190 €), siendo el más caro el Volkswagen e-Up (27.720 €).

Este aspecto es uno de los más importantes a la hora de realizar la elección, ya que vamos a intentar buscar el coche más barato que se adapte correctamente a las condiciones del sistema.

Posteriormente, analizaremos la posibilidad de realizar un renting en lugar de llevar a cabo la compra del vehículo. No obstante, cuanto mayor es el precio de adquisición, más caro es el precio del alquiler del coche, por lo que los valores anteriores ya son determinantes de por sí.

Si nos fijamos en la autonomía de cada uno de ellos, todos superan los 100 km pero, como era de esperar, el vehículo con menos prestaciones, el Renault Twizy, es el que menos kilómetros puede recorrer antes de que se le agote la batería (100 km). El resto rondan los 150 kilómetros, distancia que alcanzan el Citroën C-Zero, el Peugeot iOn y el Mitsubishi i-Miev. En este aspecto, gana el nuevo Smart Fortwo ED, cuya autonomía alcanza los 175 kilómetros, 15 kilómetros más que el Volkswagen e-Up. Hay que tener en cuenta que estos valores de autonomía son los homologados y que variarán en función de factores climatológicos, del conductor, por su tipo y forma de conducción, del estado de la batería, etc. De hecho, una buena estimación sería considerar que en ciudad solo se aprovecha el 85% de la batería del vehículo, por lo que la autonomía real será inferior a estos valores.

Otro factor relevante es el motor montado en cada uno de los modelos seleccionados, cuestión que va a influir en la velocidad máxima que puedan alcanzar estos vehículos a la hora de ser empleados. El Volkswagen e-Up está equipado con el motor más potente (60 kW/82 CV), seguidos del Citroën C-Zero, el Peugeot iOn y el Mitsubishi i-Miev (49 kW/69 CV). Sorprende comprobar que a pesar de la diferencia de potencias la velocidad máxima de todos estos coches es la misma (130 km/h). La potencia del Smart Fortwo ED se encuentra entre las anteriores (55 kW/75 CV) siendo la velocidad máxima alcanzada por este vehículo algo menor a la anterior (125 km/h). Por último, el motor del Renault Twizy es de muy poca potencia (9 kW/13 CV), incomparable con las de sus competidores en este estudio, y la velocidad máxima, por consiguiente, será la menor de todas (80 km/h).

También es interesante llevar a cabo una comparación del tiempo que se tarda en realizar la recarga completa de la batería pues conviene tener los vehículos disponibles para su empleo el mayor tiempo posible. En este aspecto, gana con diferencia el Renault Twizy tanto en la recarga normal como en la recarga rápida. En el caso del Renault, la primera tiene una duración de unas tres horas y media aproximadamente, frente a las seis horas del Citroën C-Zero, del Peugeot iOn y el Mitsubishi i-Miev. Aún mayor es el tiempo de esta recarga en el Smart Fortwo ED, unas siete horas, solo por debajo de las nueve necesarias para el Volkswagen e-Up. El Renault Twizy también es el que requiere tiempos menores para la recarga rápida ya que en apenas 10 minutos podríamos disponer

del 50% de la batería recargada. El resto de vehículos carga su batería de esta manera en, aproximadamente, una hora, pudiendo disponer de entre el 50% y el 80% de la batería en la mitad de tiempo.

Por último, si comparamos las dimensiones de los coches, los que tienen 5 plazas son considerablemente más grandes que los biplaza. Así, el Citroën C-Zero, el Peugeot iOn, el Mitsubishi i-Miev y el Volkswagen e-Up son, prácticamente, un metro más largos que el Renault Twizy y 80 centímetros con respecto al Smart Fortwo ED. Por lo que, de todos ellos, el más compacto es el vehículo de Renault.

### ***7.2.5. Selección del vehículo eléctrico***

Tras realizar la comparativa de los cinco vehículos preseleccionados, el vehículo escogido para nuestro sistema de alquiler es el Smart Fortwo ED. A continuación explicamos las razones de esta elección.

En primer lugar, hemos descartado el Renault Twizy por su estética y por ser, en cierto modo, un vehículo menos seguro para los desplazamientos que pueden realizar los usuarios, por lo que un accidente a velocidades considerables puede ser bastante peligroso para el conductor del vehículo. Además, al ser abierto, otro de los inconvenientes es que limitaría su uso a días de sol y temperaturas agradables, pues tanto los días de lluvia como los días de mucho calor la clientela disminuiría considerablemente.

De los vehículos restantes, el Smart Fortwo ED es el más económico, siendo este uno de los requisitos más importantes a la hora de la selección del vehículo. Su precio, 23.000 €, es el más asequible, pero cumple con todos los requerimientos expuestos en el apartado anterior.

Dado que los principales usuarios del sistema serán trabajadores que se desplacen a sus zonas de trabajo, así como usuarios más esporádicos que requieran el empleo del vehículo eléctrico para un desplazamiento puntual y urgente, como puede ser el recorrido hacia un hotel o hacia una estación de autobús o de tren para realizar un viaje; es probable que sea necesario algo de almacenaje para portar equipajes o útiles de trabajo. De ahí que el tamaño del Smart sea el idóneo para esto por disponer de un maletero con un volumen de unos 300 litros, así como un tamaño lo suficientemente compacto para poder estacionar el vehículo en zonas donde suele ser más complicado por cercanía al centro de la ciudad o a ciertos servicios como las estaciones de transporte, los hospitales, los centros universitarios, etc.

La potencia del motor del Smart Fortwo ED le permite alcanzar una velocidad máxima, 125 km/h, superior a la máxima permitida en el área de circulación del sistema, que era de 80 km/h en la zona de la SE-30.

La autonomía también es un factor de peso para la elección de este vehículo. Los 175 kilómetros que puede circular el Smart sin necesidad de realizar una recarga de batería (en torno a 145 kilómetros reales si consideramos las condiciones de empleo en el interior de la ciudad) posibilitan la realización de varios desplazamientos de larga distancia antes de que el vehículo deba ser puesto a recargar. Dado que la media de kilómetros por desplazamiento debido a los diferentes empleos que se le pueden dar a los vehículos de este sistema va a ser como máximo de 10 kilómetros, podrán realizarse unos 15 desplazamientos antes de que el coche agote su batería.

Otro aspecto importante es el tiempo necesario para la recarga de la batería. En este caso, el Smart Fortwo ED se encuentra en la media de los vehículos de estas características y serán necesarias 7 horas si la recarga que se lleva a cabo es lenta. Sin embargo, la recarga rápida solo emplea una hora, por lo que en poco tiempo nos permitiría tener listo el coche para ser utilizado de nuevo, aumentando considerablemente el número de usuarios potenciales al día, ya que por cada 15 desplazamientos solo perderíamos una hora para volver a tener el vehículo disponible. En el caso de la recarga lenta, el vehículo podrá emplearse, como máximo, hasta agotar su batería una vez al día.

En resumen, hemos elegido el Smart Fortwo Electric Drive por:

- Modelo más económico dentro de los que cumplen la funcionalidad.
- Diseño adaptado a las necesidades de los usuarios.
- Potencia y velocidad adecuadas al área y tipo de empleo.
- Recargas considerablemente rápidas para la autonomía que tiene la batería del vehículo.
- Vehículo compacto, lo que facilita su circulación y estacionamiento posterior en las diferentes zonas de Sevilla.

### 7.3. Elección del poste de recarga

Vamos a proceder a escoger los postes de recarga gracias a los cuales realizaremos el cargado de la batería de los vehículos cuando esta se encuentre próxima a agotarse.

El procedimiento que vamos a seguir es similar al empleado para la selección del vehículo del sistema de alquiler y empezaremos con una breve introducción en la que explicaremos cuáles son las posibilidades existentes a la hora de hacer una recarga, es decir, los métodos de carga que podemos encontrarnos.

Posteriormente, estudiaremos algunas de las soluciones que propone el mercado de este sector y que son empleadas en nuestro país, con la idea de encontrar alguna que se adapte correctamente a nuestras necesidades, procediendo a su comparación y su posterior elección.

### 7.3.1. Métodos de carga

La velocidad a la que se realiza la recarga y, por tanto, los tiempos necesarios para que la batería vuelva a estar completa, dependen del tipo de recarga que llevemos a cabo. Esta dependerá de la tensión y la curva que presente esta durante el procedimiento. Encontramos los siguientes tipos:

- Corriente constante de voltaje constante (CCCV): es un método muy empleado y muy seguro que consiste en cargar la batería hasta alcanzar cierta tensión con corriente constante y, al llegar a dicho valor, mantener constante la tensión para regular la corriente. Al llegar a un umbral, se detiene la carga (figura 28). La principal ventaja es que la batería no se sobrecalienta pero los tiempos requeridos suelen ser bastante elevados.

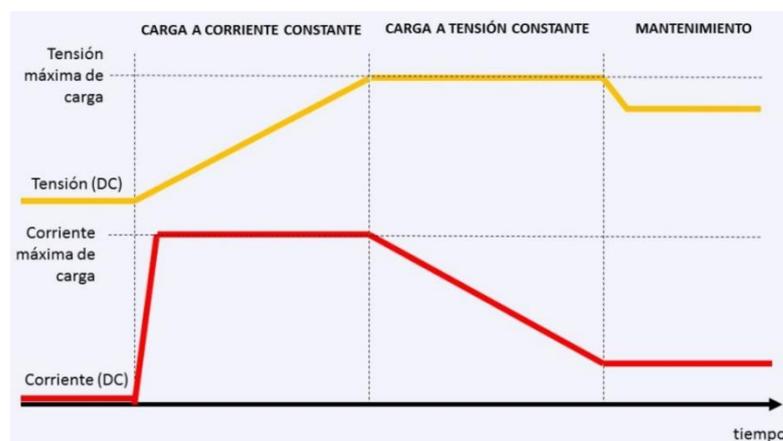


Figura 28. Variación de intensidad y tensión en la recarga CCCV

- Carga rápida: el objetivo es realizar la carga del 20% al 80 % en escasos minutos con corrientes comprendidas en el intervalo de 40 A a 100 A. Este método requiere el control de la temperatura y en ocasiones necesita un sistema de refrigeración.
- Impulso de carga: comúnmente recibe el nombre de recarga en 5 minutos, es similar a la carga rápida introduciendo un empuje adicional hasta que se alcanza el 33% de la carga.

### 7.3.2. Tipos de poste de recarga

Vamos a acudir al panorama español para analizar las diferentes propuestas que existen en lo referido a postes de recarga para poder realizar una comparación y elegir el que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Hay que tener en cuenta que una de las principales diferencias que encontramos entre postes es el tipo de alimentación, que influye directamente en la instalación eléctrica a la cual se conectan los sistemas de recarga y en la velocidad del proceso, ya que una instalación monofásica empleará tiempos estándar mientras que la trifásica reduce los tiempos gracias a la recarga rápida.

De entre todos los existentes, destacamos los siguientes:

- TEMPER-CARdylet: es un sistema de recarga monofásico, por lo que los tiempos de recarga son los normales, que se instala en distintos tipos de aparcamiento (a la intemperie, subterráneos...). En España se puede encontrar en Asturias y en Madrid (figura 29).



Figura 29. Estación TEMPER-CARdylet

Fuente: <http://www.construnario.com>

- CIRCUTOR-RVE: este sistema de recarga inteligente lo podemos encontrar principalmente en Barcelona. Es un tipo de poste robusto que permite la recarga de vehículos a una tensión de 230 V (recarga normal) a través de conectores tipo Schuko, aunque admite otros bajo pedido (figura 30).



Figura 30. Estación Circutor-RVE

Fuente: <http://www.innova-sur.es>

- **MERLYN-EMERIX:** esta estación de recarga inteligente de la empresa Merlyn permite la recarga en su modalidad normal y rápida debido a la posibilidad de conectarla mediante un esquema monofásico o trifásico. El conector instalado suele ser el Schuko por defecto pero también admite la instalación del Mennekes y el Scame. Su adaptación es realmente sencilla y se han instalado principalmente en la comunidad de Castilla y León (figura 31).



*Figura 31. Estación Merlyn-Emerix*

*Fuente: <http://e-merlyn.com>*

- **INITZIA-ERVE:** este sistema de información y gestión energética, cuya instalación se ha llevado a cabo principalmente en Barcelona, integra las tecnologías más avanzadas y es pionera en nuestro país, situándose, durante años, al frente del mercado español (figura 32).



*Figura 32. Estación Initzia-Erve*

*Fuente: <https://www.domestika.org>*

- **ENDESA CARGA CONVENCIONAL MONOFÁSICA:** este poste de recarga instalado por la propia empresa de electricidad incorpora dos conectores Schuko y permite la recarga de la batería con una intensidad de 16 A, por lo que, al ser una instalación monofásica, nos encontramos ante una recarga de velocidad normal (figura 33).



Figura 33. Estación Endesa

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

- SIMON: estos sistemas de recarga permiten la monitorización y optimización de carga de la batería de manera eficiente. El poste concreto que se analiza es el RP-02X10, que cuenta con dos tomas independientes con conectores cuyo tipo puede ser solicitado a la empresa, variando los valores de intensidad y de tensión según la conexión (figura 34).



Figura 34. Poste de recarga Simon RP-02X10

Fuente: <http://www.simonlighting.es>

Como podemos comprobar, la mayoría de los sistemas de recarga son de velocidad normal. Actualmente, predominan los postes cuya instalación es monofásica por la sencillez que presentan a la hora de la instalación y por reducir considerablemente los costes de la tarifa eléctrica. Las tarifas trifásicas conllevan un coste mayor en el término de potencia porque al dividirse en tres fases diferentes será necesario aumentar considerablemente la potencia contratada. La principal desventaja de los sistemas monofásicos, como ya se ha indicado en varias ocasiones, es el considerable aumento de tiempo en la recarga, lo que produce que el vehículo se encuentre operativo durante un periodo de tiempo menor.

### ***7.3.3. Elección del sistema de recarga***

Para nuestro sistema de alquiler de vehículos eléctricos nos vamos a decantar por recargas monofásicas, a pesar del aumento notable del tiempo necesario para llenar la batería, pues existe una diferencia de seis horas con la recarga trifásica; pero la instalación se simplifica y se produce un abaratamiento en los precios de la energía. Por tanto, la tensión será de 230 V y el circuito se dotará de las protecciones adecuadas según la ITC-BT 52.

De los postes presentados con anterioridad, el primero que se ha descartado rápidamente ha sido el ofertado por la empresa Initzia Renovables, el Initzia-Erve, puesto que, pese a ser un poste que incorporaba las últimas tecnologías, es imposible adquirirlo ya que la compañía se extinguió en el año 2016 y ya no se ofertan.

Cierto es que el poste de recarga no tiene por qué incorporar el mismo conector que emplea el coche para la el llenado de la batería debido a que, por lo general, el vehículo trae un adaptador de conector tipo Schuko, el más común de todos, al tipo de conector instalado en el vehículo. Esto se produce en nuestro coche; sin embargo, de ser posible, es preferible que los conectores coincidan para evitar que este se pierda o sea extraído del vehículo.

El Smart Fortwo Electric Drive se recarga a través de un conector tipo Mennekes, por lo que el poste de recarga de Endesa no cumple con las especificaciones al instalar un conector tipo Schuko. Lo mismo sucede con el poste de recarga Temper-Cardylet, por lo que la elección se reduce a tres cuyas características son muy similares y pueden instalar cualquier tipo de conector.

Las soluciones restantes, los postes de Merlyn-Emerix, el RVE de Circutor y el RP-02X10 son soluciones inteligentes que permiten parametrizar los usuarios y los consumos desde un punto remoto, por lo que todas podrían ser adecuadas para nuestro sistema.

Estos puntos de recarga presentan una estructura robusta y preparada frente a actos vandálicos, presentando una ligera ventaja el poste de la marca Emerix al tener los conectores protegidos durante el tiempo de la recarga.

Finalmente, nos hemos decantado por el poste de recarga Simon, atendiendo a dos aspectos de gran interés que se dan en este poste concreto.

El primero de ellos es la temperatura ambiente a la que el funcionamiento es el deseado. El poste de Emerix puede funcionar en el intervalo comprendido entre los -25°C y los 60°C, y el de Simon con temperaturas entre los -20°C y los 60°C; mientras que su homólogo de Circutor lo hace en el intervalo de -20°C a 50°C. En Sevilla no es raro que algunos días de verano al sol puedan superarse los 50°C por lo que debe descartarse el poste de Circutor ya que su vida útil se vería reducida considerablemente.

Por otro lado, la empresa que desarrolla el poste seleccionado tiene una sucursal en Sevilla, de manera que en caso de presentar problemas, es posible encontrar la solución relativamente cerca, favoreciendo además el sector empresarial dentro de nuestra propia ciudad.

Concretamente, el poste escogido ha sido el Simon RP-02X10-MM, cuyas características se encuentran en el Anexo B. Este poste cuenta con dos conectores en paralelo, tipo Mennekes, por lo que se podría reducir el número de sistemas de recarga en función de la forma de instalación y aparcamiento de los vehículos en los lugares destinados para ello. Como los parkings estarán preparados para albergar 60 y 20 vehículos respectivamente, serán necesarios 40 postes de recarga.

Entre las características principales cabe destacar:

- ✓ Tensión de entrada: 230 Vac
- ✓ Corriente y potencia máxima de salida: 32 A, 7,4-22 kW
- ✓ Tensión de salida (Mennekes): 380 Vac
- ✓ Peso: 65-70 kg
- ✓ Anclaje: 4 puntos al suelo
- ✓ Dimensiones: 1550x400x230 mm

#### 7.4. Elección del sistema de control y de pago

En esta ocasión, vamos a realizar la selección del sistema que permitirá la gestión de la flota y facilitará el pago a los usuarios que empleen nuestros servicios.

Para ello, partiendo de las características que debían tener estos sistemas, vamos a analizar diferentes propuestas, tanto existentes como propias, para responder a esta necesidad.

Finalmente, procederemos a la elección del sistema propiamente dicha, con una descripción de su funcionamiento para comprender el procedimiento concreto.

Los requisitos que tenían que cumplir los sistemas de control y de pago eran los siguientes:

- Controlar con GPS la posición de los coches de alquiler y el estado de las baterías, recogiendo la información en el centro de control para gestionar la recarga de los vehículos y pudiendo realizar estadísticas para optimizar el sistema de gestión.

- Controlar los usos de cada coche y la facturación mensual de cada usuario.
- Desarrollar un sistema sencillo para el pago del alquiler del vehículo.

#### 7.4.1. Sistema GPS para el seguimiento de los vehículos

Los sistemas GPS para el seguimiento de vehículos requieren la instalación de un dispositivo en el coche rastreado que envíe la información por satélite a través de un software que permita la visualización en los mapas electrónicos.

Muchas son las empresas que desarrollan propuestas para el seguimiento de flotas de vehículos mediante GPS y permiten visualizar el uso de cada coche, por lo que cumplirían con dos de nuestros requisitos de golpe. Algunas de las propuestas que encontramos en el mercado son:

- **4GFlota:** permite el control y seguimiento de los vehículos desde cualquier ordenador con conexión a Internet, posibilitando el almacenamiento ilimitado de los datos recogidos y la generación de informes. Este sistema tiene un mapa de localización con diferentes capas de información gráfica que pueden ser activadas o desactivadas por el gestor (localización de los vehículos, historial de recorridos, tráfico, etcétera). Cuenta con un dispositivo, el 4GCom, que incorpora el GPS y transmite la información en tiempo real.

La gestión de la flota (figura 35) se lleva a cabo desde internet a través del servicio de 4GFlota, que tiene acceso a una base de datos y una nube de servidores donde se vuelca la información procedente del 4GCom, mediante un enlace seguro.

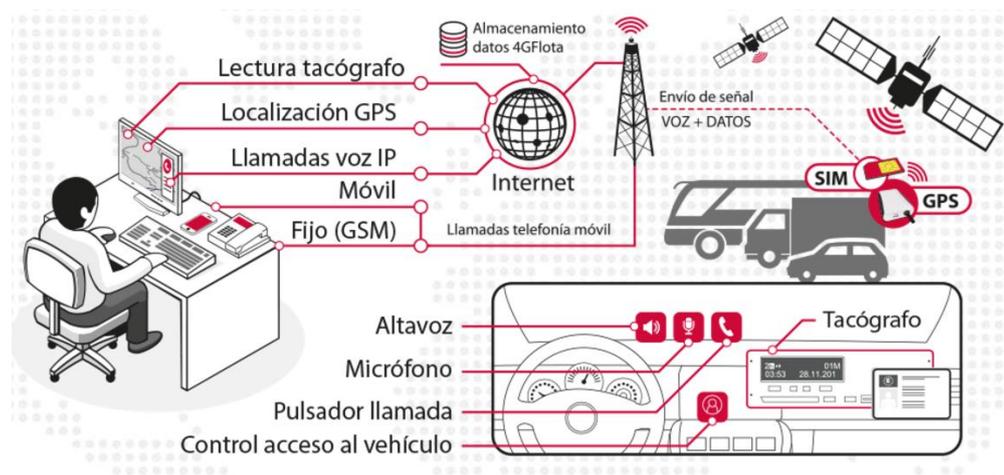


Figura 35. Sistema de gestión 4GFlota

Fuente: <http://www.4gflota.com>

- **GlobalSat:** el empleo del software GlobalSat y el módem que le acompaña permite localizar sobre un mapa los vehículos de la flota y realizar un seguimiento

del trayecto, quedando almacenada toda la información para su posterior consulta y para la mejora del sistema. Cuenta con un servidor de control en la nube electrónica donde encontramos el conjunto de programas y aplicaciones web para la gestión del sistema, que recibe el nombre de Plataforma de Control de la Flota, a la que se puede acceder desde cualquier dispositivo con conexión a Internet.

Este sistema tiene como finalidad principal la gestión de flotas de reparto por lo que algunas de las prestaciones no aportan demasiado a nuestro caso de estudio.

- **Control GPS:** esta propuesta, muy similar a las anteriores, parte de la instalación de un equipo de máxima calidad, prácticamente imperceptible, que permite el acceso a la posición del vehículo. Casi al instante, desde un dispositivo con conexión a la red se puede acceder a la nube donde se almacena toda la información recabada desde el propio coche. Este sistema tiene una precisión en la localización de 8 metros con una recogida de información cada 10 segundos, por lo que el coche estará localizado en todo momento.
- **TomTom Telematics:** emplea una interfaz, Webfleet, que optimiza la localización de los vehículos desde la propia oficina, registrando el tiempo, el kilometraje y la posición tanto en tiempo real como con históricos. El acceso a la información de la nube es completamente seguro y no necesita instalación al ser compatible con todo dispositivo que pueda leer contenido Flash. Desde Webfleet podemos acceder a los mapas con las posiciones de los vehículos, así como a gráficos de tendencia en tiempo real, además de consultar la información histórica de cada uno de los coches.

El sistema requiere la instalación de un dispositivo TomTom en el interior del vehículo, encargado de recoger la información a la cual tenemos acceso a través de la interfaz, obteniendo diferentes tipos de informe en función del equipo instalado. Todo esto sitúa a esta empresa en la líder mundial a la hora de prestar este servicio.

- **Sistema propio:** una opción posible podría ser la creación de un sistema para el control del vehículo partiendo de una interfaz en la que se volcarían los datos obtenidos del propio coche gracias a la conexión a Internet del usuario y a la conexión Bluetooth entre el coche y el conductor, de manera que los datos pasarían al móvil de la persona que estuviera empleando el vehículo y, a su vez, llegarían de manera automática a la nube donde podrían tratarse y analizarse. Todo esto podría realizarse a través de la API del vehículo, a la que tendríamos que tener acceso.

Como conclusión, todos los sistemas GPS analizados anteriormente necesitan de un dispositivo que emita la señal de localización y una interfaz en la que se vuelquen estos datos. El dispositivo puede ser colocado por la empresa a la cual le alquilemos el sistema

de control o por nosotros mismos, adquiriéndolo directamente y contratando solamente el software a una empresa de las antes mencionadas.

También sería posible el aprovechamiento del GPS que puede venir instalado en el propio coche para la obtención de su localización. No obstante, es complicado tener acceso a la información de un dispositivo externo a través de las interfaces propuestas anteriormente, que ya están preparadas para el equipo de la misma empresa.

#### ***7.4.2. Sistema de pago para el alquiler del vehículo***

En este caso, para realizar el pago de manera cómoda por parte del usuario, lo más lógico es desarrollar un sistema de pago telemático, de manera que a través del propio móvil o de un dispositivo con acceso internet, la persona que vaya a realizar el alquiler pueda pagar el servicio sin necesidad de tener que ir a ningún banco o a la sede de la empresa para hacerlo, quedando esta opción a elección del propio usuario.

#### ***7.4.3. Funcionamiento del sistema de control y de pago elegido***

A la hora de plantear el sistema de control, analizando las opciones anteriormente descritas, se ha descartado la posibilidad de desarrollar un sistema propio debido a los elevados costes que esto puede suponer tanto a nivel económico, ya que el desarrollo de la plataforma en la cual se deben volcar todos los datos no es un procedimiento sencillo ni barato, al igual que el disponer de los servidores necesarios para la conexión; como computacional, al estar actualizándose la información en tiempo real. También supondría un coste para los usuarios, cuyos datos de la tarifa de Internet se verían limitados por la necesidad de ser los emisores de la información. A todo esto, habría que sumarle el riesgo de que la conexión de Bluetooth o de Internet se cayera en algún momento, arriesgándonos a no poder recuperar los datos del trayecto y perdiendo esta información de interés para el sistema.

Por consiguiente, el sistema para el control del vehículo, desde la apertura y el cierre de las puertas del propio coche, pasando por la localización así como la obtención de la información requerida por parte del centro de control para llevar a cabo un seguimiento correcto, se va a basar en el empleo del GPS y el dispositivo instalado en el vehículo, y de la conexión entre el dispositivo del usuario y el coche en el instante de acceder a este. Además, Smart cuenta con la *Smart Vehicle Homepage* donde encontramos la información sobre el estado de la batería y la autonomía del vehículo, mediante la conexión por Internet. Por tanto, esta información la obtendremos a través de esta opción.

Por su parte, el usuario podrá acceder al sistema a partir de una aplicación de móvil donde le será posible localizar el vehículo más cercano, realizar la reserva de este, desbloquear y bloquear el coche para poder acceder y abandonarlo, y pagar el alquiler.

Como sistema de control se ha optado por el de TomTom Telematics, pues se trata de una empresa más que contrastada, con gran experiencia a nivel geográfico y cuyos precios no son demasiado altos, informando de todos los datos que nos interesan para realizar la gestión y el seguimiento.

Este sistema dispone de un paquete básico por un precio de 13,95 € al mes por vehículo que cumple a la perfección con nuestras necesidades. Para ello es necesario la instalación del LINK 201, que se conecta al puerto OBD-II de cada uno de los vehículos y es el encargado de realizar la recogida de la información y transmitirla al software donde podrá tratarse posteriormente.

La posición del vehículo se puede consultar en un mapa TomTom en tiempo real (figura 36), pudiendo ver si los coches están en movimiento o estacionados.



Figura 36. Ejemplo de mapa TomTom

Fuente: <https://telematics.tomtom.com>

Por otra parte, un mapa similar será el que se encuentre en la aplicación del sistema de alquiler que podrán disponer los usuarios, donde, en una pestaña con el nombre *Coches disponibles*, aparecerán las localizaciones de los vehículos que se encuentren bloqueados y que la empresa considere que pueden ser utilizados por la autonomía de la que disponen y porque se encuentren en las condiciones adecuadas para su empleo. Además, seleccionando el vehículo, será posible ver la autonomía con la que cuenta, para que se adapte a las necesidades y asegure la llegada al destino. También podrá realizar la reserva del coche durante un tiempo de 30 minutos previo a su utilización, por lo que, una vez que se reciba esta señal de reserva, el vehículo desaparecerá del mapa de la aplicación en ese intervalo de tiempo y volverá a aparecer si transcurrido este no ha recibido la señal de desbloqueo.



Figura 37. Ejemplo de APP

Fuente:

<https://blog.drivy.es/>

Una de las cosas interesantes que presenta este sistema es la posibilidad de ver, sobre el propio mapa TomTom, todos los movimientos de los vehículos de la flota durante 90 días, haciéndonos una idea de cuáles son los trayectos más comunes, así como los tiempos de empleo y su kilometraje (figura 38).



Figura 38. Trayecto realizado por un vehículo  
Fuente: <https://telematics.tomtom.com>

El sistema también genera un informe de los viajes, que pueden tratarse y guardarse en formato PDF, recogiendo la hora de salida y la de llegada, el tiempo que se ha tardado en realizar el desplazamiento, así como los datos de los sensores del vehículo que han podido captar diferentes anomalías.

En caso de que algún sensor informe de que se ha detectado un posible fallo, el vehículo avisará al conductor y el sistema mandará una alerta al centro de control, para que, una vez estacionado el coche, uno de los operarios pueda acercarse a este y chequear su estado, analizando si es viable o no que siga siendo empleado y apartándolo del sistema en caso de que así sea necesario.

En lo referido a la autonomía y la batería disponible en los vehículos y el proceso de recarga, se establece una señal de alerta por batería baja cuando esta llegue al 20% (autonomía inferior a 30 kilómetros). Esta información se obtiene de la *Smart Vehicle Homepage*.

En el momento en que se reciba la señal de que la batería de uno de los coches se encuentra por debajo del valor mínimo, una vez que el vehículo sea bloqueado por el usuario, se emitirá un correo a un operario de la empresa con las coordenadas y los datos del vehículo, para que lo retire del lugar en el que se encuentra y lo lleve a una de las zonas habilitadas para la recarga de la batería. El desplazamiento se realizará en otro coche de la empresa, para poder sustituir el anterior y que siga habiendo vehículos repartidos por Sevilla, evitando la concentración de estos en el parking de la empresa. Asimismo, al recibir avisos detectados por alguno de los sensores del coche, estos serán remitidos a un operario que irá a comprobar el estado del automóvil y tomará las medidas oportunas en caso de que realmente se trate de un problema y deba ser arreglado antes de que se pueda utilizar de nuevo.

Para el desbloqueo y bloqueo del vehículo, que permita el acceso a este y su cierre una vez realizado el trayecto, en el momento en el que se seleccione el vehículo a alquilar desde la aplicación, el usuario recibirá un código que guarda un vínculo con el código que tiene cada uno de los coches, de manera que sirve como llave de acceso. Al acercarnos al vehículo funciona como llave inteligente a través de la vinculación de ambos códigos. Para el cierre de las puertas, el procedimiento es exactamente el mismo y solo se puede realizar con el vehículo ya parado y correctamente apagado.

Para concluir con el sistema, vamos a proceder a explicar el método de pago, siempre desde la aplicación, para ahorrar tiempo y procedimientos a los usuarios que apuesten por nuestra iniciativa. En cuanto se realiza el bloqueo del coche, el usuario recibe una notificación a través de la aplicación y a través de un mensaje SMS (por si no tiene acceso a internet en dicho momento) avisando de que dispone de 30 minutos para realizar el pago. Para llevarlo a cabo, se accede a la pestaña *Pago de alquiler* de la aplicación y desde allí puede pagar a través de internet, introduciendo el número de tarjeta, la fecha de caducidad y el código de seguridad de esta; y eligiendo previamente el tipo de tarifa que más le conviene (por minutos, por horas o por días) en función del tiempo de empleo. En caso de que transcurridas dos horas aún no se haya recibido el pago, el usuario volverá a recibir un recordatorio de que lo debe hacer. Si transcurridas cuatro horas no se ha realizado el pago, se llevarán a cabo las acciones legales oportunas de las que el usuario tendrá conocimiento antes de darse de alta a través de los “términos y condiciones de uso”, que deberá leer y aceptar para poder emplear los vehículos de alquiler. Si no se puede realizar el pago por Internet porque no haya conexión, se debe realizar a través de una oficina bancaria de forma presencial.



El formulario muestra un campo de texto para el número de tarjeta, un campo de fecha con subcampos para mes y año, y un campo para el código de seguridad. Hay botones de 'Aceptar' y 'Cancelar'.

Figura 39. Formulario para el pago

Fuente: <http://cms.ual.es/UAL/administracionelectronica/pagos/index.htm>

Se ha optado por este método de pago a posteriori porque el pago a priori cuenta con el inconveniente de no conocer con exactitud el tiempo de empleo del coche, por lo que, si se paga, debería hacerse de más para evitar la pérdida de dinero, y en este caso, sería necesario guardar el dato del sobrepago que se ha realizado en cada viaje, para poder aplicar descuentos a cada usuario en empleos futuros, teniendo un coste computacional grande y el riesgo de que este dato se pierda. Otra opción sería obligar a introducir los datos bancarios antes de que el usuario coja el coche y realizar el pago después de su uso, asegurando también que el pago se va a realizar. El gran inconveniente de esta opción es que alguien interceptara la comunicación y se hiciera con los datos, suponiendo un problema importante para la empresa y un riesgo que no se puede asumir.

Los pagos de cada usuario se reciben también en la interfaz del sistema desde la cual podemos sacar los datos mensuales de la facturación personal de cada uno de ellos, así como estadísticas relacionadas con los cobros.

### 7.5. Localización y distribución de las plazas de aparcamiento

El sistema debe contar con dos zonas de aparcamiento. La primera de ellas corresponde al parking de la empresa y debe estar dotado de unas instalaciones capaces de albergar todos los vehículos de la flota. El segundo tenía que cumplir con dos requisitos, encontrarse junto al casco histórico de Sevilla y tener capacidad para 20 coches.

Debemos recordar que el sistema cuenta con un total de 60 vehículos, cantidad de plazas que debe tener el parking de la empresa; con sus correspondientes sistemas de recarga. Como cada poste de recarga permite la conexión de dos vehículos en paralelo, se instalarán un total de 40 postes de recarga (30 en este parking y 10 en el auxiliar) y la distribución de las plazas se llevará a cabo de forma que ocupen el menor espacio posible.

Para determinar el espacio necesario en cada uno de los casos y poder así ubicarlos sobre la ciudad, es necesario considerar las dimensiones del vehículo. Habrá que tener en cuenta unas distancias para la maniobra y los carriles interiores de los parkings para acceder a las plazas de aparcamiento y circular por el interior de estos.

Las dimensiones del Smart Fortwo ED son 2,7 metros de longitud por 1,56 metros de anchura, por tanto, considerando una distancia de un metro de margen en la anchura para maniobrar y poder realizar el aparcamiento de manera sencilla y otro metro en la longitud, las dimensiones de cada plaza de aparcamiento serán 3,7x2,56 metros. Por consiguiente, cada plaza ocupa una superficie de 9,47 m<sup>2</sup>.

Los postes de recarga se colocarán entre dos plazas contiguas y en la parte trasera de estas, ya que el vehículo escogido tiene la conexión en la zona próxima al maletero, como si se tratara del depósito de gasolina de un coche convencional.

#### ***7.5.1. Parking de la empresa***

Para el cálculo de la superficie del parking de la empresa, que debe estar preparado para estacionar 60 vehículos, el espacio total ocupado por las plazas de aparcamiento será 568,32 m<sup>2</sup>. Como la disposición de los vehículos debe ser la adecuada para que haya un poste por cada dos plazas, se ha supuesto una distribución con tres filas de coches en batería, pudiéndose estacionar en cada una de ellas 20 vehículos, y con 10 postes de

recarga en cada caso. La distribución será de la siguiente manera: dos de las filas estarán pegadas a los límites del parking y la tercera justo en medio de la superficie del aparcamiento.

En cuanto a los carriles interiores habrá dos verticales, uno a cada lateral del parking, y dos horizontales, entre las filas destinadas al estacionamiento de los vehículos.

La anchura de los carriles será de 3,75 metros en los horizontales, de manera que se facilite la maniobra a la hora de aparcar, pues esta distancia es suficiente para colocar el vehículo completo en línea con el aparcamiento, de manera que solo hubiera que dar marcha atrás para colocar correctamente este en el interior de la plaza; y 2 metros los verticales en su zona más estrecha, es decir, a la altura de la fila de aparcamientos situada en el centro del parking.

Por consiguiente, las dimensiones totales de la parcela, considerando el espacio de los vehículos y el destinado a la circulación a través de los carriles, son 55,2x18,6 metros, es decir, un total de 1.026,72 m<sup>2</sup>.

La distribución de las plazas del parking se encuentra en el plano 3.

Analizando el mapa de Sevilla para encontrar una ubicación que cumpla con los requisitos para colocar este parking, se ha decidido su emplazamiento en la explanada que se encuentra al final de la Avenida de Cádiz, parte de la cual está ocupada ahora por un parking público y que se encuentra muy próxima al centro histórico (figura 40). Sus coordenadas son 37°22'56.58"N, 5°59'5.15"O



*Figura 40. Ubicación del parking de la empresa*

La ubicación se encuentra detallada en los planos 1 y 2.

### **7.5.2. Parking auxiliar**

Al ser un parking con cabida para un máximo de 20 vehículos, se instalarán un total de diez postes de recarga para alimentar las baterías de estos.

La superficie ocupada por los coches, en esta ocasión, y considerando las mismas distancias de un metro de longitud y de anchura para facilitar las maniobras en el aparcamiento, es de 189,4 m<sup>2</sup>.

En lo que se refiere a la distribución de estas, representada en el plano 4, se ha optado por dos filas de 10 vehículos cada una, con un carril horizontal de doble dirección entre las filas (que se encuentran pegadas a los límites del parking), y uno vertical, frente a la entrada. Las anchuras son 5 metros y 2 metros (en la parte más estrecha) respectivamente.

Las dimensiones necesarias para esta instalación serán 29,6x12,4 metros, es decir, una superficie total de 367,04 m<sup>2</sup>.

La ubicación seleccionada en este caso se encuentra en la Avenida de la Borbolla, justo detrás de la Plaza de España, a tan solo 5 minutos a pie del Rectorado de la Universidad de Sevilla (figura 41). Las coordenadas son 37°22'38.92"N, 5°59'4.13"O.



*Figura 41. Ubicación del parking auxiliar*



*Figura 42. Ubicación de los dos parkings del sistema*

## 7.6. Explicación del sistema de mantenimiento y vigilancia

### 7.6.1. Sistema de mantenimiento

Para llevar a cabo el mantenimiento de los vehículos, el procedimiento es el explicado en el apartado en el que hacíamos referencia al sistema de control de la flota de vehículos eléctricos.

Los vehículos irán dotados de una serie de sensores capaces de detectar potenciales averías, y dicha información será comunicada al centro de control a través de la interfaz de Webfleet instalada por TomTom Telematics. Este aviso será enviado directamente por correo electrónico a uno de los operarios de la empresa, que una vez aparcado y bloqueado el vehículo, se encargará de revisar su estado y realizar las operaciones oportunas para que se encuentre en las condiciones óptimas antes de volver a ser utilizado, para evitar los riesgos de una conducción con un coche que está estropeado.

Por otro lado, en el instante en que el vehículo detecte cierta alteración en los sensores, avisará por la pantalla al conductor para que considere la situación. Si a lo largo del recorrido ocurre algo que deba ser avisado al centro de control, se podrá notificar a través de la aplicación en la que encontraremos una pestaña llamada *Incidencias*, donde el conductor podrá rellenar un formulario explicando las anomalías que ha podido encontrar durante el trayecto para que, desde el centro de control, se consideren y tomen las decisiones pertinentes. Hay que tener en cuenta que en ningún caso, salvo accidente, se considerará al conductor el responsable de lo sucedido, siempre que haya llevado a cabo una conducción correcta, para lo cual es importante la interpretación de los datos que aparecen en la interfaz del sistema de control.

Si finalmente optáramos por un sistema de renting en la adquisición de vehículos, el mantenimiento lo realizaría y lo cubriría la empresa a la que se le ha solicitado dicho préstamo, por lo que nuestro sistema solo se encargaría de ser enlace entre la empresa arrendadora y los vehículos, notificando a la primera los diferentes problemas que se encuentren para que puedan realizar el mantenimiento y los trabajos oportunos sobre los coches.

Un aspecto muy importante es la gestión del nivel de batería de cada uno de los coches, lo que afecta directamente en la autonomía de estos. Como ya se explicó con anterioridad, en el instante en que el nivel se encuentre por debajo del 20%, el sistema generará un aviso que llegará de manera directa a un operario. Este recibirá las coordenadas del vehículo para que pueda retirarlo y ponerlo en uno de los puntos de recarga del parking de la empresa diseñado en el apartado anterior. Se ha estimado el 20% para que la autonomía sea lo suficientemente duradera como para llegar al aparcamiento sin el riesgo de que el vehículo se pare.

Además, los vehículos pasarán las correspondientes revisiones impuestas por ley, cada dos años a partir de los cuatro años y cada año a partir de los diez (caso que se desestima pues un vehículo con esta antigüedad puede tener demasiados fallos y quizá saldría más económico su sustitución por otro), así como revisiones anuales realizadas por la propia empresa para asegurar el correcto funcionamiento de cada coche de la flota. Como ya se ha indicado con anterioridad, en caso de optar por el renting de vehículos, una opción interesante sería hacerlo a cuatro años, ahorrándonos el paso de la ITV y los costes de esta por vehículo.

### ***7.6.2. Sistema de vigilancia***

Para la vigilancia de los vehículos en los lugares que la empresa va a habilitar para su estacionamiento, donde se encuentran las infraestructuras para la recarga, se ha pensado colocar una serie de cámaras que permitan la visualización en tiempo real de la situación del parking.

Para esto último, será necesario que el parking cuente con vallas en todos sus laterales y que la entrada se limite a una zona muy concreta donde se encontrará la persona que supervise las instalaciones.

En cuanto al diseño del sistema de cámaras, así como las conexiones y la transmisión de la señal de vídeo en directo, se ha decidido subcontratar a una empresa que lleve todo esto y que facilite el personal para su montaje. El seguimiento de las cámaras se podrá realizar desde cualquier parte, a través de Internet, por lo que será posible ver en todo momento lo que está ocurriendo desde el centro de control.

Por tanto, dicho sistema contará con:

- Vallado alrededor de los parkings para limitar la entrada y salida a una zona concreta que facilite la supervisión.
- Sistema de cámaras para la visualización de los estacionamientos en tiempo real, con visión simultánea desde el puesto de seguridad y el centro de control.

No se considera necesaria la contratación de un vigilante de seguridad puesto que habrá un operario de la empresa presente en el parking en todo momento y será quien se encargue de la supervisión de las instalaciones.

## 8. ESTUDIO DE VIABILIDAD

### 8.1. Viabilidad técnica

Para analizar si el proyecto es factible desde el punto de vista técnico conviene resaltar algunos de los aspectos que ya han sido tratados con anterioridad.

#### 8.1.1. Autonomía del vehículo

Quizá se trate de una de las principales trabas que se encuentra el vehículo eléctrico a día de hoy, la imposibilidad de realizar trayectos excesivamente largos sin tener que parar grandes periodos de tiempo para recargar la batería. Por tanto, en este aspecto hoy en día los coches de combustión interna llevan la delantera, no solo por permitir desplazamientos mayores, sino por los escasos minutos que son necesarios para realizar el repostaje.

El vehículo eléctrico seleccionado, el Smart Fortwo Electric Drive, dispone de baterías de ion-litio cuya autonomía supera los 145 kilómetros en las condiciones más desfavorables (hay que recordar que la autonomía teórica era de 175 kilómetros). Esta es más que suficiente para la realización de varios trayectos a lo largo del día entre diferentes puntos de la zona de empleo.

Si analizamos uno de los trayectos más largos que podría realizarse, desde la última calle del barrio de Los Bermejales, la Avenida de Finlandia; hasta la estación de trenes de Santa Justa a través de la SE-30, la distancia recorrida en el desplazamiento sería de 14,7 kilómetros, la cual podría realizarse unas diez veces antes de que el vehículo se quedara sin batería (figura 43).

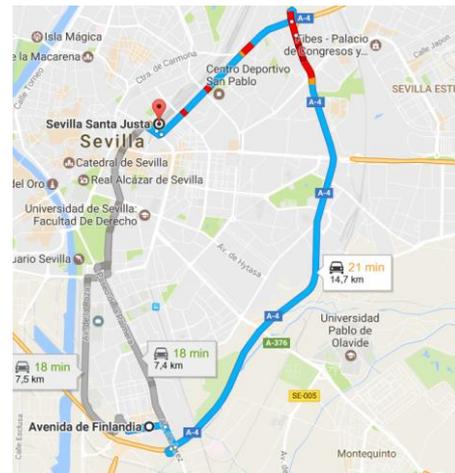


Figura 43. Trayecto entre la Av. Finlandia y Sta. Justa

Fuente: Google Maps

Además, cabe recordar que el sistema emite un aviso automático en el momento en que la batería llega a un 20% de su valor para que el coche pueda ser retirado y puesto a cargar en uno de los sistemas habilitados por la empresa, por lo que la autonomía no va a ser un inconveniente a la hora de afrontar este sistema de vehículos eléctricos.

### ***8.1.2. Puntos de recarga***

Los postes de recarga que irán instalados en los dos parkings próximos al centro de la ciudad son de la empresa Simon en su modalidad RP-02X10-MM, que cumplen con las características deseadas para el sistema, entre las que cabe destacar la conexión a través de un conector de tipo Mennekes, el cual corresponde con el tipo de conexión del Smart Fortwo ED.

Además, al permitir la conexión de dos vehículos en paralelo, posibilita que la cantidad de postes de recarga necesarios sea la mitad que los vehículos que tienen cabida en el parking, reduciendo considerablemente la complejidad del circuito eléctrico y del sistema en su conjunto.

Una ventaja de este poste concreto es las altas temperaturas de funcionamiento que puede llegar a soportar, fundamental en la ciudad de Sevilla debido a los valores alcanzados en el período de verano; así como la existencia de una sucursal en la capital hispalense que reduce los tiempos en caso de avería.

### ***8.1.3. Adecuación de las instalaciones***

En lo que respecta a los parkings de la empresa, estos no presentan demasiado inconveniente puesto que estarán al aire libre en dos ubicaciones en las que actualmente no hay nada y los sevillanos emplean para aparcar sus vehículos particulares a lo largo del día. Una valla limitará las dimensiones, dificultando la entrada de cualquier persona que no pretenda realizar el alquiler de un coche, con su correspondiente sistema de seguridad, de cuya instalación se encargará una empresa externa de entre las muchas que hay actualmente en este sector.

A la hora de instalar los sistemas de recarga, tampoco existirá ningún problema, puesto que encontramos cada vez más instaladores certificados para la ejecución de este tipo de obras, debido al notable crecimiento que sufre en la actualidad el sector del vehículo eléctrico.

La instalación de los puntos de recarga, un total de 30 en el parking de la empresa y 10 en aparcamiento que se ubicará junto a la Plaza de España, presentan una ventaja al emplear la intensidad y el voltaje del mismo nivel que las viviendas, 16 A y 230 V, por lo que no sería necesario la introducción de ningún tipo de convertidor.

Como ya se indicó anteriormente, el tipo de recarga será la normal, ya que la instalación de los sistemas de recarga rápida es bastante más compleja y los consumos son muy superiores, al realizarse a tensiones de 400 V e intensidades de 36 A, requiriendo protecciones más sofisticadas y sistemas de refrigeración al llegar a valores superiores que pueden estropear las instalaciones y las baterías.

#### ***8.1.4. Tiempos de recarga***

El Smart Fortwo ED necesita un tiempo total de siete horas en el modo de carga normal para volver a disponer de toda su autonomía. Ciertamente es que estos tiempos son superiores a los de algunos de sus principales competidores en el mercado pero es compensado con la diferencia en el precio y en el tamaño del vehículo.

Al tener tiempos de recarga tan elevados, se procurará en la medida de lo posible que la recarga se realice durante la noche, momento en el cual la demanda de los vehículos será notablemente inferior.

No obstante, al disponer de una flota importante de vehículos y una autonomía bastante elevada para el uso que se le va a dar a los coches, por lo general no habrá problemas en cuanto a la disponibilidad de vehículos.

#### ***8.1.5. Empleo por parte del usuario***

Para el usuario, el procedimiento para poder alquilar y utilizar un coche es bastante sencillo y se realiza completamente desde una aplicación de móvil.

La persona en cuestión puede localizar el vehículo a través de dicha aplicación y seleccionar uno de ellos para realizar una reserva cuyo tiempo de duración será de treinta minutos, a partir del cual, la reserva quedará anulada. Al hacer esto, recibe un código que corresponde con el del coche que va a emplear y que le permite el desbloqueo y el bloqueo de este para poder realizar el desplazamiento sin la preocupación de tener que recoger o entregar ningún tipo de llave.

El conductor puede avisar previamente de los posibles desperfectos que presente el vehículo, así como de los fallos que ha encontrado durante la conducción una vez realizada esta y aparcado el vehículo.

Al finalizar, el pago del alquiler se realiza desde la misma aplicación, sin tener que acudir a ninguna entidad bancaria, siendo el método más rápido y sencillo.

### **8.2. Viabilidad económica**

En este apartado vamos a proceder al estudio de la propuesta desde el punto de vista económico, analizando si es rentable o si debe ser descartada.

Para ello debemos tener en cuenta los ingresos que obtendremos directamente de la explotación, utilizando unos datos orientativos de empleo de nuestra flota, así como los gastos que nos ocasionará todo el sistema.

Una vez hecho esto, analizaremos el valor actual neto (VAN) y la tasa interior de retorno (TIR), para considerar si es factible o no el desarrollo del proyecto. Por tanto, los diferentes aspectos que tendremos en cuenta para este análisis serán:

1. Inversión inicial: incluye el capital necesario para poner en marcha el proyecto.
2. Financiación: se tiene en cuenta la de carácter propio y la externa, procedente de deuda bancaria.
3. Costes: gastos necesarios para prestar el servicio.
4. Ingresos: incluyen el capital que se genera por la explotación.

Para el estudio, vamos a considerar diferentes escenarios en lo referido a la ocupación de nuestros vehículos a lo largo de los diez años que debe durar el análisis, uno pesimista, suponiendo que todo salga mal y que no obtengamos los ingresos esperados; otro conservador y el último, optimista, donde los resultados obtenidos superen los esperados al ir todo mejor de lo planeado (rara vez se da este escenario pero es interesante tenerlo en cuenta).

### ***8.2.1. Costes del sistema***

Entre los costes de explotación que hemos considerado para nuestro sistema, encontramos los siguientes:

#### **❖ Vehículos eléctricos.**

En este aspecto, podemos encontrarnos con dos posibilidades diferentes, adquirir el vehículo en propiedad mediante la compra de este o realizar un contrato de renting con alguna empresa, con la ventaja de que estos contratos pueden incluir el mantenimiento de los vehículos.

El precio de partida del Smart Fortwo ED es de 23.000 €. A este coste habría que añadir los asociados al mantenimiento de cada uno de los vehículos, lo que suele estimarse en un 7% del precio de partida.

Para la opción del renting, se ha preguntado a diferentes empresas que nos podrían alquilar el vehículo, por un precio que ya incluye el mantenimiento de los coches, gasto que ya no correría de nuestra cuenta, y los resultados obtenidos son los que se reflejan en la tabla 5.

EMPRESA	€/mes 60 primeros meses
Northgate España Renting Flex, S.A.	453,75
Lease Plan Servicios, S.A.	492,31
Alphabet España Fleet Management, S.A.	515,81
Banco Santander Central Hispano, S.A.	424,14

Tabla 5. Precio del renting del Smart Fortwo ED

Si optáramos por la opción más barata de renting, la ofertada por el Banco Santander, tardaríamos unos 54 meses (cuatro años y medio) en igualar la el desembolso que supone la adquisición del vehículo desde un principio, contando además con la ventaja de que no sería necesario realizar el mantenimiento, ya que está incluido en dicho precio y lo pasa la empresa contratante. Estos contratos podrían renovarse cada cierto tiempo, pidiendo la sustitución de los vehículos por coches nuevos, evitando los problemas que pueden acarrear cuando han recorrido muchos kilómetros en las condiciones de empleo esperadas.

Por consiguiente, se va a optar por tener los vehículos en régimen de alquiler con la opción más económica, la del Banco Santander. Este contrato tendrá una duración de cuatro años, con lo cual nos evitaremos el trámite de la ITV, cuyo precio aumentaría el contrato de alquiler y obligaría a retirar el vehículo del sistema durante un día concreto a pactar con la empresa arrendadora, que debe recogerlo, convirtiéndose en un proceso bastante complejo. Una vez que transcurre el periodo de cuatro años, se volverá a solicitar a la empresa un nuevo contrato. El coste anual será:

$$\text{Coste vehículos} = n^{\circ}\text{vehículos} * \text{precio mensual} * 12$$

#### ❖ Coste de la energía.

Debemos tener en cuenta la facturación por potencia y energía, considerando el precio de cada una de estas, así como la capacidad que presentan las baterías del vehículo.

Los precios que establece Endesa para la energía y la potencia se recogen en la tabla 6.

Precio Fijo con Discriminación Horaria Supervalles (*)			
Término Potencia	Término Energía		
	Punta	Valle	Supervalles
3,170286 €/kW/mes	0,169598 €/kWh	0,093859 €/kWh	0,074400 €/kWh

Tabla 6. Precios tarifa supervalles Endesa

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

En la medida de lo posible, intentaremos que la recarga se realice en el periodo de la tarifa supervalles, entre la 1 y las 7 de la madrugada (6 horas), lo que abarataría considerablemente los precios. En su defecto, procuraremos la recarga de los vehículos por la noche, donde el coste de la energía es menor y los vehículos van a tener menos demanda.

El coste de la energía, teniendo en cuenta la potencia que necesitaremos para la recarga de nuestras baterías, se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Coste eléctrico} = \text{Coste por potencia} + \text{Coste por energía}$$

$$\text{Coste por potencia} = T_p * \text{Potencia contratada}$$

$$\text{Coste por energía} = T_e * \text{Energía de las baterías}$$

#### ❖ Personal.

El sistema contará con los siguientes empleados:

- Tres técnicos en el centro de control: se encargan de la gestión del sistema desde el centro de control a través de la interpretación de los datos y las decisiones en función de estos, por lo que será necesario que cuenten con cierta preparación. El salario será de 21.600 € anuales (1.800 € al mes). Teniendo en cuenta el coste por la Seguridad Social que debe pagar la empresa, cuyo porcentaje es del 30%, cada técnico supone un total de 28.080 €.
- Cuatro operarios: su función será la recogida de los vehículos que se encuentren con menos de un 20% de la batería, y su sustitución por otro cuya autonomía sea prácticamente completa, la supervisión de las zonas de aparcamiento, así como de las operaciones que se indiquen desde el centro de control, entre las que se encuentran el chequeo del estado de los vehículos y la conexión de estos a los postes de recarga. Para este cargo, no será necesaria la experiencia y el salario ascenderá a 14.400 € anuales (1.200 mensuales). Añadiendo la Seguridad Social, el salario alcanza los 18.720 €.

### ❖ **Coste de la seguridad y vigilancia.**

Como se dijo anteriormente, esta parte del sistema se va a subcontratar, por lo que solo hay que fijar un precio con la empresa que vaya a prestar el servicio.

En este caso, se solicita a la empresa externa el montaje de las cámaras y el mantenimiento del sistema, así como el tratamiento de las imágenes de vídeo para que se pueda tener acceso a ellas, mientras que de la seguridad, propiamente dicha, se encargará el operario que se encuentre en el turno correspondiente en dicho aparcamiento. Se estima que el coste anual será de 15.000 €.

### **8.2.2. Ingresos**

En este sistema, tenemos dos fuentes de ingresos principales, el alta de los usuarios, que será el único pago que estos deberán realizar más allá del alquiler de los vehículos, y el que genera el propio alquiler de los coches del sistema.

- **Cuota de ingreso.**

A la hora de darse de alta, se pedirá un importe de 9 €. Este precio se ha determinado analizando las principales empresas del sector y escogiendo un sistema económico similar a estas. A cambio, para incentivar a las personas a que usen este sistema de alquiler, más allá de las ventajas que pueda tener a la hora de aparcar o de desplazarse por carriles reservados a taxis y autobús, con el alta se regalarán 20 minutos de utilización del vehículo. Teniendo en cuenta que la duración media por ciudad de un desplazamiento de 10 kilómetros es aproximadamente de 20 minutos, el usuario podrá realizar el primer trayecto de manera gratuita.

- **Alquiler de vehículos.**

Constituye la principal fuente de ingresos del sistema y va a depender directamente del número de usuarios que empleen el servicio diariamente.

Esta ocupación va a variar de manera creciente con el paso de los años, pues lo normal es que el sistema al principio sea un gran desconocido y que se vaya aumentando el número de personas que querrían usarlo conforme avance el proyecto.

La determinación de usuarios anuales se hará a través de un porcentaje de ocupación de los vehículos, suponiendo que el 100% equivale al empleo

de todos los coches hasta agotar su batería una vez al día, todos los días que el automóvil se encuentre disponible.

Vamos a suponer que los coches se emplean 353 días al año, dejando un día al mes para las correspondientes revisiones y el mantenimiento. Si alguno de los coches sufre un problema mayor, reduciremos los días de mantenimiento de otros vehículos para cumplir con la disponibilidad.

Por último, los precios que se establecen para el alquiler de los vehículos son similares a los de las empresas que ya prestan estos servicios en otras ciudades españolas. También tomaremos como datos orientativos los precios por los que la empresa Muving oferta el alquiler de las motos eléctricas en Sevilla.

Por tanto, los precios que se establecen son:

1. Tarifa por minuto: 0,19 €/min
2. Tarifa por hora: 12 €/h
3. Tarifa diaria: 55 €/día

Hay que tener en cuenta que el tiempo medio para recorrer un kilómetro por ciudad, considerando las velocidades máxima (50 km/h salvo en la SE-30), el tráfico y los posibles semáforos que nos encontremos en el trayecto, está estimado en unos 1,2 minutos como mínimo.

### ***8.2.3. Inversión inicial***

En este proyecto, la inversión inicial está generada por la compra de los terrenos y la adecuación de estos para los parkings; así como la instalación de los postes de recarga y del sistema eléctrico que permitirá la llegada de corriente a estos para la recarga de la batería.

En concepto de adquisición y preparación de las instalaciones se estiman unos 440.000 €, valor que se ha obtenido a través de la información existente sobre el precio del terreno sin edificar en la ciudad de Sevilla (300 €/m<sup>2</sup>), y considerando que apenas será necesaria una actuación importante en estos, pues solo habrá que asfaltar y vallar el emplazamiento.

Para la compra y preparación de los postes, el precio estimado será de 60.000 €, unos 1.500 € por la adquisición de cada poste y la adecuación de los circuitos eléctricos. Este precio ha sido facilitado directamente por la empresa a la cual vamos a comprarle los sistemas de recarga, con la instalación incluida.

Por tanto, la inversión inicial alcanzará un valor de 500.000 €.

#### **8.2.4. Financiación**

La financiación se va a componer de:

- Fondos propios
- Deuda bancaria

Con ambos vamos a cubrir la inversión inicial, de manera que parte proceda de nuestros accionistas y la otra del crédito solicitado al banco.

Se pide al banco un préstamo de 350.000 € a diez años, siendo los tres primeros años de carencia estricta para evitar problemas de liquidez y de devolución del dinero, con un interés del 7% y devolución final.

Los 150.000 € restantes serán aportados por los accionistas de la empresa.

#### **8.2.5. Escenarios**

Como se indicó anteriormente, vamos a realizar el estudio de viabilidad siguiendo tres escenarios diferentes, un escenario pesimista, otro conservador y el último optimista.

La única diferencia entre los tres escenarios será la demanda, para lo cual consideraremos un porcentaje de ocupación de los vehículos eléctricos, teniendo en cuenta que el 100% equivale al empleo del coche hasta agotar su autonomía durante los 353 días que se espera estén disponibles, como ya se explicó con anterioridad. Además, se producirá una tendencia creciente con el paso de los años, tanto a nivel de ocupación como de altas, dando lugar a los ingresos de los que dispondrá la empresa.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Pesimista</b>	10%	20%	40%	55%	70%	75%	75%	85%	85%	85%	85%
<b>Conservador</b>	20%	30%	50%	65%	80%	85%	85%	95%	95%	95%	95%
<b>Optimista</b>	30%	40%	60%	75%	90%	95%	95%	100%	100%	100%	100%

*Tabla 7. Porcentaje de usuarios del transporte público que emplearán el sistema de alquiler*

En lo que respecta a las altas anuales, en la tabla 8 se recoge el número de nuevos usuarios que apuestan por nuestro sistema en cada uno de los supuestos:

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Pesimista</b>	250	300	500	750	500	750	1000	1000	1200	1500	1500
<b>Conservador</b>	500	600	1000	1500	1000	1500	2000	2000	2400	3000	3000
<b>Optimista</b>	1000	1150	1750	2500	1750	2500	3250	3250	3850	4750	4750

*Tabla 8. Altas anuales en el sistema*

Al incrementar el empleo de los vehículos, se producirá un aumento de los ingresos, pero también lo harán los costes, pues para cubrir la demanda también crecerán las necesidades. No obstante, consideraremos que la flota no va a variar. La evolución del IPC que tendremos en cuenta será del 1,3% anual, por lo que la inflación acumulada será:

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Inflación acumulada</b>	1,0130	1,0262	1,0395	1,0530	1,0667	1,0806	1,0946	1,1089	1,1233	1,1379	1,1527

*Tabla 9. Inflación acumulada*

Para el cálculo del VAN se ha estimado una tasa del 16%.

Escenario pesimista

INGRESOS	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017
Altas en el sistema	2250,00	2770,66	4677,79	7107,90	4800,20	7293,91	9851,64	9979,71	12131,34	15361,31	15561,01
Alquiler de vehículos	70021,08	143706,92	291150,23	405535,87	522846,34	567475,01	574852,18	659968,63	668548,22	677239,35	686043,46
<b>Ingresos totales</b>	<b>72271,08</b>	<b>146477,58</b>	<b>295828,02</b>	<b>412643,78</b>	<b>527646,54</b>	<b>574768,92</b>	<b>584703,83</b>	<b>669948,34</b>	<b>680679,56</b>	<b>692600,66</b>	<b>701604,47</b>

Tabla 10. Ingresos del caso pesimista

COSTES	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017
Leasing de Vehículos	25448,40	26114,36	27146,12	28585,48	30492,48	32949,54	36067,46	39993,65	44923,76	51117,61	51118,76
Energía	3504,02	7191,43	18212,30	20293,97	26164,46	28397,78	28766,95	33026,38	33455,72	33890,65	34331,23
Personal	159120,00	163284,01	169735,23	178735,07	190658,87	206022,04	225517,26	250066,41	280892,64	319620,64	368416,20
Sistema de seguridad	15000,00	15392,54	16000,68	16849,08	17973,12	19421,38	21259,17	23573,38	26479,32	30130,15	34730,03
Sistema de control	10044,00	10306,84	10714,06	11282,15	12034,80	13004,56	14235,14	15784,73	17730,55	20175,15	23255,23
<b>Costes totales</b>	<b>213116,42</b>	<b>222289,18</b>	<b>241808,39</b>	<b>255745,75</b>	<b>277323,72</b>	<b>299795,30</b>	<b>325845,98</b>	<b>362444,56</b>	<b>403482,00</b>	<b>454934,20</b>	<b>511851,45</b>

Tabla 11. Costes del caso pesimista

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
<b>EBITDA</b>	<b>-140845,34</b>	<b>-75811,60</b>	<b>54019,63</b>	<b>156898,03</b>	<b>250322,82</b>	<b>274973,62</b>	<b>258857,85</b>	<b>307503,79</b>	<b>277197,56</b>	<b>237666,46</b>	<b>189753,02</b>
Amortizaciones	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00
<b>EBIT</b>	<b>-146245,34</b>	<b>-81211,60</b>	<b>48619,63</b>	<b>151498,03</b>	<b>244922,82</b>	<b>269573,62</b>	<b>253457,85</b>	<b>302103,79</b>	<b>271797,56</b>	<b>232266,46</b>	<b>184353,02</b>
Interés bancario	0,00	0,00	0,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-374500,00
<b>BAI</b>	<b>-146245,34</b>	<b>-81211,60</b>	<b>48619,63</b>	<b>126998,03</b>	<b>220422,82</b>	<b>245073,62</b>	<b>228957,85</b>	<b>277603,79</b>	<b>247297,56</b>	<b>207766,46</b>	<b>-190146,98</b>
Impuesto de Sociedades (25%)	0,00	0,00	-12154,91	-31749,51	-55105,70	-61268,40	-57239,46	-69400,95	-61824,39	-51941,62	0,00
<b>BDI</b>	<b>-146245,34</b>	<b>-81211,60</b>	<b>36464,72</b>	<b>95248,52</b>	<b>165317,11</b>	<b>183805,21</b>	<b>171718,38</b>	<b>208202,84</b>	<b>185473,17</b>	<b>155824,85</b>	<b>-190146,98</b>

Tabla 12. Beneficios del caso pesimista

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EBITDA	-140845,34	-75811,60	54019,63	156898,03	250322,82	274973,62	258857,85	307503,79	277197,56	237666,46	189753,02
Inversión	-500000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impuesto de sociedades	0,00	0,00	-12154,91	-31749,51	-55105,70	-61268,40	-57239,46	-69400,95	-61824,39	-51941,62	0,00
<b>CFs proyecto</b>	<b>-640845,34</b>	<b>-75811,60</b>	<b>54019,63</b>	<b>156898,03</b>	<b>250322,82</b>	<b>274973,62</b>	<b>258857,85</b>	<b>307503,79</b>	<b>277197,56</b>	<b>237666,46</b>	<b>189753,02</b>
Interés bancario	0,00	0,00	0,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-374500,00
<b>CFs accionistas</b>	<b>-640845,34</b>	<b>-75811,60</b>	<b>54019,63</b>	<b>132398,03</b>	<b>225822,82</b>	<b>250473,62</b>	<b>234357,85</b>	<b>283003,79</b>	<b>252697,56</b>	<b>213166,46</b>	<b>-184746,98</b>

*Tabla 13. Flujos de caja del caso pesimista*

Escenario conservador

INGRESOS	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017
Altas en el sistema	4500,00	6926,64	9355,58	11846,51	9600,41	14587,82	17240,37	14969,57	20218,90	17921,53	25935,01
Alquiler de vehículos	140042,16	215560,38	363937,78	479269,67	597538,67	643138,34	651499,14	737612,00	747200,96	756914,57	766754,46
<b>Ingresos totales</b>	<b>144542,16</b>	<b>222487,03</b>	<b>373293,37</b>	<b>491116,17</b>	<b>607139,08</b>	<b>657726,17</b>	<b>668739,52</b>	<b>752581,57</b>	<b>767419,85</b>	<b>774836,09</b>	<b>792689,47</b>

Tabla 14. Ingresos del escenario conservador

COSTES	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017
Leasing de Vehículos	25448,40	26114,36	27146,12	28585,48	30492,48	32949,54	36067,46	39993,65	44923,76	51117,61	51118,76
Energía	7008,04	10787,15	18212,30	23983,78	29902,24	32184,15	32602,55	36911,84	37391,69	37877,78	38370,19
Personal	159120,00	163284,01	169735,23	178735,07	190658,87	206022,04	225517,26	250066,41	280892,64	319620,64	368416,20
Sistema de seguridad	15000,00	15392,54	16000,68	16849,08	17973,12	19421,38	21259,17	23573,38	26479,32	30130,15	34730,03
Sistema de control	10044,00	10306,84	10714,06	11282,15	12034,80	13004,56	14235,14	15784,73	17730,55	20175,15	23255,23
<b>Costes totales</b>	<b>216620,44</b>	<b>225884,89</b>	<b>241808,39</b>	<b>259435,56</b>	<b>281061,50</b>	<b>303581,67</b>	<b>329681,57</b>	<b>366330,01</b>	<b>407417,97</b>	<b>458921,33</b>	<b>515890,42</b>

Tabla 15. Costes del escenario conservador

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
<b>EBITDA</b>	<b>-72078,28</b>	<b>-3397,87</b>	<b>131484,98</b>	<b>231680,61</b>	<b>326077,58</b>	<b>354144,49</b>	<b>339057,94</b>	<b>386251,56</b>	<b>360001,89</b>	<b>315914,76</b>	<b>276799,05</b>
Amortizaciones	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00
<b>EBIT</b>	<b>-77478,28</b>	<b>-8797,87</b>	<b>126084,98</b>	<b>226280,61</b>	<b>320677,58</b>	<b>348744,49</b>	<b>333657,94</b>	<b>380851,56</b>	<b>354601,89</b>	<b>310514,76</b>	<b>271399,05</b>
Interés bancario	0,00	0,00	0,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-374500,00
<b>BAI</b>	<b>-77478,28</b>	<b>-8797,87</b>	<b>126084,98</b>	<b>201780,61</b>	<b>296177,58</b>	<b>324244,49</b>	<b>309157,94</b>	<b>356351,56</b>	<b>330101,89</b>	<b>286014,76</b>	<b>-103100,95</b>
Impuesto de Sociedades (25%)	0,00	0,00	-31521,24	-50445,15	-74044,39	-81061,12	-77289,49	-89087,89	-82525,47	-71503,69	0,00
<b>BDI</b>	<b>-77478,28</b>	<b>-8797,87</b>	<b>94563,73</b>	<b>151335,46</b>	<b>222133,18</b>	<b>243183,37</b>	<b>231868,46</b>	<b>267263,67</b>	<b>247576,42</b>	<b>214511,07</b>	<b>-103100,95</b>

Tabla 16. Beneficios del escenario conservador

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EBITDA	-72078,28	-3397,87	131484,98	231680,61	326077,58	354144,49	339057,94	386251,56	360001,89	315914,76	276799,05
Inversión	-500000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impuesto de sociedades	0,00	0,00	-31521,24	-50445,15	-74044,39	-81061,12	-77289,49	-89087,89	-82525,47	-71503,69	0,00
<b>CFs proyecto</b>	<b>-572078,28</b>	<b>-3397,87</b>	<b>131484,98</b>	<b>231680,61</b>	<b>326077,58</b>	<b>354144,49</b>	<b>339057,94</b>	<b>386251,56</b>	<b>360001,89</b>	<b>315914,76</b>	<b>276799,05</b>
Interés bancario	0,00	0,00	0,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-374500,00
<b>CFs accionistas</b>	<b>-572078,28</b>	<b>-3397,87</b>	<b>131484,98</b>	<b>207180,61</b>	<b>301577,58</b>	<b>329644,49</b>	<b>314557,94</b>	<b>361751,56</b>	<b>335501,89</b>	<b>291414,76</b>	<b>-97700,95</b>

*Tabla 17. Flujos de caja del escenario conservador*

Escenario optimista

INGRESOS	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017
Altas en el sistema	9000,00	13853,28	11694,48	14215,81	19200,82	21881,73	19703,28	27444,21	30328,35	35843,05	33715,51
Alquiler de vehículos	210063,24	287413,85	436725,34	553003,46	672231,01	718801,68	728146,10	776433,68	786527,32	796752,18	807109,95
<b>Ingresos totales</b>	<b>219063,24</b>	<b>301267,13</b>	<b>448419,82</b>	<b>567219,27</b>	<b>691431,83</b>	<b>740683,41</b>	<b>747849,38</b>	<b>803877,90</b>	<b>816855,67</b>	<b>832595,23</b>	<b>840825,47</b>

Tabla 18. Ingresos del escenario optimista

COSTES	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017
Leasing de Vehículos	25448,40	26114,36	27146,12	28585,48	30492,48	32949,54	36067,46	39993,65	44923,76	51117,61	51118,76
Energía	10512,06	14382,86	21854,76	27673,59	33640,02	35970,52	36438,14	38854,56	39359,67	39871,35	40389,68
Personal	159120,00	163284,01	169735,23	178735,07	190658,87	206022,04	225517,26	250066,41	280892,64	319620,64	368416,20
Sistema de seguridad	15000,00	15392,54	16000,68	16849,08	17973,12	19421,38	21259,17	23573,38	26479,32	30130,15	34730,03
Sistema de control	10044,00	10306,84	10714,06	11282,15	12034,80	13004,56	14235,14	15784,73	17730,55	20175,15	23255,23
<b>Costes totales</b>	<b>220124,46</b>	<b>229480,61</b>	<b>245450,85</b>	<b>263125,37</b>	<b>284799,28</b>	<b>307368,05</b>	<b>333517,17</b>	<b>368272,74</b>	<b>409385,95</b>	<b>460914,90</b>	<b>517909,90</b>

Tabla 19. Costes del escenario optimista

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
<b>EBITDA</b>	<b>-1061,22</b>	<b>71786,52</b>	<b>202968,97</b>	<b>304093,90</b>	<b>406632,54</b>	<b>433315,37</b>	<b>414332,22</b>	<b>435605,16</b>	<b>407469,72</b>	<b>371680,33</b>	<b>322915,56</b>
Amortizaciones	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00	-5400,00
<b>EBIT</b>	<b>-6461,22</b>	<b>66386,52</b>	<b>197568,97</b>	<b>298693,90</b>	<b>401232,54</b>	<b>427915,37</b>	<b>408932,22</b>	<b>430205,16</b>	<b>402069,72</b>	<b>366280,33</b>	<b>317515,56</b>
Interés bancario	0,00	0,00	0,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-374500,00
<b>BAI</b>	<b>-6461,22</b>	<b>66386,52</b>	<b>197568,97</b>	<b>274193,90</b>	<b>376732,54</b>	<b>403415,37</b>	<b>384432,22</b>	<b>405705,16</b>	<b>377569,72</b>	<b>341780,33</b>	<b>-56984,44</b>
Impuesto de Sociedades (25%)	0,00	-16596,63	-49392,24	-68548,47	-94183,14	-100853,84	-96108,05	-101426,29	-94392,43	-85445,08	0,00
<b>BDI</b>	<b>-6461,22</b>	<b>49789,89</b>	<b>148176,73</b>	<b>205645,42</b>	<b>282549,41</b>	<b>302561,52</b>	<b>288324,16</b>	<b>304278,87</b>	<b>283177,29</b>	<b>256335,25</b>	<b>-56984,44</b>

Tabla 20. Beneficio del escenario optimista

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EBITDA	-1061,22	71786,52	202968,97	304093,90	406632,54	433315,37	414332,22	435605,16	407469,72	371680,33	322915,56
Inversión	-500000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impuesto de sociedades	0,00	-16596,63	-49392,24	-68548,47	-94183,14	-100853,84	-96108,05	-101426,29	-94392,43	-85445,08	0,00
<b>CFs proyecto</b>	<b>-501061,22</b>	<b>71786,52</b>	<b>202968,97</b>	<b>304093,90</b>	<b>406632,54</b>	<b>433315,37</b>	<b>414332,22</b>	<b>435605,16</b>	<b>407469,72</b>	<b>371680,33</b>	<b>322915,56</b>
Interés bancario	0,00	0,00	0,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-24500,00	-374500,00
<b>CFs accionistas</b>	<b>-501061,22</b>	<b>71786,52</b>	<b>202968,97</b>	<b>279593,90</b>	<b>382132,54</b>	<b>408815,37</b>	<b>389832,22</b>	<b>411105,16</b>	<b>382969,72</b>	<b>347180,33</b>	<b>-51584,44</b>

Tabla 21. Flujos de caja del escenario optimista

### 8.2.6. Resultados

A partir de los flujos de caja calculados anteriormente, es posible obtener el VAN y el TIR en cada uno de los supuestos considerados. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Escenarios	VAN	TIR
Pesimista	-49.681,00	-
Conservador	401.744,82	29,01%
Optimista	821.284,46	44,69%

Tabla 22. Resultados de VAN y TIR

Para el escenario pesimista, el proyecto no resulta viable ya que el VAN sale negativo y, por tanto, no tiene sentido el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR). Por consiguiente, si la empresa decide emprender el proyecto y la situación que se da coincide con esta, no se conseguirá ningún tipo de beneficio.

En el caso del escenario conservador, donde las cosas no irían ni mal ni excesivamente bien, el VAN sale positivo, por lo que a efectos de este, el proyecto es rentable. Además, el coste de capital establecido era del 16% y la TIR obtenida del 29,01%, superior a ese coste de capital, por lo que también es viable en este sentido.

El caso optimista es aún mejor que el anterior, por lo que es lógico que también salga rentable el proyecto, tanto a efectos del VAN como del TIR.

Por consiguiente, a no ser que las cosas salgan demasiado mal, se considera que el proyecto es económicamente viable y que podría llevarse a cabo de manera satisfactoria.

## 9. REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL

Uno de los principales inconvenientes que presenta el vehículo de combustión interna son las emisiones producidas en el propio proceso de combustión, necesario para el funcionamiento de este tipo de transporte. Esto produce un aumento de la contaminación atmosférica, aún más elevada en el interior de la ciudad, donde, por lo general, se concentra la mayor parte de los desplazamientos diarios.

Muchas ciudades se han visto obligadas a tomar medidas para reducir los altísimos niveles de contaminación, llevando a cabo iniciativas como la reducción de las velocidades en las rondas de circunvalación y la prohibición de la circulación de vehículos en las propias ciudades.

La introducción de coches eléctricos reduce considerablemente estas emisiones. En la tabla 23 se puede observar una comparación entre las emisiones de estos y las de un vehículo convencional medio. Por su parte, el modelo de Smart Fortwo con motor de gasolina tiene unas emisiones que alcanzan los 99 gramos de dióxido de carbono por cada kilómetro recorrido.

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

Tabla 23. Comparación de emisiones entre un vehículo de gasolina y uno eléctrico

Fuente: Barrera Paquilla, M., (2015), *Análisis comparativo y repercusión medioambiental sobre la implantación del vehículo eléctrico en el parque móvil de Sevilla, Sevilla, España*

A continuación, vamos a realizar un breve estudio de las reducciones anuales que se producirían en cada uno de los escenarios viables económicamente si empleamos el vehículo escogido en el sistema, el Smart Fortwo ED, cuyas emisiones son nulas, en comparación con las emisiones del mismo coche con motor de combustión y respecto al valor medio de emisiones de los coches de gasolina que aparece en la tabla 23. Los resultados se recogen en las tablas 24 y 25.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Smart</b>	60,81	91,21	152,02	197,63	243,23	258,43	258,43	288,84	288,84	288,84	288,84
<b>Media</b>	76,36	114,54	190,90	248,17	305,44	324,53	324,53	362,71	362,71	362,71	362,71

Tabla 24. Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas para el caso conservador

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Smart</b>	91,21	121,62	182,42	228,03	273,64	288,84	288,84	304,04	304,04	304,04	304,04
<b>Media</b>	114,5	152,72	229,08	286,35	343,62	362,71	362,71	381,80	381,80	381,80	381,80

Tabla 25. Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas para el caso optimista

Como se puede observar gracias a los valores obtenidos, la disminución de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera es notable, superando las 60 toneladas al año en el peor de los casos.

Otros gases que se emiten en la combustión de los motores de estos coches y que son nocivos son el monóxido de carbono, que produce alteraciones en la sangre y en el momento que la concentración supera el 0,3% causa la muerte de la persona que lo inhala; los hidrocarburos que pueden llegar a ser venenosos por sí mismos y que mezclados con otros componentes atmosféricos producen el smog fotoquímico, afectando gravemente a la salud de los seres vivos; y los óxidos de nitrógeno, los principales causantes de la lluvia ácida (figura 44).

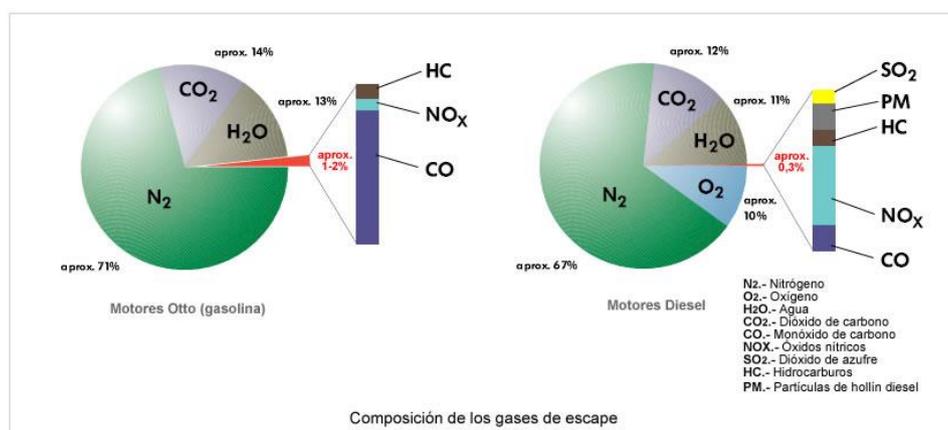


Figura 44. Gases de escape de motores de combustión

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net>

Sustituir los vehículos convencionales por otros impulsados de manera eléctrica evita todas las emisiones que producen los primeros. Por tanto, el sistema se presenta como una propuesta interesante para mejorar la calidad de vida de las personas y como método para contrarrestar el cambio climático que se ha disparado en los últimos años.

## 10. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que pueden sacarse de este trabajo son las siguientes:

Sevilla no tiene actualmente un sistema tan desarrollado como otras ciudades españolas y europeas en lo que se refiere al alquiler de vehículos eléctricos, por lo que llevar a cabo un proyecto como este puede ser bastante interesante para sus usuarios debido a las grandes facilidades que presenta y por sus costes, no demasiado elevados.

El vehículo eléctrico proporciona una serie de ventajas a la hora de desplazarse por la ciudad, como son la posibilidad de emplear los carriles reservados para transporte público y taxis, y de aparcar en zonas de estacionamiento regulado sin tener que pagar las tasas impuestas por el ayuntamiento en este caso.

El sistema propuesto también es respetuoso con el medio ambiente, debido a empleo del vehículo eléctrico, un medio de transporte con emisiones nulas, que reduce considerablemente las cantidades de dióxido de carbono y otros gases con efectos nocivos sobre las personas y el ecosistema de la ciudad.

A efectos técnicos, el Smart Fortwo Electric Drive es el vehículo que mejor se adapta a las especificaciones de nuestro proyecto, en lo que se refiere a tamaño, autonomía y capacidad de las baterías, así como en el precio, uno de los factores más determinantes en todo proyecto. Los postes de recarga que se instalarán, los de la empresa Simon, son también los que mejor se cumplen con las características de nuestro coche, así como con las condiciones externas, entre las que destaca la meteorología de Sevilla.

Para terminar, se ha demostrado que la propuesta también es económicamente viable, y que es apto para poder implantarse.

## **11. PROPUESTAS DE FUTURO**

Para la mejora y evolución del sistema pensamos que sería interesante ampliar la zona de utilización de los vehículos, para dar cabida a los barrios que se quedaron fuera a la hora de determinar el área de empleo del sistema.

Además, la propuesta de incrementar el número de usuarios con personas que puedan venir de fuera de Sevilla, de los pueblos colindantes sin ir más lejos, y que tengan que desplazarse en su propio vehículo hasta la capital por motivos de trabajo u otras razones, podría aumentar considerablemente los ingresos de la empresa y mejorar las condiciones medioambientales de la ciudad.

Para ello, consideramos como una buena opción la colocación de ubicaciones dotadas de vehículos de la empresa y sus correspondientes instalaciones para la recarga a las afueras de Sevilla, en las principales entradas, como pueden ser la bajada por Castilleja de la Cuesta, o la incorporación a la SE-30 a la altura de la universidad Pablo de Olavide en la carretera de Utrera, entre otras.

Esta idea consistiría en facilitar a los usuarios que así lo desearan una zona donde poder aparcar su vehículo propio y montarse en uno de los coches eléctricos de nuestro sistema, beneficiándose de las ventajas que estos producen a la hora del desplazamiento y del estacionamiento en el interior de la capital.

Se podría realizar un estudio ampliado donde sería necesario el aumento del número de vehículos que componen la flota y los sistemas de recarga para las batería en los emplazamientos que se estimen oportunos para el cambio del vehículo, por lo que se debería analizar en qué puntos concretos sería más factible esta idea e interesaría a un mayor número de personas.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

### 12.1. Libros de texto

ARSUAGA CHABOT, P. (2010). *Vehículos eléctricos y redes para su recarga. Impacto en la sociedad y en la industria*. Editorial Ra-Ma, Madrid.

MOLERO, E., y POZO, A. (2013). *El vehículo eléctrico y su infraestructura de carga*. Editorial Marcombo.

### 12.2. Proyectos académicos y de investigación

BARRERA, M.A. (2015). *Análisis comparativo y repercusión medioambiental sobre la implantación del vehículo eléctrico en el parque móvil del ayuntamiento de Sevilla*. Universidad de Sevilla.

MOREIRA, A. (2012). *Estudio y viabilidad de implantación de un sistema de alquiler de vehículo eléctrico para explotación turística*. Universidad Pontificia Comillas.

Observatorio Tecnológico de la Energía. (2012). *Mapa tecnológico. Movilidad eléctrica*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

REGUEIRA, I. E. (2013). *La movilidad cotidiana en las regiones urbanas de Andalucía. La movilidad según tipos de poblamiento*. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía; Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo; Junta de Andalucía.

TRINIDAD, F. *El vehículo eléctrico y su influencia en el medio urbano*.

VELASCO, E. (2014). *Estudio del nivel de ruido emitido por los vehículos del parque automovilístico valenciano y su relación con la calidad acústica de nuestras ciudades*. Universidad Miguel Hernández de Elche.

### 12.3. Informes

Organización mundial de turismo. (2016). *Panorama OMT del turismo internacional, edición 2016*. Recuperado a partir de <http://mkt.unwto.org/es/publication/panorama-omt-del-turismo-internacional-edicion-2016>

Tussam. (2015). *Memoria anual 2015*. Ayuntamiento de Sevilla.

### 12.4. Normativa

BOE. (2003). *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-20976>

BOE. (2014). *Ordenanza de Circulación de Sevilla*. Diputación Provincial de Sevilla

BOE. (2014). *ITC-BT 52*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Recuperado a partir de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-13681](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-13681)

Wikipedia. (2017). *IEC 62196*. Recuperado a partir de [https://es.wikipedia.org/wiki/IEC\\_62196](https://es.wikipedia.org/wiki/IEC_62196)

### 12.5. Páginas web

4GFlota. (2017). Ventajas de la gestión de flotas por actividad profesional. Recuperado a partir de <http://www.4gflota.com/sectores/>

20 minutos. (2011). Los coches eléctricos de alquiler toman el corazón de París. Recuperado a partir de <http://www.20minutos.es/noticia/1241381/0/coches-electricos/alquiler-toman/paris/>

20 minutos. (2016). Ya puedes usar Emov, el servicio para compartir coche. Recuperado a partir de <http://www.20minutos.es/noticia/2909852/0/emov-nuevo-servicio-de-car-sharing-en-madrid/>

Alquila coche. (2015). La historia de la industria del alquiler de coches. Recuperado a partir de <https://www.alquila-coche.com/la-historia-de-la-industria-de-alquiler-de-coches/>

Applus. (2015). Periodicidad de las revisiones en automóviles. Recuperado a partir de <http://www.applusiteuve.com/es/cada-cuanto-pasar-itv>

ARENAS, J. (2017). El carsharing a examen: ventajas e inconvenientes de Emov frente a Car2go. Recuperado a partir de <http://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/8072694/01/17/El-carsharing-a-examen-ventajas-e-inconvenientes-de-emov-frente-a-Car2Go.html>

Autobild. (2017). Smart Fortwo. Recuperado a partir de <http://www.autobild.es/coches/smart/fortwo>

BELVER, M. (2015). Madrid estrena su servicio de car-sharing eléctrico con 350 coches de Car2go. Recuperado a partir de <http://www.elmundo.es/madrid/2015/11/11/56432cd746163fa0438b45a9.html>

Blinda Beep. (2017). Vigilancia y protección. Recuperado a partir de <http://www.blindabeep.com/es/servicio-de-vigilancia-y-proteccion/s-12>

CAMÓS, J. (2012). IfRenting, una nueva apuesta por el coche eléctrico de alquiler en Barcelona. Recuperado a partir de <https://www.motorpasionfuturo.com/alquiler/if-renting-una-nueva-apuesta-por-el-coche-electrico-de-alquiler-en-barcelona>

Car2go. (2017). Spain is proud to share. Recuperado a partir de <https://www.car2go.com/ES/es/>

ControlGPS. (2017). Control para el seguimiento de flotas. Recuperado a partir de <https://www.controlgps.es/>

DIAZ, B. (2014). Ventajas e inconvenientes de los vehículos eléctricos. Recuperado a partir de <https://frenomotor.com/opinion/ventajas-inconvenientes-vehiculos-electricos>

Electricocar. (2013). Autolib': la empresa líder de alquiler de coches eléctricos en Francia. Recuperado a partir de <http://www.electricocar.com/autolib-alquiler-coches-electricos-francia.html>

Electromaps. (2017). Renault Twizy. Recuperado a partir de <https://www.electromaps.com/coches-electricos/renault/twizy>

Electromaps. (2017). Smart Fortwo electric drive. Recuperado a partir de <https://www.electromaps.com/coches-electricos/smart/smart-fortwo-electric-drive>

Electromovilidad. (2017). Tipos de batería para coche eléctrico. Recuperado a partir de <http://electromovilidad.net/tipos-de-bateria-para-coche-electrico/>

El Periódico, Barcelona. (2012). Barcelona estrena el primer servicio de alquiler de vehículos eléctricos. Recuperado a partir de <http://www.elperiodico.com/es/noticias/barcelona/barcelona-estrena-primer-servicio-alquiler-vehiculos-electricos-1906521>

Emov. (2017). Únete a Emov y ten siempre a mano un vehículo eléctrico. Recuperado a partir de <https://emov.es/>

Endesa. (2017). Conoce la energía. ¿Qué es el PVPC?. Recuperado a partir de <https://www.endesaclientes.com/pvpc-precio-voluntario-pequeno-consumidor.html>

Endesa. (2014). El coche eléctrico. Recuperado a partir de [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico)

Endesa. (2017). Precios Tarifas Reguladas Luz y Gas. Recuperado a partir de <https://www.endesaclientes.com/articulos/tarifas-reguladas-luz-gas.html>

Endesa. (2013). Preguntas frecuentes sobre el vehículo eléctrico. Recuperado a partir de <https://www.endsavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/pf-solicitud-punto-recarga>

Endesa. (2013). Recarga del vehículo eléctrico. Recuperado a partir de <https://www.endsavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/catalogo-productos-endesa/publica-monofasica>

Endesa. (2013). Tipos de vehículos eléctricos. Recuperado a partir de <http://www.endsavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/el-vehiculo/tipos>

Esmarcity. (2010). Madrid elige soluciones CARdylet® de Temper para inaugurar la red de recarga de vehículos eléctricos. Recuperado a partir de <https://www.esmartcity.es/2010/06/04/madrid-elige-soluciones-cardylet-de-temper-para-inaugurar>

Europapress. (2015). ¿Cómo funciona el servicio de alquiler de vehículos eléctricos en Madrid?. Recuperado a partir de <http://www.europapress.es/sociedad/noticia-funciona-servicio-alquiler-coches-electricos-madrid-20151111065936.html>

FERNÁNDEZ, C. (2015). Mapa de fabricantes de la industria automovilística. Recuperado a partir de <https://ingenieriadeautomocion.wordpress.com/2015/05/30/mapa-de-fabricantes-de-la-industria-automovilistica/>

GARCÍA, B. (2016). Llega a Madrid Emov, el coche de alquiler eléctrico de cuatro plazas. Recuperado a partir de <http://www.libremercado.com/2016-12-19/emov-madrid-coche-alquiler-electrico-4-plazas-car2go-carsharing-1276589035/>

GlobalSat. (2017). Localización de flotas. Recuperado a partir de <http://localizacionflotas.com/>

GT Motive. (2015). 7 ventajas y 7 inconvenientes de los vehículos eléctricos. Recuperado a partir de <http://gtmotive.com/es/adictos/conecta/ventajas-inconvenientes-vehiculos-electricos>

GUTIÉRREZ, J. (2017). Puntos de recarga: la energía necesaria para el impulso del vehículo eléctrico en España. Recuperado a partir de <http://www.rtve.es/noticias/20170324/puntos-recarga-energia-necesaria-para-impulso-del-vehiculo-electrico-espana/1507045.shtml>

HERRÁN, C. (2015). Car2go, el sistema de car-sharing en Madrid. Recuperado a partir de <http://www.autocasion.com/actualidad/noticias/un-nuevo-sistema-de-car-sharing-arranca-en-madrid-con-car2go>

Híbridos y eléctricos. (2017). Lista de vehículos híbridos y eléctricos en el mercado. Recuperado a partir de <http://www.hibridosyelectricos.com/estaticas/catalogo-de-vehiculos-hibridos-y-electricos>

Holanda Latina. (2011). Ámsterdam facilitará coches eléctricos de “usar y aparcar”. Recuperado a partir de <http://www.noticiasholanda.com/2011/04/13/amsterdam-facilitara-coches-electricos-de-usar-y-aparcar/>

IBÁÑEZ. (2011). Mitsubishi i-Miev, Citroën Z-Cero y Peugeot iOn. Recuperado a partir de <https://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/mitsubishi-i-miev-citroen-c-zero-y-peugeot-ion>

MANZ, V.C. (2012). Car2go arranca en Berlín. Recuperado a partir de [http://www.prestigeelectriccar.com/es/noticias/419/Car2go\\_arranca\\_en\\_Berlin](http://www.prestigeelectriccar.com/es/noticias/419/Car2go_arranca_en_Berlin)

MCKIWEN. (2012). Car2go llega a Berlín con la mayor flota de coches compartidos del mundo. Recuperado a partir de <https://www.motorpasionfuturo.com/coche-compartido/car2go-llega-a-berlin-con-la-mayor-flota-de-coches-compartidos-del-mundo>

Moving. (2017). Sistema de alquiler de motos eléctricas. Recuperado a partir de <http://moving.com/>

Mytripcar. (2016). Los orígenes: alquileres escasos y baratos. Recuperado a partir de <https://mytripcar.es/analisis/historia-de-los-coches-de-alquiler>

SÁNCHEZ, E. (2015). Car2go pone en marcha su alquiler de vehículos eléctricos en Madrid. Recuperado a partir de [http://ccaa.elpais.com/ccaa/2015/11/11/madrid/1447270520\\_877882.html](http://ccaa.elpais.com/ccaa/2015/11/11/madrid/1447270520_877882.html)

Tarifas gasluz. (2016). Pasar de trifásica a monofásica. Recuperado a partir de <http://tarifasgasluz.com/faq/electricidad/trifasica-a-monofasica>

TERUEL, A. (2011). París estrena coches eléctricos. Recuperado a partir de [http://elpais.com/diario/2011/12/05/sociedad/1323039605\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/12/05/sociedad/1323039605_850215.html)

TomTom Telematics. (2017). Bienvenido a Webfleet. Recuperado a partir de [https://telematics.tomtom.com/es\\_es/webfleet/](https://telematics.tomtom.com/es_es/webfleet/)

Wikipedia. (2017). Autolib'. Recuperado a partir de <https://es.wikipedia.org/wiki/Autolib%27>

Wikipedia. (2017). Car2go. Recuperado a partir de <https://es.wikipedia.org/wiki/Car2go>

Wikipedia. (2017). Historia del vehículo eléctrico. Recuperado a partir de [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_vehículo\\_eléctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_vehículo_eléctrico)

Wikipedia. (2017). Interfaz de programación de aplicaciones. Recuperado a partir de [https://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz\\_de\\_programaci%C3%B3n\\_de\\_aplicaciones](https://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz_de_programaci%C3%B3n_de_aplicaciones)

# Anexos

## **ÍNDICE**

ANEXO A. Catálogo del Smart Fortwo ED.....	96
ANEXO B. Catálogo del poste RP-02X10.....	98

# **ANEXO A**

## >> Datos técnicos.

### smart fortwo electric drive coupé/cabrio

Motor (tipo)	Eléctrico (limán permanente)
Potencia continua en kW <sup>1</sup>	35
Potencia máx. en kW <sup>1</sup>	55
Par motor máx. en Nm <sup>1</sup>	130
Aceleración de 0 a 60 km/h en segundos	4,8
Aceleración de 0 a 100 km/h en segundos	11,5
Velocidad máxima en km/h	125
Autonomía en km <sup>2</sup>	145
Capacidad de la batería en kWh	17,6
Tipo de batería	IONES de litio
Número de elementos de batería	93
Cargador de a bordo en kW	3,3 (230 V)
Tiempo de recarga (230 V) sin «wallbox» en h	7
Tiempo de recarga (230 V) con «wallbox» en h	6
Tiempo de recarga rápida (400 V/22 kW) con «wallbox» en h	1
Consumo eléctrico (ciclo mixto) en kWh/100 km <sup>3,4</sup> [recargando con enchufe (230 V/8 A); sin «wallbox»]	15,1
Emisión de CO <sub>2</sub> (ciclo mixto) en g/km <sup>3,4</sup>	0
Nivel de eficiencia energética <sup>3,5</sup>	A+
Longitud/anchura/altura del vehículo en mm	2.695/1.559/1.565
Distancia entre ejes en mm	1.867
Ancho de vía (delante/detrás) en mm	1.283/1.385
Diámetro de giro en m	8,75
Volumen del maletero en l <sup>6</sup>	220 – 340
Peso en vacío (sin conductor)/carga útil en kg	900/250 (coupé), 920/230 (cabrio)



<sup>1</sup> Según directiva 80/1269/CEE en la versión actualizada. <sup>2</sup> Medición efectuada sobre la base del nuevo ciclo normalizado europeo (NEDC, BCE R101). Puede reducirse la autonomía en función del estilo de conducción, de las condiciones de la calzada y del tráfico, de la temperatura exterior, del uso de aire acondicionado/calefacción, etc. <sup>3</sup> Los valores indicados se han obtenido a partir del procedimiento de medición según el reglamento (CE) nº 715/2007 en la versión actualizada. <sup>4</sup> Los datos no se refieren a un vehículo en particular y no forman parte de la oferta, sino que sirven para establecer comparaciones entre los distintos modelos. <sup>5</sup> Según reglamento alemán para turismos PKW-EnVKV § 3a. <sup>6</sup> Hasta el techo, según DIN 70020-1.

# **ANEXO B**



## POSTE RECARGA 2 TOMAS

### ■ Descripción

La arquitectura de la solución basada en un **único Poste de 2 tomas de recarga** que incorpora la funcionalidad de Control e Identificación de usuarios del servicio.

El concepto de la Solución de Recarga Poste 2 tomas permite la posibilidad de **gestionar en el mismo sistema de recarga vehículos eléctricos**, pero también motocicletas y bicicletas eléctricas administrado desde el mismo poste.

Dotado de una **pantalla táctil de 4,5"** para la interacción con el usuario final, el terminal ofrece una ergonomía de uso sencilla e intuitiva. A través de la pantalla táctil en local de forma autónoma o de un acceso Web en remoto el usuario de mantenimiento realizar la actividad de gestión de infraestructura de recarga y de gestión de usuarios del servicio pudiendo configurar servicios como mensajes y alertas SMS, y disponibilidad-uso de los distintos puntos de recarga.

### ■ Funcionalidades:

**Artículo:** RP-02x10-SS

**Nº de Tomas:** 2 tomas independientes.

**Protección eléctrica:** magnetotérmica, diferencial autorearmable, sobretensiones (incluida)

**Seguridad:** Sistema anti-hurto con enclavamiento del cable en la puerta de acceso a la toma

**Identificación y Autenticación:** de usuario mediante lector RFID Mifare

**Servicio de pago** de la recarga: Prepago y Tarjeta Abonado

**Indicador luminoso** de estado de toma de carga

**Pulsador** de solicitud/interrupción recarga

**Sistema gestión centralizada multipunto:** Local y Remoto

**Envío Mensajes (Opcional):** Envío de alertas SMS o e-mail para el usuario final de que la recarga ha finalizado, para el gestor de la infraestructura de que hay una avería.

**Telegestión y Monitorización (Opcional):** Energía suministrada, horario de recarga, usuarios registrados, limitación de horario de recarga, posibilidad aprovechar la tarifa nocturna (programación horaria) accesible para el gestor de la infraestructura de Recarga vía web

### ■ Secuencia de Funcionamiento:





## POSTE RECARGA 2 TOMAS

### Especificaciones técnicas

#### Materiales:

Base: Fundición de aluminio

Acabado: pintado electrostático con poliéster en polvo.

#### Equipo:

Tensión de Entrada	230 Vac
Tolerancia	10%
Frecuencia de Entrada	50 Hz
Tensión de Salida Conector	230 Vac
Corriente Máxima de Salida	16 A
Tipo de Conector	Schuko CEE 7/4 (230Vac-16A)
Tª Ambiente	-20ºC-50ºC



### Características Envolvente

Pintura de poliéster de RAL	A Convenir
Grado de Protección Mecánica	IP44
Grado de Protección	IK10
Anclaje	4 puntos al suelo
Peso	42 Kg
Dimensiones Poste de 2 Tomas	1550*400*230mm



# Planos

## ÍNDICE

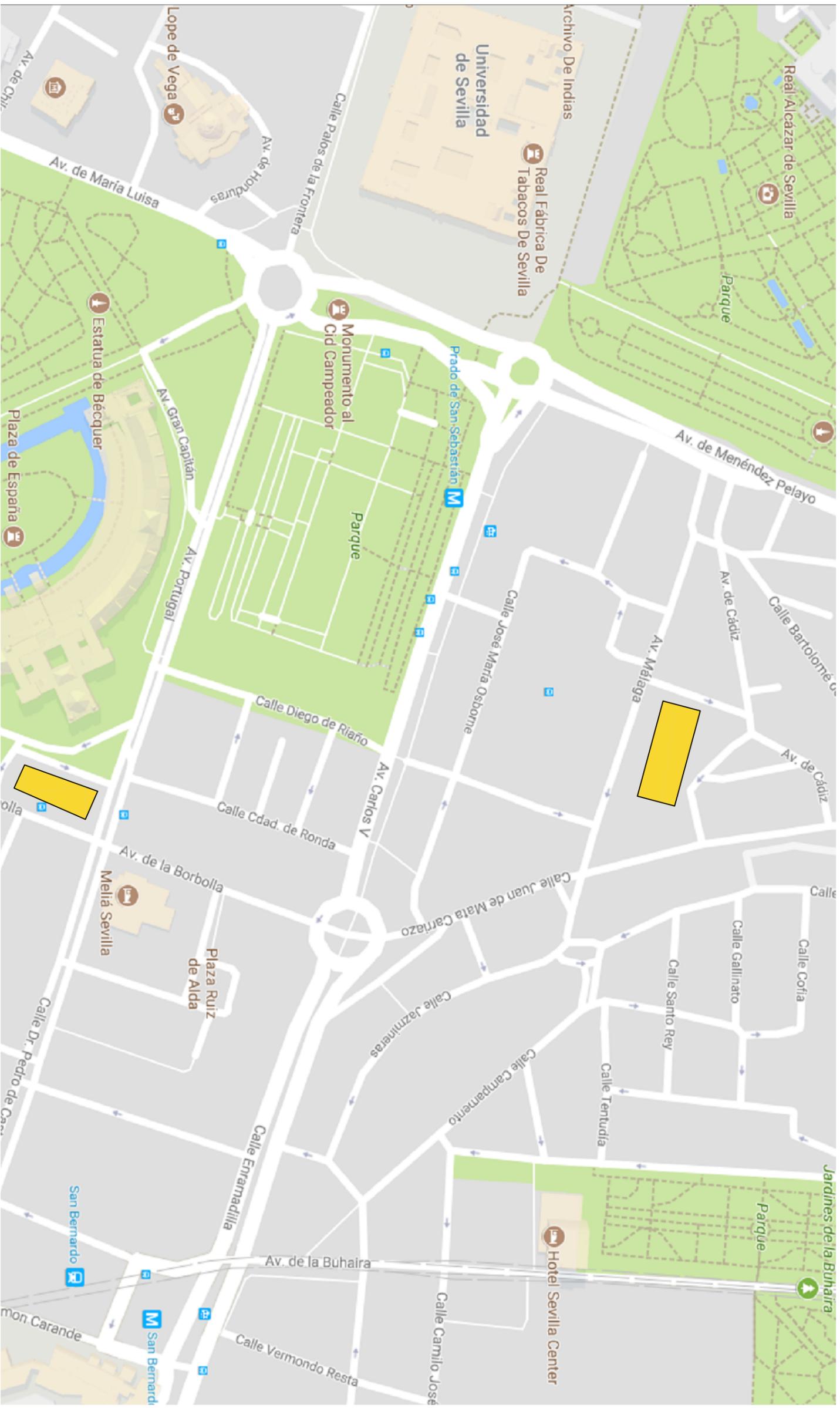
1. Situación SIT .....	Plano 1
2. Emplazamiento EMP .....	Plano 2
3. Distribución de plazas de aparcamiento en parking de empresa DIST-1.....	Plano 3
4. Distribución de plazas de aparcamiento en parking auxiliar DIST-2.....	Plano 4
5. Ubicación de postes de recarga en parking de empresa POST-1.....	Plano 5
6. Ubicación de postes de recarga en parking auxiliar POST-2.....	Plano 6



SITUACIÓN DE LAS ZONAS DE APARCAMIENTO



ESTUDIO DE SISTEMA DE COCHES ELÉCTRICOS COMPARTIDOS EN LA CIUDAD DE SEVILLA		PLANO Nº 1
LOCALIZACIÓN	SEVILLA	REFERENCIA
TITULAR	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA	SIT
PLANO	SITUACIÓN	ESCALA/TAMANO 1:10000/A3
AUTOR	PEDRO ANTONIO PASTOR ALFARO	FECHA 27/06/2017



UBICACIÓN PLAZA DE APARCAMIENTOS

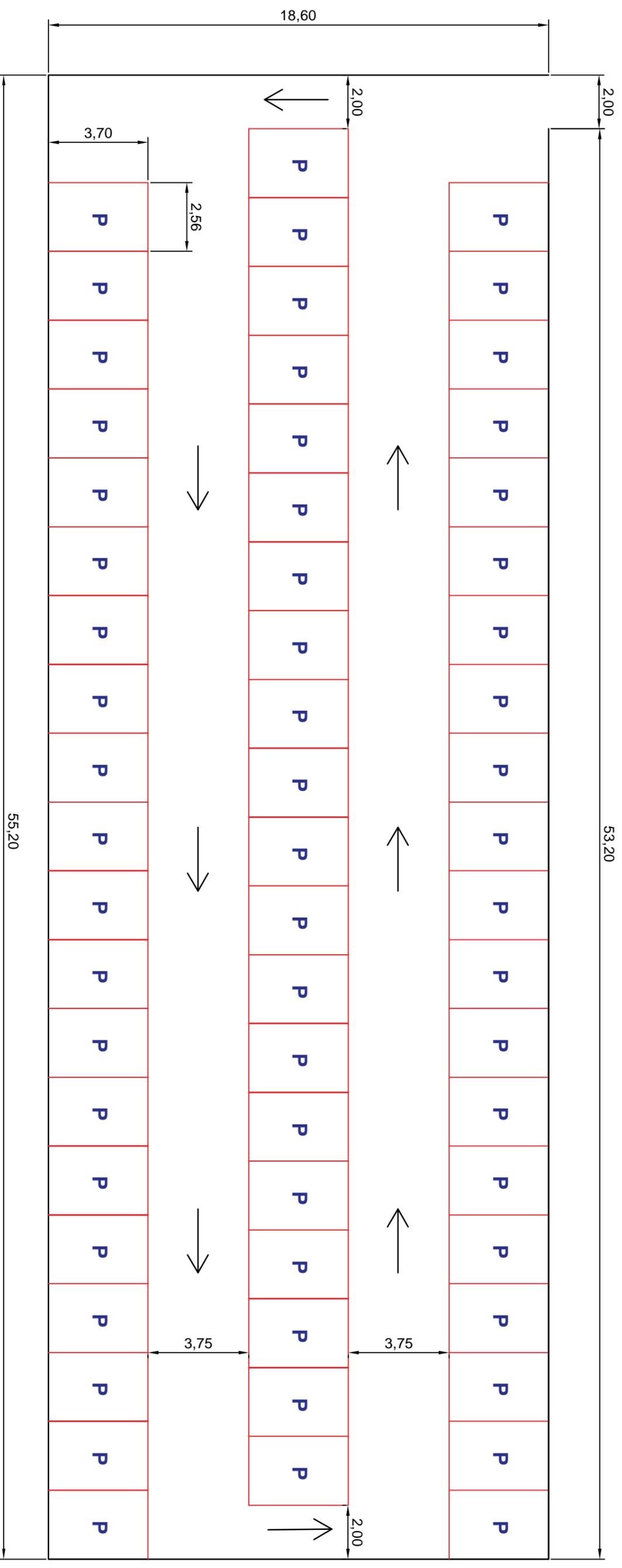
ACCESO PRINCIPAL: 1. AV. CÁDIZ  
2. AV. PORTUGAL

COORDENADAS: 1. 37° 22' 56" N  
5° 59' 5" O  
2. 37° 22' 39" N  
5° 59' 4" O

LÍMITES SOLAR



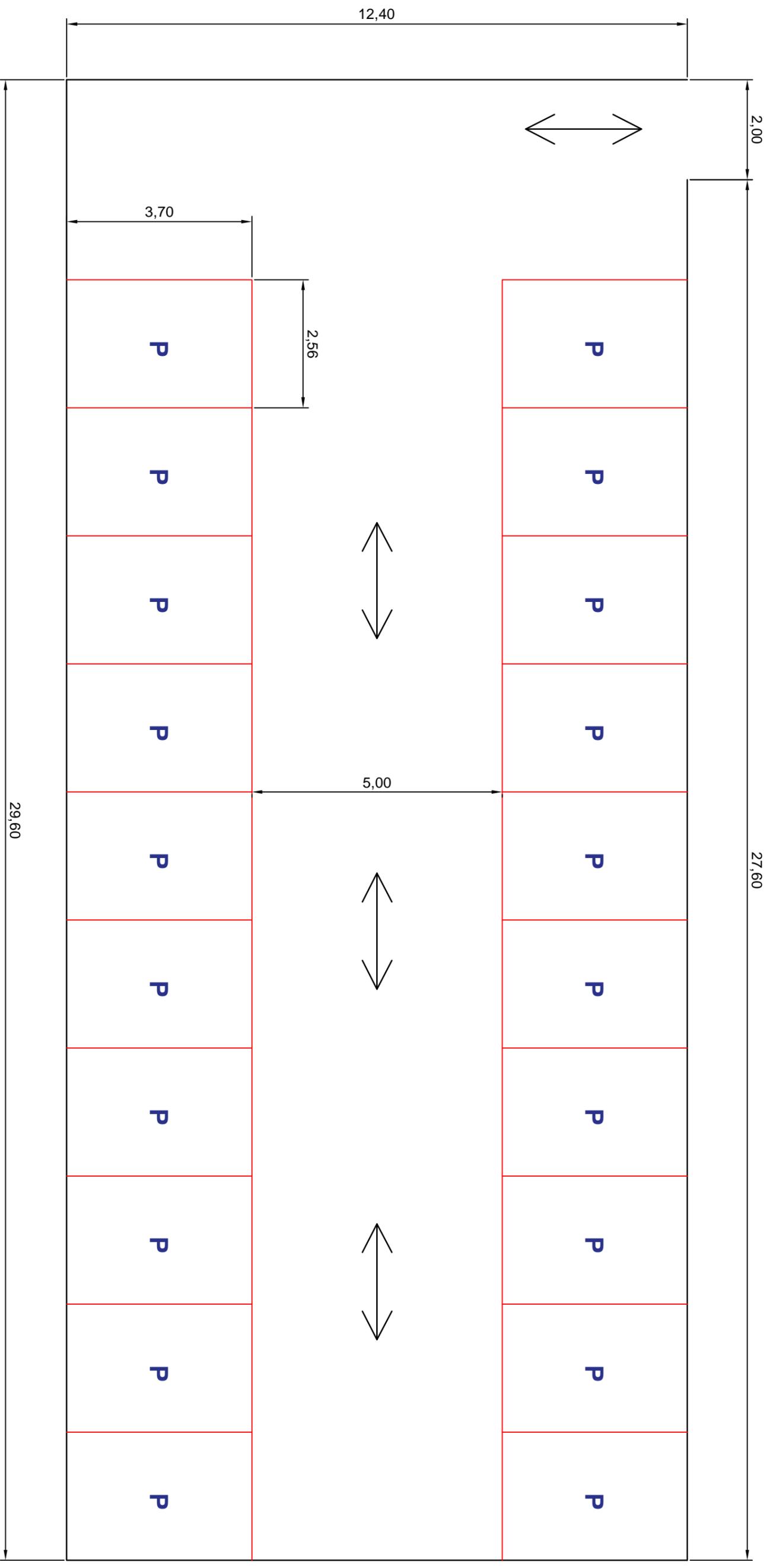
ESTUDIO DE SISTEMA DE COCHES ELÉCTRICOS COMPARTIDOS EN LA CIUDAD DE SEVILLA		PLANO Nº
LOCALIZACIÓN	SEVILLA	2
TITULAR	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA	REFERENCIA
PLANO	EMPLAZAMIENTO	EMP
AUTOR	PEDRO ANTONIO PASTOR ALFARO	ESCALA/TAMAÑO
		1:2000/A3
		FECHA
		27/06/2017



PLAZA DE APARCAMIENTO



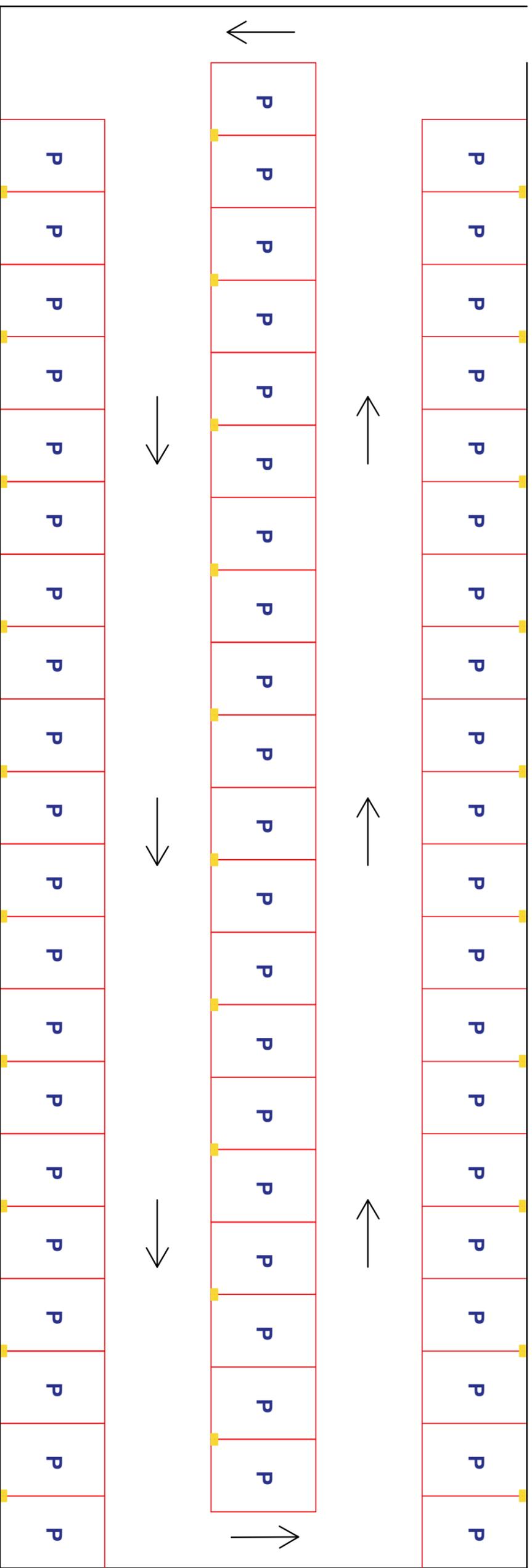
ESTUDIO DE SISTEMA DE COCHES ELÉCTRICOS COMPARTIDOS EN LA CIUDAD DE SEVILLA		PLANO Nº 3
LOCALIZACIÓN SEVILLA		REFERENCIA DIST-1
TITULAR ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA		
PLANO DISTRIBUCIÓN DE PLAZAS DE APARCAMIENTO EN EL PARKING DE EMPRESA	ESCALA/TAMAÑO 1:200/A3	
AUTOR PEDRO ANTONIO PASTOR ALFARO	FECHA 27/06/2017	



PLAZA DE APARCAMIENTO



ESTUDIO DE SISTEMA DE COCHES ELÉCTRICOS COMPARTIDOS EN LA CIUDAD DE SEVILLA		PLANO Nº	4
LOCALIZACIÓN SEVILLA		REFERENCIA	DIST-2
TITULAR ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA		ESCALA/TAMAÑO	1:100/A3
PLANO DISTRIBUCIÓN DE PLAZAS DEL PARKING AUXILIAR		FECHA	27/06/2017
AUTOR PEDRO ANTONIO PASTOR ALFARO			



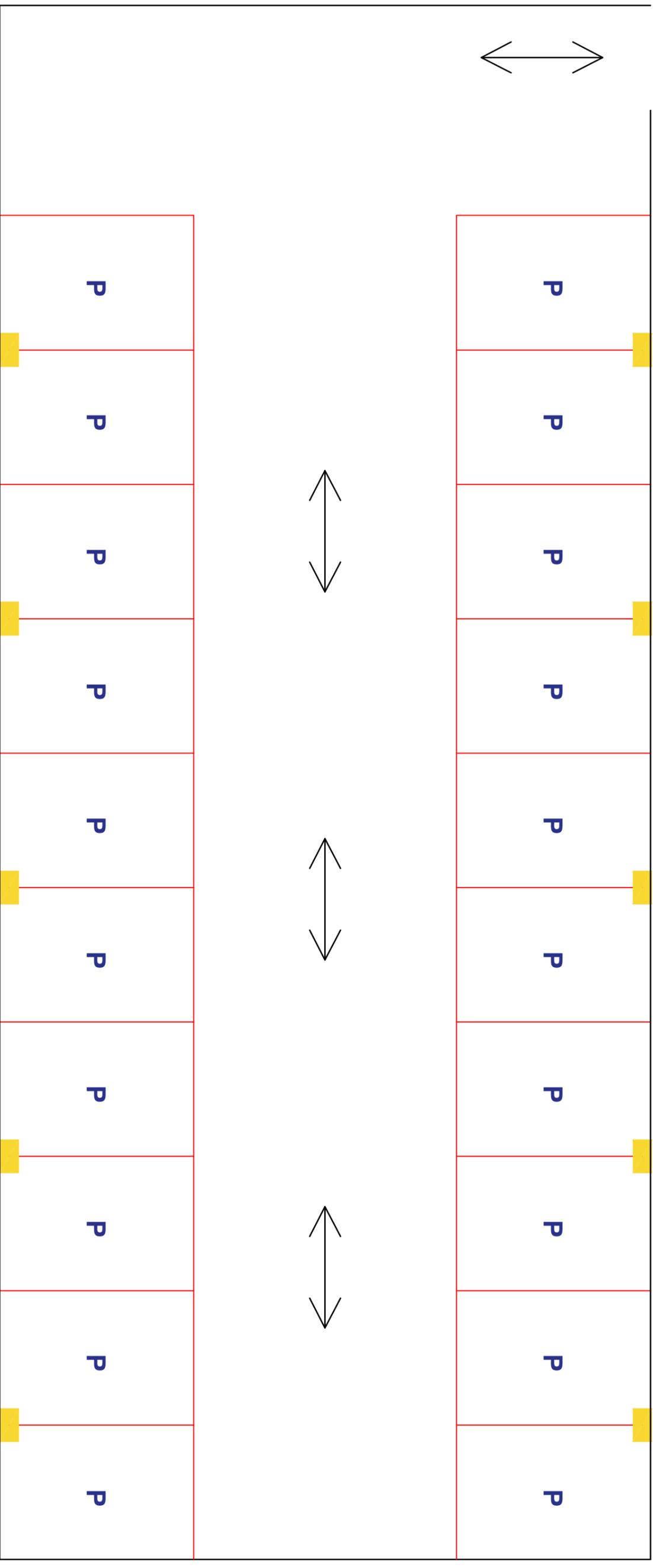
PLAZA DE APARCAMIENTO



POSTES DE RECARGA



ESTUDIO DE SISTEMA DE COCHES ELÉCTRICOS COMPARTIDOS EN LA CIUDAD DE SEVILLA		PLANO Nº 5
LOCALIZACIÓN SEVILLA		REFERENCIA POST-1
TITULAR ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA		
PLANO UBICACIÓN DE POSTES DE RECARGA EN PARKING DE EMPRESA	ESCALA/TAMANO 1:200/A3	
AUTOR PEDRO ANTONIO PASTOR ALFARO	FECHA 27/06/2017	



P

PLAZA DE APARCAMIENTO

POSTES DE RECARGA



ESTUDIO DE SISTEMA DE COCHES ELÉCTRICOS COMPARTIDOS EN LA CIUDAD DE SEVILLA		PLANO Nº 6
LOCALIZACIÓN SEVILLA		REFERENCIA POST-2
TITULAR ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA		
PLANO UBICACIÓN DE POSTES DE RECARGA EN PARKING AUXILIAR		ESCALA/TAMAÑO 1:100/A3
AUTOR PEDRO ANTONIO PASTOR ALFARO		FECHA 27/06/2017