

# Software matemático para la ingeniería eléctrica.

Departamento de Ingeniería Eléctrica  
UCLM, E.T.S de Ingeniería Industrial



## MEMORIA

# Diseño de Software y viabilidad de una electrolinera en Toledo.

Alejandro Cuadra García  
Alejandro Sánchez Reina  
Jesús Fernández Ruíz

2 de mayo de 2022

# Índice

<b>1. Objetivo.</b>	<b>5</b>
<b>2. Ubicación general y datos base.</b>	<b>5</b>
<b>3. Interfaz.</b>	<b>7</b>
3.1. Primera pantalla. . . . .	7
3.2. Segunda pantalla. . . . .	9
3.3. Tercera pantalla. . . . .	10
<b>4. Dimensiones y planos de la electrolinera.</b>	<b>11</b>
<b>5. Descripción y costes.</b>	<b>19</b>
5.1. Terreno. . . . .	19
5.2. Vallado. . . . .	19
5.3. Acondicionamiento, asfaltado y pavimentación. . . . .	20
5.4. Suministradores. . . . .	20
5.5. Estructura en la zona del surtidor. . . . .	20
5.6. Iluminación. . . . .	22
5.7. Publicidad. . . . .	23
5.8. Plantillas y pintura. . . . .	24
5.9. Cuadros eléctricos y líneas. . . . .	24
5.9.1. Coste del centro de transformación. . . . .	28
5.9.2. Coste de los transformadores. . . . .	28
5.9.3. Coste de la puesta a tierra. . . . .	28
5.9.4. Coste del cuadro eléctrico. . . . .	29
5.9.5. Coste de los cables. . . . .	29
5.9.6. Coste de los tubos. . . . .	31
5.9.7. Coste de protecciones. . . . .	31
5.9.8. Precio final de la instalación eléctrica. . . . .	32
5.10. Bolardos. . . . .	33
5.11. Mantenimiento, mano de obra y electricista. . . . .	33
5.12. Seguridad. . . . .	33
<b>6. Beneficios.</b>	<b>34</b>
<b>7. Carga rápida vs. Carga ultrarrápida.</b>	<b>35</b>
<b>8. Ayudas del Estado.</b>	<b>36</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>37</b>

## Índice de figuras

1.	Comparativa de empresas suministradoras. . . . .	6
2.	Número de vehículos eléctricos en Toledo. . . . .	6
3.	Primera pantalla. . . . .	8
4.	Segunda pantalla. . . . .	9
5.	Tercera pantalla. . . . .	10
6.	Plano para 1 suministrador. . . . .	11
7.	Plano para 2 suministradores. . . . .	12
8.	Plano para 3 suministradores. . . . .	13
9.	Plano para 4 suministradores. . . . .	14
10.	Plano eléctrico para 1 suministrador. . . . .	15
11.	Plano eléctrico para 2 suministradores. . . . .	16
12.	Plano eléctrico para 3 suministradores. . . . .	17
13.	Plano eléctrico para 4 suministradores. . . . .	18
14.	Verja tubular. . . . .	19
15.	Componentes. . . . .	20
16.	Marquesina. . . . .	21
17.	Vista de pájaro de la estructura. . . . .	21
18.	Iluminación. . . . .	22
19.	Monoposte publicitario. . . . .	23
20.	Plantillas. . . . .	24
21.	Centro de transformación. . . . .	25
22.	Transformador. . . . .	25
23.	Puesta a tierra. . . . .	26
24.	Cuadro Eléctrico. . . . .	26
25.	Cables eléctricos. . . . .	27
26.	Tubo corrugado. . . . .	27
27.	Protecciones de Schneider. . . . .	27
28.	Bolardo. . . . .	33
29.	Disposición de vehículos eléctricos en Toledo. . . . .	35

## Índice de tablas

1.	Datos generales. . . . .	5
2.	Superficie según el número de surtidores. . . . .	11
3.	Precio medio del terreno por €/m <sup>2</sup> . . . . .	19
4.	Potencia (kW) y requerimientos. . . . .	28
5.	Requerimiento de Transformador. . . . .	28
6.	Longitud y picas necesarias. . . . .	29
7.	Cableado de surtidores. . . . .	29
8.	Cableado de focos. . . . .	30
9.	Cableado de iluminación de suelo. . . . .	30
10.	Cableado de iluminación del monoposte publicitario. . . . .	30
11.	Tubos. . . . .	31
12.	Magnetotérmicos. . . . .	31
13.	Diferenciales. . . . .	32
14.	Precio de los diferenciales. . . . .	32
15.	Precios finales. . . . .	32
16.	Precio de la mano de obra. . . . .	33
17.	Comparación para distintas cargas. . . . .	36

## 1. Objetivo.

Un cliente se ha dirigido a la consultoría de FERCUSAN, cuya sede se ubica en Toledo capital. Se ha pedido realizar un entorno gráfico que permita ubicar puntos de carga, de manera que se maximice el beneficio de dicho cliente. Así pues, esta memoria tiene como objetivo definir varios puntos importantes a tener en cuenta de la electrolinera que se va a realizar, y responder a las preguntas como cuál es el tiempo de recuperación o dónde es más rentable, apoyándose en el uso de las GUIs de MATLAB.

## 2. Ubicación general y datos base.

No es ninguna sorpresa si se dice que Toledo es la provincia más importante de Castilla-La Mancha, tanto por ser la capital de esta, como por su cercanía con el mayor foco urbano de España, Madrid. Con más de 691.700 habitantes, es más que suficiente para ir empezando a pensar que este municipio es rentable para el desarrollo e instalación de una electrolinera. Para la realización del entorno, se van a escoger los municipios más importantes de esta provincia, que son:

Ciudad	Habs.	Habs./km <sup>2</sup>
Toledo	84.873	366,2
Talavera de la Reina	83.417	448,9
Illescas	28.894	503,8
Torrijos	13.466	776,6
Ocaña	11.597	78,4
Fuensalida	11.370	166,3
Sonseca	11.067	185,8
Quintanar de la Orden	11.030	125,5
Madridejos	10.453	39,9
Consuegra	9.998	27,9
Mora	9.718	57,6
Villacañas	9.548	35,6
La Puebla de Montalbán	7.861	55,6
Argés	6.418	270,3
Los Yébenes	5.901	8,7

Tabla 1: Datos generales.

También es importante destacar cuales son las empresas colaboradoras en este proyecto, la empresa comercializadora es NATURGY debido a que representa el control en toda Castilla-La Mancha, mientras que la empresa suministradora es IBERDROLA ya que es la mas económica frente a otras

opciones, como se puede ver en la siguiente figura.

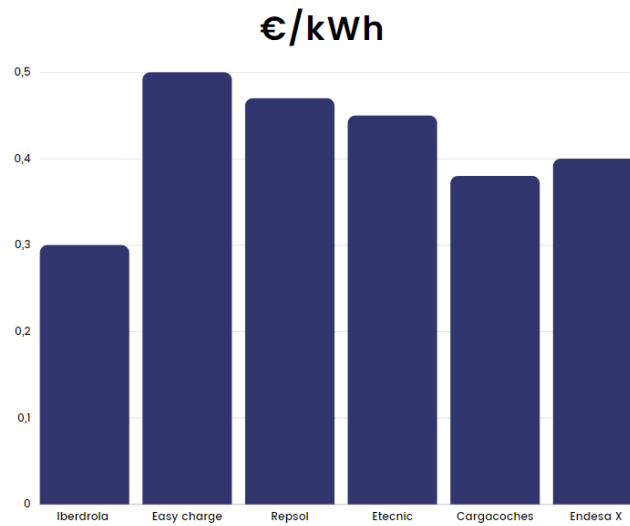


Figura 1: Comparativa de empresas suministradoras.

Por ultimo, el número de vehículos eléctricos ha ido ascendiendo de forma exponencial a lo largo del tiempo, por tanto se deberá tener una visión futura de estos. Cabe destacar que, a parte de los vehículos eléctricos de esta provincia, también se tendrán en cuenta los que acceden a Toledo por grandes festividades u eventos, como navidad o verano.

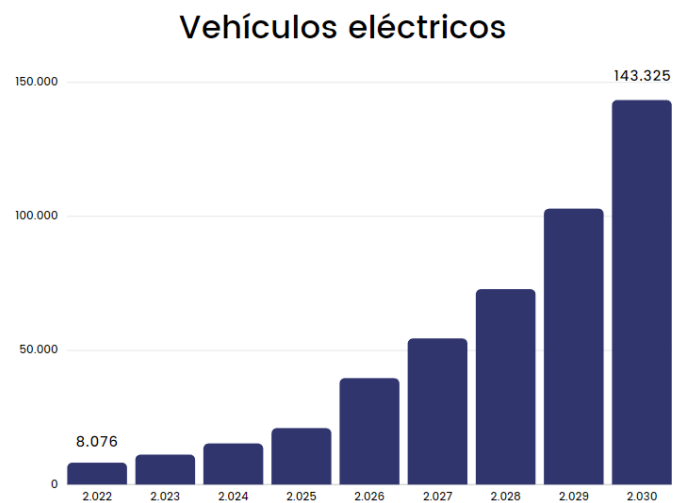


Figura 2: Número de vehículos eléctricos en Toledo.

### 3. Interfaz.

Para el desarrollo de la interfaz que permita visualizar si la electrolinera pedida por el cliente es o no viable, se ha diseñado este software gracias al uso de MATLAB, el cual está compuesto por varias pantallas.

#### 3.1. Primera pantalla.

En esta primera pantalla, se pide al cliente que rellene los siguientes puntos:

**1. Presupuesto inicial:** será el dinero que aportará el cliente para la instalación de la electrolinera.

**2. Población máxima:** será el número de habitantes que se quiere poner como límite, y se escogerán aquellos lugares que tengan menos habitantes. Este parámetro ayudará a la mejor optimización de la localización de la electrolinera.

**3. Densidad de población máxima:** será el número de habitantes por  $\text{km}^2$  que se quiere poner como límite, y se escogerán aquellos lugares que tengan inferior densidad. Al igual que el punto anterior, este parámetro ayudará a la mejor optimización de la localización de la electrolinera.

**4. Número de surtidores:** será el número de surtidores a instalar, teniendo en cuenta que habrá 1 conector tipo CHAdeMO y 1 conector tipo CCS.

Estos cuatro puntos aparecerán como *pushbutton* para que, al darle, habilitará la opción de escritura en el *edittext* de al lado, los cuales se definirán posteriormente.

También aparecerá en la primera GUI datos como la empresa comercializadora o la suministradora. Por otro lado, también se ven otros dos *pushbutton* que serán los encargados para BORRAR TODO y ACEPTAR TODO.

Por otro lado, se han introducido mensajes de alerta en el caso de que se tuvieran datos que no cumplan los requisitos mínimos.

Pantalla\_Principal\_01

**RELLENE TODOS LOS APARTADOS**

PRESUPUESTO INICIAL

POBLACIÓN MÁXIMA

DENSIDAD DE POBLACIÓN MÁXIMA

NÚMERO DE SURTIDORES

**RESULTADOS**

BORRAR TODO    ACEPTAR TODO

300000

90000

1000

1

EMPRESA COMERCIALIZADORA

Naturgy

FERCUSAN  
Ingenieros

EMPRESA SUMINISTRADORA

IBERDROLA

Figura 3: Primera pantalla.



### 3.2. Segunda pantalla.

Al presionar el botón de ACEPTAR TODO de la primera pantalla, aparecerá esta ventana, la cual mostrará varias opciones para que el cliente seleccione. La **primera opción** será elegir uno de estos municipios y darle al botón ACEPTAR y la **segunda opción** será una opción de graficar, donde se dispondrá, a través de un histograma, el tiempo de recuperación<sup>1</sup> de la electrolinera en todos los municipios a la vez, siempre que cumplan con las restricciones pedidas en la primera pantalla, para así verlo directamente y elegir esa opción para verla más detalladamente.



The screenshot shows a window titled "Pantalla\_Secundaria\_01". The main heading is "MÉTODO DE ELECCIÓN". Below this, there is a dropdown menu with "Quintanar de la Orden" selected, and an "Aceptar" button to its right. Below that is a section labeled "Graficar" containing the question "¿Desea representar el tiempo de recuperación del capital invertido generalizado?" and another "Aceptar" button. At the bottom, there are three boxes for company selection. The first box, labeled "EMPRESA COMERCIALIZADORA", contains the "Naturgy" logo. The second box, labeled "EMPRESA SUMINISTRADORA", contains the "IBERDROLA" logo. In the center, between these two boxes, is the "FERCUSAN Ingenieros" logo.

Figura 4: Segunda pantalla.

<sup>1</sup> Tiempo de recuperación: periodo en el que se puede recuperar una inversión inicial, pudiendo revelar en años, meses y días la fecha en la cual será cubierta esta inversión.

### 3.3. Tercera pantalla.

Esta pantalla aparecerá tras seleccionar el municipio y pulsar el botón de ACEPTAR de la segunda pantalla. Será una pantalla informativa donde se pondrán datos acerca de la coste inicial que debe de invertir el cliente, la población, densidad de población y el número de surtidores seleccionados. Cabe destacar que esta pantalla dispondrá de los siguientes botones:

**Plano:** plano de la electrolinera generado en AutoCAD, dependiente del numero de surtidores.

**Graficar tiempo de recuperación:** genera un gráfico lineal, el cual representa el coste inicial y el beneficio anual, y este coste se irá actualizando conforme al beneficio.

**Graficar informe:** genera un archivo .txt donde se resumirá todo lo que se ha ido seleccionando todos los datos anteriores.

DATOS DE INTERES	
POBLACION (HABITANTES)	11.030
DENSIDAD (HABITANTES POR KILOMETRO CUADRADO)	125,5
COSTE INICIAL (EUROS)	221.967,88
NUMERO DE SURTIDORES	1

PLANO      GENERAR INFORME

GRAFICAR TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

UBICACIÓN

Coordenadas: 39,597873 -3,039476

EMPRESA COMERCIALIZADORA: Naturgy

FERCUSAN Ingenieros

EMPRESA SUMINISTRADORA: IBERDROLA

Figura 5: Tercera pantalla.

#### 4. Dimensiones y planos de la electrolinera.

El área que se necesitará para la instalación de esta electrolinera está representado en la siguiente tabla:

Número de surtidores	Superficie total
1	529
2	529
3	678,5
4	713

Tabla 2: Superficie según el número de surtidores.

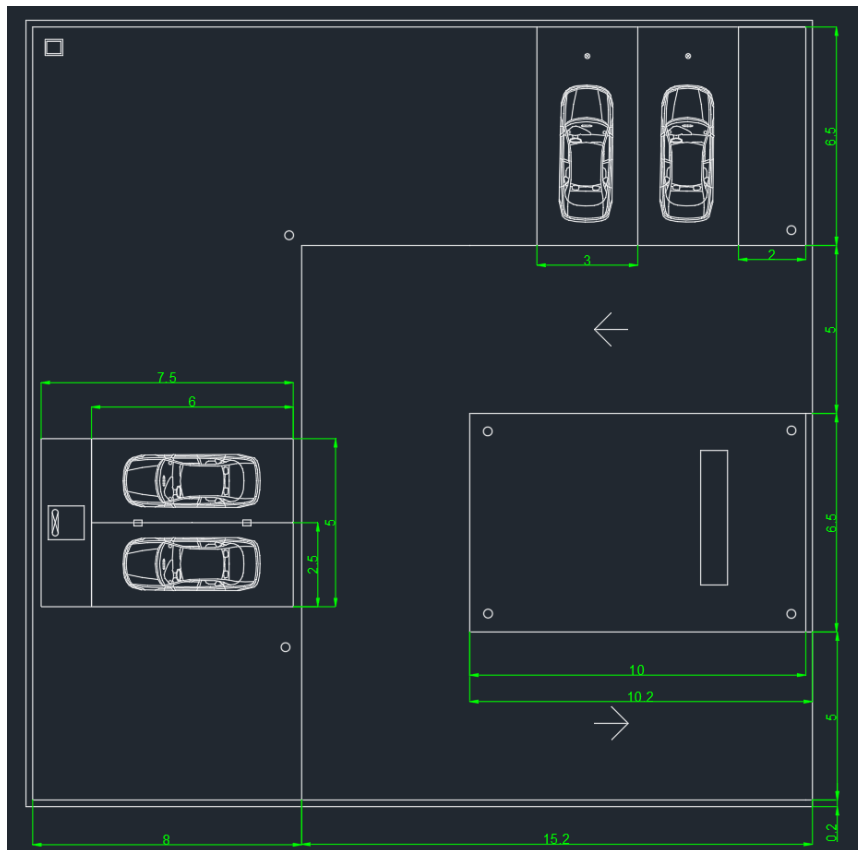


Figura 6: Plano para 1 suministrador.

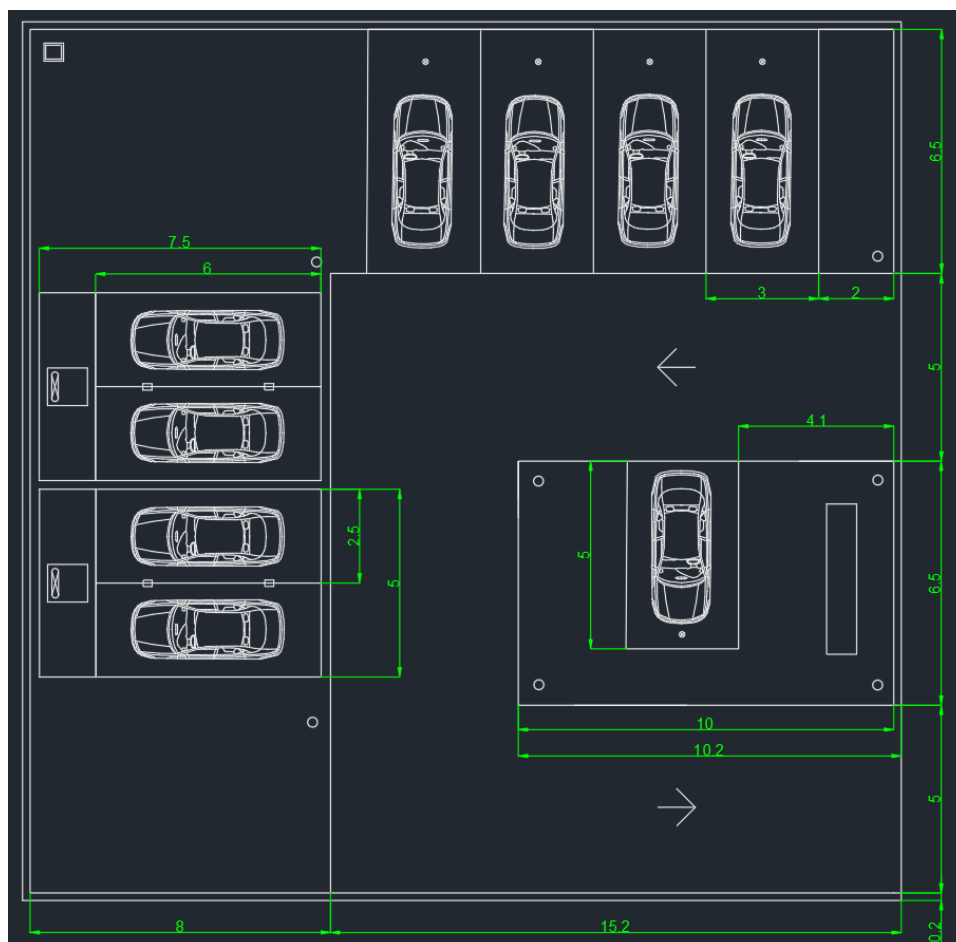


Figura 7: Plano para 2 fornecedores.

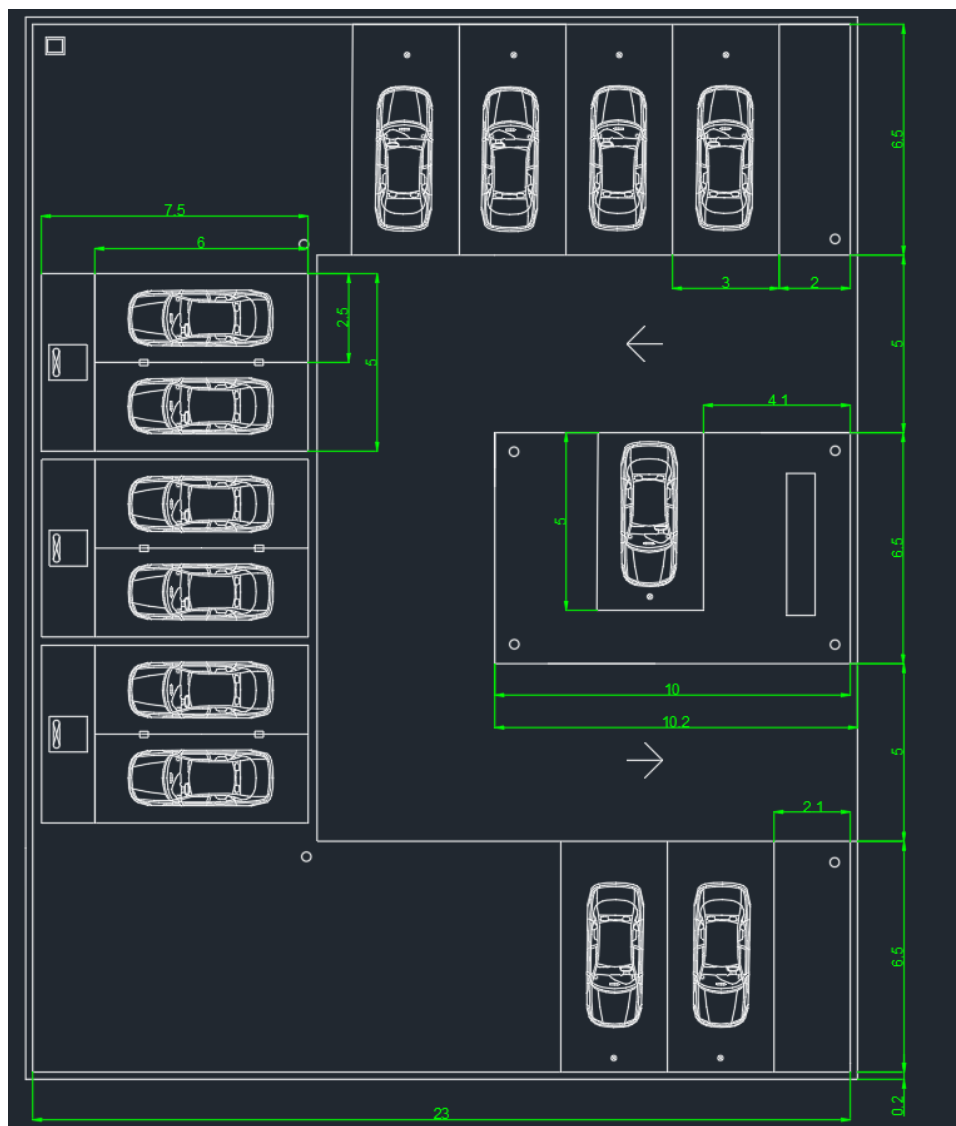


Figura 8: Plano para 3 fornecedores.

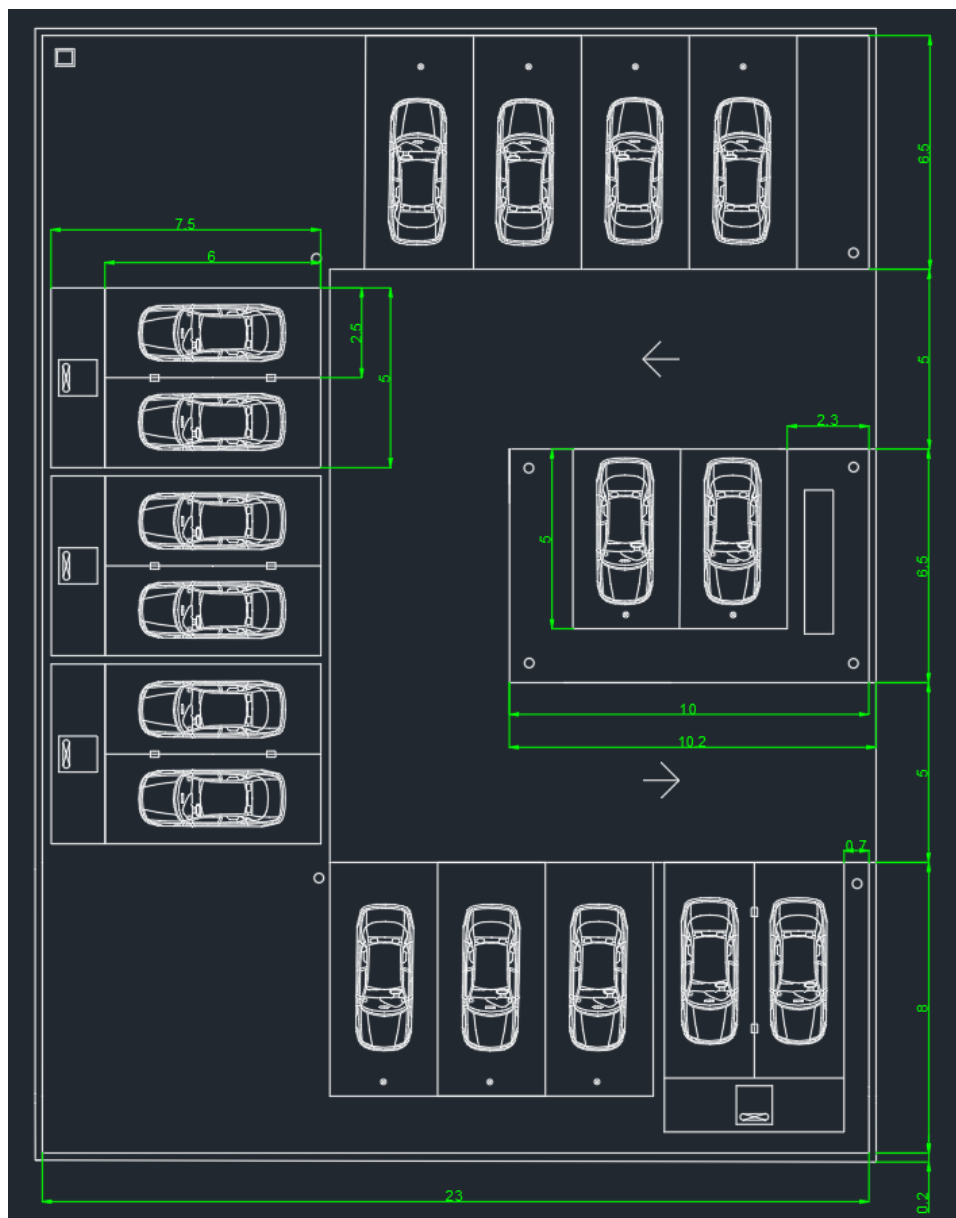


Figura 9: Plano para 4 suministradores.

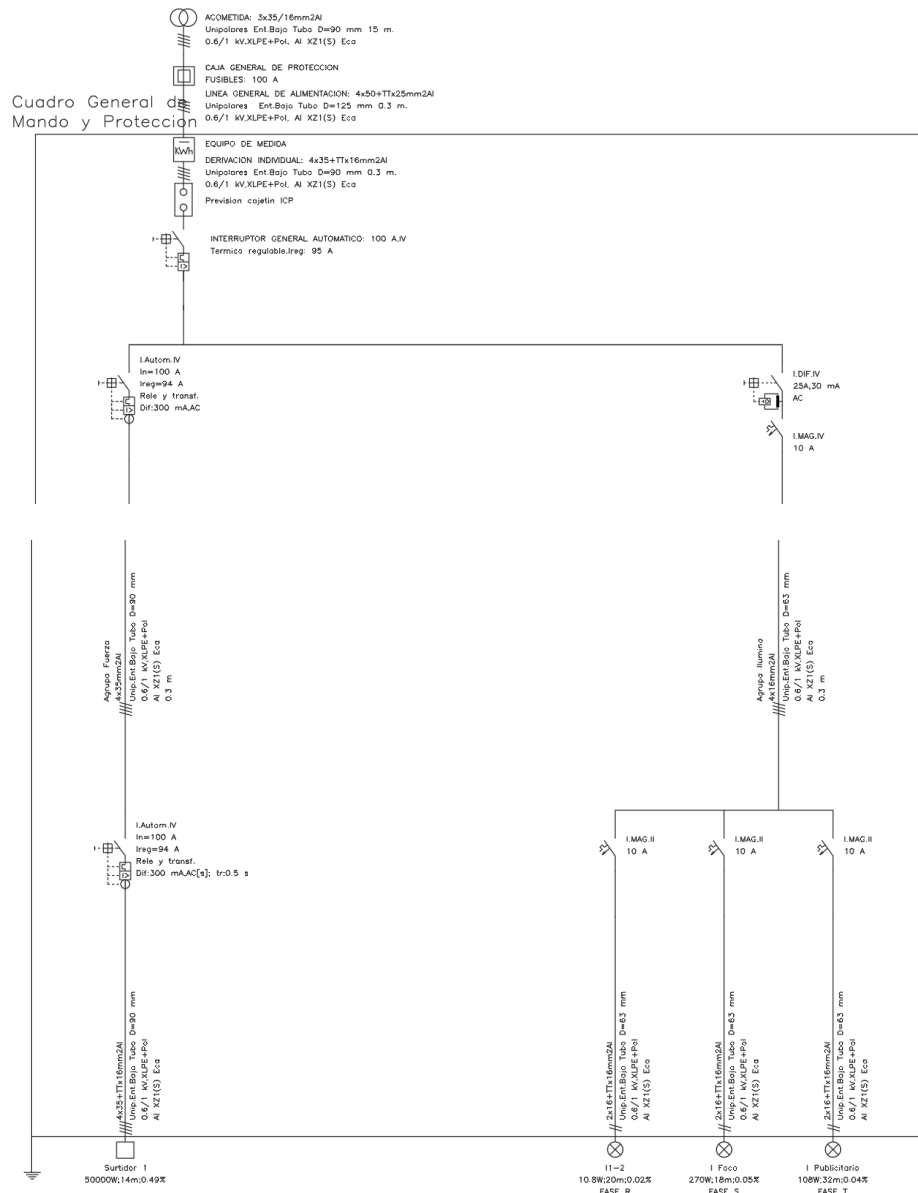


Figura 10: Plano eléctrico para 1 suministrador.





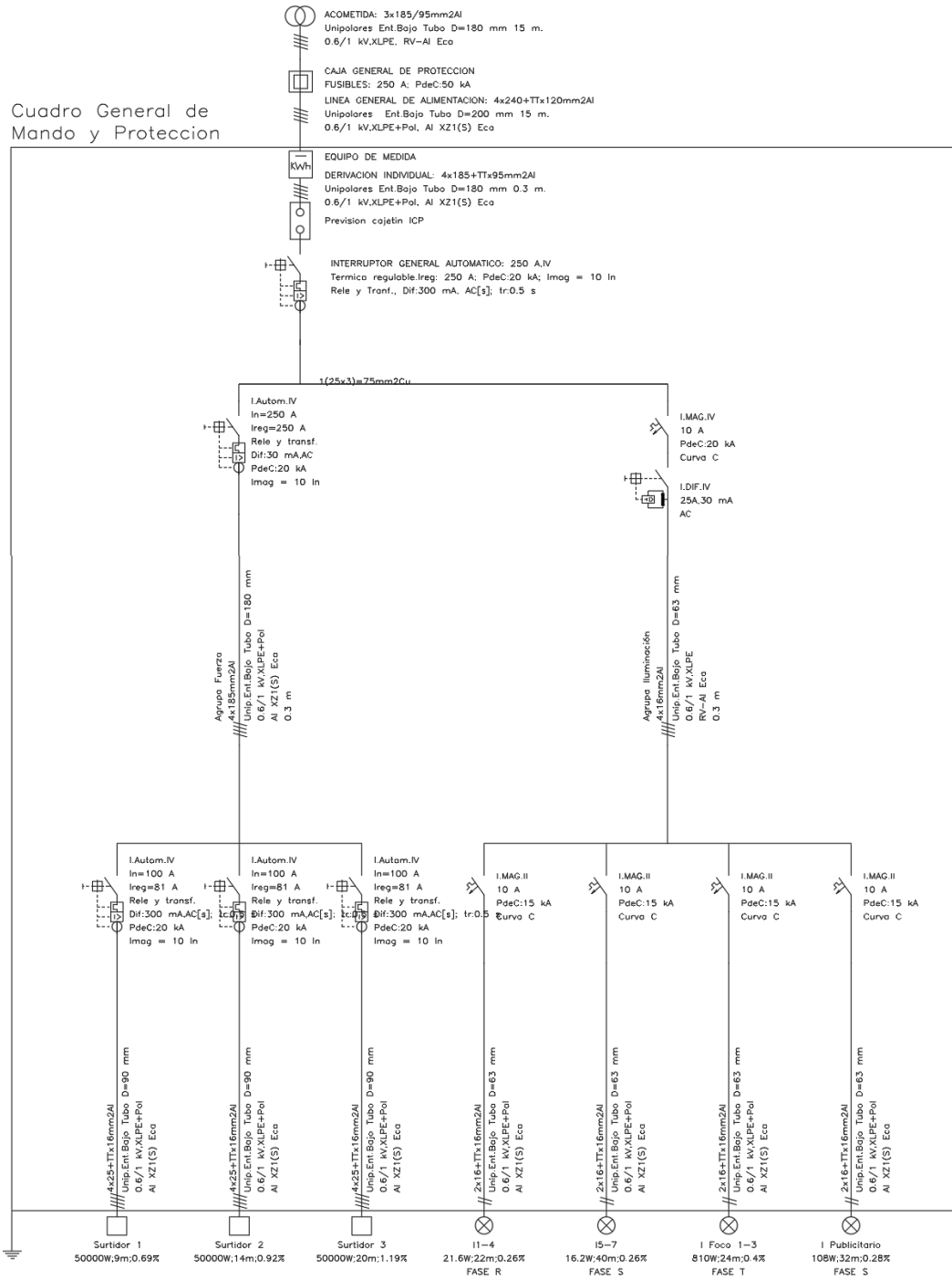


Figura 12: Plano eléctrico para 3 suministradores.

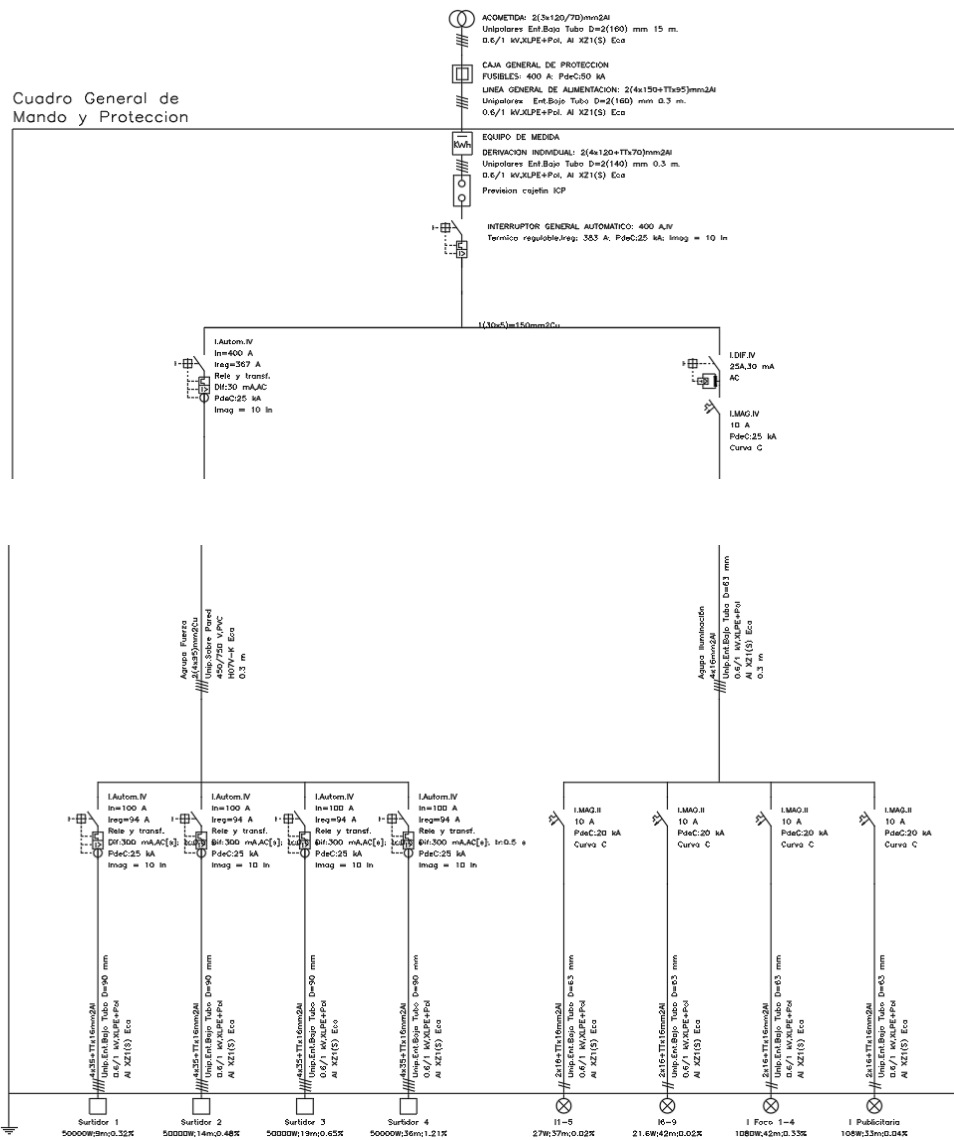


Figura 13: Plano eléctrico para 4 suministradores.

## 5. Descripción y costes.

### 5.1. Terreno.

La siguiente tabla representa el precio en € por cada  $m^2$  de terreno por comprar:

Ciudad	Precio en €/m <sup>2</sup>
Illescas	142,36
Torrijos	142,36
Ocaña	142,36
Fuensalida	142,36
Sonseca	142,36
Quintanar de la orden	142,36
Madridejos	142,36
Toledo	107,79
Talavera de la Reina	107,79
Consuegra	80,52
Mora	80,52
Villacañas	80,52
La Puebla de Montalbán	80,52
Argés	80,52
Los Yébenes	80,52

Tabla 3: Precio medio del terreno por €/m<sup>2</sup>

### 5.2. Vallado.

El vallado se realizará a lo largo de todo el perímetro del terreno, dejando abierto solamente la entrada y salida de la carretera. Por otro lado, el vallado será una verja tubular tipo expo coronada y tendrá un valor de 366,17 €/m<sup>2</sup>.



Figura 14: Verja tubular.

### 5.3. Acondicionamiento, asfaltado y pavimentación.

**Acondicionamiento:** para edificar en un terreno, hay que acondicionar el mismo. Esta operación de acondicionamiento costará una media de 14 €/m<sup>2</sup> y se hará a lo largo de todo el terreno.

**Asfaltado:** en una electrolinera deberán pasar vehículos, y estos circularán por un paso previamente alquitranado que, independientemente el terreno, tendrá un coste medio de 16 €/m<sup>2</sup>.

**Pavimentación:** una vez calculado el terreno total y el asfaltado, el terreno que quedará, dependiente al número de surtidores, se pavimentará, y esto tendrá un coste de 50 €/m<sup>2</sup>.

### 5.4. Suministradores.

Se va a instalar todos estos elementos:

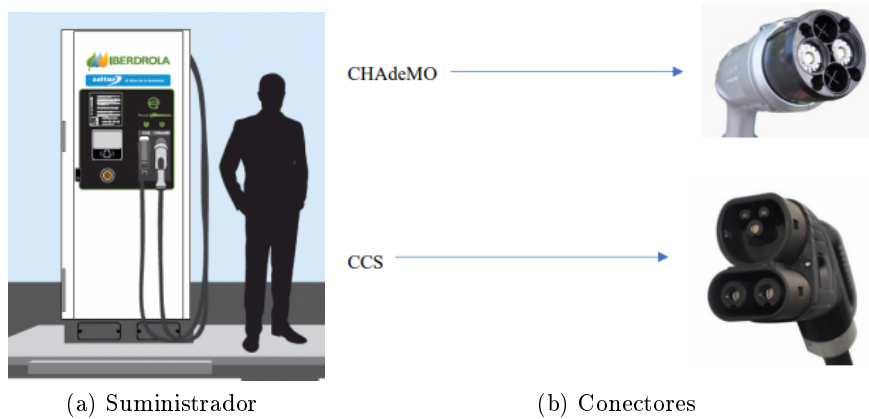


Figura 15: Componentes.

Ambos elementos tendrán un coste medio de 26.945,5 €. El suministrador será un poste de recarga rápida RAPID 50 Duo, compatibles con los CHAdeMO y CCS. La ficha técnica estará representada en la bibliografía de este documento.

### 5.5. Estructura en la zona del surtidor.

La estructura base estarán formadas por unas marquesinas metálicas para cobertura de vehículos en aparcamiento exterior con chapa. Obviamente, cuantos más surtidores haya, más estructura deberá de instalarse.

Se instalarán marquesinas de 2,2 metros de altura y, aprovechando que hay dos plazas por surtidor, y que tiene la opción de prolongarse a más plazas. Es decir, se deberán comprar, como mínimo, dos marquesinas, cosa que no interfiere en lo que se desea conseguir.



Figura 16: Marquesina.

Dicho la estructura, en cada surtidor se pondrán un número determinado de marquesinas, suficiente para aguantar el peso del techo, formado por placas de metal NERVURE 1045 rojo 1050x2000 mm, hasta cubrir los m<sup>2</sup> correspondientes.

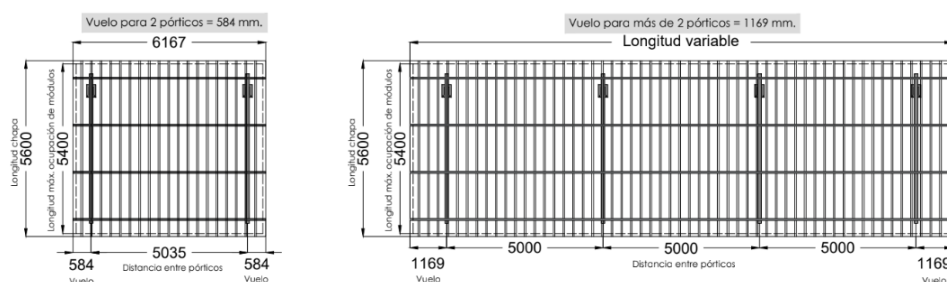


Figura 17: Vista de pájaro de la estructura.

El precio de las placas de metal NERVURE 1045 rojo 1050x2000 mm es de 29,7 €. Por otro lado, el precio de la marquesina es de 1.741,8 €.

También destacar que se pueden poner paneles solares a lo largo del techo de la estructura, ya que en caso de poner paneles, solo se usaría para la luminaria del terreno, y generará una inversión que tardará mucho en recuperarse, por tanto, se considera no rentable.

## 5.6. Iluminación.

La iluminación estará dada por varios puntos repartidos por el terreno. Básicamente se utilizarán en tres zonas distintas:

**Techo de la estructura del surtidor:** vendrá dada por una Campaña Lineal LED 150W IP65 120lm/W, regulable entre 1-10V, no flicker. Sus dimensiones son 800x105x75 mm y su coste será de 84,95 €/unidad.

**Plaza de aparcamiento:** se pondrán focos LED empotrable en suelo inoxidable de 3W tipo IP67 en cada plaza. No se incluyen las plazas para cargar el vehículo y su coste será de 17,95 €/unidad.

**Repartidos por el terreno:** para puntos de luz repartidos, se instalarán bolardos de 60 LED castellane negro con luz de color blanco cálido. Las medidas serán 400x98 mm y su coste será de 41,48 €/unidad. Estos funcionarán mediante el suministro de electricidad gracias a placas solares implementadas en este.

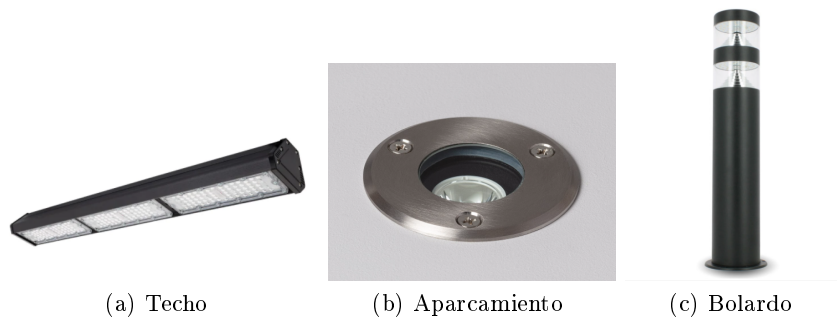


Figura 18: Iluminación.

### 5.7. Publicidad.

Constará de una monoposte publicitario pequeño, suficiente para indicar costes, conectores disponibles, etc. Será con un fuste de 6 metros, y una valla de 4x2 metros. Su precio, sin I.V.A, es de 8.990 € (en total es de 10.877,21 €). Incluirá su propia iluminación tal y como se muestra en la figura.



Figura 19: Monoposte publicitario.

### 5.8. Plantillas y pintura.

**Plantillas:** se utilizarán principalmente dos tipos de plantillas. Una de ellas será una plantilla de punto de recarga para vehículos eléctricos, cuyo material será polipropileno, de 140x140 cm, costando a 94,38 €. Por otro lado, se tendrá otra plantilla para pintar la flecha de dirección, cuyo material también será polipropileno, de 150x50 cm, costando a 30,25 €.

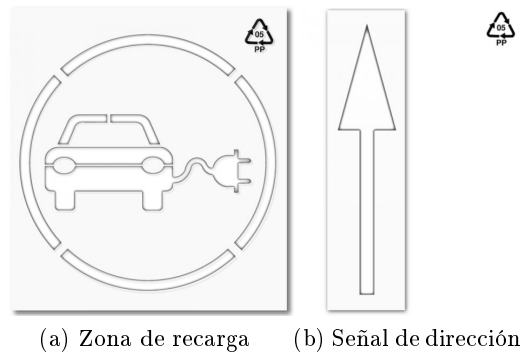


Figura 20: Plantillas.

**Pintura:** se utilizará una pintura blanca la cual tiene un rendimiento de 7 m<sup>2</sup>/l cuyo precio será de 38,95 €. También se usará otra de color azul para el relleno de los estacionamientos de recarga con el mismo precio y rendimiento de la anterior.

### 5.9. Cuadros eléctricos y líneas.

**Transformador:** es importante conocer si es necesario o no un centro de transformación, ya que por normativa cualquier instalación con una potencia superior a 100kW, independientemente del tipo, debe disponer de mínimo un centro de transformación. En el caso de realizarse una obra en zona urbana, es decir, en suelo municipal, este centro de transformación debe de ser aislado.

Se tomara un centro de tipo modular, prefabricado de hormigón armado de dimensiones 4880x2620x3195 mm, que puede contener toda la aparamenta y un máximo de dos transformadores.





Figura 21: Centro de transformación.

El tipo de transformador dependerá principalmente de la potencia de la instalación y si esta llega o no a los 100kW. En el caso de no llegar a esta potencia, no será necesario de un transformador.

Sin embargo, el transformador será necesario no solo por la tensión, la cual será constante a 400V, es decir, trifásica, sino también por la corriente, ya que las corrientes empleadas a partir de una cierta cantidad de potencia pueden llegar a ser peligrosas para la propia seguridad de la instalación y de los propios consumidores del servicio de la electrolinera, como del resto de particulares cercanos al emplazamiento.



Figura 22: Transformador.

**Puesta a tierra:** esta corriente de fuga<sup>2</sup> dependerá del número de picas tomadas, la estructura que tengamos y la longitud entre cada pica. Estos datos serán dependientes del terreno escogido, por normativa de instalaciones de baja tensión, se buscará tener una resistencia de terreno que sea inferior o igual a  $20\Omega$  ya que si es superior, la instalación no será segura. Sin embargo los cálculos plantados ya contemplan este caso, luego no es un problema.

---

<sup>2</sup>Corriente de fuga: corriente que pasa a tierra cuando hay un defecto e indica la eficiencia de los aislamientos de los conductores.

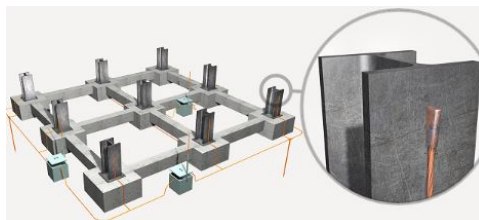


Figura 23: Puesta a tierra.

**Cuadro eléctrico:** para este caso se tomará el precio de la media nacional de cuadros de distribución. Además solo será necesario un único cuadro para los casos planteados, por tanto este dato es constante.



Figura 24: Cuadro Eléctrico.

**Cableado:** será necesario disponer de cables para instalaciones subterráneas tipo AL Z1-K(AS+)Cca-s1b,d1,a1. Son cables del tipo Afumex de 1.000V, ideales tanto para la instalación eléctrica de los surtidores, como para todas las instalaciones de iluminación. Serán cables de aluminio, de alta protección contra el fuego y no propagador de incendios. También será relevante la longitud de los cables, ya que el precio de estos es en función de esta longitud.

Dentro de los cables los de iluminación se calcularán teniendo en cuenta un factor de 1,8 ya que todos los receptores empleados serán LED y por tanto, debido al uso de armónicos, los cables se dimensionan como si los receptores fueran lámparas fluorescentes, según dicta el Reglamento de Baja Tensión.



Figura 25: Cables eléctricos.

**Tubos:** por normativa es imposible realizar esta instalación en particular sin el uso de tubos y que a su vez sea lo más económica posible. Por tanto su diámetro y la longitud de tubo son los dos parámetros fundamentales del precio de los mismos.



Figura 26: Tubo corrugado.

**Protecciones de las líneas:** será fundamental el uso de protecciones para mantener una instalación segura. En este caso el número de protecciones dependerá del número de cables y del número de receptores empleados.



(a) Magnetotérmico.



(b) Diferencial.

Figura 27: Protecciones de Schneider.

Una vez comentado esto se procederá al desglose de cada uno los puntos anteriormente mencionados en función del número de surtidores empleados.

#### 5.9.1. Coste del centro de transformación.

Como ya se ha dicho, se requerirá de un centro de transformación en caso de superar los 100kW de potencia. A continuación se indicara la potencia que requiere cada una de las cuatro instalaciones eléctricas mostradas.

Surtidores	Potencia(kW)	Requiere C.Tr	Precio(€)
1	50,388	No	0
2	100,645	Si	7.614,190
3	150,955	Si	7.614,190
4	201,236	Si	7.641,190

Tabla 4: Potencia (kW) y requerimientos.

#### 5.9.2. Coste de los transformadores.

Se tendrán en cuenta las potencias de los transformadores normalizados en función del surtidor empleado.

Surtidores	Requiere T.F	Potencia T.F(KVA)	Precio(€)
1	No	0	0
2	Si	160	5.202,34
3	Si	160	5.202,34
4	Si	250	6.696,94

Tabla 5: Requerimiento de Transformador.

Normalmente las potencias nominalizadas se expresan en kVA y no en kW. Sin embargo debido a la naturaleza de las cargas empleadas esto no presentara ningún problema debido al rendimiento de los transformadores, siendo de 95-99 %, dependiendo de la antigüedad de los mismos.

Ademas siempre se debe coger uno de los trasformadores normalizados para una potencia inmediatamente superior a la demandada, por criterios de seguridad.

#### 5.9.3. Coste de la puesta a tierra.

Para la puesta a tierra será determinante el número de surtidores, ya que dependiendo de este, la electrolinera tendrá un terreno u otro.

Surtidores	Longitud línea(m)	Picas	Precio(€)
1	133	12	1207,5
2	133	12	1251,4
3	170	15	1566,12
4	179	15	1649,33

Tabla 6: Longitud y picas necesarias.

#### 5.9.4. Coste del cuadro eléctrico.

Como ya se comentó el precio del cuadro eléctrico será constante ya que se necesita un único cuadro para cada electrolinera, independientemente de los surtidores, con un coste de 2.150 €

#### 5.9.5. Coste de los cables.

Será necesario conocer el número de líneas, la longitud de cada línea y el tipo de cable empleado para cada uno de los surtidores.

**Cables para los surtidores:** serán cuatro cables por surtidor de tipo unipolar con conductores de aluminio.

Surtidores	Tipo	Longitud(m)	Precio(€)
1	AL XZ1(S)35mm Unipolar	14	53,2
2	AL XZ1(S)35mm Unipolar	24	182,4
3	AL XZ1(S)25mm Unipolar	43	428,28
4	AL XZ1(S)35mm Unipolar	73	1.109,6

Tabla 7: Cableado de surtidores.

**Cables de focos:** el alumbrado de los focos será monofásico y al ser LED se empleará el factor de 1,8.

**Cables de iluminación de suelo:** el alumbrado de la iluminación de las plazas de aparcamiento será monofásico y también serán LED.

Estos cables serán más caros ya que será necesario hacer dos líneas en cada una de las conexiones. Principalmente por ser carga monofásica será fase+nuetro.

Surtidores	Tipo	Longitud(m)	Precio(€)
1	AL XZ1(S)2x16mm Unipolar	18	20,88
2	AL XZ1(S)2X25mm Unipolar	18	41,76
3	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	24	83,52
4	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	42	194,88

Tabla 8: Cableado de focos.

Surtidores	Tipo	Longitud(m)	Precio(€)
1	AL XZ1(S)2x16mm Unipolar	20	46,4
2	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	38	220
3	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	66	535,92
4	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	79	824,76

Tabla 9: Cableado de iluminación de suelo.

**Cables de iluminación del monoposte publicitario:** el monoposte publicitario tendrá una potencia de 60W y una longitud casi constante para cada uno de los casos planteados.

Surtidores	Tipo	Longitud(m)	Precio(€)
1	AL XZ1(S)2x16mm Unipolar	32	37,12
2	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	32	37,12
3	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	32	37,12
4	AL XZ1(S)2X16mm Unipolar	33	38,28

Tabla 10: Cableado de iluminación del monoposte publicitario.

#### 5.9.6. Coste de los tubos.

Los tubos se clasificarán según su diámetro y por tanto el precio de los mismos dependerá tanto de este diámetro como de su longitud, ya que el precio es por metro.

Como nota, el precio de los tubos suele venir en longitudes específicas, en el caso de las electrolinerías planteadas se tomarán longitudes de 25 y 50 metros.

Surtidores	Diametros(mm)	Longitudes(m)	Precio total(€)
1	63;90;125	70,3;29,6;0,3	151,7
2	63;80;140;160	90,3;24;0,3;15,3	287,82
3	63;90;180;200	118,3;43;15,6;15	591,00
4	63;90;140;160	154,3;78;0,6;30,6	971,2

Tabla 11: Tubos.

Ejemplo aclaratorio de la tabla anterior: 63;80 y 90,3;24 se refiere a que el primer tubo tiene 63 mm de diámetro y 90,3 mm de longitud, mientras que el segundo tubo tiene 80 mm de diámetro y 24 mm de longitud.

#### 5.9.7. Coste de protecciones.

Dentro de las protecciones hay que calificarlas en dos tipos, interruptores magnetotérmicos y diferenciales:

Surtidores	Tipo e intensidad admisible(A)	Cantidad	Precio(€)
1	Bi(10);Tetra(10);Tetra(100)	3;1;3	580,71
2	Bi(10);Tetra(10);Tetra(100);Tetra(250)	3;1;2;1	734,67
3	Bi(10);Tetra(10);Tetra(100);Tetra(250)	4;1;3;1	1.130,17
4	Bi(10);Tetra(10);Tetra(100);Tetra(400)	4;1;4;1	1.528,89

Tabla 12: Magnetotérmicos.

<b>Surtidores</b>	<b>Tipo,clase,intensidad admisible(A) y sensibilidad(mA)</b>
1	Tetra,AC(25)(30);Tetra,AC(100)(300);Tetra,ACs(100)(300)
2	Tetra,AC(25)(30);Tetra,ACs(100)(300);Tetra,AC(250)(30)
3	Tetra,AC(25)(30);Tetra,ACs(100)(300);Tetra,ACs(250)(300)
4	Tetra,AC(25)(30);Tetra,ACs(100)(300);Tetra,AC(400)(30)

Tabla 13: Diferenciales.

<b>Surtidores</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio(€)</b>
1	1;1;1	357,57
2	1;2;1	604,87
3	1;4;1	827,57
4	1;4;1	1.034,23

Tabla 14: Precio de los diferenciales.

#### 5.9.8. Precio final de la instalación eléctrica.

Sumando todos los costes planteados anteriormente, se tienen los costes eléctricos finales.

<b>Surtidores</b>	<b>Precio Final(€)</b>
1	4.605,08
2	18.002,03
3	20.166,23
4	23.812,3

Tabla 15: Precios finales.



### 5.10. Bolardos.

Para delimitar las plazas de recarga y que ningún vehículo pueda ocupar las dos plazas, a parte de la pintura, se pondrán dos bolardos de 65x15x13 cm cuyo precio será de 84,90 €.



Figura 28: Bolardo.

### 5.11. Mantenimiento, mano de obra y electricista.

Toda esta obra requerirá de trabajadores, y eso se representará en el presupuesto, sabiendo que los trabajadores estarán 40 horas semanales cobrando 21 €/hora. También destacar que se necesitará maquinaria, como mínimo dos a un costo medio de 70 €/día de alquiler. Dicho esto, a modo de resumen:

Surtidores	Trabajadores	Semanas	Precio en €
1	3	12	30.380
2	3	14	35.420
3	4	16	53.900
4	4	18	60.620

Tabla 16: Precio de la mano de obra.

Por otro lado, también constará el mantenimiento, costando de media de 4.500 €/año, dependiendo del numero de surtidores escogido. Por último también destacar la necesidad de contratar a un electricista, para la instalación eléctrica, el cual tendrá un coste aproximado de 2.800 €.

### 5.12. Seguridad.

Se requerirán elementos de seguridad, tales como servicio de vigilancia 24 horas, cámaras, señalizaciones o elementos de protección contra incendios. Su coste se estimará en 3.500 €.

## 6. Beneficios.

Si se quiere conocer el beneficio es necesario primero realizar una estimación del número de vehículos que hay en la provincia de Toledo. Para ello será necesario conocer el número de vehículos eléctricos en España a día de hoy: 515.356 de los cuales el 2,73 % pertenecen a Castilla-La Mancha. A su vez, de estos, el 57,4 % están en la provincia de Toledo (el 67,89 % están en la capital). Haciendo los cálculos se obtendrá 5.483 vehículos eléctricos en Toledo capital.

Por otro lado, en Talavera de la Reina se encuentran el 24,58 % de los vehículos de la provincia, es decir, 1.986 vehículos eléctricos.

Los 607 vehículos eléctricos restantes están repartidos por todos los demás municipios de la provincia, sobrando 124 de entre los pueblos no escogidos en este estudio.

Se tendrán también en cuenta el numero de vehículos que pasarán por la provincia a lo largo del año. Para ello se tomarán los eventos de grandes movilizaciones como puede ser navidad, semana santa o verano, y se hace una media de los 5 últimos años. La media de vehículos que transitan por Toledo son 2.865.000, de los cuales el 1,8 % son eléctricos puros e híbridos enchufables (51.570), además, sabiendo que el 87,6 % de las carreteras mas transitadas de la provincia coinciden con nuestras localidades. Por ello se considera un total de 45.176 vehículos que transitan extra por la provincia, considerándose un modelo lineal para multiplicarse por el 70 % que son las carreteras transitables, y para dividirse entre los 15 municipios escogidos.

Por tanto habrá que añadir 2.109 vehículos, sin embargo no son puramente eléctricos, sino que también se incluyen híbridos enchufables ya que en España se considera dentro de la movilidad eléctrica general. Realmente solo el 50 % de ese total son vehículos puramente eléctricos, es decir 1.054 que hay que añadir al recuento final.

Dicho todo esto, los beneficios se calcularán principalmente empleando un método de tarifas, las cuales se intentará que sean lo más óptimo posible tanto para los propietarios como para los usuarios.

La fórmula a seguir será:

$$\text{Tarifa Total} = C_s + \frac{C_p}{E_s} + \frac{AA}{E_s} + \frac{C_o}{E_s} + \frac{C_m}{E_s} \quad (1)$$

Donde:

$C_s$  = Coste promedio del suministrador en €/kWh.

$C_p$  = Coste de la potencia por conectar el suministrador a red en €.

$C_o$  = Coste de operación por cada punto de recarga en €.

$C_m$  = Coste de mantenimiento estimado para cada punto de recarga en €.

$AA$  = Amortización en €.

$E_s$  = Energía suministrada en kWh por surtidor.

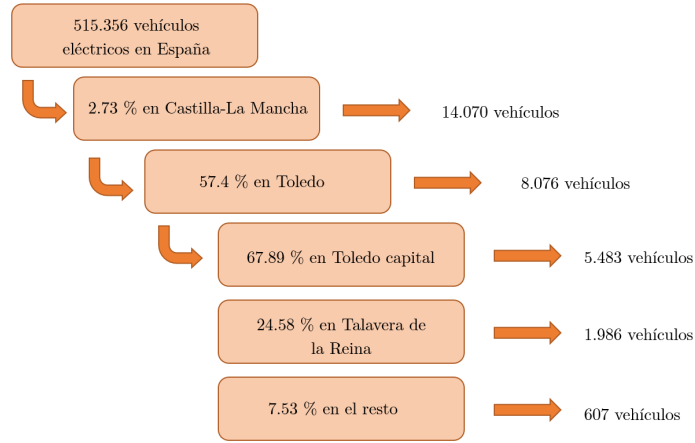


Figura 29: Disposición de vehículos eléctricos en Toledo.

Por ejemplo, para el caso de un solo surtidor, la tarifa será de 0,453 €/kWh aproximadamente, es decir, si un vehículo tiene una autonomía de 425 km y la relación de distancia y kilovatio es de 16 kWh/100 km, el cliente pagará por la recarga de su vehículo, un precio de 30,79 €.

## 7. Carga rápida vs. Carga ultrarrápida.

Todos estos cálculos se habrán obtenido sabiendo que todos los surtidores escogidos serán de carga rápida y no de carga ultrarrápida. Esto se explica de una forma sencilla, sabiendo que se tomará como valores referencia los de la carga rápida, es decir, ambos valores van a multiplicarse por el factor de 1, simplemente a modo de representación de datos numéricos.

	Carga rápida	Carga ultrarrápida
Inversión	$\times 1$	$\times 3,5$
Beneficio	$\times 1$	$\times 1,5$

Tabla 17: Comparación para distintas cargas.

Por ello, para darle un valor numérico al tiempo de recuperación, se va a dividir este factor de inversión entre el del beneficio. Por ello, el tiempo de recuperación se multiplicará  $\times 1$  en carga rápida, mientras que en carga ultrarrápida se multiplicará  $\times 2,33$ . Es decir, si se tiene un tiempo de recuperación de 5 años en carga rápida, en carga ultrarrápida se tendrá  $5 \times 2,33$ , es decir, 11,63 años.

## 8. Ayudas del Estado.

El Estado está fomentando la construcción de electrolineras y para ello está dando ayudas, dependiendo de la comunidad autónoma en la que se encuentre. En este caso, Castilla-La Mancha recibe una ayuda del 35 %, siempre y cuando que el 51 % del proyecto se haya realizado por empresas públicas.

Para recibir estas ayudas, será necesario entregar dicho proyecto, las facturas y el justificante de transferencia de estas facturas ante la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). Estas ayudas tardan bastantes años en recibirse, por tanto, no se verán reflejadas en la inversión inicial del cliente.

## 9. Bibliografía

### Referencias

- [1] Datos de los municipios.
- [2] Generador de precios.
- [3] Ficha técnica del cargador.
- [4] Plantilla punto carga vehículo eléctrico.
- [5] Plantilla de señalización, flecha de dirección recta.
- [6] Monoposte publicitario.
- [7] Bolardos de separación
- [8] Pintura para señalización y estacionamientos.
- [9] Bolardos de iluminación LED con placa solar.
- [10] Campana lineal LED.
- [11] Cuadro eléctrico
- [12] Cables de alimentación a una electrolinera de 50 kW.
- [13] Marquesinas para la estructura en el surtidor.
- [14] Techo para la estructura en el surtidor.
- [15] Reglamento de Baja Tensión
- [16] Movilidad eléctrica
- [17] Mercado de vehículos de la DGT
- [18] Ayuda mediante el Proyecto Estratégico PERTE