Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior

Grado en Ingeniería en Electrónica y Automática Industrial

Trabajo Fin de Grado

Estudio de la capacidad de la red de distribución eléctrica frente a la recarga del vehículo eléctrico y el impacto de estas cargas sobre la red.

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

Autor: Óscar González Fresneda

Tutor: Ricardo Mallol Poyato

2022

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Grado en Ingeniería en Electrónica y Automática Industrial

Trabajo Fin de Grado

Estudio de la capacidad de la red de distribución eléctrica frente a la recarga del vehículo eléctrico y el impacto de estas cargas sobre la red.

Autor: ÓSCAR GONZÁLEZ FRESNEDA

Tutor: RICARDO MALLOL POYATO

Tribunal:

Presidente: RAFAEL PEÑA CAPILLA

Vocal 1º: ROBERTO JIMÉNEZ MARTÍNEZ

Vocal 2º: RICARDO MALLOL POYATO

Fecha de depósito: 16 de febrero de 2022

“El éxito es la suma de los pequeños esfuerzos repetidos día tras día”

Robert Collier

Agradecimientos

"Lo imposible cuesta un poco más, y derrotados son solo aquellos quienes bajan los brazos y se entregan"

José Mujica

Con la finalización de este proyecto, se cierra una etapa de mi vida, la cual me ha hecho crecer personal y profesionalmente.

Quiero dedicar este proyecto a mi padre, que, aunque no ha podido llegar a verlo, ha hecho posible su realización a través de los valores y el espíritu trabajador que siempre me ha inculcado, dejando en mi, una gran huella.

Agradecer también a mi tutor, Ricardo, por su tiempo y confianza depositados en la realización de este proyecto.

Por último, y no menos importante, agradecerle a toda mi familia, el apoyo aportado durante todo este tiempo. Muy especialmente a mi madre, por su espíritu de superación y sacrificio que me ha enseñado durante estos años y a mi hermano, por posicionarse para mi como un referente a seguir.

Índice

Agradecimientos 7
Índice 9
Índice de tablas 12
Índice de figuras 14
Resumen 16
Abstract 18
Resumen extendido 20
Glosario 22
Introducción 24
Justificación 25
Desarrollo del proyecto 27
1. Descripción y selección del edificio 27
a. Emplazamiento 27
b. Descripción del edificio 27
c. Descripción detallada y potencias por cargas 27
2. Previsión de cargas 30
2.1 Portal 1 30
2.2 Portal 2 31
2.3 Portal 3 31
2.4 Portal 4 32
3. Requisitos de la compañía suministradora 33
a. Previsión de cargas 33
b. Cálculos para determinar la carga total en la red 33
c. Red subterránea de BT 34
d. Red subterránea de MT 36
e. Centro de transformación 37
f. Materiales básicos necesarios para cubrir la demanda 37
4. Estudio de la evolución del vehículo eléctrico 38
a. Evolución a medio plazo. 38
b. Evolución a largo plazo. 41
5. Comprobación de la capacidad de la red. 42
5.1 Estudio a medio plazo. 42
5.2 Estudio a largo plazo 47

6. Conclusiones, dificultades y soluciones. 56
- Conocimiento y evaluación de la red de distribución que se está desarrollando en la actualidad y en un futuro cercano. 56
- Aceptación del VE y sus puntos de recarga en la red en un futuro próximo. 57
- Posibles requisitos o características que puedan dificultar el crecimiento del VE..... 59
- Posibles soluciones o modificaciones a los requisitos impuestos por la distribuidora para preparar la red del futuro. 60
- Ventajas e inconvenientes de los diferentes esquemas de instalación de la estación de recarga, respecto de la instalación diseñada. 61
- Viabilidad de alimentar una estación de carga de dominio público o privado, conociendo las curvas de cargas de las instalaciones existentes. 62

7. Planimetría 66

Plano 1. Emplazamiento del edificio 66

Plano 2. Plano de distribución de la urbanización 68

Plano 3. Plano planta entronque LSMT 70

Plano 4. Plano de distribución de la red de BT 72

8. Apéndice 74
- Presupuesto 74

Bibliografía 76

Índice de tablas

Tabla 1. Coeficientes de simultaneidad. 27
Tabla 2. Previsión de cargas del Portal 1 30
Tabla 3. Previsión de cargas del portal 2 31
Tabla 4. Previsión de cargas del portal 3 31
Tabla 5. Previsión cargas portal 4 32
Tabla 6. Resistencias y reactancia para el cable XZ1 35
Tabla 7. Intensidades máximas admisibles del cable XZ1 35
Tabla 8. Fusibles de protección normalizados por I-DE 35
Tabla 9. Características cables con aislamiento de etileno propileno de alto modulo (HEPR) 36
Tabla 10. Intensidades máximas admisibles (A), en servicio permanente y con corriente alterna. 36
Tabla 11. Materiales necesarios 37
Tabla 12. Matriculaciones vehículos por año 38
Tabla 13. Previsión cargas portal 1 para el año 2030 42
Tabla 14. Previsión cargas portal 2 para el año 2030 43
Tabla 15. Previsión de cargas portal 3 para el año 2030 43
Tabla 16. Previsión de cargas portal 4 para el año 2030 43
Tabla 17. Previsión de cargas portal 1 con 52 plazas electrificadas 45
Tabla 18. Materiales requeridos por I-DE en 2030 46
Tabla 19. Previsión de cargas portal 1 para el año 2050 47
Tabla 20. Previsión de cargas portal 2 para el año 2050 47
Tabla 21. Previsión de cargas del portal 3 para el año 2050 48
Tabla 22. Previsión de cargas portal 4 para el año 2050 48
Tabla 23. Previsión cargas portales 1, 2 y 3 adaptada para el año 2050 50
Tabla 24. Previsión de cargas del portal 4 adaptada para el año 2050 51
Tabla 25. Previsión de cargas para los portales 1, 2 y 3 en el año 2050, aplicando el esquema 1. 54
Tabla 26. Previsión de cargar para el portal 4 en el año 2050, aplicando el esquema de 1 54
Tabla 27. Materiales adicionales para cubrir el incremento de la demanda en el año 2050 55
Tabla 28. Previsión de cargas portales 1, 2 y 3, maximizando el numero de VE 57
Tabla 29. Previsión de cargas portal 4, maximizando el numero de VE 57
Tabla 30. Número cargadores, según potencia disponible 65
Tabla 31. Costos operativos 74
Tabla 32. Gastos directos 74
Tabla 33. Gastos por el software empleado 75
Tabla 34. Gastos indirectos 75

Índice de figuras

Figura 1. Evolución matriculaciones de VE frente al total de los vehículos. 39
Figura 2. Evolución del VE en los próximos 10 años respecto al resto de vehículos..... 40
Figura 3. Esquema 1A. Instalación colectiva troncal con contador principal en la CC y contadores secundarios en las estaciones de recarga..... 52
Figura 4. Esquema 1C: instalación colectiva con un contador principal y contadores secundarios individuales para cada estación de recarga 53
Figura 5. Esquema 2: instalación individual con un contador principal común para la vivienda y para la estación de recarga 53
Figura 6. Evolución del VE en España en los próximos 29 años 58
Figura 7. Potencia aparente máxima consumida mensualmente de Abril del 2021 a Enero 2022 . 62
Figura 8. Curva de consumo por horas para el día 12 de Agosto del 2021 (Jueves laborable) 63
Figura 9. Curva de consumo por horas para el día 26 de Enero del 2021(Martes laborable)..... 63
Figura 10. Curva de consumo por horas para el día 16 de Enero del 2021 (Domingo)..... 63
Figura 11. Curva de consumos por horas del 19 de Septiembre del 2021 (Domingo) 64

Resumen

Este proyecto tiene como marco de análisis, la red de distribución eléctrica que se está desarrollando actualmente y se desarrollará en un futuro próximo, bajo unas características técnicas y normativas particulares de la compañía suministradora de energía eléctrica objeto de estudio. El estudio se ha realizado teniendo en cuenta las características y los requisitos mínimos solicitados por I-DE, para el desarrollo y construcción de un centro de transformación, necesario para el suministro eléctrico en baja tensión de un edificio de viviendas. Además, se realizará un estudio en el que se obtendrá de forma aproximada el crecimiento de la demanda debido a la incorporación del vehículo eléctrico en un futuro cercano, para más tarde comparar esta demanda con la capacidad del CT y las líneas de BT y MT desarrolladas anteriormente para cubrir la demanda del edificio de viviendas.

Palabras clave: Red de distribución, vehículo eléctrico, capacidad redes eléctricas, impacto vehículo eléctrico.

Abstract

The analysis frame of this project is the development of the distribution grid nowadays and in the near future. All of that under some technical features and specific odd regulations of the power supply company. This research has been done applying I-DE requirements to develop and build the required transformation centre to supply the residential area with low voltage. In addition, the growth of the electric vehicle demand in the near future has been estimated to compare with the distribution grids capacity to supply the residential area.

Resumen extendido

El sector del vehículo eléctrico está creciendo paulatinamente, pero, crecerá en mayor medida en los próximos años. España junto con otros países de la Unión Europea, ha firmado el acuerdo de Paris, por el que se establece que; para el año 2030 las emisiones de CO_2 se reduzcan al menos un 23% respecto de las existentes en el año 1990 y para el año 2050, España sea un país nulo de emisiones. Este acuerdo dará un gran empuje al vehículo eléctrico en España, por lo que se deben preparar las instalaciones eléctricas para poder facilitar el crecimiento de estos vehículos.

Debido a la importancia del vehículo eléctrico para alcanzar los objetivos planteados y el desconocimiento del nivel de preparación que pudiera tener la red de distribución actual para abordar estas cargas, surge la idea del presente proyecto, cuya finalidad es estudiar la capacidad de la red de distribución frente a la recarga del vehículo eléctrico y determinar si estas instalaciones tendrán capacidad suficiente para alimentar la futura demanda de energía que introducirán las nuevas estaciones de recarga. Este proyecto se centra en un caso concreto, donde se ha evaluado la capacidad de la red, partiendo de una nueva instalación necesaria para alimentar una urbanización de viviendas.

Para llevar a cabo este cometido, surge la necesidad de dimensionar la instalación eléctrica de la urbanización objeto de estudio, es por ello por lo que, en la primera parte del proyecto, se definen las características de las viviendas, servicios generales y garajes de la urbanización, para mas tarde obtener la previsión de cargas de la urbanización. Después, se definen las instalaciones de la red de distribución que son necesarias para alimentar estas cargas. Con ayuda de la herramienta de Matlab y con los datos obtenidos de la web de la DGT, se realiza un estudio del futuro crecimiento del vehículo eléctrico.

Más tarde, con los resultados de Matlab, se realiza un estudio a corto plazo (10 años) y otro a largo plazo (29 años).

El estudio determina que, para un escenario a medio plazo, la red de distribución que se esta desarrollando actualmente, tiene capacidad suficiente para alimentar al 21,55% de los vehículos, que para entonces serán eléctricos, y sin necesidad de modificar ningún elemento de la red. Por otro lado, fijando el escenario a largo plazo en el año 2050, con un parque automovilístico 100% eléctrico, se ha determinado que la capacidad de la red para alimentar las estaciones de recarga queda condicionada a diferentes parámetros, como puede ser el esquema de instalación empleado.

También se comprueba la capacidad máxima que tendrían estas instalaciones, con el esquema tipo 2, estableciendo que se llegaría a saturar la red cuando el 48,3% de los vehículos fueran eléctricos, estimando que se alcanzaría esta cifra en el año 2038.

Todo lo descrito anteriormente se ha estructurado en diferentes capítulos, donde se ha desarrollado numéricamente el estudio y se explican cada uno de los pasos y las decisiones tomadas.

Glosario

REBT	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
BT	Baja Tensión
MT	Media Tensión
AT	Alta Tensión
ANFAC	Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones
ITC	Instrucción Técnica Complementaria
CTE	Código Técnico de la Edificación
ITC-EA	ITC sobre eficiencia en instalaciones de alumbrado exterior
LGA	Línea General de Alimentación
SPL	Sistema de Protección de la Línea General de Alimentación
ST	Subestación Transformadora
LSMT	Línea Subterránea de Media Tensión
LSBT	Línea Subterránea de Baja Tensión
CBT	Cuadro Baja Tensión
CC	Centralización de Contadores
CT	Centro de Transformación
CBT	Cuadro de Baja Tensión
VE	Vehículo Eléctrico
CGP	Caja General de Protección
TF	Transformador

Introducción

En febrero del 2020, el parque automovilístico eléctrico español suponía el 0,18% del total de los vehículos en España, con una matriculación del 2% respecto del total, durante este 2021. Actualmente es poca la afección de las cargas de estos vehículos sobre la red eléctrica. Según la ANFAC para la descarbonización del sector, es necesario que para 2030 hayan entrado 14 millones de automóviles en el sector, lo que supondría más del 60% del parque actual, suponiendo un importante consumo para la red eléctrica.

Este proyecto tiene como marco de análisis, la red de distribución eléctrica que se está desarrollando actualmente y se desarrollará en un futuro próximo, bajo unas características técnicas y normativa particular de la compañía suministradora de energía objeto de estudio. El estudio se realizará teniendo en cuenta las características y los requisitos mínimos solicitados por I-DE, para el desarrollo y construcción de un centro de transformación, necesario para el suministro eléctrico en BT de un edificio de viviendas. Además, se realizará un estudio en el que se obtendrá de forma aproximada el crecimiento de la demanda debido a la incorporación del vehículo eléctrico en un futuro cercano, para más tarde comparar esta demanda con la capacidad del CT y las líneas de BT y MT desarrolladas anteriormente para cubrir la demanda del edificio de viviendas.

En primer lugar, se va a definir un edificio de viviendas con unas características y bajo unas condiciones determinadas, para mas tarde calcular la previsión de cargas necesaria y demandada a la compañía suministradora. Conocido este dato se podrán obtener las instalaciones requeridas para el acceso a la red de distribución.

Más tarde se estudiará la evolución del vehículo eléctrico en unos años, partiendo de las condiciones establecidas en la *Ley de cambio climático y transición energética (Ley 7/2021, del 20 de mayo)*, y a partir de esta evolución se comprobará como tendrá que variar la previsión de cargas del edificio antes diseñado para la aceptación del vehículo eléctrico en sus instalaciones y en su entorno. A partir de esta ultima previsión de cargas y conocidas las características de las instalaciones solicitadas por la compañía suministradora, podremos comprobar la aceptación que tendrá el vehículo eléctrico en la red, que se trata de uno de los objetivos principales de este proyecto. Además, también se podrán definir nuevas condiciones de mejora que se deberían incluir entre los requisitos de las suministradoras para una mejor aceptación de estos vehículos en el futuro.

Justificación

En la actualidad se están desarrollando diferentes acuerdos europeos contra el cambio climático y el compromiso de reducción de las emisiones de CO_2 por parte de los países de la Unión Europea. Concretamente en España se ha desarrollado el Real decreto Ley sobre el cambio climático y la transición energética (Ley 7/2021, del 20 de mayo). Esta Ley tiene como objeto asegurar el cumplimiento, por parte de España, de los objetivos del acuerdo de Paris, facilitar la descarbonización de la economía, su transición a un modelo circular, promover la adaptación del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible. Alguno de los objetivos mínimos que plantea este real decreto son:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030, al menos un 23% respecto del año 1990.
- Antes del año 2050 y en todo caso, en el más corto plazo posible, España deberá alcanzar la neutralidad climática.

El Articulo 14, de la presente Ley habla sobre "Promoción de movilidad sin emisiones" e indica que; la administración General del Estado, las CCAA y las entidades locales, en el marco de sus competencias, adoptarán medidas para alcanzar en el año 2050 un parque de turismos y vehículos comerciales ligeros sin emisiones directas de CO_2.

El Articulo 15, por otra parte, regula la "Instalación de puntos de recarga eléctrica" y obliga a los titulares de instalaciones de suministro de combustible y carburantes a:

- Instalar una infraestructura de recarga con potencia mínima de 150kW si tienen un volumen de carburante superior a 10 millones de litros durante el 2019.
- Instalar un punto de recarga con potencia superior a 50kW si el volumen de carburante está entre 5 y 10 millones de litros durante el 2019.

Como se puede comprobar, uno de los puntos en el que más enfatiza esta Ley es la transición hacia el vehículo 100% eléctrico y lo que pretende es reforzar y facilitar el crecimiento de este, por esto es necesario preparar las redes eléctricas actuales para un gran incremento de su capacidad, debido a una futura instalación de nuevos puntos de recarga y de los consumos necesarios para estos cargadores.

La finalidad de realizar un estudio de estas características tiene como misión identificar la posible problemática que pudiera existir en un futuro con el aumento de los vehículos eléctricos conectados a la red de distribución, más concretamente a la red de distribución gestionada por I-DE. Las características y requisitos solicitados por las compañías suministradoras de energía cuando se solicita acceso a red se han ido modificando a lo largo de los años, pero habría que comprobar si la red que se está desarrollando en este momento está lo suficientemente preparada para la tendencia del mercado automovilístico 100% eléctrico.

Desarrollo del proyecto

1. Descripción y selección del edificio

a. Emplazamiento

El emplazamiento del edificio de viviendas objeto de estudio estará situado en Alcalá de Henares, en la parcela A3 del polígono de "Los Espartales Sur", Sector 114 del Plan General de Ordenación Urbana. La localización de la parcela sobre el terreno se refleja en el *"Plano1. Emplazamiento del edificio"*, del capitulo 7 del presente documento.

b. Descripción del edificio

Se trata de una urbanización de 120 viviendas, distribuidas en 4 edificios de 5 plantas cada uno y 6 viviendas por planta. Cada vivienda dispondrá de; 1 trastero y 2 plazas de garaje. Son viviendas conformadas por 3 habitaciones, 2 servicios, salón, cocina y terraza. Las viviendas cuentan con una preinstalación de aire acondicionado, sistema demótico básico, grado de electrificación elevado, calefacción central mediante caldera de gas con contador individual y suelo radiante. Las zonas comunes de la urbanización contarán con una zona infantil, sala fitness, jardines y piscina comunitaria. La distribución de la urbanización se detalla en el *"Plano 2. Distribución de la urbanización"* del capitulo 7 del presente documento.

c. Descripción detallada y potencias por cargas

<u>Viviendas</u>

Previsión para las 120 viviendas, teniendo en cuenta que según se detalla en la descripción de las viviendas y según sus características, estas toman un grado de electrificación elevado. Según la ITC-10 este grado de electrificación toma una potencia prevista no inferior a 9200 W. Además, la *"ICT-BT-10"* indica que se aplicará un coeficiente de simultaneidad sobre la potencia prevista que seguirá la siguiente tabla:

Nº Viviendas (n)	Coeficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5

Tabla 1. Coeficientes de simultaneidad.

Servicios generales

Están formados por los ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

Desglose de cada uno de los servicios por portal;

- Ascensor, según la *"GUÍA-ITC-BT-10"* se empleará un aparato elevador tipo ITA-2 (400kg de carga y 5 personas).
- Alumbrado de zonas comunes, teniendo en cuenta las 5 plantas por cada edificio y 35m^2 de superficie destinados a zonas comunes por cada una de las plantas, se tiene una superficie total de 175m^2. La *"GUÍA-ITC-BT-10"* 10 ofrece un valor de 8W/m^2 de carga prevista para alumbrado, cuando se instalen luminarias fluorescentes, en este caso se instalarán luminarias led, por lo que este coeficiente arroja un margen de seguridad.
- Alumbrado escalera, la superficie que toma el hueco de escalera es de 5m^2 por cada una de las 5 plantas y la *"GUÍA-ITC-BT-10"* arroja un valor de 4W/m^2 para alumbrado con fluorescencia, en este caso se instalan luminarias led, por lo que permite un margen de seguridad.
- Bases enchufes usos varios.
- Toma de fuerza alimentación equipos de telecomunicaciones en el RITI.

Desglose de los servicios comunes a los 4 portales;

- Depuradora piscina, que según el CTE podemos estimar la potencia en base a las dimensiones de la piscina (8W/m^2). La piscina cuenta con 50 m^2.
- Trasteros, el edificio cuenta con 120 trasteros con una media de 7,5 m^2 de superficie. Se toma como referencia los 8W/m2 que indica la *"GUÍA-ITC-BT-10"* para el alumbrado.
- Cuarto de calderas, en el cuarto destinado al emplazamiento y mantenimiento de la caldera se instalarán 1 base de enchufe de usos varios, 4 luminarias y 2 lámparas de alumbrado de emergencia.
- Caldera, se instalarán 3 tomas de corriente trifásicas, 1 para alimentar el equipo combustor, 1 para el equipo de propulsión de ACS y otra para la propulsión del agua del circuito de calefacción. La caldera será de gas natural, con la tecnología de condensación y se encargará de dar servicio de ACS y calefacción a los 4 portales.
- Grupo de presión, se instalarán 4 tomas de corriente, para cada una de las 4 bombas que se utilizarán para alimentar los 4 portales. Según la *"GUÍA-ITC-BT-47"*, para el cálculo de la previsión de cargas se aplicará un factor de corrección de 1,25 al mayor de los motores de la instalación, por el arranque.

- Alumbrado jardines, aplicando la *"ITC-EA-2"* y catalogando el área de la urbanización como zona de parques y jardines *"aptd. 3.4"* las vías deberán iluminarse como las vías del tipo E, clase de alumbrado CE1A, CE2, S1. Se estima una potencia de 10W/m^2, siendo la superficie total que iluminar de 4000m^2.

Locales comerciales

Local usos varios, se trata de un local de 50m^2 dedicado a usos múltiples. Se estima la potencia como si se tratara de un edificio comercial, según la *"GUÍA-ITC-BT-10"* la previsión es de 100W/m^2, con un coeficiente de utilización de 1.

Garaje

Los servicios que engloban el garaje son los siguientes:

- Garaje, cumpliendo con el CTE, se decide que la ventilación del garaje será del tipo forzada, debido a su disposición y dimensiones. Para el tipo de ventilación forzada la *"GUÍA-ITC-BT-10"* considera 20W/m^2 de potencia prevista.
- Motor puerta garaje, se instalarán dos motores de aproximadamente 1kW cada uno de ellos.

Previsión recarga del vehículo eléctrico

De acuerdo con lo establecido en el *Anexo 2 de la GUÍA ITC-BT-52 "Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos",* sobre la previsión de cargas para suministros en baja tensión, la carga mínima correspondiente a las zonas de estacionamiento con infraestructura para la recarga de los vehículos eléctricos en viviendas de nueva construcción, cuando se trate de plazas de aparcamientos colectivos en edificios en régimen de propiedad horizontal, se calculará multiplicando 3,68 kW, por el 10% del total de las plazas de aparcamiento construidas. Esta potencia se multiplicará por el factor de simultaneidad que corresponda y se sumará a la potencia del resto del edificio.

En esta edificación hay una previsión de construir 240 plazas de garaje, por lo tanto, la potencia prevista para este apartado será de 24 plazas por 3,68 kW cada una. La LGA del edificio incorporará el sistema de seguridad SPL, por lo que el coeficiente de simultaneidad de esta potencia se puede reducir a 0,3, tal y como indica la *"ITC-BT-52"*.

2. Previsión de cargas

Conforme a lo indicado por la *ITC-BT-10 del REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión*, se calculará la previsión de cargas del edificio de viviendas objeto de estudio. Las cargas se repartirán por portales, de tal forma que existirá 1 CC independiente para cada uno de los 4 portales. Cada CC contará con 2 CGP a excepción del portal 4 que contará con 4 CGP, ya que además albergará los servicios comunes de la urbanización (garaje, caldera, piscina, jardín, etc.). La previsión de cargas total de la urbanización es de **1.173,98 kW,** a continuación, se adjunta el desglose de la previsión repartida por cada uno de los portales, así como para cada una de las CGP que alimentan la CC.

Las potencias se reparten en 4 grupos descritos en la *"ITC-BT-10"*, en función del uso final para el que van destinadas:

- P1 → Carga correspondiente a las viviendas.
- P2 → Carga correspondiente a los servicios generales del edificio.
- P3 → Carga correspondiente a los locales comerciales y oficinas.
- P4 → Carga correspondiente a los garajes.
- P5 → Carga correspondiente a la recarga del VE.

Por tanto, la potencia total que afecta a cada una de las líneas será:

PT = P1 + P2 + P3 + P4 + (P5x0,3)

2.1 Portal 1

La CC del portal 1 contará con 2 CGP alimentadas mediante 2 LSBT. Cada una de estas CGP alimentaran a 15 viviendas y 3 plazas de garaje para recarga del VE. Además, la CGP 1 alimentará los servicios comunes de este portal.

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
1	C.G.P.1 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	162,54	128,54
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		
2	C.G.P.2 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	149,04	112,79
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		

Tabla 2. Previsión de cargas del Portal 1

Pot. CGP 1 P1 = P1 + P2 + P5 x 0,3 = **128,54 kW**

Pot. CGP 2 P1 = P1 + P5 x 0,3 = **112,79 kW**

2.2 Portal 2

Al igual que en el caso del portal 1, la CC del portal 2 contará con 2 CGP que alimentará entre ambas, 30 viviendas, 6 plazas con recarga de VE y los servicios comunes del portal.

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
3	C.G.P.1 Portal 2	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	162,54	128,54
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		
4	C.G.P.2 Portal 2	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	149,04	112,79
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		

Tabla 3. Previsión de cargas del portal 2

Pot. CGP 1 P2 = P1 + P2 + P5 x 0,3 = **128,54 kW**

Pot. CGP 2 P2 = P1 + P5 x 0,3 = **112,79 kW**

2.3 Portal 3

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
5	C.G.P.1 Portal 3	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	162,54	128,54
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		
6	C.G.P.2 Portal 3	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	149,04	112,79
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		

Tabla 4. Previsión de cargas del portal 3

El portal 3 cuenta con 2 CGP con el mismo reparto de potencias que el portal 1 y 2.

Pot. CGP 1 P3 = P1 + P2 + P5 x 0,3 = **128,54 kW**

Pot. CGP 2 P3 = P1 + P5 x 0,3 = **112,79 kW**

2.4 Portal 4

El portal 4 contará con 4 CGP, alimentadas por 4LSBT. La CGP 1 y 2 tendrán el mismo reparto de potencias que las de los otros 3 portales. La CGP 3 está destinada a alimentar los usos generales de la urbanización (caldera, bombas presión, alumbrado jardines, etc.) y 1 local de usos múltiples. La CGP 4 será la encargada de alimentar la potencia demandada para el garaje (motores, equipos de extracción, alumbrado, etc.).

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
7	C.G.P. 1 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	162,54	128,54
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		
8	C.G.P. 2 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	149,04	112,79
		P5	Recarga VE	3	3,68	0,30	11,04	3,31		
9	C.G.P. 3 Portal 4	P2	Depuradora	1	0,40	1,00	0,40	0,40	87,16	86,65
			Alumbrado Trasteros	120	0,06	64,80	7,20	3,89		
			Cuarto caldera	1	2,36	1,00	2,36	2,36		
			Caldera	3	7,00	1,00	21,00	21,00		
			Grupo presión	4	2,80	1,25	11,20	14,00		
			Alumbrado jardines	4000	0,01	1,00	40,00	40,00		
		P3	Local usos varios	1	5,00	1,00	5,00	5,00		
10	C.G.P. 4 Portal 4	P4	Motores puerta garaje	2	1,00	1,00	2,00	2,00	122,00	122,00
			Garaje	6000	0,02	1,00	120,00	120,00		

Tabla 5. Previsión cargas portal 4

Pot. CGP 1 P4 = P1 + P2 + P5 x 0,3 = **128,54 kW**

Pot. CGP 2 P4 = P1 + P5 x 0,3 = **112,79 kW**

Pot. CGP 3 P4 = P2 + P3 = **86,65 kW**

Pot. CGP 2 P3 = P1 + P5 x 0,3 = **122,00 kW**

El reparto de cargas para cada una de las líneas se ha realizado de tal forma que ninguna línea supere los 150kW de potencia total, una vez aplicados los coeficientes necesarios, para así cumplir el requisito de la compañía suministradora, de máxima potencia por línea.

3. Requisitos de la compañía suministradora

a. Previsión de cargas

La carga total prevista en una zona de viviendas y/o industrias y oficinas será la suma de las cargas correspondientes a las viviendas, garajes, locales comerciales, oficinas e industrias y a los servicios generales de la zona en estudio. La previsión de la carga se determinará de acuerdo con lo establecido en la *"ITC-BT-10"*. En este caso la previsión de cargas total para la urbanización es de **1.173,98 kW**, obtenidos anteriormente.

b. Cálculos para determinar la carga total en la red

De acuerdo con lo establecido en el *"MT 2.03.20"* de I-DE y mientras que no exista otra legislación con rango superior a este manual, se establecen los siguientes coeficientes de simultaneidad en base a las experiencias acumuladas:

1. Incidencia de la carga sobre la red de BT

Se determinará de acuerdo con lo establecido en el apartado *"a. Previsión de cargas"* y se le aplicará un coeficiente de simultaneidad de 1. Por lo tanto, la potencia que incide sobre la red de distribución de BT es de **1.173,98 kW**.

2. Incidencia de la carga sobre el CT

Esta potencia queda determinada por la suma aritmética de las potencias individuales, teniendo en cuenta los grados de electrificación recogidos en la *"ITC-BT-10"*, sin aplicar los coeficientes de simultaneidad.

La potencia total prevista para la instalación según la *"ITC-BT-10"*, pero sin aplicar los coeficientes de simultaneidad es de **1.455,48 kW**. El total de esta potencia se contemplará como viviendas ya que se trata de una urbanización destinada a viviendas, sin comercios ni oficinas. Partiendo de la potencia definida anteriormente y aplicando lo dispuesto en el *"MT 2.03.20"*, se obtiene la potencia total que incide sobre el CT.

$$P\ CT(kVA) = \frac{\Sigma\ Ps\ (kW) \times\ 0{,}4}{0{,}9} = \mathbf{646{,}88\ kVA}$$

3. Incidencia de la carga sobre la red de AT

$$P\ LSMT(kVA) = 0{,}85\ \times\ \Sigma\text{PCT (kVA)} = 549{,}85\ kVA$$

La red de MT tiene una distribución en anillo (para facilitar la reposición del suministro en caso de avería), aunque se explota de forma radial, lo que supone que además de soportar esta carga, el cable deberá soportar la carga del resto de CT que conforman el anillo y se estima que sobre esta línea de MT cuelgan otros 10 CTs de características similares y con potencia instalada semejante, por lo tanto, la potencia total que soporta esta línea de MT es de;

$$PT\ LSMT = 10\ \times\ 549{,}85\ kVA = \mathbf{5.498{,}5\ kVA}$$

4. Incidencia de la carga sobre la ST

La afección de la carga del nuevo CT objeto de estudio sobre las barras de la ST es de:

$$P\ Barras(kVA) = 0{,}95\ \times\ \Sigma\text{PLMT (kVA)} = \mathbf{522{,}36\ kVA}$$

La potencia que incide sobre la ST queda limitada por los TF, que actualmente su índice de carga es muy bajo y por lo tanto existiría capacidad suficiente.

c. Red subterránea de BT

La previsión de cargas total de la urbanización se repartirá en 10 líneas con 1 CGP asignada por línea. El reparto de esta potencia se realizará de forma equilibrada y atendiendo a las necesidades físicas de localización de cada uno de los suministros que alimentará, teniendo en cuenta en todo caso, que ninguna de las líneas que alimentan estas CGPs podrá superar una potencia máxima total (aplicando los coeficientes *"ITC-BT-10"*) de 150kW, tal y como establece el *"MT 2.03.20"*.

La red subterránea de baja tensión proyectada estará formada por conductores de aluminio tipo con aislamiento XZ1 0.6/1 kV y sección de 3(1x240) + 1x150 mm^2. Discurrirá canalizada bajo tubo de 160 mm de diámetro, siguiendo la trayectoria reflejada en el *"Plano 4. Distribución de la red de BT"*, del capítulo 7 del presente documento.

El tipo de cable a instalar para LSBT, tiene las siguientes características:

Sección de fase en mm²	R - 20º en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

Tabla 6. Resistencias y reactancia para el cable XZ1

Sección de fase en mm²	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire protegido del sol
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Tabla 7. Intensidades máximas admisibles del cable XZ1

Los fusibles de protección que están normalizados por I-DE, son los siguientes:

Cable 0,6/1 kV	Cartuchos fusibles "gG" (Sobrecargas) $I_f = 1,6\ I_n < 1,45\ I_z$ $I_n \leq 0,91\ I_z$ (A)		
	Directamente soterrados	**En tubular soterrada**	**Al aire protegido del sol**
4 x 50 Al	**100**	**100**	**100**
3 x 95 + 1 x 50 Al	**160**	**125**	**160**
3 x 150 + 1 x 95 Al	**200**	**200**	**250**
3 x 240 + 1 x 150 Al	**250**	**250**	**315**

Tabla 8. Fusibles de protección normalizados por I-DE

La descomposición de cada uno de los consumos que conforman cada una de las 10 líneas, es el descrito anteriormente en el apartado *"2. Previsión de Cargas"*.

Los conductores a instalar son de 240 mm^2 para las fases y de 150 mm^2 para el neutro. Los conductores de fase soportan una intensidad máxima admisible de 305A al ir enterrados bajo tubo y estarán protegidos mediante cartuchos fusibles "gG" de BT de 250A en el CBT del CT. Como las LSBT que mas potencia asignada tienen son las L(1,3,5 y 7), encargadas de alimentar la CGP 1 de cada uno de los portales y todas ellas con el mismo consumo de potencia, se comprueba si la línea de 240 mm^2 tiene capacidad suficiente:

I_f : corriente convencional de fusión.

I_n: corriente asignada de un cartucho fusible (250A).

I_z: corriente admisible para los conductores cargados s/UNE 20460 -5-523 (305A).

P.L 1 = 128,54 kW $\qquad I\ L9 = \frac{128{,}54}{\sqrt{3} \times 400 \times 0{,}9} = 206{,}14\ A$

I L9 < In < 0,91 Iz → 206,14 A < 250 A < 277,55 A

Como la corriente que circularía por el resto de LSBT es menor que la de la L1 queda comprobado que con el cable de 240 mm^2 se pueden alimentar todas las CGPs asegurando su correcto funcionamiento y protección.

d. Red subterránea de MT

De acuerdo con los estipulado en el *"MT 2.03.20 de I-DE"* y conforme a la reglamentación de la *"ITC-LAT 01 a 09, publicada en el B.O.E. de 19-03-08"* se establece que el tramo de LSMT proyectado para el entronque del CT necesario para alimentar este suministro estará formado por conductores de aluminio del tipo HEPRZ1 Al 12/20kV con una sección de 3x(1x240) mm2. En el *"Plano 3. Entronque LSMT"* se puede comprobar el emplazamiento del CT Proyectado, así como la disposición y lugar por el que discurrirían los conductores.

Características técnicas del conductor HEPRZ1 AL 12/20 kV:

Sección mm²	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105ºC Ω /km	Reactancia por fase al tresbolillo Ω /km	Capacidad μ F/km
240	12/20	0,169	0,105	0,453
400		0,107	0,098	0,536

Tabla 9. Características cables con aislamiento de etileno propileno de alto modulo (HEPR)

Sección (mm²)	Tipo de aislamiento	
	XLPE	HEPR
240	320	345
630	535	588

Tabla 10. Intensidades máximas admisibles (A), en servicio permanente y con corriente alterna.

Sobre la red de MT que alimenta al CT objeto de estudio afectarán las 5.498,5 kVA, calculas en el *"aptdo. 3.b.3"*.

El cable a instalar para la LSMT será de aluminio con aislamiento HEPRZ1 y con sección de 240 mm^2 enterrado bajo tubo, por lo que tendrá una intensidad máxima admisible de 345 A, por lo tanto, este conductor soportará una potencia máxima de:

$$P\ max. = \sqrt{3} \times Un \times Imax. \times Fc = \sqrt{3} \times 20\ kV \times 345\ A \times 0{,}8$$

$$\underline{P\ max. = \ 9.560{,}92\ kVA}$$

Como la potencia máxima que soporta el conductor (9.560,92kVA), es mayor que la potencia instalada en la LSMT (5.498,5kVA), el cable empleado es el adecuado y además permitirá la ampliación de la red.

e. Centro de transformación

El Centro de Transformación requerido por I-DE para el futuro suministro en BT de la urbanización de viviendas objeto de estudio *"CT-1 PROYECTADO"* será del tipo PFU5, será un edificio prefabricado, tipo superficie, con 2 máquinas de 400 kVA cada una, con envolvente de hormigón y estructura monobloque, que albergará en su interior, debidamente montados y conexionados, los siguientes elementos:

- 1 conjunto compacto de celdas de MT compuesto por 2ud. con función de línea y 2 ud. con función de protección con ruptofusible.
- 2 transformadores de potencia de 400 kVA cada uno y tensión 20kV / B2 (de baño en aceite)
- 2 cuadros de Baja Tensión, 2xCBTO de 8 salidas.

f. Materiales básicos necesarios para cubrir la demanda

Se estudia la incidencia de la carga de esta urbanización sobre la subestación y sobre el anillo de la LSMT que alimentará estas instalaciones en el futuro y se comprueba que existe potencia disponible para alimentar la demanda, por lo tanto, no se requieren modificaciones ni ampliaciones en estas dos instalaciones (ST y LSMT).

Por otra parte, se estudia la incidencia sobre la red de BT y sobre el CT y se determina el material mínimo requerido por la compañía distribuidora para el CT encargado de abastecer la demanda de potencia solicitada:

MATERIAL REQUERIDO	CANTIDAD	OTROS
LSBT	10	3(1x240)+1x150 mm2
LSMT	2	3x(1x240) mm2
TF 400kVA	2	2x400kVA
CBT	2	8 salidas

Tabla 11. Materiales necesarios

4. Estudio de la evolución del vehículo eléctrico

El estudio de la evolución del vehículo eléctrico en España se realiza partiendo de dos escenarios, uno a medio plazo y otro a largo plazo.

a. Evolución a medio plazo.

El estudio a medio plazo se realiza en un intervalo de tiempo de 10 años, a partir del 2021. Este intervalo de tiempo coincide con uno de los objetivos establecidos en el *"Real decreto Ley sobre el cambio climático y la transición energética (Ley 7/2021, del 20 de mayo)",* que establece reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030, al menos un 23% respecto del año 1990. Consultando la web del "Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico", se obtiene el dato de emisiones de CO2 en España de 289,4 MtCO2eq para el año 1990, situándose en el año 2020 en 271,5 MtCO2eq. Por lo tanto, para el año 2030 habría que reducir las emisiones en 57,88 MtCO2eq, situándose en 231,52 MtCO2eq.

Con ayuda del *"Portal estadístico de la DGT"* se obtienen las matriculaciones anuales del total de los vehículos desde el año 2011 al año 2020 y además se obtienen también las matriculaciones de los vehículos eléctricos, para poder hacer una estimación de VE matriculados respecto del total y mas tarde estudiar la evolución de este mercado en el tiempo. Los datos de matriculación obtenidos para cada año son los siguientes:

AÑO	VE MATRICULADOS	VEHÍCULOS TOTALES MATRICULADOS	% VE DEL TOTAL
2011	1.384	817.688	0,17%
2012	7.196	710.638	1,01%
2013	3.046	742.305	0,41%
2014	2.668	890.125	0,30%
2015	3.891	1.094.117	0,36%
2016	6.180	1.230.069	0,50%
2017	12.883	1.344.794	0,96%
2018	21.124	1.424.732	1,48%
2019	29.135	1.375.346	2,12%
2020	36.948	939.100	3,93%

Tabla 12. Matriculaciones vehículos por año

A continuación, se puede comprobar la gráfica de matriculaciones de VE para cada uno de los 10 años objeto de estudio.

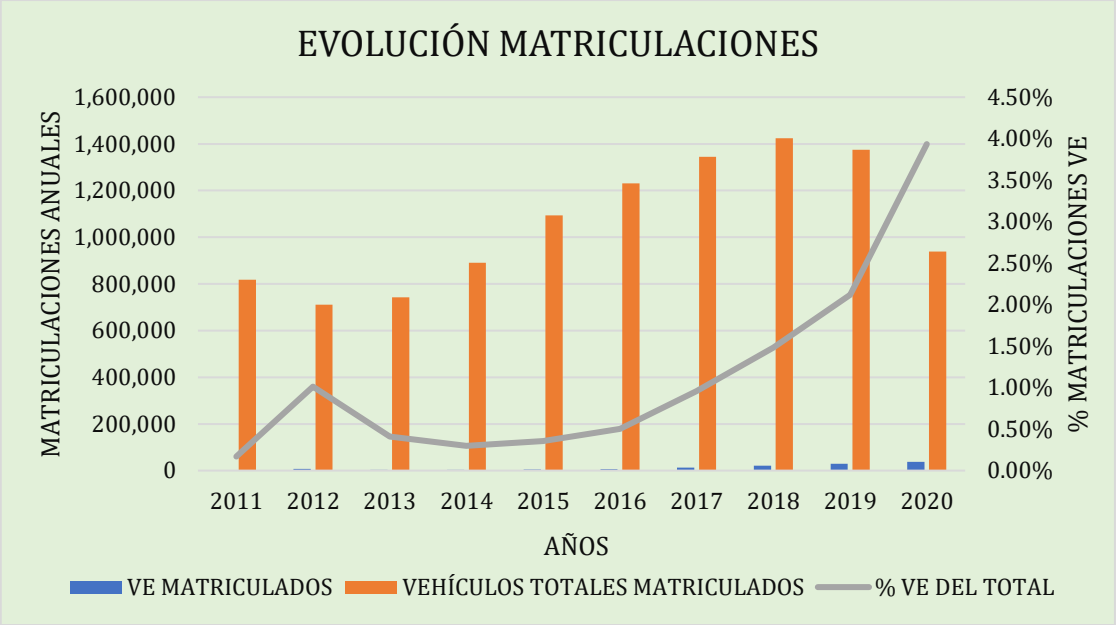


Figura 1. Evolución matriculaciones de VE frente al total de los vehículos.

Se comprueba como la progresión del porcentaje de matriculaciones de VE respecto del total, es ascendente y se asemeja a una curva exponencial. Con estos datos también se puede comprobar como a pesar de reducirse el número de matriculaciones durante el año 2020 debido a la pandemia, el número de matriculaciones de VE ha seguido aumentándose, situándose en el máximo histórico. A pesar de que los VE matriculados son muy inferiores a los vehículos de combustión, la tendencia es ascendente y en los próximos años se irá incrementando exponencialmente debido a la restricciones medioambientales y a medidas que faciliten la introducción de estos vehículos entre los usuarios finales.

A continuación, se realizará un estudio de la evolución de esta tendencia y con ayuda de la función *"polyfit"* de la herramienta Matlab se obtendrán 4 funciones de grado 1, 2, 3 y 4 respectivamente que definen la progresión de las matriculaciones de VE para los próximos 10 años.

El código utilizado en Matlab para la obtención de estas funciones es el siguiente:

```
clc;
clear;
years=[2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020];
years2=[2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028
2029 2030];
VE=[0.17 1.01 0.41 0.3 0.36 0.5 0.96 1.48 2.12 3.93];

%%Evoluci√≥n matriculaciones VE 2011/2020
figure(1);
plot(years,VE,'g', 'LineWidth',2);
hold on;
xlabel('ANOS');
ylabel('% VE MATRICULADOS');
title('EVOLUCION MATRICULACION VE');
```

```
grid on;


%%Función grado 1
p1=polyfit(years,VE,1);
f1=polyval(p1,years2);

%%Función grado 2
p2=polyfit(years,VE,2);
f2=polyval(p2,years2);

%%Función grado 3
p3=polyfit(years,VE,3);
f3=polyval(p3,years2);

%%Función grado 4
p4=polyfit(years,VE,4);
f4=polyval(p4,years2);

%%Gráfica de las funciones obtenidas
figure(2);
plot(years2, f1, 'k', 'LineWidth',2);
hold on;
plot(years2, f2, 'g', 'LineWidth',2);
hold on;
plot(years2, f3, 'b', 'LineWidth',2);
hold on;
plot(years2, f4, 'r', 'LineWidth',2);
hold on;
grid on;
xlabel('ANOS');
ylabel('% VE MATRICULADOS');
title('EVOLUCION ESTIMADA DEL VE EN LOS PROXIMOS 10 AÑëOS');
legend('f1', 'f2', 'f3', 'f4');


save('figure(1)');
save('figure(2)');
```

Como resultado de estas funciones, se obtiene el siguiente gráfico:

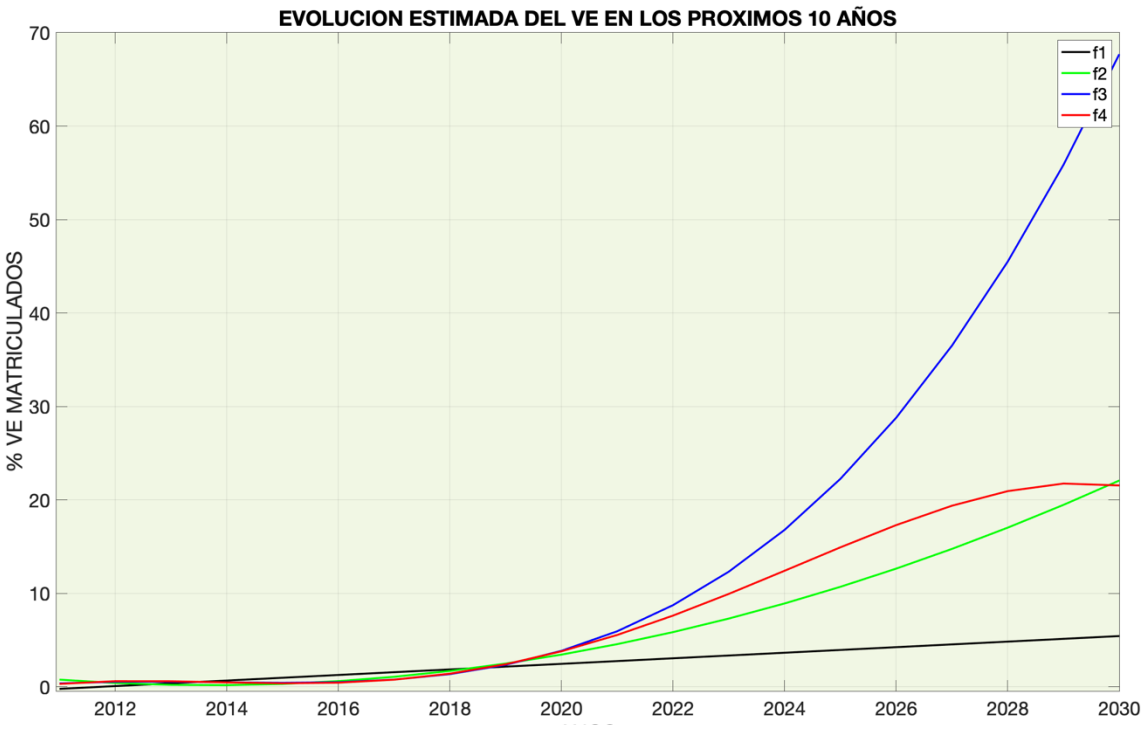


Figura 2. Evolución del VE en los próximos 10 años respecto al resto de vehículos

Comprobando la gráfica de la evolución de las matriculaciones de VE para cada uno de los 4 grados de estimación, se determina que la función que más se aproxima al crecimiento previsto del VE es la curva que arroja el polinomio de grado 2, "f2". Esta función sigue una curva exponencial de crecimiento, que como ya se había visto anteriormente en la *"Figura 1"*, sigue la evolución actual de las ventas de estos vehículos.

La curva de la función de grado 1, se descarta debido a su imperfección. La de grado 3 se aleja del posible crecimiento, ya que es demasiado optimista para la previsión de estos vehículos.

El polinomio de grado 4, a pesar de llegar hasta prácticamente el mismo valor que el de grado2, no presenta apenas crecimiento del 2028 al 2030 y su tendencia para los años siguientes es a la baja, entendiéndose esto como algo poco probable.

Por lo tanto, la estimación del crecimiento de las matriculaciones de los VE respecto del total de los vehículos, para el año 2030 se situaría en el **21,55%**.

b. Evolución a largo plazo.

El estudio a largo plazo se realizará para el año 2050, atendiendo al compromiso del pacto de París, que se refleja en el *"Real decreto Ley sobre el cambio climático y la transición energética (Ley 7/2021, del 20 de mayo)"* y que establece el objetivo por parte de España de alcanzar la neutralidad de emisiones de CO2 para ese año.

Para poder cumplir con este objetivo, el parque automovilístico español deberá ser 100% eléctrico para el 2050, por lo tanto, el estudio a largo plazo tomará como dato que el total de las plazas de garaje de la urbanización objeto de estudio deberían estar electrificadas y preparadas con un punto de recarga para el VE.

5. Comprobación de la capacidad de la red.

5.1 Estudio a medio plazo.

5.1.1 Previsión de cargas actualizada para el año 2030

Gracias al estudio realizado en el *"aptdo. 4.a"*, se ha podido determinar que la tendencia del parque automovilístico eléctrico es creciente, pudiendo situarse en el año 2030 en un 21,55% de matriculaciones de VE respecto del total de vehículos matriculados.

Tomando como premisa este dato, se va a proceder a actualizar la previsión de cargas realizada en el *"aptdo. 2"* de este documento, aumentando el número de plazas destinadas al VE del 10% al 21,55%, para más tarde estudiar si la red diseñada inicialmente en el *"aptdo. 3"*, tiene capacidad suficiente para suministrar energía a estos nuevos consumos.

La urbanización cuenta con 120 viviendas y cada vivienda cuenta con 2 plazas de garaje, haciendo un total de 240 plazas, de las cuales para el año 2030 se prevé que el 21,55% de ellas estén electrificadas, haciendo un total de 51,72 plazas con punto de recarga eléctrica, que redondeando serían 52 plazas para repartir entre los 4 portales. El reparto de estas plazas se hace en partes iguales, como inicialmente se tenían 2 LSBT que alimentaban a la CC de cada portal, se decide repartir 6 plazas para VE en la primera línea de cada portal (línea más cargada) y 7 plazas para VE en la segunda línea de cada portal (LSBT más desahogada). A continuación, se adjunta la tabla con la previsión de cargas realizada para cada uno de los portales y cada una de las LSBT que alimenta las CGP de los portales, actualizada con las nuevas plazas de garaje preparadas con instalación para la recarga del VE.

- Portal 1

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
1	C.G.P.1 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	173,58	131,85
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	6	3,68	0,30	22,08	6,62		
2	C.G.P.2 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	163,76	117,21
		P5	Recarga VE	7	3,68	0,30	25,76	7,73		

Tabla 13. Previsión cargas portal 1 para el año 2030

- Portal 2

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
3	C.G.P.1 Portal 2	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	173,58	131,85
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	6	3,68	0,30	22,08	6,62		
4	C.G.P.2 Portal 2	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	163,76	117,21
		P5	Recarga VE	7	3,68	0,30	25,76	7,73		

Tabla 14. Previsión cargas portal 2 para el año 2030

- Portal 3

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
5	C.G.P.1 Portal 3	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	162,54	128,54
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	6	3,68	0,30	11,04	3,31		
6	C.G.P.2 Portal 3	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	149,04	112,79
		P5	Recarga VE	7	3,68	0,30	11,04	3,31		

Tabla 15. Previsión de cargas portal 3 para el año 2030

- Portal 4

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
7	C.G.P. 1 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	173,58	131,85
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	6	3,68	0,30	22,08	6,62		
8	C.G.P. 2 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	163,76	117,21
		P5	Recarga VE	7	3,68	0,30	25,76	7,73		
9	C.G.P. 3 Portal 4	P2	Depuradora	1	0,40	1,00	0,40	0,40	87,16	86,65
			Alumbrado Trasteros	120	0,06	64,80	7,20	3,89		
			Cuarto caldera	1	2,36	1,00	2,36	2,36		
			Caldera	3	7,00	1,00	21,00	21,00		
			Grupo presión	4	2,80	1,25	11,20	14,00		
			Alumbrado jardines	4000	0,01	1,00	40,00	40,00		
		P3	Local usos varios	1	5,00	1,00	5,00	5,00		
10	C.G.P. 4 Portal 4	P4	Motores puerta garaje	2	1,00	1,00	2,00	2,00	122,00	122,00
			Garaje	6000	0,02	1,00	120,00	120,00		

Tabla 16. Previsión de cargas portal 4 para el año 2030

5.1.2 Incidencia sobre la red en el año 2030

De acuerdo con lo establecido en el *"MT 2.03.20"* de I-DE y mientras que no exista otra legislación con rango superior a este manual, se establecen los siguientes coeficientes de simultaneidad en base a las experiencias acumuladas:

- Incidencia de la carga sobre la red de BT

Se determinará de acuerdo con lo establecido en la previsión de cargas *("ITC-BT-10")* y se le aplicará un coeficiente de simultaneidad de 1. Por lo tanto, la potencia que incide sobre la red de distribución de BT es de **1.197,16 kW**.

- Incidencia de la carga sobre el CT

Esta potencia queda determinada por la suma aritmética de las potencias individuales, teniendo en cuenta los grados de electrificación recogidos en la *"ITC-BT-10"*, pero sin aplicar los coeficientes de simultaneidad.

La potencia total prevista para la instalación según la *"ITC-BT-10"*, pero sin aplicar los coeficientes de simultaneidad es de **1.532,76 kW**. El total de esta potencia se contemplará como viviendas ya que se trata de una urbanización destinada a viviendas, sin comercios ni oficinas.

$$P\ CT(kVA) = \frac{\Sigma\ Ps\ (kW) \times\ 0{,}4}{0{,}9} = \mathbf{681{,}23\ kVA}$$

- Incidencia de la carga sobre la red de AT

$$P\ LMT(kVA) = 0{,}85\ \times\ \Sigma\text{PCT (kVA)} = 579{,}04\ kVA$$

La red de MT tiene una distribución en anillo (para facilitar la reposición del suministro en caso de avería), aunque se explota de forma radial, lo que supone que además de soportar esta carga, el cable deberá soportar la carga del resto de CT que conforman el anillo y se estima que sobre esta línea de MT cuelgan otros 10 CTs de características similares y con potencia instalada semejante, por lo tanto, la potencia total que soporta esta línea de MT es de;

$$PT\ LSMT = 10\ \times\ 579{,}04\ kVA = \mathbf{5.790{,}4\ kVA}$$

- Incidencia de la carga sobre la ST

La afección de la carga del nuevo CT objeto de estudio sobre las barras de la ST es de:

$$P\ Barras(kVA) = 0{,}95\ \times\ \Sigma\text{PLMT (kVA)} = \mathbf{550{,}09\ kVA}$$

La potencia que incide sobre la ST queda limitada por los TF, que actualmente su índice de carga es muy bajo y por lo tanto existiría capacidad suficiente.

5.1.3 Red subterránea de BT

Con la previsión de cargas actualizada para el año 2030 *"aptdo. 5.1.1"*, incluyendo el futuro crecimiento de las instalaciones de recarga en la plazas de garaje, se puede comprobar como el reparto de las cargas para cada una de las líneas sigue cumpliendo el requisito impuesto por la compañía suministradora por el que se establece que la potencia máxima para cada una de las LSBT que alimentan la instalación no puede superar los 150kW, aplicando los coeficientes que se estimen oportunos en la *"ITC-BT 10"*. Comprobando este requisito se puede determinar que las LSBT diseñadas inicialmente en el *"aptdo. 2"* seguirán cumpliendo los requisitos establecidos y por tanto no necesitarían ser modificadas o ampliadas para poder suministrar la futura demanda del VE para el año 2030. El reparto de estas cargas se ha realizado de forma proporcional entre todas las LSBT, en un supuesto más desfavorable podría surgir la necesidad de que estas cargas no se repartieran de forma equilibrada, sino que toda la demanda de potencia para estas instalaciones se hiciera en una misma línea, para este caso se realiza el siguiente estudio, aplicado al portal 1 pero que tendría el mismo grado de aceptación sobre el resto de los portales.

Con esta tabla se pretende demostrar que las LSBT tienen capacidad incluso para un reparto desproporcionado de las cargas de los VE, ya que aun repartiendo el total de las plazas de garaje electrificadas (52) sobre un solo portal, se sigue cumpliendo el requisito de 150kW máximo por línea.

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
1	C.G.P.1 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	232,46	149,52
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	22	3,68	0,30	80,96	24,29		
2	C.G.P.2 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		

Tabla 17. Previsión de cargas portal 1 con 52 plazas electrificadas

En el caso más desfavorable en el que el total de las plazas para VE se necesitaran en una sola de las líneas, la instalación diseñada, no estaría preparada para soportarlo, pero se entiende este suceso como muy poco probable.

5.1.4 Red subterránea de MT

Sobre la red de MT que alimenta al CT objeto de estudio afectarán las 5.790,4 kVA, calculas en el *"aptdo. 5.1.3"*.

El cable a instalar para la LSMT será de aluminio con aislamiento HEPRZ1 y con sección de 240 mm^2 enterrado bajo tubo, por lo que tendrá una intensidad máxima admisible de 345 A, por lo tanto, este conductor soportará una potencia máxima de:

$$\underline{P\ max. = \ 9.560{,}92\ kVA}$$

Como la potencia máxima que soporta el conductor (9.560,92kVA), es mayor que la potencia instalada en la LSMT (5.790,4kVA), el cable empleado es el adecuado y además soportará el incremento de la carga.

5.1.5 Centro de transformación

La incidencia de la potencia sobre el CT será de 681,23 kVA, lo que supone 34,35 kVA más de lo previsto inicialmente. A pesar de este incremento de potencia sobre el CT, sigue existiendo capacidad en las 2 máquinas proyectadas inicialmente (2x400kVA).

5.1.6 Materiales básicos necesarios para cubrir la demanda

Como ya se ha estudiado en los *"aptdos. 5.1.3, 5.1.4 y 5.1.5"* la incidencia del incremento de la carga de esta urbanización sobre la ST, la LSMT, el CT y las LSBT diseñadas inicialmente, con la previsión de cargas que se realizó anteriormente *"aptdo. 2"* se ha comprobado que con las instalaciones diseñadas en el *"aptdo. 3.f"*, se puede alimentar el incremento de la demanda previsto, por lo que no existe variación en los materiales requeridos.

MATERIAL REQUERIDO	CANTIDAD	OTROS
LSBT	10	3(1x240)+1x150 mm2
LSMT	2	3x(1x240) mm2
TF 400kVA	2	2x400kVA
CBT	2	8 saldias

Tabla 18. Materiales requeridos por I-DE en 2030

5.2 Estudio a largo plazo

5.2.1 Previsión de cargas actualizada para el año 2050

Con el estudio realizado en el *"aptdo. 4.b"* se ha establecido que para alcanzar el objetivo establecido en el *"Real decreto Ley sobre el cambio climático y la transición energética (Ley 7/2021, del 20 de mayo)"*, se ha de alcanzar la neutralidad de emisiones de CO2 en el año 2050, por ello, para favorecer esta transición, el VE tiene un papel fundamental. Por lo tanto, se ha estimado que para el año 2050 la totalidad del parque automovilístico ha de ser 100% eléctrico.

Partiendo de estas premisas y aplicándolo al presente proyecto, se debe modificar la previsión de cargas de la urbanización, actualizando el 100% de las plazas de garaje (240), a plazas con punto de recarga para el VE. Por lo tanto, la previsión de cargas de la urbanización actualizada por portales y LSBT, queda de la siguiente forma:

- Portal 1

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
1	C.G.P.1 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	261,90	158,35
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
2	C.G.P.2 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		

Tabla 19. Previsión de cargas portal 1 para el año 2050

- Portal 2

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
3	C.G.P.1 Portal 2	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	261,90	158,35
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
4	C.G.P.2 Portal 2	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		

Tabla 20. Previsión de cargas portal 2 para el año 2050

- Portal 3

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
5	C.G.P.1 Portal 3	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	261,90	158,35
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
6	C.G.P.2 Portal 3	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		

Tabla 21. Previsión de cargas del portal 3 para el año 2050

- Portal 4

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
7	C.G.P. 1 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	261,90	158,35
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
8	C.G.P. 2 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
9	C.G.P. 3 Portal 4	P2	Depuradora	1	0,40	1,00	0,40	0,40	87,16	86,65
			Alumbrado Trasteros	120	0,06	64,80	7,20	3,89		
			Cuarto caldera	1	2,36	1,00	2,36	2,36		
			Caldera	3	7,00	1,00	21,00	21,00		
			Grupo presión	4	2,80	1,25	11,20	14,00		
			Alumbrado jardines	4000	0,01	1,00	40,00	40,00		
		P3	Local usos varios	1	5,00	1,00	5,00	5,00		
10	C.G.P. 4 Portal 4	P4	Motores puerta garaje	2	1,00	1,00	2,00	2,00	122,00	122,00
			Garaje	6000	0,02	1,00	120,00	120,00		

Tabla 22. Previsión de cargas portal 4 para el año 2050

Como se puede comprobar en las tablas anteriores, en todas las CGP 1 de los 4 portales existe exceso de carga, ya que se superan los 150kW de límite máximo por LSBT, aunque el exceso no es demasiado elevado (8,35kW/LSBT), es suficiente como para no cumplir la regla de protección del conductor contra sobrecargas, es decir:

I LSBT: Intensidad máxima que circulará por el conductor, según la potencia prevista.

$I_{f::}$ corriente convencional de fusión.

I_n: corriente asignada de un cartucho fusible (250A).

I_z: corriente admisible para los conductores cargados s/UNE 20460 -5-523 (305A).

$$I\ LSBT = \frac{P\ LSBT}{\sqrt{3} \times Ul \times cos\rho} = \frac{158{,}35}{\sqrt{3} \times 400 \times 0{,}9} = 253{,}95A$$

$$I\ LSBT\ \leq IF\ \leq 0{,}91\ Iz \rightarrow 253{,}95\ A\ \not\leq 250A \leq 277{,}55\ A$$

Por lo tanto, será necesario desdoblar estos 4 circuitos, para poder alimentar este exceso de carga.

5.2.2 Incidencia sobre la red

De acuerdo con lo establecido en el *"MT 2.03.20"* de I-DE y mientras que no exista otra legislación con rango superior a este manual, se establecen los siguientes coeficientes de simultaneidad en base a las experiencias acumuladas:

- Incidencia de la carga sobre la red de BT

Se determinará de acuerdo con lo establecido en la previsión de cargas y se le aplicará un coeficiente de simultaneidad de 1. Por lo tanto, la potencia que incide sobre la red de distribución de BT es de **1412,45 kW**.

- Incidencia de la carga sobre el CT

Esta potencia queda determinada por la suma aritmética de las potencias individuales, teniendo en cuenta los grados de electrificación recogidos en la *"ITC-BT-10"*, sin aplicar los coeficientes de simultaneidad.

La potencia total prevista para la instalación según la *"ITC-BT-10"*, pero sin aplicar los coeficientes de simultaneidad es de **2.250,36 kW**. El total de esta potencia se contemplará como viviendas ya que se trata de una urbanización destinada a viviendas, sin comercios ni oficinas.

$$P\ CT(kVA) = \frac{\Sigma\ Ps\ (kW) \times\ 0{,}4}{0{,}9} = \mathbf{1.000{,}16\ kVA}$$

- Incidencia de la carga sobre la red de AT

$$P\ LMT(kVA) = 0{,}85\ \times\ \Sigma \text{PCT (kVA)} = 850{,}14\ kVA$$

La red de MT tiene una distribución en anillo (para facilitar la reposición del suministro en caso de avería), aunque se explota de forma radial, lo que supone que además de soportar esta carga, el cable deberá soportar la carga del resto de CT que conforman el anillo y se estima que sobre esta línea de MT cuelgan otros 10 CTs de características similares y con potencia instalada semejante, por lo tanto, la potencia total que soporta esta línea de MT es de;

$$PT\ LSMT = 10\ \times\ 850{,}14\ kVA = \mathbf{8.501{,}4\ kVA}$$

- Incidencia de la carga sobre la ST

La afección de la carga del nuevo CT objeto de estudio sobre las barras de la ST es de:

$$P\ Barras(kVA) = 0{,}95\ \times\ \Sigma\text{PLMT (kVA)} = \mathbf{807{,}63\ kVA}$$

La potencia que incide sobre la ST queda limitada por los TF, que actualmente su índice de carga es muy bajo y por lo tanto existiría capacidad suficiente.

5.2.3 Red subterránea de BT

Como ya se ha determinado en el *"aptdo. 5.2.1"* de previsión de cargas, existen 4 LSBT que exceden el límite máximo de potencia por línea, por lo tanto, cuando ocurriese este incremento de la demanda habría que añadir 1LSBT más para cada uno de los 4 portales y habría que separar las cargas de forma equilibrada. A continuación, se desarrolla una nueva previsión de cargas para solucionar este problema:

- Portal 1, 2 y 3

  Los portales 1, 2 y 3 tendrían el mismo reparto de potencias y el mismo numero de LSBT para cada uno (3LSBT).

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
1	C.G.P.1 Portal 1	P1	Viviendas	10	9,20	8,50	92,00	78,20	179,10	116,03
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	20	3,68	0,30	73,60	22,08		
2	C.G.P.2 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
3	C.G.P.3 Portal 1	P1	Viviendas	5	9,20	4,60	46,00	42,32	82,80	53,36
		P5	Recarga VE	10	3,68	0,30	36,80	11,04		

Tabla 23. Previsión cargas portales 1, 2 y 3 adaptada para el año 2050

- Portal 4

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
10	C.G.P. 1 Portal 4	P1	Viviendas	10	9,20	8,50	92,00	78,20	179,10	116,03
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	20	3,68	0,30	73,60	22,08		
11	C.G.P. 2 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
12	C.G.P. 3 Portal 4	P1	Viviendas	5	9,20	4,60	46,00	42,32	82,80	53,36
		P5	Recarga VE	10	3,68	0,30	36,80	11,04		
13	C.G.P. 4 Portal 4	P2	Depuradora	1	0,40	1,00	0,40	0,40	87,16	86,65
			Alumbrado Trasteros	120	0,06	64,80	7,20	3,89		
			Cuarto caldera	1	2,36	1,00	2,36	2,36		
			Caldera	3	7,00	1,00	21,00	21,00		
			Grupo presión	4	2,80	1,25	11,20	14,00		
			Alumbrado jardines	4000	0,01	1,00	40,00	40,00		
		P3	Local usos varios	1	5,00	1,00	5,00	5,00		
14	C.G.P. 5 Portal 4	P4	Motores puerta garaje	2	1,00	1,00	2,00	2,00	122,00	122,00
			Garaje	6000	0,02	1,00	120,00	120,00		

Tabla 24. Previsión de cargas del portal 4 adaptada para el año 2050

En el caso del portal 4, también habría que añadir 1 LSBT para alimentar el exceso de potencia de la primera CGP, haciendo un total de 5 LSBT para alimentar la carga de este portal.

Como el esquema de instalación del punto de recarga del VE elegido es el "Esquema 2" (esquema en el cual la vivienda y la instalación de recarga comparten contador), se deciden desdoblar las líneas que alimentan a la CGP1 de cada uno de los portales de tal forma que; la CGP1 alimente a 10 viviendas, 20 plazas para VE y los servicios comunes de cada uno de los portales y la CGP3 alimente a las 5 viviendas restantes y sus 10 plazas de garaje. De esta forma la CGP1 se queda con una carga de 116,03 kW, con un cierto margen hasta los 150 kW máximos y la CGP3 se queda con una carga de 53,36 kW.

Como la CGP3 de cada uno de los portales tendría escasa carga esta podría alimentarse con un cable de XZ1 0.6/1 kV 3(1x150) + 1x90 mm^2, protegiéndose en el CBT del CT con fusibles de tipo cuchilla NH de 200A.

I LSBT → Intensidad máxima que circulará por el conductor, según la potencia prevista.

$I_{f::}$ corriente convencional de fusión.

I_n: corriente asignada de un cartucho fusible (200A).

I_z: corriente admisible para los conductores cargados s/UNE 20460 -5-523 (230A).

$$I\ LSBT = \frac{P\ LSBT}{\sqrt{3} \times Ul \times cos\rho} = \frac{53{,}36}{\sqrt{3} \times 400 \times 0{,}9} = 85{,}57A$$

$$I\ LSBT \leq IF \leq 0{,}91\ Iz \rightarrow \mathbf{85{,}57\ A \leq 200A \leq 209{,}3\ A}$$

Por lo tanto, la red subterránea de BT que alimente la urbanización quedaría formada por 14 LSBT, de las cuales 4 serían de 3(1x150) + 1x90 mm^2 y 10 LSBT 3(1x240) + 1x150 mm^2. Consiguientemente la red de BT no estaría preparada para este incremento de carga y habría que reforzarla con 4 nuevas LSBT de 150mm^2.

Por otra parte, habría que tener en cuenta que la CC dispusiera del espacio suficiente para poder incluir otra CGP alimentada por esta nueva línea, cumpliendo en cualquier caso las instrucciones oportunas incluidas en el REBT.

Además, se puede valorar otro esquema para la instalación de recarga del VE, "Esquema 1A y 1C" (se instala un contador principal en la CC y otro secundario en el propio punto de recarga o bien, los dos contadores en la CC). Con este esquema de instalación se podrían colgar las nuevas plazas de garaje de la LSBT 9 del portal 4 ya que tiene reducida carga, pero se impediría el esquema de instalación tipo 2, que se entiende que es más beneficioso para el usuario final, desde el punto de vista económico. Estos esquemas quedan descritos en el *"REBT-ITC-52 Infraestructura para la recarga de VE"*. A continuación, se adjuntan los esquemas básicos de las tres tipologías de instalación:

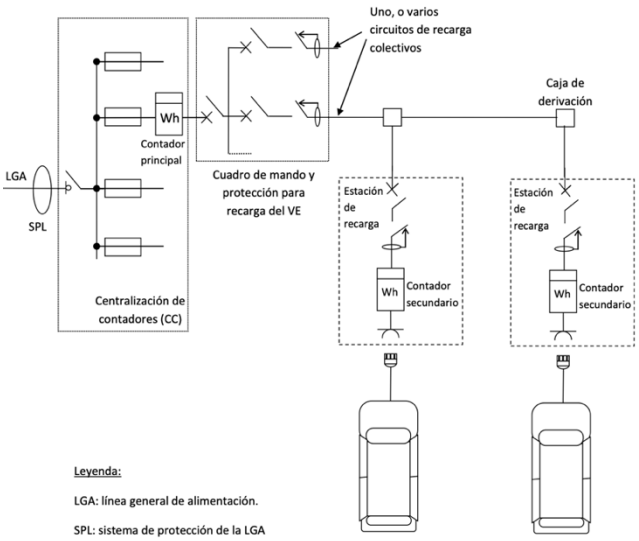


Figura 3. Esquema 1A. Instalación colectiva troncal con contador principal en la CC y contadores secundarios en las estaciones de recarga

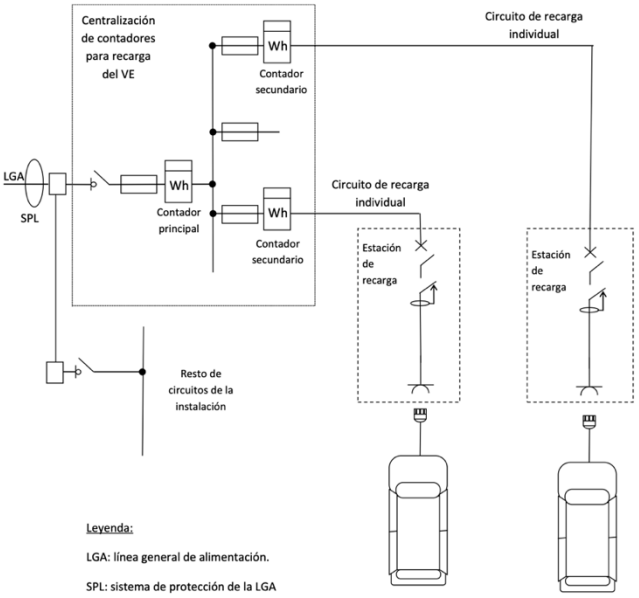


Figura 4. Esquema 1C: instalación colectiva con un contador principal y contadores secundarios individuales para cada estación de recarga

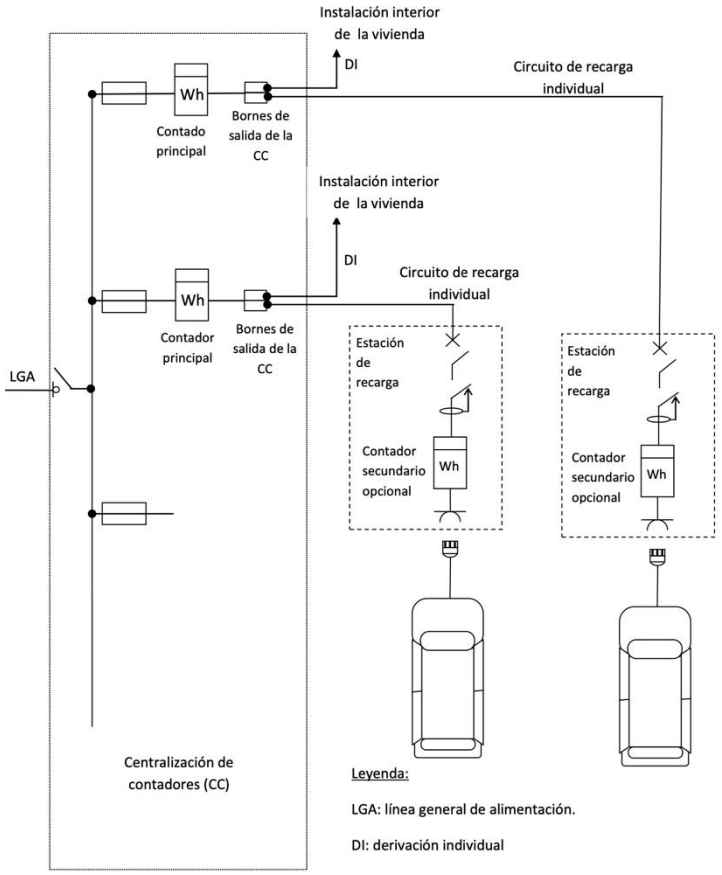


Figura 5. Esquema 2: instalación individual con un contador principal común para la vivienda y para la estación de recarga

A continuación, se realiza otro reparto de las cargas de los VE, de tal forma que se utilicen los recursos actuales de la instalación, empleando el *"Esquema 1"* y sin necesidad de instalar nuevas LSBT.

- Portales 1, 2 y 3

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
1	C.G.P.1 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	225,10	147,31
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	20	3,68	0,30	73,60	22,08		
2	C.G.P.2 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		

Tabla 25. Previsión de cargas para los portales 1, 2 y 3 en el año 2050, aplicando el esquema 1.

- Portal 4

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
7	C.G.P. 1 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	225,10	147,31
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	Recarga VE	20	3,68	0,30	73,60	22,08		
8	C.G.P. 2 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	248,40	142,60
		P5	Recarga VE	30	3,68	0,30	110,40	33,12		
9	C.G.P. 3 Portal 4	P2	Depuradora	1	0,40	1,00	0,40	0,40	234,36	130,81
			Alumbrado Trasteros	120	0,06	64,80	7,20	3,89		
			Cuarto caldera	1	2,36	1,00	2,36	2,36		
			Caldera	3	7,00	1,00	21,00	21,00		
			Grupo presión	4	2,80	1,25	11,20	14,00		
			Alumbrado jardines	4000	0,01	1,00	40,00	40,00		
		P3	Local usos varios	1	5,00	1,00	5,00	5,00		
		P5	Recarga VE	40	3,68	0,30	147,20	44,16		
10	C.G.P. 4 Portal 4	P4	Motores puerta garaje	2	1,00	1,00	2,00	2,00	122,00	122,00
			Garaje	6000	0,02	1,00	120,00	120,00		

Tabla 26. Previsión de cargar para el portal 4 en el año 2050, aplicando el esquema de 1

Como se puede comprobar gracias al esquema 1, no sería necesario ampliar la instalación de BT inicialmente diseñada. Se repartirían 20 puntos de carga en la CGP 1 de los cuatro portales, 30 en la CGP 2 y sobre la CGP 3 del portal 4 se instalarían 40 puntos de recarga. Este esquema facilita la instalación de nuevos puntos de recarga, pero tiene ciertas ventajas e inconvenientes respecto al esquema tipo 2, que se explican en el *"aptdo. 6. Conclusiones"* del presente documento.

5.2.4 Red subterránea de MT

Sobre la red de MT que alimenta al CT objeto de estudio afectarán las 8.501,4 kVA, calculas en el *"aptdo. 5.2.2"*.

El cable a instalar para la LSMT será de aluminio con aislamiento HEPRZ1 y con sección de 240 mm^2 enterrado bajo tubo, por lo que tendrá una intensidad máxima admisible de 345 A, por lo tanto, este conductor soportará una potencia máxima de: $\underline{P\ max. = \ 9.560{,}92\ kVA}$

Como la potencia máxima que soporta el conductor (9.560,92kVA), es mayor que la potencia instalada en la LSMT (8.501,4 kVA), el cable empleado soportará el incremento de la carga.

5.2.5 Centro de transformación

La incidencia de la potencia sobre el CT será de 1.000,16 kVA, lo que supone 353,28 kVA más de lo proyectado inicialmente. Este incremento de potencia excede la potencia instalada entre las 2 máquinas del CT (2X400kVA), por lo que sería necesario sustituir al menos 1 de los TF por una máquina de 630kVA.

5.2.6 Materiales básicos necesarios para cubrir la demanda

Como ya se ha estudiado en los *"aptdos. 5.2.3, 5.2.4 y 5.2.5"* la incidencia del incremento de la carga de esta urbanización debida a la electrificación del total de las plazas de garaje provocaría unas modificaciones importantes sobre, el CT y las LSBT diseñadas inicialmente. Los materiales o equipos necesarios para cubrir esta demanda son los siguientes:

MATERIAL REQUERIDO	INICIALMENTE		MATERIALES ADICIONALES AÑO 2050 (Esquema 2)		MATERIALES ADICIONALES AÑO 2050 (Esquema 1)	
	CANTIDAD	OTROS	CANTIDAD	OTROS	CANTIDAD	OTROS
LSBT (150mm2)	0	-	4	3(1x150)+1x90 mm2	0	-
LSBT (240mm2)	10	3(1x240)+1x150 mm2	0	-	0	-
LSMT	2	3x(1x240) mm2	0	-	0	-
TF 400kVA	2	2x400kVA	0	-	0	-
TF 630kVA	0	-	1	1x630kVA	1	1x630kVA
CBT (8 salidas)	2	CBT-EAS-ST-SL-1600-8	0	-	0	-

Tabla 27. Materiales adicionales para cubrir el incremento de la demanda en el año 2050

En la última columna se pueden visualizar los materiales o equipos que habría que añadir/modificar a las instalaciones inicialmente diseñadas para cubrir la demanda prevista para el año 2050. Además de esos materiales o equipos habría que añadir la mano de obra necesaria para su instalación, así como las canalizaciones o calas necesarias para instalar las nuevas LSBT. A pesar de todos los materiales que habría que modificar/instalar, se podría considerar como una obra menor, ya que no sería necesario modificar, el emplazamiento del CT, ni las LSMT y tampoco haría falta realizar una obra civil de gran envergadura para poder alimentar esta futura carga.

6. Conclusiones, dificultades y soluciones.

Como conclusiones del presente proyecto se pretende responder a los objetivos planteados en el anteproyecto, acerca de la capacidad de la red de distribución sobre la evolución del VE. A continuación, se plantean los objetivos, así como también sus resultados:

o Conocimiento y evaluación de la red de distribución que se está desarrollando en la actualidad y en un futuro cercano.

Como se ha podido comprobar a lo largo del desarrollo del presente documento, la red de distribución que se está desarrollando actualmente está considerablemente sobredimensionada, de tal forma que permita un crecimiento vegetativo de la demanda de energía eléctrica, sin necesidad de modificar las instalaciones. Las instalaciones eléctricas que se engloban en el presente documento se diseñan atendiendo a una vida útil de 40 años, entendiendo como vida útil, la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual fue diseñado. Partiendo de este dato y conociendo los objetivos de descarbonización impuestos en la *Ley de cambio climático y transición energética (Ley 7/2021, del 20 de mayo)*, para el presente documento se han definido dos periodos, uno de medio alcance de 10 años y otro de largo alcance de 29 años, para el estudio de la evolución del VE y de las redes eléctricas.

- En el periodo temporal medio de 10 años, se ha concluido que; pasado este tiempo y haciendo una estimación de la posible demanda de las estaciones de recarga en el futuro, mediante herramientas matemáticas, las instalaciones inicialmente diseñadas tendrían capacidad suficiente para hacerse con esta carga, sin necesidad de modificar ningún elemento.
- Por otro lado, en el periodo temporal lago de 29 años, estableciendo un escenario en el que el parque automovilístico sea completamente eléctrico, se concluye que; ante estas circunstancias las instalaciones diseñadas inicialmente tendrían una capacidad condicionada para alimentar estas cargas, ya que sería necesario realizar unas reformas de pequeña o mediana magnitud, según el esquema de instalación empleado, para poder suministrar energía a estas cargas.

Por todo esto se puede evaluar la red de distribución con buena capacidad de respuesta ante un incremento de la demanda a medio plazo, mientras que, para el largo plazo, las instalaciones tendrán una buena capacidad, condicionada al método de instalación empleado.

- Aceptación del VE y sus puntos de recarga en la red en un futuro próximo.

Como ya se ha descrito en el punto anterior, la red de distribución que se está desarrollando en este momento tiene capacidad suficiente a medio plazo para un incremento de la demanda de potencia, debido a puntos de recarga de VE de dominio privado. Este incremento de potencia para el cual las instalaciones están preparadas se tasa en un 11,55%, que se prevé que se alcanzará en 2030.

Ahora se va a estudiar hasta que porcentaje se podría aumentar el número de puntos de carga para VE en la urbanización objeto de estudio, sin necesidad de modificar las instalaciones de distribución y empleando el esquema de instalación tipo 2, descrito anteriormente. También se va a proceder a estimar en que año podría suceder esto, según el método matemático empleado.

Realizando un reparto equilibrado de las plazas de garaje con instalación de punto de recarga para el VE, la previsión de cargas por LSBT y portal se podría repartir de la siguiente manera:

- Portales 1, 2 y 3

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
1	C.G.P.1 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	203,02	140,69
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	**Recarga VE**	**14**	3,68	0,30	51,52	15,46		
2	C.G.P.2 Portal 1	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	193,20	126,04
		P5	**Recarga VE**	**15**	3,68	0,30	55,20	16,56		
			TOTAL VE x 3P	**87**				TOTAL	396,22	266,73

Tabla 28. Previsión de cargas portales 1, 2 y 3, maximizando el numero de VE

- Portal 4

LÍNEA	DESTINO	PREVISIÓN DE CARGAS	USO	Nº	POTENCIA INDIVIDUAL (kW)	COEFICIENTES	POTENCIA PARCIAL INSTALADA (kW)	POTENCIA PARCIAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kW)	POTENCIA TOTAL LSBT (kW) (con coef. ITC-BT-10)
7	C.G.P. 1 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	203,02	140,69
		P2	Ascensor (ITA-2)	1	7,50	1,30	7,50	9,75		
			Alumbrado portal	1	1,40	1,00	1,40	1,40		
			Alumbrado escalera	1	0,10	1,00	0,10	0,10		
			Bases usos varios	1	2,50	1,00	2,50	2,50		
			Alimentación RITI	1	2,00	1,00	2,00	2,00		
		P5	**Recarga VE**	**14**	3,68	0,30	51,52	15,46		
8	C.G.P. 2 Portal 4	P1	Viviendas	15	9,20	11,90	138,00	109,48	193,20	126,04
		P5	**Recarga VE**	**15**	3,68	0,30	55,20	16,56		
9	C.G.P. 3 Portal 4	P2	Depuradora	1	0,40	1,00	0,40	0,40	87,16	86,65
			Alumbrado Trasteros	120	0,06	64,80	7,20	3,89		
			Cuarto caldera	1	2,36	1,00	2,36	2,36		
			Caldera	3	7,00	1,00	21,00	21,00		
			Grupo presión	4	2,80	1,25	11,20	14,00		
			Alumbrado jardines	4000	0,01	1,00	40,00	40,00		
		P3	Local usos varios	1	5,00	1,00	5,00	5,00		
10	C.G.P. 4 Portal 4	P4	Motores puerta garaje	2	1,00	1,00	2,00	2,00	122,00	122,00
			Garaje	6000	0,02	1,00	120,00	120,00		
			TOTAL VE x 3P	**29**				TOTAL	605,38	475,37

Tabla 29. Previsión de cargas portal 4, maximizando el numero de VE

El número total de plazas de garaje con punto de recarga para VE que se podrían llegar a instalar, cumpliendo en todo momento el requisito de que las LSBT no sobrepasen los 150kW, es de 116 plazas, un 48,3% del total y un 38,3% más de lo previsto inicialmente.

El otro parámetro que habría que comprobar sería la incidencia sobre el CT que, con el aumento del VE, supondrían 797,35 kVA. Inicialmente se había diseñado el CT con dos máquinas de 400 kVA cada una, por lo tanto, habría potencia suficiente, pero es este factor el que nos limita la instalación de más puntos de recarga.

Ahora se comprobará la evolución del VE, para estimar en que año se podría llegar a alcanzar el 48,3% de matriculaciones de VE.

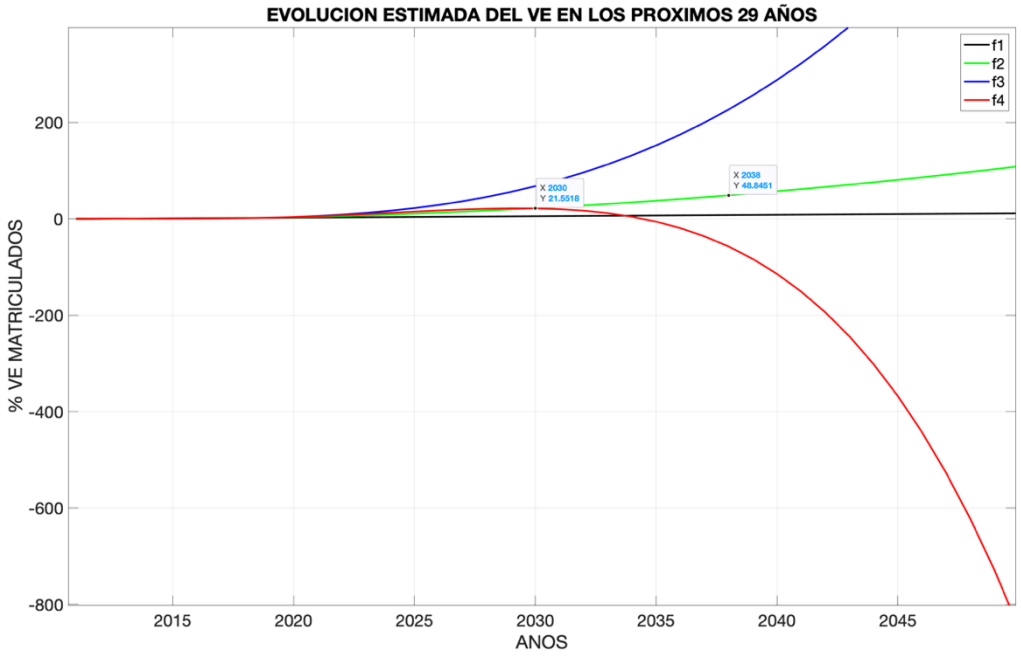


Figura 6. Evolución del VE en España en los próximos 29 años

Como se puede comprobar en este gráfico el nivel de matriculaciones de VE del 48,3%, se podría alcanzar en el año 2038, en el caso de que las matriculaciones anuales siguieran la función de grado 2 obtenida a partir de las matriculaciones actuales.

Como conclusión a este apartado se puede determinar que con las instalaciones que se están diseñando en este momento, aplicando el esquema de instalación de tipo 2 y sin necesidad de realizar ninguna modificación en la red de distribución, existiría capacidad suficiente para alimentar el crecimiento de un 38,3% en las instalaciones de recarga del VE de uso doméstico de la instalación objeto de estudio, situándose estas instalaciones en un 48,3% del total de las plazas de garaje diseñadas y que por lo tanto, estas instalaciones podrían llegar al año 2038, sin necesidad de realizarse ninguna modificación en ellas.

Por otra parte, como también se ha comprobado en el *"aptdo. 5.2.3"* del presente documento, en el caso de que se instalaran las estaciones de recarga mediante el esquema tipo 1, podría llegar a instalarse el 100% de las plazas de garaje con punto de recarga y no sería necesaria ninguna modificación en las instalaciones.

- Posibles requisitos o características que puedan dificultar el crecimiento del VE.

Se ha comprobado a lo largo del desarrollo del proyecto que las principales limitaciones que aparecen ante el crecimiento de la demanda de potencia eléctrica surgen principalmente en la potencia máxima de las LSBT y en la potencia de los transformadores. La solución a estas dos limitaciones parte por desdoblar las LSBT e introducir nuevas líneas y la sustitución del transformador por uno de mayor potencia. A nivel técnico las LSBT suponen un mayor inconveniente, ya que requieren de obra civil para realizar las calas para alojar los tubos y conductores, y en algunos casos puede suponer un problema en cuanto al dimensionamiento de la CC. Por otra parte, la sustitución del transformador por uno de mayor potencia no supone un gran esfuerzo, ya que el CT está diseñado para facilitar la sustitución por un transformador.

Como solución a la limitación que implican las LSBT se plantean 2 posibles soluciones:

- El diseño de las LSBT con un coeficiente de seguridad que permita el crecimiento de las instalaciones de recarga de VE, sin necesidad de modificar las líneas. Este coeficiente se puede determinar partiendo del incremento de potencia que puede aparecer durante el periodo largo de estudio.
- Normalización de fusibles de protección para las LSBT de mayor calibre a los actuales normalizados en el manual técnico, ya que como indica la *"tabla 9"* del presente documento, la corriente máxima que puede soportar un conductor de 240mm^2 enterrado bajo tubo es de 305A. Si se normalizaran los fusibles de mayor intensidad, seguiría cumpliéndose la condición de protección contra sobrecargas y permitirían un aumento en la potencia demandada.

  I_{LSBT}: Intensidad máxima que circulará por el conductor, según la potencia prevista.

  I_f: Corriente convencional de fusión.

  I_z: Corriente admisible para los conductores cargados s/UNE 20460 -5-523 (305A).

  $I_{LSBT} \leq I_f \leq 0{,}91\ Iz \rightarrow I_{LSBT}\ A\ \leq I_f\ A \leq (305 \times 0{,}91)\ A$

  $I_{LSBT}\ A\ \leq I_f\ A \leq\ 277{,}55\ A \rightarrow \mathbf{270\ A\ \leq 275\ A \leq\ 277{,}55\ A}$

  Por lo tanto, una opción válida desde el punto de vista de protección de la línea contra sobrecargas sería la siguiente:

  I_f: 275 A $\quad$ I_{LSBT}: 270A $\rightarrow Pmax._{LSBT} = 400V \times \sqrt{3} \times 270A \times 0{,}9 = 168{,}36\ kW$

  Como conclusión se puede establecer qué; si se normalizaran fusibles de mayor intensidad, se podrían ganar 18,36 kW por cada línea de 240 mm^2, a falta de analizar los requerimientos de protección contra cortocircuito y contra la caída de tensión en la línea. Con estos 18,36 kW podrían alimentarse 16 plazas de garaje con recarga para el VE teniendo en cuenta una potencia de 3,68kW y un coeficiente de 0,3 debido al SPL.

- Posibles soluciones o modificaciones a los requisitos impuestos por la distribuidora para preparar la red del futuro.

1. Una de las posibles soluciones que se puede plantear ante el futuro crecimiento de la demanda de energía eléctrica, sería el sobredimensionamiento de todas las instalaciones de la red de distribución. Aunque actualmente estas instalaciones ya se encuentran en cierta medida sobredimensionadas, deberían dimensionarse con la capacidad suficiente para dar respuesta y facilitar la introducción del VE. Esto supone un mayor desembolso económico y un aumento del trabajo de diseño de las instalaciones, que, según el estudio realizado en este apartado de conclusiones, hasta al menos el año 2038 no empezaría a darse uso.
2. Otra posible solución que se está estudiando actualmente, sería el desarrollo de un sistema de supervisión de las LSBT, similar al SPL, que comunique con los cargadores del VE y adapte la recarga de estos en función del nivel de demanda y la capacidad de la línea, para no saturarla. Actualmente se están instalando equipos para la supervisión avanzada de las líneas de BT, pero no se ha implementado todavía ningún sistema que permita comunicarse con el cargador para adaptar la carga de este. Esta solución implica un importante reto a nivel de desarrollo, pero facilitaría en gran medida la introducción del VE. Este sistema no necesitaría una importante modificación en las instalaciones, ya que se podría utilizar la comunicación PRIME para comunicar con los cargadores y actualmente la demanda de energía en horas valle, como puede ser la noche, es escasa, lo que permite que las redes dispongan de una alta capacidad de suministro.

- Ventajas e inconvenientes de los diferentes esquemas de instalación de la estación de recarga, respecto de la instalación diseñada.

La instalación diseñada presenta ciertas facilidades y dificultades ante la instalación de los esquemas 1A, 1C y 2, descritos en el *"aptdo. 5.2.3"* del presente documento. A continuación, se enumeran y valoran:

Ventajas esquema 1:

- No es necesaria la modificación de la red de distribución de BT.
- Se reducen los tiempos de puesta en servicio.
- El desembolso económico inicial por parte del usuario final se reduce considerablemente.
- Mayor potencia disponible para la recarga del VE, ya que el consumo de la vivienda no depende del mismo contador que el consumo del cargador.

Inconvenientes esquema 1:

- Mayor número de contadores en la instalación.
- Existe la posible necesidad de tener que ampliar los módulos de la CC para incluir los nuevos contadores.
- Mayor coste económico a largo plazo para el consumidor final, ya que, al necesitar contadores adicionales, habrá que abonar mensualmente el coste del alquiler de equipo y el termino de la potencia.

Ventajas esquema 2:

- El consumidor final cuenta con 1 solo contador para su vivienda y para la estación de recarga, por lo que el gasto mensual de la factura eléctrica se reduce.
- Mayor ahorro económico a largo plazo.
- Las LSBT estarían menos cargadas y tendrían mayor capacidad para futuras ampliaciones de potencia.

Inconvenientes esquema 2:

- Es necesario ampliar la red de BT, añadiendo nuevas LSBT y CGP a la instalación.
- Aumentan los tiempos para la puesta en servicio de las estaciones de recarga, ya que hay dependencia con la instalación de las nuevas LSBT y CGP.
- El desembolso económico inicial por parte del usuario final es mayor.
- Menor potencia disponible, ya que el consumo de la viviendas y de la estación de recarga parten del mismo contador.

- Viabilidad de alimentar una estación de carga de dominio público o privado, conociendo las curvas de cargas de las instalaciones existentes.

Partiendo de los datos reales obtenidos de un CT instalado en la misma zona que el CT objeto de estudio y con características similares, se va a proceder a estudiar la viabilidad de instalar una estación de recarga, conocidas las curvas de carga del CT.

Características del CT:

- Nombre: CT Alcalá
- Fecha de puesta en servicio: 27/11/2020
- Celdas MT: 2 Celdas de línea + 1 de protección
- Transformador: 1x630kVA
- CBT: CBT-EAS-ST-SL-1600-8 (8 salidas porta fusibles para LSBT)
- LSBT: 8 líneas (3x240mm^2 + 1x150mm^2)

Disponibilidad del CT:

- Potencia nominal: 630kVA
- Nº Clientes: 112
- Potencia contratada: 558,15 kW

Curvas de carga del TF:

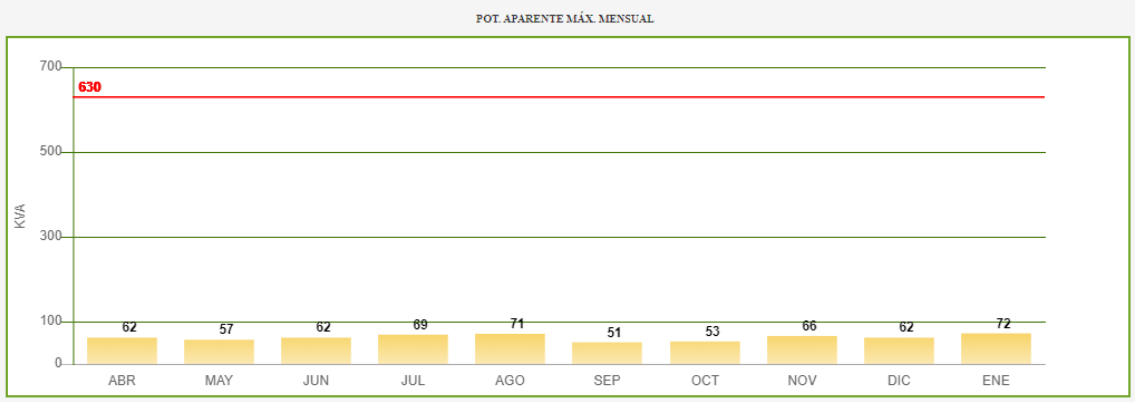


Figura 7. Potencia aparente máxima consumida mensualmente de Abril del 2021 a Enero 2022

Con esta gráfica se puede comprobar como a pesar de que la potencia contratada en este CT son 558,15kW, existe un margen muy amplio hasta los 72 kVA de potencia máxima aparente consumida. Ahora se va a comprobar la curva de consumo en los días de mayor demanda:

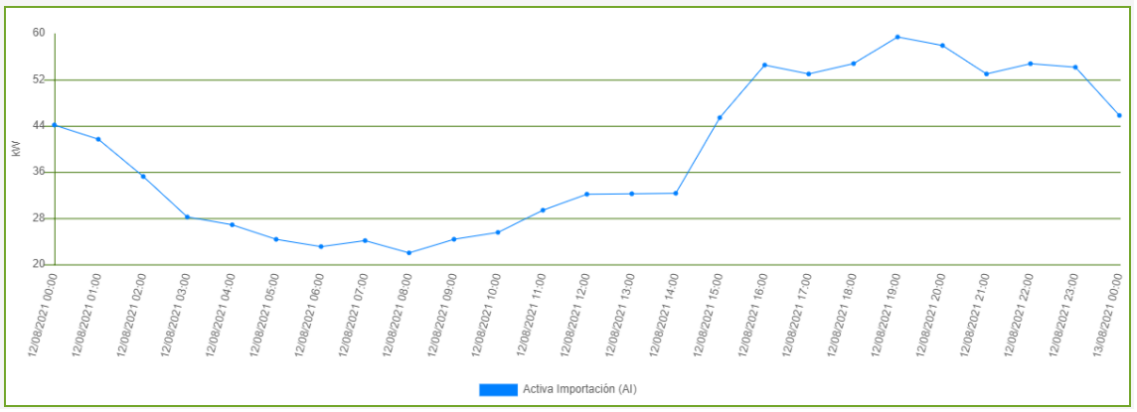


Figura 8. Curva de consumo por horas para el día 12 de Agosto del 2021 (Jueves laborable)

El día 12 de Agosto, fue el día con mayor carga de todo el verano.

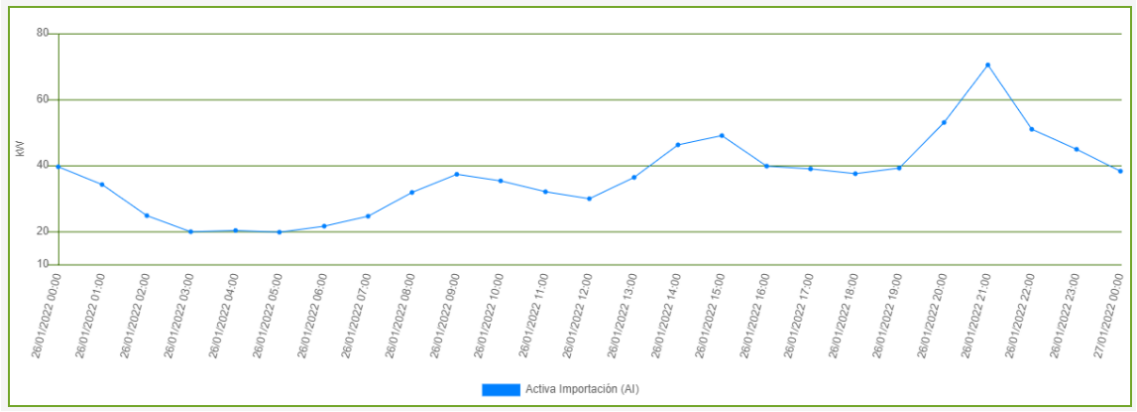


Figura 9. Curva de consumo por horas para el día 26 de Enero del 2021(Martes laborable)

Durante el día 26 de Enero del 2021, tuvo lugar el día con mayor consumo de todo el invierno y del año 2021. Este día además fue un día laborable.

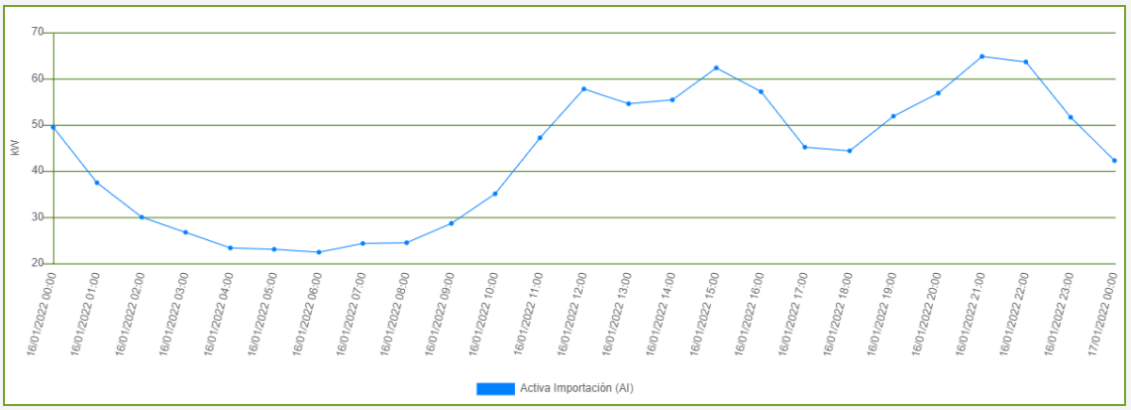


Figura 10. Curva de consumo por horas para el día 16 de Enero del 2021 (Domingo)

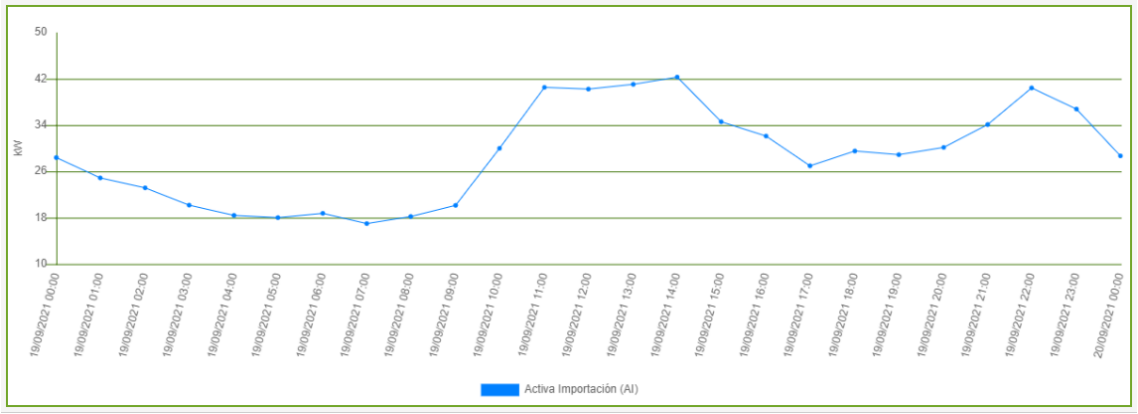


Figura 11. Curva de consumos por horas del 19 de Septiembre del 2021 (Domingo)

Por último, la figura 11, muestra la curva de consumos horarios del 19 de Septiembre, un día festivo, que además coincide con el día de menos carga de todo el año.

Con estas gráficas se puede estudiar la evolución en la demanda dependiendo de si es un día festivo o laborable y si es invierno o verano, que son los márgenes temporales que más afectan al consumo. Evaluando estos datos se puede determinar que:

- Pot. Max. consumida: 72 kVA
- Pot. Min. consumida: 17 kVA

Evaluando el verano:

- Horario valle (laborable): 3:00-10:00
- Consumo horario valle (laborable): <28kVA
- Horario valle (festivo): 3:00-9:00
- Consumo horario valle (festivo): <20kVA

Ahora se evalúa el invierno:

- Horario valle (laborable): 2:00-7:00
- Consumo horario valle (laborable): <25kVA
- Horario valle (festivo): 3:00-8:00
- Consumo horario valle (festivo): <25kVA

Con estos datos se puede determinar que, durante todo el año en el margen horario de 3:00 a 7:00 de la madrugada, el consumo horario de este CT es inferior a 28kVA, suponiendo un consumo equilibrado entre los 112 clientes que tenía este CT, se puede justificar que estos 112 clientes tendrían la posibilidad de utilizar un cargador eléctrico privado en el margen horario de 3:00 a 7:00, con una potencia de hasta:

$$P.Cargador = \frac{(630-28)kVA}{112} = 5{,}37kVA$$

En estas 4h, se cargarían 21,5kWh las baterías de los VE, que es suficiente para un usuario medio que recorra 100 km diariamente.

Por otra parte, para la instalación de una estación de recarga pública, habría que observar el máximo consumo que ha tenido este CT, 72kVA. Con este dato, se obtiene un margen de, 558 kVA disponibles en el TF.

Actualmente se están instalando puntos de recarga con capacidad de 50 kVA (carga rápida), 150 kVA (carga súper rápida) y 350kVA (carga ultra rápida). Con estos datos se pueden tener las siguiente posibles soluciones:

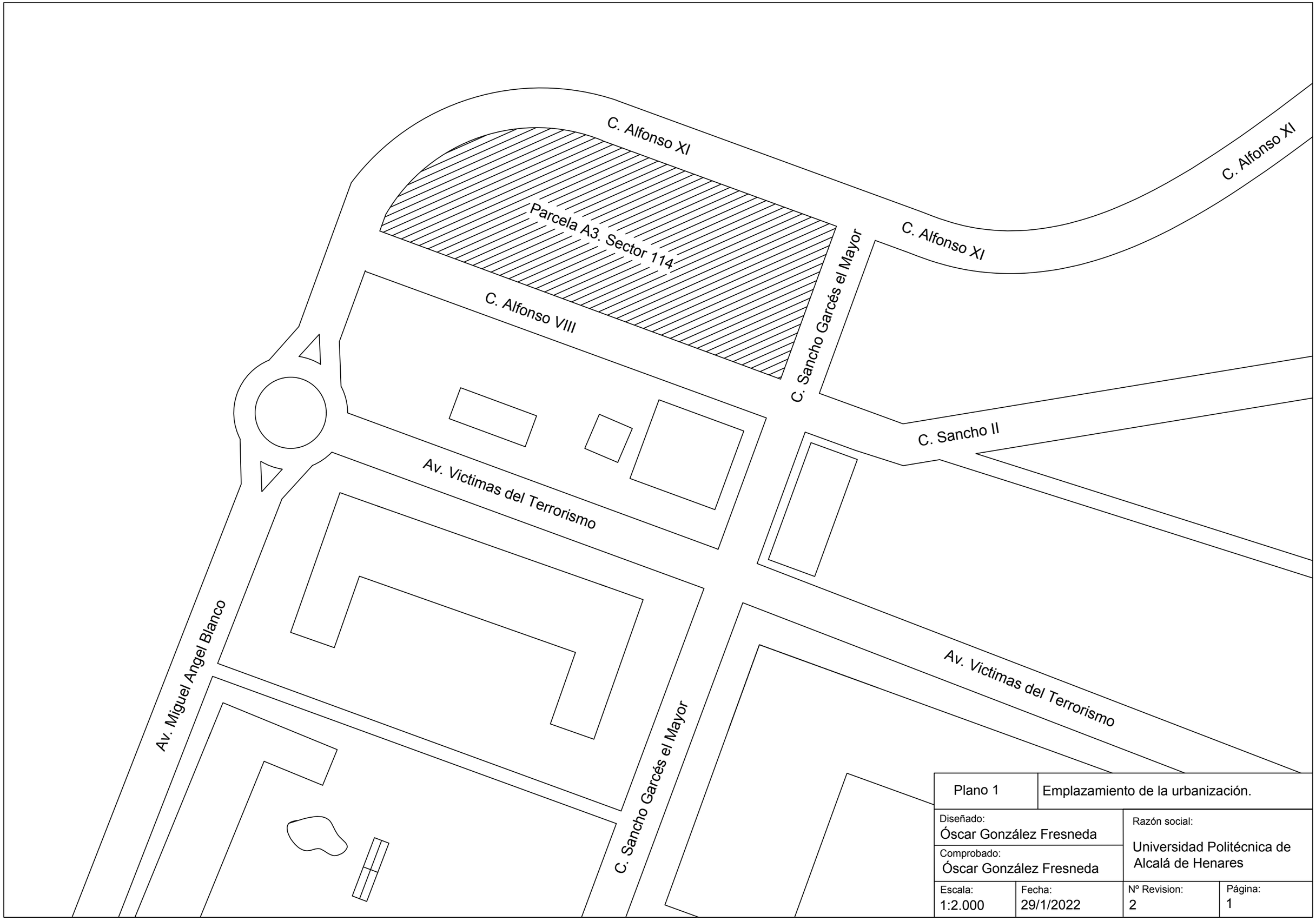
Cargadores rápidos (50 kVA)	11 u.
Cargadores súper rápidos (150 kVA)	3 u.
Cargadores ultra rápidos (350 kVA)	1 u.

Tabla 30. Número cargadores, según potencia disponible.

Partiendo de esta tabla y entendiendo que se trata de una zona residencial y por tanto los usuarios pasaran gran parte de su tiempo, los cargadores más interesantes a instalar son los de 50 kVA. Por tanto, se podrían instalar 11 cargadores de este tipo, sin afectar a los usuarios actuales, ya que habría potencia suficiente para cubrir los picos de demanda.

7. Planimetría

Plano 1. Emplazamiento del edificio



Plano 1	Emplazamiento de la urbanización.		
Diseñado: Óscar González Fresneda		Razón social: Universidad Politécnica de Alcalá de Henares	
Comprobado: Óscar González Fresneda			
Escala: 1:2.000	Fecha: 29/1/2022	Nº Revision: 2	Página: 1

Plano 2. Plano de distribución de la urbanización

C. Alfonso XI

CT

LOCAL USOS VARIOS

VIVIENDA B | VIVIENDA C | VIVIENDA D | VIVIENDA E

VIVIENDA A | EDIFICIO 1 | VIVIENDA F

CUARTO PISCINA

VESTUARIOS

PISCINA

ZONA RECREATIVA

VIVIENDA A | VIVIENDA B

EDIFICIO 2

VIVIENDA C | VIVIENDA D | VIVIENDA E | VIVIENDA F

C. Sancho Garcés el Mayor

VIVIENDA A | EDIFICIO 4 | VIVIENDA F

VIVIENDA B | VIVIENDA C | VIVIENDA D | VIVIENDA E

VIVIENDA A | EDIFICIO 3 | VIVIENDA F

VIVIENDA B | VIVIENDA C | VIVIENDA D | VIVIENDA E

CUARTO DE CALDERAS

C. Alfonso VIII

Plano 2	Distribución de la urbanización.
Diseñado: Óscar González Fresneda	Razón social: Universidad Politécnica de Alcalá de Henares
Comprobado: Óscar González Fresneda	
Escala: 1:1.700	Fecha: 29/1/2022
Nº Revision: 2	Página: 1

Plano 3. Plano planta entronque LSMT

LEYENDA

CT E istente

CT Proyectado

LSMT E istente

LSMT Proyectada
HEPRZ1 12/20 V
3 1 240 mm2

Empalme MT proyectado

C. Alfonso XI

Parcela A3.
Sector 114

C. Alfonso VIII

C. Sancho Garcés el Mayor

Av. Victimas del Terrorismo

Plano 3	Plano entron ue LSMT en red e istente.
Diseñado: Óscar González Fresneda	Razón social: Universidad Politécnica de Alcalá de Henares
Comprobado: Óscar González Fresneda	
Escala: 1:1.000	Fecha: 29/1/2022
Nº Revision: 2	Página: 3

Plano 4. Plano de distribución de la red de BT

LEYENDA

- Caja General de Protección
- Linea de distribución de BT
- Linea General de Alimentación

C. Alfonso XI

C. Sancho Garcés el Mayor

C. Alfonso VIII

CT

CGP1 P1

CGP2 P1

LOCAL USOS VARIOS

VIVIENDA B

VIVIENDA C

VIVIENDA D

VIVIENDA E

EDIFICIO 1

VIVIENDA A

VIVIENDA F

CUARTO PISCINA

VESTUARIOS

PISCINA

ZONA RECREATIVA

VIVIENDA A

VIVIENDA B

VIVIENDA C

VIVIENDA D

EDIFICIO 2

VIVIENDA F

VIVIENDA E

CGP1 P2

CGP2 P2

VIVIENDA A

VIVIENDA F

EDIFICIO 4

VIVIENDA B

VIVIENDA C

VIVIENDA D

VIVIENDA E

CUARTO DE CALDERAS

CGP1 P4

CGP2 P4

CGP3 P4

CGP4 P4

VIVIENDA A

VIVIENDA F

EDIFICIO 3

VIVIENDA B

VIVIENDA C

VIVIENDA D

VIVIENDA E

CGP1 P3

CGP2 P3

Plano 4	Distribución de la red subterránea de BT.

Diseñado: Óscar González Fresneda		Razón social: Universidad Politécnica de Alcalá de Henares	
Comprobado: Óscar González Fresneda			
Escala: 1:1.700	Fecha: 29/1/2022	Nº Revision: 2	Página: 4

8. Apéndice

- Presupuesto

En este anexo se detalla el presupuesto para la realización de este proyecto. El presupuesto está formado por los siguiente puntos:

- Costes operativos.

- Gastos directos.

- Coste por uso de equipos y software.

- Gastos indirectos.

El tiempo de ejecución de este proyecto ha sido de 3 meses, incluyendo el tiempo necesario para el aprendizaje y la documentación del tema tratado. Para este proyecto se ha empleado un ingeniero industrial a tiempo completo.

i. Costes operativos

- Ingeniero industrial con amplios conocimientos en el sector eléctrico. Con un salario bruto de 37.900 €/año.

- Gastos de Seguridad Social y otros seguros de responsabilidad civil para el ingeniero contratado.

RECURSOS EMPLEADOS	DESCRIPCIÓN DEL RECURSO	TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	PRECIO UNITARIO (€/DÍA)	DESCRIPCIÓN PRECIO	COSTE TOTAL
COSTOS OPERATIVOS	Ingeriero tecnico industrial / electrico (experiencia en el sector electrico)	90	103,83 €	Salario bruto ingeniero 37.900€/año	9.344,70 €
	Costes S.S. y otros seguros	90	36,34 €	Gastos por la SS y otros (35% del salario total del ingeniero)	3.270,65 €
				COSTE TOTAL	**12.615,35 €**

Tabla 31. Costos operativos

ii. Gastos directos

- Documentación necesaria para la investigación.

- Obtención de normativas UNE.

- Ordenador portátil HP ProBook 470 G5, con procesador Intel Core i7-8550U, 16 GB de RAM, disco duro-SATA de 1TB y tarjeta gráfica NVIDIA GeForce 930MX.

RECURSOS EMPLEADOS	DESCRIPCIÓN DEL RECURSO	TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	PRECIO UNITARIO (€/DÍA)	DESCRIPCIÓN PRECIO	COSTE TOTAL
GASTOS DIRECTOS	Gastos de documentos relacionados con la investigación.	1	500,00 €		500,00 €
	Gastos para la obtención de normativa y normas UNE	1	100,00 €	Precio por cada norma. Necesaria norma UNE-HD 60364-5-2	100,00 €
	Ordenador portatil (min. 16 GB RAM)	90	2,06 €	Ordenador de leasing (61,76 €/mes con contrato de 18 meses)	185,40 €
				COSTE TOTAL	**785,40 €**

Tabla 32. Gastos directos

iii. Costes por uso de equipos y software

- Software matemático MATLAB, licencia anual para 1 ordenador.
- Sistema operativo Windows 10, licencia anual para 1 ordenador.
- Licencia Microsoft Office, licencia de un año para 1 ordenador.

RECURSOS EMPLEADOS	DESCRIPCIÓN DEL RECURSO	TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	PRECIO UNITARIO (€/DÍA)	DESCRIPCIÓN PRECIO	COSTE TOTAL
SOFTWARE	Licencia Office	90	0,82 €	299,3 €/licencia	73,80 €
	Licencia Matlab	30	2,19 €	800€/licencia	65,70 €
	Licencia Windows 10	90	0,71 €	259€/ordenador	63,81 €
				COSTE TOTAL	**203,31 €**

Tabla 33. Gastos por el software empleado

iv. Gastos indirectos

- Costes asignados al edificio por utilización de luz, agua y otros.
- Gastos por la utilización de un puesto de trabajo en un edificio de oficinas determinado.
- Otros imprevistos que pudieran surgir durante la realización del proyecto se estiman en un 15% del total del presupuesto.

RECURSOS EMPLEADOS	DESCRIPCIÓN DEL RECURSO	TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	PRECIO UNITARIO (€/DÍA)	DESCRIPCIÓN PRECIO	COSTE TOTAL
GASTOS INDIRECTOS	Luz, Agua, energía	90	3,53 €	Precio estimado de consumo energético	317,70 €
	Disponibilidad puesto trabajo	90	5,00 €	Coste por el espacio en una oficina	450,00 €
	Imprevistos	0,15		15% del total de los gastos	115,16 €
				COSTE TOTAL	**882,86 €**

Tabla 34. Gastos indirectos

Este proyecto tiene un coste total de consultoría aproximado de **16.527,52€ + IVA (21%) a fecha de enero del 2022**, para el estudio de "La capacidad de la red de distribución frente a la recarga del vehículo eléctrico", comprobando las instalaciones que se están desarrollando en este momento, obteniendo los problemas que puedan tener en el futuro y aportando diferentes soluciones para paliarlos y facilitar la entrada del VE.

Bibliografía

- José Luis García Cano, "Realidad del coche eléctrico en España", *Cocheando,* Febrero 2020 (https://www.cocheando.es/cuantos-coches-electricos)
- Esther de Aragón, "Los vehículos eléctricos y PHEV solo suponen un 0,32% del parque de automóviles en España", *Movilidadeléctrica.com,* Agosto 2021 (https://movilidadelectrica.com)
- Informe ANFAC, "Parque automovilístico español en 2020", *ANFAC,* Agosto 2021 (https://anfac.com/actualidad)
- Ley 7/2021, "Cambio climático y transición energética", Mayo 2021 (https://www.boe.es)
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030", Enero 2020 (https://www.miteco.gob.es)
- Real Decreto 842/2002, "Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión", Septiembre 2002 (https://www.boe.es/REBT)
- I-DE, MT 2.03.20 "Especificaciones particulares para las instalaciones de AT y BT", Mayo 2019 (https://industria.gob.es)
- Real Decreto 314/2006, "Código Técnico de la Edificación", Marzo 2006 (https://www.boe.es/CTE)
- Ministerio de industria, comercio y turismo, "Guías Técnicas de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión", (https://industria.gob.es/Calidad)
- Ministerio de industria, comercio y turismo, "Guía Técnica de aplicación de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior", Mayo 2013 (https://industria.gob.es/EA)
- Real Decreto 223/2008, "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09", Marzo 2008, (https://www.boe.es/RLAT)
- I-DE, MT 2.31.01 "Proyecto tipo de línea subterránea de AT hasta 30kV", Mayo 2019, (https://industria.gob.es/MT 2.31.01)
- BOMBASHASA, "Catálogo equipos de presión", (https://www.bombashasa.com)
- Ministerio del interior, "Portal estadístico de la DGT", (https://sedeapl.dgt.gob.es)
- I-DE, MT 2.51.01 "Proyecto tipo de línea subterránea de BT", Febrero 2014 (https://industria.gob.es/MT_2.51.01)

Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior

Universidad
de Alcalá