

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

# **SIMULACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN RELACIÓN A LA NUEVA DIRECTIVA DE TRANSPORTES**

PROYECTO FIN DE GRADO  
GRADO EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

**Autora:** Miriam Pavón Buenache.  
**Tutora:** Dra. Dra. c. Vanessa Zorrilla Muñoz.

*Dedicado a los que han estado a mi lado, y sobretodo  
a los que no, porque han hecho que me supere.*

**“No temas a las dificultades, lo mejor surge  
de ellas”.**

Dra. Rita Levi-Montalcini.

# Índice

---

<b>Resumen</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
1.1 Alcance del proyecto.	15
1.2 Antecedentes y definición del problema.	15
1.3 Emisiones contaminantes ligadas al transporte.	17
1.4 Marco regulador. Principales objetivos ligados a la nueva directiva en el transporte en carretera, 2014/94/UE.	19
1.5 Estructuración del proyecto.	21
<b>CAPÍTULO 2 OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA</b>	<b>24</b>
3.1 Introducción.	25
3.2 Revisión de las emisiones contaminantes desde 1990 hasta 2012.	25
3.3 Cálculo, resultados y análisis de diferentes escenarios propuestos en relación a la nueva directiva de transportes.	26
3.3.1. Escenario 1: Emisiones de CO <sub>2</sub> ahorradas utilizando un coche eléctrico en vez uno convencional.	27
3.3.2. Escenario 2: Impacto en la red eléctrica española del vehículo eléctrico en función de su demanda.	31
3.4 Implantación de una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en relación a la nueva directiva de transportes.	34
<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS</b>	<b>35</b>
4.1 Introducción.	37
4.2 Resultado de la revisión de las emisiones contaminantes desde 1990 hasta 2012.	37
4.2.1 Emisiones totales de España respecto a su compromiso Kioto	38
4.2.2 Emisiones totales de la Unión Europea respecto a su compromiso Kioto.	38
4.2.3 Emisiones en el transporte en España.	40
4.2.4 Evolución de las emisiones totales en el transporte por carretera en España.	42
4.2.5 Emisiones en el transporte en Europa.	49
4.2.6 Evolución de las emisiones totales de los principales contaminantes en el transporte por carretera en Europa.	51
4.2.7 Evolución de las emisiones CO <sub>2</sub> según los principales tipo de combustible en España	52
4.2.8 Evolución de las emisiones según el tipo de combustible en la Unión Europea.	56
4.2.9 Evolución de emisiones en función del tipo de vehículo en España.	60
4.2.10 Correlación mediante Gretl.	64

4.3 Resultados y análisis de diferentes escenarios propuestos en relación a la nueva directiva de transportes.	65
4.3.1. Escenario 1: Emisiones de CO <sub>2</sub> ahorradas utilizando un coche eléctrico en vez uno convencional.	65
4.3.2. Escenario 2: Impacto en la red eléctrica española del vehículo eléctrico en función de su demanda.	69
4.4 Impacto medioambiental.	71
4.5 Implantación de las infraestructuras de recarga en relación a la nueva directiva de transportes.	74
4.5.1 Ubicación de la implantación.	74
4.5.2 Descripción general.	75
4.5.3 Condiciones iniciales.	82
4.5.4 Elementos del sistema.	82
<b>CAPÍTULO 5 GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>94</b>
5.1 Planificación.	96
5.2 Presupuesto.	97
CAPITULO 01 SISTEMA ELÉCTRICO.	98
CAPITULO 02 SISTEMA DE CONTROL.	100
CAPITULO 03 SISTEMA DE COMUNICACIÓN.	101
CAPITULO 04 SISTEMA DE GESTIÓN.	102
CAPITULO 05 SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL POSTE.	103
CAPITULO 06 SEGURIDAD Y SALUD.	103
RESUMEN DEL PRESUPUESTO.	105
<b>CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES</b>	<b>106</b>
6.1 Introducción.	107
6.2 Objetivos.	107
6.3 Líneas futuras.	110
<b>CAPÍTULO 7 REFERENCIAS</b>	<b>111</b>
<b>Anexo I. Tablas emisiones 1990-2012.</b>	<b>121</b>
<b>Anexo II. Generación de energía.</b>	<b>128</b>
<b>Anexo III. Cálculos y datos del consumo diario eléctrico final.</b>	<b>129</b>
<b>Anexo IV. Normativa reguladora respecto a la implantación de la infraestructura de recarga.</b>	<b>132</b>
<b>Anexo V. Catálogo de productos.</b>	<b>135</b>
<b>Anexo VI. Pliego de condiciones para la legalización.</b>	<b>146</b>
6.1 Condiciones técnicas carácter general.	146
6.2 Componentes y materiales.	146
6.3 Puesta a tierra.	152
6.4 Identificación en cada infraestructura de recarga.	152
6.5 Criterios de selección de los elementos.	153
6.6 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.	154
6.7 Procesos de ejecución.	155
<b>Anexo VII. Cálculos justificativos del punto de recarga.</b>	<b>162</b>

Cálculo la energía total máxima en los postes destinados a las motocicletas.	162
Cálculo la energía total máxima en los postes destinados a los vehículos.	163
Cálculo de la potencia total necesaria.	164
Cálculo de la sección nominal de la línea principal.	164
Cálculo de la sección nominal de la línea secundaria.	166
Cálculo del interruptor magnetotérmico general.	171
Cálculo del interruptor diferencial principal.	172
Cálculo de los interruptores automáticos de línea secundaria.	172
<b>Anexo VIII. Planos.</b>	<b>174</b>

# Índice de Figuras

Figura 1 - Reparto de los objetivos de Kioto.....	16
Figura 2 - Procedimiento empleado para la obtención de los resultados de emisiones de 1990 a 2012.....	26
Figura 3. Emanaciones medias de los vehículos convencionales .....	28
Figura 4. Combinación energética española .....	29
Figura 5. Diagrama de las partes. ....	35
Figura 6. Emisiones de España respecto a su compromiso Kioto .....	38
Figura 7. Tendencias de emisiones GEI en la UE-15. ....	39
Figura 8. Cambio de 1990 a 2012 .....	39
Figura 9. Emisiones GEI por sector en España .....	40
Figura 10. Emisiones GEI en el transporte según el modo.....	41
Figura 11. Evolución sector transporte y sector carretera .....	41
Figura 12. Evolución de las emisiones totales en el transporte en España .....	42
Figura 13. Emisiones GEI procedentes del transporte .....	43
Figura 14. Evolución de las emisiones de viajeros y mercancías en el transporte en carretera. ....	43
Figura 15. Emisiones GEI procedentes del transporte en carretera .....	44
Figura 16. Evolución del SO <sub>2</sub> en el sector transporte por carretera . ....	44
Figura 17. Evolución NOx en el transporte por carretera.....	45
Figura 18. Evolución NH <sub>3</sub> en el transporte por carretera .....	46
Figura 19. Evolución CO en el transporte por carretera .....	46
Figura 20. Evolución NOx y COVNM en el transporte por carretera .....	47
Figura 21. Resumen evolución de contaminantes en el sector transporte por carretera .....	48
Figura 22. Emisiones por sector en 1990 .....	49
Figura 23. Emisiones por sector en el año 2012 .....	49
Figura 24. Evolución del transporte de pasajeros en UE-15 .....	50
Figura 25. Emisiones GEI según el modo de transporte en 2012 .....	51

Figura 26. Tendencia de los principales contaminantes en el transporte en Europa .....	51
Figura 27. Emisiones contaminantes de cada país con respecto a su población .	52
Figura 28. Emisiones de CO <sub>2</sub> en carretera procedentes de diésel [54]. .....	53
Figura 29. Emisiones de CO <sub>2</sub> en carretera procedentes de gasolina [54]. .....	53
Figura 30. Venta de vehículos por tipo de carburante [55]. .....	54
Figura 31. Relación emisiones GEI procedentes de gasolina y el número de pasajeros .....	54
Figura 32. Relación emisiones GEI procedentes de diésel y el número de pasajeros .....	55
Figura 33. Composición de los gases de escape de vehículos con gasolina y diésel .....	55
Figura 34. Evolución de las emisiones CO <sub>2</sub> procedentes del uso de combustible diésel .....	56
Figura 35. Evolución de las emisiones CO <sub>2</sub> procedentes de gasolina [32]. .....	57
Figura 36. Evolución de emisiones gasolina y diésel [32]. .....	57
Figura 37. Evolución de las emisiones CO <sub>2</sub> procedentes del uso de combustible GLP .....	58
Figura 38. Tendencia de las emisiones NO <sub>x</sub> en el transporte en carretera [56]. ....	58
Figura 39. Evolución de las emisiones NO <sub>x</sub> procedentes de combustible diésel ..	59
Figura 40. Evolución de las emisiones NO <sub>x</sub> procedentes del uso de la gasolina ..	59
Figura 41. Tipo de vehículos en las carreteras españolas .....	60
Figura 42. Vehículos vendidos en España y sus emanaciones medias .....	61
Figura 43. Número de vehículos con nueva matrícula .....	61
Figura 44. Media de emisiones por vehículo en el transporte por carretera .....	62
Figura 45. Correlación entre las ventas de vehículos en función de su masa y emisiones CO <sub>2</sub> .....	62
Figura 46. Evolución de la media de emisiones de los principales países .....	63
Figura 47. Emisiones y vehículos nuevos en UE .....	63
Figura 48. Correlación transporte entre España- UE15 .....	64
Figura 49. Correlación emisiones/km entre diésel y gasolina .....	65
Figura 50. Comparación de emisiones de un vehículo convencional y uno eléctrico en España .....	66

Figura 51. Combinaciones energéticas de Alemania, España y la Unión Europea en 2012 .....	66
Figura 52. Combinaciones energéticas estimadas de Alemania, España y la Unión Europea en 2020 .....	66
Figura 53. Emisiones de un vehículo eléctrico en función de su combinación energética.....	67
Figura 54. Toneladas de CO <sub>2</sub> evitadas debido al uso del vehículo eléctrico en vez el convencional en función de la demanda. ....	68
Figura 55. Potencia 7,4 (kW) .....	69
Figura 56. Potencia 3,7 (kW).....	70
Figura 57. Demanda eléctrica en un día normal .....	71
Figura 58. Emplazamiento del proyecto. ....	75
Figura 59. Tipos de conexión entre el conector y el vehículo eléctrico. ....	77
Figura 60. Carga lenta, media y rápida .....	78
Figura 61. Esquema del sistema de control para el proceso de recarga.....	79
Figura 62. Infraestructura general de un punto de recarga .....	80
Figura 63. Comunicaciones entre los distintos elementos. ....	81
Figura 64. Esquema funcionamiento contadores inteligentes .....	82
Figura 65. Contador eléctrico .....	84
Figura 66. Cuadro de Distribución .....	84
Figura 67. Controlador.....	85
Figura 68. Actuador para el control del cable. ....	86
Figura 69. Conector Mennekes .....	87
Figura 70. Hand Machine Interface.....	88
Figura 71. Lector RFID.....	89
Figura 72. Estructura del poste de recarga.....	90
Figura 73. Microcontrolador TSgaTe .....	91
Figura 74. Esquema de comunicación del hub .....	93
Figura 75. Diagrama de Gantt del proyecto. ....	96
Figura 76. Diagrama de Gantt de la instalación de las infraestructuras de recarga. ....	96
Figura 77. Representación gráfica del presupuesto.....	105

Figura 78. Diferentes conexiones del conector.....	155
Figura 79. Proceso de colocación del conector. ....	155
Figura 80. Proceso de colocación del conector en el poste.....	156
Figura 81. Proceso de colocación del poste sobre el área horizontal. ....	156
Figura 82. Detalle de cables conductores.....	157
Figura 83. Detalle de inserción del poste.....	157
Figura 84. Detalle de conexión del cableado. ....	158
Figura 85. Detalle de cables conductores.....	159
Figura 86. Detalle de colocación del lector RFID.....	160
Figura 87. Cableado del lector RFID .....	160
Figura 88. Conexión de los cables del lector RFID. ....	160
Figura 89. Localización del sistema RFID.....	161
Figura 90. Conexión del sistema RFID. ....	161
Figura 91. Esquema general de la instalación eléctrica.....	164
Figura 92. Esquema general de la instalación con la línea secundaria desglosada.....	166

## Índice de Tablas

Tabla 1. Relación de contaminantes ligados al transporte.....	18
Tabla 2. Gramos de CO <sub>2</sub> al producir 1 kW y factores de emisión. ....	29
Tabla 3. Tipos de turismos eléctricos. ....	32
Tabla 4. Potencia en función del tipo de carga. ....	33
Tabla 5. Demanda optimista. Se supone un incremento del 30 % cada año .....	34
Tabla 6. Demanda media. Se supone un incremento del 20 % cada año.....	34
Tabla 7. Demanda baja. Se supone un incremento del 10 % cada año.....	34
Tabla 8. Emisiones ahorradas debidas al uso de un vehículo eléctrico en lugar de uno convencional.....	68
Tabla 9. Potencia total para una potencia de 7,4 kW en función de su demanda ..	69
Tabla 10. Potencia total para una potencia de 3,7 kW en función de su demanda	70
Tabla 11. Sistema de comunicación cifrado entre el microcontrolador y el controlador.....	91

Tabla 12. Emisiones totales en España respecto a su compromiso Kioto .....	121
Tabla 13. Emisiones GEI en el transporte en carretera en España .....	122
Tabla 14. Emisiones de sustancias en el transporte en carretera en España .....	122
Tabla 15. Emisiones sustancias de precursores del ozono troposférico en el transporte en España.....	123
Tabla 16. Relación de la evolución de las distintas emisiones contaminantes.....	123
Tabla 17. Emisiones totales del transporte en carretera en la UE15.....	124
Tabla 18. Emisiones según el tipo de combustible en España .....	125
Tabla 19. Emisiones según el tipo de combustible en UE-15 .....	126
Tabla 20. Nuevas matriculaciones de coches en la UE .....	127
Tabla 21. Media de emisiones de CO <sub>2</sub> en la Unión europea procedentes de nuevas matriculaciones.....	127
Tabla 22. Procedencia energía en España.....	128
Tabla 23. Procedencia energía en Alemania .....	128
Tabla 24. Procedencia energía en UE-15.....	129
Tabla 25. Demanda optimista - 7,4 kW.....	129
Tabla 26. Demanda media- 7,4 kW .....	130
Tabla 27. Demanda baja - 7,4 kW .....	130
Tabla 28. Demanda optimista - 3,7 kW.....	131
Tabla 29. Demanda media - 3,7 kW .....	131
Tabla 30. Demanda baja - 3,7 kW .....	132
Tabla 31. Condiciones que deben cumplir todos los contadores .....	148
Tabla 32. Prestaciones mínimas que deben cumplir los HMI de cada poste .....	150

## Índice de Fórmulas

Fórmula 1. CO <sub>2</sub> no expulsado gracias al uso de un vehículo tradicional .....	27
Fórmula 2. CO <sub>2</sub> no emitido anualmente por el uso de un VE.....	28
Fórmula 3. CO <sub>2</sub> emitido en función de la fuente .....	30
Fórmula 4. Emanaciones CO <sub>2</sub> en función de los kms. ....	30
Fórmula 5. Emanaciones totales CO <sub>2</sub> de los VEs implantados.....	30

---

Fórmula 6. Cantidad total final de CO <sub>2</sub> evitado. ....	31
Fórmula 7. Consumo eléctrico final. ....	34

## Glosario

---

**BEV:** Vehículo Eléctrico de Batería.

**CFC:** Clorofluocarbonos.

**COVNM:** Compuestos Orgánicos Volátiles No Metálicos.

**CSIC:** Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

**EEA:** Agencia Europa de Medio Ambiente.

**EREV:** Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida.

**EUROSTAT:** Estadísticas Comunitarias en el Ámbito de la Migración y la Protección Internacional.

**EV:** Vehículo Eléctrico.

**GEI:** Gases de Efecto Invernadero.

**GLP:** Gas Licuado del Petróleo.

**GPRS:** General Packet Radio Service.

**HMI:** Hand Machine Interface.

**IBM:** International Business Machines.

**IDAE:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

**IDAE:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

**MAGRAMA:** Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

**MOVELE:** Proyecto Piloto de MOVilidad ELÉctrica gestionado por el IDAE.

**MP:** Partículas en suspensión.

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**PHEV:** Vehículo híbrido enchufable.

**PIB:** Producto Interior Bruto.

**REE:** Red Eléctrica Española.

**RFID:** Radio Frequency IDentification.

**RTE:** Empresa Eléctrica Francesa.

**SCR:** Reducción Catalítica Selectiva.

**TFG:** Trabajo Fin de Grado.

**UE:** Unión Europea.

**UE-15:** Unión Europea de los 15 Estados miembros.

# Resumen

La contaminación [1] es la existencia en el entorno de cualquier sustancia que al introducirse o interactuar en la atmósfera, en el medio acuático, en el medio terrestre, flora, fauna u otro medio natural, modifique o transforme su composición y forma natural, causando inestabilidad ecológica. El deshielo de los glaciales, el aumento de la temperatura media, las inundaciones o el incremento de sequías son unos de los principales efectos atribuidos a este hecho, procedente principalmente de las emisiones en el sector transporte en carretera. Es necesario actuar de manera urgente.

Por lo tanto, en un primer lugar este proyecto analiza la evolución, situación y la necesidad de España para cambiar a un modelo de gestión más sostenible con respecto a sus emisiones, por ello es necesario conocer la evolución y situación actual de sus emisiones GEI desde 1990 a 2012. Se analiza especialmente las del sector transporte en carretera.

En segundo lugar, este proyecto analiza el impacto medioambiental en el sector del transporte por carretera en España en función de los objetivos marcados en la directiva 2014/94/UE, los cuales van a ayudar a aumentar el uso de energías renovables en un 20%, reducir de las emisiones GEI en un 20% y aumentar la eficiencia energética en un 20%, es decir va a ayudar a cumplir los objetivos 20/20/20 que forman parte del programa 'Europa 2020 - estrategia de crecimiento de Europa'. Se evalúa en función de dos escenarios diferentes: Ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> usando un coche eléctrico en vez uno convencional y el impacto en la red eléctrica española del vehículo eléctrico (EV) en función de su demanda.

Finalmente, en función de esta directiva, se hace el diseño de la implementación y arquitectura que deberá presentar una infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos. El diseño incluye todos los sistemas necesarios de manera integrada: el sistema eléctrico en baja tensión, sistema de control del poste, las comunicaciones entre los propios puntos de carga y el gestor de cargas.



1  
Introducción.

## 1.1 Alcance del proyecto

La liberación de gases que contribuyen al efecto invernadero (GEI) debido a la actividad antropogénica es actualmente aceptada como el principal factor del calentamiento global. En los países de la Unión Europea, aproximadamente el 28% de la energía disponible para el consumo se atribuye al transporte, de los cuales más de 80% se debe a transporte por carretera [2]. A nivel mundial, el transporte representa el 27% del consumo de energía primaria y es también el sector de más rápido crecimiento. Por lo tanto es un objetivo de importancia conseguir reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y las emisiones que contaminan la calidad del aire [3].

El 3 de Marzo de 2010, la directiva del Parlamento Europeo y del Consejo se fijó un objetivo, y es el siguiente: reforzar la competitividad y la seguridad energética mediante una utilización más eficiente de los recursos y de la energía. Se pretende una reducción en la dependencia de los transportes respecto al petróleo. Tal objetivo debe lograrse a través de iniciativas políticas, combustibles alternativos y por supuesto creando infraestructuras adecuadas. El propósito es reducir de aquí al año 2020, las emisiones de gases efecto invernadero procedentes de los transportes en un 20 % con respecto a los niveles de 1990.

Los Estados miembros deben aportar la seguridad necesaria para las inversiones públicas y privadas, para los vehículos, combustibles e infraestructuras. Asimismo los Estados deben cooperar entre ellos [4].

El programa 'Horizonte 2020' también apoya la investigación e innovación relativa a los vehículos que funcionan con combustibles alternativos, mediante el 'Reto Social' denominado 'Transporte Inteligente, ecológico e integrado'.

Por otra parte, la electricidad, puede incrementar la eficiencia energética de los vehículos de carretera y con ello se reduciría CO<sub>2</sub> en el transporte. Los vehículos eléctricos contribuyen a mejorar la calidad del aire y a disminuir la contaminación acústica. Se necesitan puntos de recarga. Estos puntos se establecerán teniendo en cuenta el número de vehículos matriculados. A título orientativo tendría que haber un punto de recarga cada diez vehículos. En la movilidad eléctrica, actualmente las recargas incluyen conectores de cable; en un futuro, hay que considerar recargas inalámbricas o el cambio de batería. La gestión de las redes de distribución es un punto muy importante respecto a los puntos de recarga.

En cuanto a la infraestructura para el gas natural, se requiere de especificaciones técnicas comunes para su soporte físico, así como para la calidad del gas.

## 1.2 Antecedentes y definición del problema

Los científicos han ido observando cómo las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera han aumentado considerablemente durante el siglo. La concentración de CO<sub>2</sub> en 2012 (394 ppmv) fue de un 40% más que a mediados de la década de 1800, con un crecimiento promedio de 2 ppmv / año en los últimos diez años. También se han producido aumentos significativos en los niveles de metano. La causa se debe principalmente al aumento de la actividad económica mundial. Este crecimiento no tuvo en cuenta cuestiones medioambientales ni de sostenibilidad, es por esto que las emisiones han aumentado. De seguir este camino podrían afectarse seriamente las condiciones ambientales futuras [5].

Entre 1990 y 2012, sin incluir los sumideros, las emisiones de CO<sub>2</sub> crecieron un 23%. Se pasó de 226,7 millones de toneladas en 1990 a 278,9 millones de toneladas en 2012. El 93 % de las emisiones se debe al consumo de combustibles fósiles en centrales térmicas, vehículos, industrias, comercios y viviendas. El 7 % restante se debe a procesos industriales sin combustión, sobre todo a la fabricación de cemento [6].

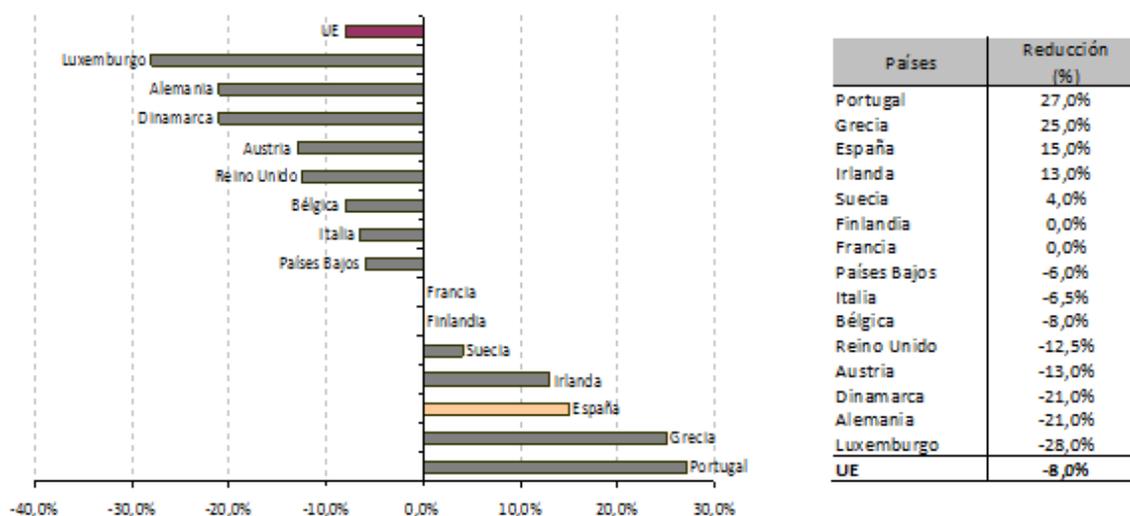


Figura 1 - Reparto de los objetivos de Kioto [8].

Desde el año 2008, se viene produciendo un descenso de las emisiones de gases de efecto invernadero en España. Principalmente debido a la crisis económica. En 2012, las emisiones disminuyeron un 1,9 % respecto a 2011. Aun así, según el protocolo de Kioto (2008-2012) supera el objetivo que nos habían asignado. España ha gastado entre 2008 y 2012 más de 800 millones de euros en comprar derechos de emisiones en el exterior, aunque en la oficina de Cambio Climático creen que no hará falta desembolsar más [7].

España sigue siendo uno de los países industrializados donde más ha aumentado las emisiones respecto a 1990, por lo que hay que hacer un importante esfuerzo. Existe un reto dentro del Paquete Europeo de Clima y Energía 2020: debemos profundizar en las políticas energéticas, e implicar a todas las Administraciones y agentes económicos y sociales.

España debe afrontar el cambio global (cambio climático, pérdidas de biodiversidad, contaminación, consumo de productos no renovables). El transporte es la clave, tanto directamente, como indirectamente.

El coche, se ha convertido en 'algo' imprescindible. Ello conlleva, un incremento de consumo de energía, contaminación, ruido y algún otro inconveniente. El objetivo de este proyecto, es el de intentar dar una solución desde la perspectiva ambiental.

### 1.3 Emisiones contaminantes ligadas al transporte

En nuestro país, el transporte ocupa el 25 % de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Tenemos una emisión superior a la media europea. No obstante, hay que puntualizar, que este dato, mide las emisiones de uso final. Por tanto, no se tienen en cuenta las emanaciones indirectas en relación a la transformación del carburante para su utilización, ni tampoco las emanaciones para la obtención de la energía eléctrica utilizada por el transporte, ni tampoco la escasa producción de hidrógeno. Teniendo en cuenta las emanaciones directas e indirectas, el valor sería superior a ese 25%.

Se va a pormenorizar los contaminantes atmosféricos relacionados a las emanaciones de escape en el transporte por carretera [9]:

- i) **Gases de Efecto Invernadero:** Son gases que se encuentran en la atmósfera, y que dan lugar al fenómeno denominado 'efecto invernadero'. Los gases invernaderos más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), clorofluocarbonos (CFC) y Ozono ( $\text{O}_3$ ). Estos gases, retienen parte de la energía que el suelo emite, al haber sido calentado por la radiación solar. Esto contribuye al calentamiento global.
- ii) **Monóxido de carbono (CO):** Es el resultado de quemar combustible. Es un gas incoloro, inodoro e insípido. No irrita, es decir, no 'hace toser'. No obstante es muy venenoso. Su densidad es semejante a la del aire. En las ciudades, los automóviles son los causantes del CO. Altas tasas de CO, pueden afectar seriamente al sistema nervioso y cardiovascular.
- iii) **Compuestos Orgánicos Volátiles No Metálicos (COVNM):** Son diferentes compuestos químicos como el etanol, benceno, formaldehído, ciclohexano, 1, 1,1-Tricloroetano y acetona. Cuando estos compuestos se combinan con el aire, durante un periodo que haya alta presión, se estanca el aire contaminado, y se forma una especie de niebla, el llamado 'smog'. El 'smog' produce intoxicación respiratoria, irritación en ojos y nariz.
- iv) **Óxidos de nitrógeno (NOx):** Son un conjunto de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ). El dióxido de nitrógeno es el principal contaminante de los óxidos de nitrógeno, y se forma como subproducto en todas las combustiones llevadas a cabo a altas temperaturas. Es una sustancia de color amarillento, que se forma en los procesos de combustión de los vehículos y plantas eléctricas. Es un gas tóxico. Los efectos sobre la salud humana, se centran sobre todo en el aparato respiratorio. Pueden irritar los ojos, nariz, garganta y pulmones.
- v) **Partículas en suspensión (MP):** Se forman por una gran variedad de contaminantes distintos. Tienen un tamaño menor de diez micras. Permanecen en el aire durante largos periodos de tiempo. Su origen es de procedencia industrial, vehículos y calefacciones urbanas. Estas partículas en suspensión constituyen un aerosol que penetra por las vías respiratorias. Son peligrosas para la salud.

- vi) **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>):** Es un compuesto reductor que con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre. Su permanencia en la atmósfera es corta, de unos tres o cuatro días. Se emite a la atmósfera durante la quema de combustible de carbón. Afecta sobre todo a las mucosidades y a los pulmones. Además es el responsable del deterioro de monumentos históricos (mal de la piedra).
- vii) **Amoniaco (NH<sub>3</sub>):** Contribuye a la formación de partículas que provocan contaminación. Permanece en la atmósfera durante muy poco tiempo después de su emisión, pero provoca una serie de efectos medioambientales. La concentración de amoniaco, puede afectar a la fauna, a la calidad del aire, y por tanto a los animales y al sistema respiratorio. Además, este contaminante, es el menos comprendido de los contaminantes regulados por las Directivas Europeas sobre la calidad del aire. Es un gas incoloro, pero su olor es inequívoco.

En la siguiente tabla se puede apreciar un resumen de los principales contaminantes relacionados con el transporte y su repercusión.

Contaminante	Cambio Climático	Acidificación	Ozono Troposférico	Contaminantes tóxicos	Ozono
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	✓				
Monóxido de carbono (CO)			✓	✓	
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )		✓			
Oxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )		✓	✓	✓	
COVNM			✓	✓	
Partículas				✓	
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )				✓	
Metano (CH <sub>4</sub> )		✓			
CFC					✓

Tabla 1. Relación de contaminantes ligados al transporte.

## 1.4 Marco regulador. Principales objetivos ligados a la nueva directiva en el transporte en carretera, 2014/94/UE.

El sector transporte por carretera está en la segunda posición en cuanto a sectores emisores de contaminantes. Las reducciones ligadas a las mejoras técnicas para disminuir el impacto ambiental, no sólo son compensadas, sino que son fuertemente sobrepasadas debido al aumento de trayectos por parte de usuarios y mercancías [10].

Las normas, decisiones y políticas establecidas en los últimos veinticinco años para el sector transporte en carretera, no han conseguido establecerse ni con la dimensión ni en el grado necesario. La reclamación de transportes, tanto a nivel mundial, europeo como español, va a continuar creciendo de manera continua. Si no se toman decisiones correctas, no se coopera para evitar las tendencias a situaciones altamente catastróficas.

La directiva 2014/94/UE [4] entró en vigor el 14 de Noviembre de 2014, y en ella se estableció la creación de un marco común de medidas para la implantación de infraestructuras para los diferentes combustibles alternativos. De esta manera la Unión Europea pretende romper la dependencia actual de los vehículos convencionales a los combustibles fósiles y así conseguir reducir en un 20% las emisiones GEI de aquí al año 2020.

Estos son los principales objetivos [4] [10] [11]:

- Potenciar los vehículos eléctricos. Actualmente, los vehículos híbridos emiten por debajo de los 90 gr de CO<sub>2</sub>/Km. Para la década de 2020 se espera que los vehículos eléctricos y los híbridos sean una alternativa significativa a los vehículos convencionales. En España el objetivo del Gobierno es que existan 2,5 millones de vehículos eléctricos circulando en el año 2020. Por lo tanto, la directiva quiere potenciar la creación de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos en un marco común para su diseño y uso. Se ha establecido un objetivo de 80.000 para el 2020. Se debe asegurar que los puntos de recarga disponibles al público cumplan con las especificaciones técnicas en relación a la presente directiva.
- Para contribuir a la estabilidad del sistema eléctrico se deben recargar las baterías de los vehículos eléctricos preferiblemente por las noches (para aplanar la curva de la demanda) y estas pueden ceder energía al sistema en momentos de alta demanda, pero en cualquier caso se deben usar sistemas de recarga inteligentes y precios de electricidad de libre mercado [10].
- Crear redes de infraestructuras para la carga de vehículos con motor de gas natural licuado, gas natural comprimido e hidrógeno. Los Estados miembros que decidan incluir estos puntos de repostaje, los tienen que tener accesibles para el público antes del año 2025, además deben tener un número adecuado de los mismos. Se deben crear dentro de un marco común de normas para su diseño y uso.
- Aumento del uso de biocombustibles en el sector transporte hasta representar un 10% del consumo.

- Establecimiento de un sistema de incentivos y ayudas para la adquisición de vehículos con combustibles alternativos o para la implantación de sus infraestructuras. Por ejemplo, actualmente se han establecido una serie de ayudas que oscilan entre 2.700€ y 20.000€ en función del vehículo eléctrico que se adquiera. [12]
- Mejorar la eficiencia energética en un 20% hacia el 2020, teniendo en cuenta que la demanda de electricidad crece alrededor de 1,5% anual, lo que supone el aumento también de la capacidad de generación de energía eléctrica y de su transporte.
- Las energías renovables deben aumentar su participación, se quiere aumentar su uso hasta en un 20% para el año 2020.
- El transporte de mercancías en carreteras se quiere traspasar al ferroviario, en total un 10% es el objetivo. Así se conseguiría reducir una alta proporción de emanaciones contaminantes.
- Que se produzcan unas inversiones en nuevas fuentes energéticas del orden del 0,6% del Producto Interior Bruto (PIB) mundial y que los países en desarrollo, no incluidos en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que son los que en mayor medida están incrementando sus consumos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero, colaboren con las políticas adecuadas y registren una fuerte caída en sus emisiones de gases de efecto invernadero.
- La urgencia de disminuir el gasto de energía y de aumentar la eficiencia energética en el transporte en carretera. Se quiere promover el uso del transporte público, mejores planificaciones del sector, incremento de vehículos eléctricos así como creación de vehículos más eficaces.
- En el transporte público en carretera, referido a los autobuses, se quiere que estos, alcancen una velocidad media igual o superior a la del vehículo privado. Es por ello que se pretende contar con vías o carriles especiales para su circulación.
- Deben establecerse políticas tarifarias de cobro del coste de congestión y contaminación por el acceso al centro en vehículo privado, e internalizarse los costes externos de estos vehículos, gravando los carburantes y la adquisición del propio vehículo, atendiendo a su peso y tamaño.
- Se debe enfocar el tráfico de vehículos privados en tramos donde no se vean afectadas zonas residenciales. De esta forma se evitarían que se produjeran áreas con niveles de contaminación elevados.

## 1.5 Estructuración del proyecto

El TFG se ha estructurado con el siguiente esquema:

- En el primer capítulo se brinda un panorama general de la situación actual española y mundial en el sector transporte en carretera. Se habla de los antecedentes así como de los principales contaminantes relacionados con el sector transporte. También se enumeran los objetivos de la nueva directiva de transportes.

- En el capítulo segundo se introduce y justifica los objetivos del presente proyecto.

- En el capítulo tercero, se describe la metodología seguida para el cálculo y análisis de las emisiones desde 1990 a 2012, como para los distintos escenarios propuestos, como para la infraestructura de recarga.

- El capítulo cuarto se centra en la simulación y análisis de los resultados en función de los diferentes escenarios y metodologías detalladas en el capítulo tercero. Así como de estudiar el impacto medioambiental en función de los escenarios propuestos. También se va a definir la infraestructura de seis puntos de recarga, será un estudio con una serie de escritos, cálculos, planos y diagramas que darán una idea de cómo va a ser, cómo se construirá y cuánto va a costar la obra de ingeniería.

- El capítulo quinto explica la planificación llevada para el proyecto, así como el presupuesto total.

- En el capítulo sexto, se exponen las conclusiones y se indican posibles trabajos futuros de investigación que podrían realizarse a partir de los resultados obtenidos.

- El capítulo séptimo, se citan las fuentes bibliográficas consultadas.

- Por último, se encuentran los anexos.



2  
Objetivos.

El principal propósito del proyecto va a ser el de simular el impacto medioambiental que está teniendo y que previsiblemente va a tener la emisiones contaminantes procedentes del sector transporte por carretera en relación a la nueva directiva de transportes, 2014/94/UE. El proyecto se va a centrar especialmente en el impacto del vehículo eléctrico y en sus infraestructuras.

### **Objetivo 1. Análisis de las emisiones contaminantes en el sector transporte en carretera de 1990 a 2012 en España y su comparación con la Unión Europea.**

El primer objetivo va a ser el de revisar y actualizar las emisiones (centrándose sobre todo en GEI, particularmente CO<sub>2</sub>), del sector transporte por carretera en España. En base a este objetivo fundamental, se establecen los siguientes objetivos secundarios:

- Análisis de las emisiones de 1990 a 2012 en España.
- Análisis detallado de las emisiones en el sector transporte por carretera de 1990 a 2012 en España.
- Análisis y comparación de las emisiones generales y en sector transporte por carretera entre España y las de la Unión Europea de 1990 a 2012.
- Análisis y correlación de datos mediante Gretl.

### **Objetivo 2. Cálculo, resultados y análisis de diferentes escenarios propuestos en relación a la nueva directiva de transportes.**

El segundo objetivo va a ser el de calcular y analizar diferentes escenarios para estudiar cómo afectaría a España la nueva directiva propuesta por la Comunidad Europea hasta el año 2020. Los dos escenarios que se han marcado han sido:

- Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas por un vehículo eléctrico en vez de un vehículo convencional.
- Estimación del impacto en la red eléctrica española del vehículo eléctrico en función de su demanda.

A partir de todo esto, se evaluará el impacto medioambiental en función de los escenarios propuestos en relación a la directiva.

### **Objetivo 3. Implantación de las infraestructuras de los puntos de carga en relación a la nueva directiva de transportes.**

Como último objetivo, en este proyecto se ha elaborado la definición de un punto de recarga de vehículos eléctricos en relación a la nueva directiva de transportes. Se ha escogido esta propuesta, ya que de acuerdo con la directiva se deberían incluir puntos de recarga suficientes para el abastecimiento de vehículos eléctricos. Es necesaria la implantación de una infraestructura como requisito previo a la aceptación del cliente hacia los vehículos eléctricos recargables. Los principales objetivos secundarios de esta parte serán:

- Instalación eléctrica del sistema de recarga de vehículos eléctricos.
- Implantación de todos los sistemas integrados (control, comunicación, constructivo y gestor) para la recarga de vehículos eléctricos.



3  
Metodología.

### 3.1 Introducción

Este capítulo tiene la finalidad de exponer la metodología seguida para el proyecto. La técnica empleada se caracteriza por [13] ser exploratoria, descriptiva, explicativa y de intervención.

Es exploratoria, puesto que en primer lugar se ha investigado la naturaleza y evolución de las emisiones contaminantes en el marco español y europeo. Es descriptiva y explicativa ya que analizaron los problemas y se resolvieron mediante diferentes escenarios. Y de intervención porque se ha diseñado una propuesta en relación a la nueva directiva, una infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.

A continuación se presenta con detalle el método empleado para cada parte.

### 3.2 Revisión de las emisiones contaminantes desde 1990 hasta 2012

Para hacer la metodología se estudiarán las emisiones respecto a un escenario base. Se considera año base [14] al “Periodo histórico especificado, con propósito de comparar emisiones o remociones de GEI, u otra información relacionada con los GEI, en un periodo de tiempo”. Para poder realizar un análisis histórico de las emisiones de GEI que permita mostrar una tendencia y valorar la mejora o empeoramiento de las emisiones o el desempeño con respecto a posibles objetivos que se establezcan, debe fijarse un año base. Se establece como año base el año 1990, año del primer inventario de emisiones. Este año servirá para estudiar la evolución de las emisiones de GEI a lo largo del tiempo.

El año base se actualizará en los siguientes casos [Ibídem]:

- Los cambios en los límites operativos.
- Cambios estructurales. Es decir, cambios en la propiedad y control de las fuentes de obtención de las emisiones contaminantes por incorporación o transferencia al exterior de procesos o actividades.
- Los cambios en las metodologías de cuantificación de las emisiones y/o mejora de la precisión de los factores de emisión que se traducen en cambios significativos en las emisiones cuantificadas.
- Hallar errores significativos, o la acumulación de un número importante de errores menores que, tengan una consecuencia directa sobre el nivel de emisiones.
- Adquisición de operaciones o instalaciones no existentes en el año base y que afecte al inventario de gases y fuentes de emisión iniciales.

Como tarea específica de este trabajo, se hará un estudio del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Español, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) así como de las Estadísticas Comunitarias en el Ámbito de la Migración y la Protección Internacional (EUROSTAT) con los siguientes alcances:

Alcance 1: Emisiones directas procedentes del transporte en España.

Alcance 2: Emisiones directas procedentes del transporte en carretera en España.

Alcance 3: Emisiones directas procedentes del transporte en la Unión Europea.

Alcance 4: Mediante el programa Gretl, realizar correlaciones entre diferentes variables.

Teniendo en cuenta la gran cantidad y variedad de datos que se manejan, es necesario un procedimiento estructurado y una organización del mismo. Es por ello que se va a seguir la siguiente ejecución:

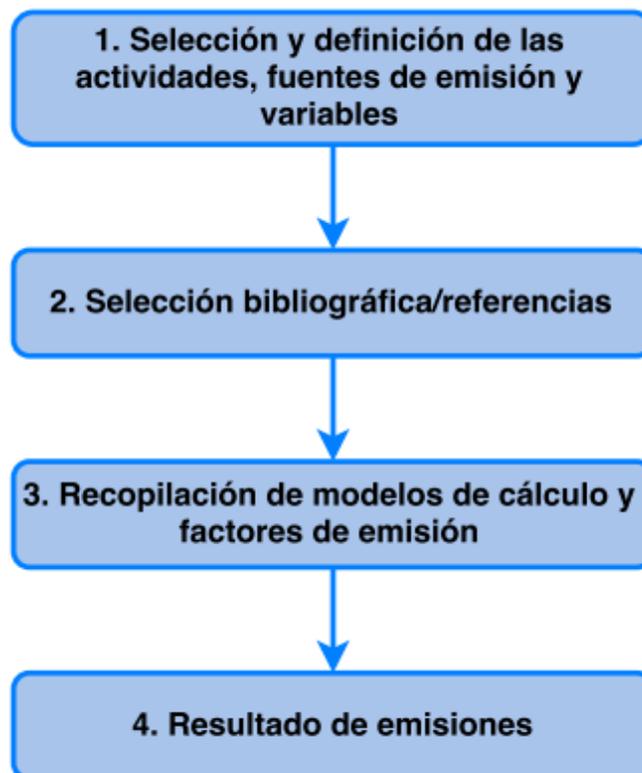


Figura 2 - Procedimiento empleado para la obtención de los resultados de emisiones de 1990 a 2012.

### 3.3 Cálculo, resultados y análisis de diferentes escenarios propuestos en relación a la nueva directiva de transportes.

Dentro del sector transporte, el consumo está distribuido en cuatro grupos: carretera, ferrocarril, marítimo y avión. Las emanaciones de CO<sub>2</sub> asociadas a cada una de estas modalidades dependen del combustible que se usa. En las modalidades de transporte por carretera, las distinciones de emisiones entre los combustibles de origen fósil son poco significativas como se comprobará en el análisis anterior, por lo que el progreso deberá venir gracias al establecimiento de otras alternativas a los combustibles fósiles.

El aumento del sector transporte está asociado al aumento de la economía [15]. El ritmo actual que se está produciendo en el transporte no se puede seguir sosteniendo, además, la sociedad a medida que va aumentando su nivel de vida, demanda más movilidad. Por ello, el sector transporte se encuentra en un gran dilema ya que la

sociedad cada vez tiene mayor movilidad y se quiere disminuir el impacto sobre el medio ambiente.

La alternativa que se ha considerado en este TFG es la introducción del vehículo eléctrico en carretera como alternativa al uso de combustibles fósiles, y se calculará el ahorro de emisiones que provocaría esta medida. Además se estudiará su impacto en la red eléctrica española.

### 3.3.1. Escenario 1: Emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas utilizando un coche eléctrico en vez uno convencional.

Para la metodología no se han tenido en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en el proceso de fabricación y venta de los vehículos. Se asumen que las emanaciones generadas en los dos procesos anteriores son iguales, y no se tienen en cuenta para este análisis. La metodología se va a dividir en tres partes [16] [17] [36], que se explicarán a continuación.

#### 3.3.1.1 Primera Parte. Emisiones evitadas.

Primero se van a calcular las emanaciones de CO<sub>2</sub> que se prevén que van a disminuir utilizando un coche eléctrico, teniendo en cuenta en este escenario que son las emisiones de CO<sub>2</sub> no emitidas por un coche tradicional. Para ello, se van a multiplicar las emanaciones medias producidas por un vehículo tradicional por el kilometraje medio de un EV y por el número de vehículos eléctricos que se estima que van a introducirse en las carreteras. La fórmula quedaría así:

$$\text{CO}_2 \text{ no emitido por el vehículo convencional} = VC \cdot nVE \cdot VE$$

VC = Emisiones de CO<sub>2</sub>/kms por el vehículo convencional.

nVE = Número de vehículos eléctricos.

VE = Kilómetros medios anuales de un vehículo eléctrico.

Fórmula 1. CO<sub>2</sub> no expulsado gracias al uso de un vehículo eléctrico [16] [36].

La media de emisiones de un coche tradicional por kilómetro recorrido fue en 2012 [18] de 138 gr CO<sub>2</sub>/km. Por lo tanto para la metodología vamos a usar ese valor medio, ya que lo que se pretende es calcular las emisiones CO<sub>2</sub> que nos vamos ahorrar no usando uno convencional. Como podemos observar en la figura 3, la media de emisiones no es constante:

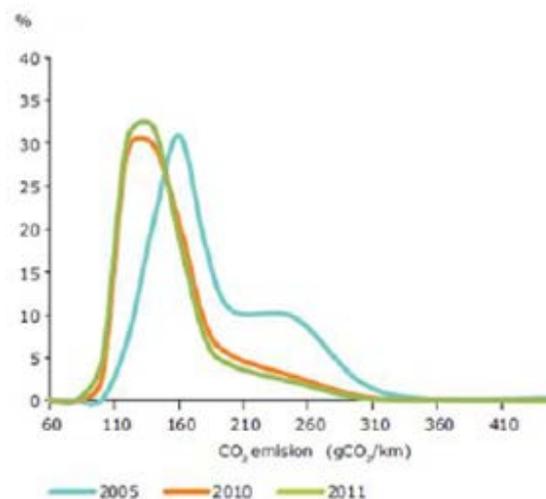


Figura 3. Emanaciones medias de los vehículos convencionales [19].

Debido a las mejoras que se van introduciendo en los vehículos convencionales año tras año, para la metodología se ha calculado una disminución anual de un 2,2 %, ya que el valor de esos 138 gr CO<sub>2</sub>/km no va a ser constante. Este tanto por ciento está ratificado por los estudios realizados en el Departamento negocios, empresas y reforma regulatoria en 2012.

Finalmente, para calcular las emanaciones que no se expulsan gracias al uso de un coche eléctrico en vez uno tradicional, se realiza la siguiente fórmula:

$$\text{CO}_2 \text{ no emitido anualmente debido al uso del vehículo eléctrico} = VC \cdot nVE \cdot VE \cdot \text{Reducción } 2,2\%$$

VC = Emisiones de CO<sub>2</sub>/kms por el vehículo convencional.

nVE = Número de vehículos eléctricos.

VE = Kilómetros medios anuales de un vehículo eléctrico.

Fórmula 2. CO<sub>2</sub> no emitido anualmente por el uso de un VE [16] [36].

### 3.3.1.2 Segunda parte. Emanaciones en función de la fuente de energía

La utilización del vehículo eléctrico también produce emisiones de CO<sub>2</sub>. Estas emisiones son indirectas y vienen determinadas en función de cómo se ha obtenido dicha energía eléctrica. Dependiendo de la fuente energética, las emanaciones variaran de manera notable. Se han utilizado datos de energía 2009 Foro Nuclear, que incluye un listado elaborado por información del Plan de Energías Renovables de España 2005-2010 y también los datos de la Red Eléctrica Española (REE). Esta tabla muestra los datos recogidos [20]:

Fuente energética	Gramos de CO <sub>2</sub> al generar 1 kWh	Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> /MWh)
Carbón	950	4,032
Gas natural	700	2,337
Cogeneración	370	0,48
Quema fuel/oil	370	3,207
Energía fotovoltaica	0	0
Biomasa	0	0
Energía eólica	0	0
Energía nuclear	0	0

Tabla 2. Gramos de CO<sub>2</sub> al producir 1 kW y factores de emisión [20].

Analizando estos resultados, se puede llegar a la conclusión que las expulsiones de CO<sub>2</sub> dependen en gran parte de cómo se obtenga la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del vehículo eléctrico. Se producirían cero emisiones de CO<sub>2</sub> si toda la energía procediera de energía renovable, es decir de fuentes hidráulicas, fotovoltaicas, biomasa, eólica y nuclear.

Para hacer el análisis se ha tenido en cuenta la procedencia de la energía eléctrica que va a usar el EV, en la figura 4 aparece el uso español de las diferentes fuentes energéticas.

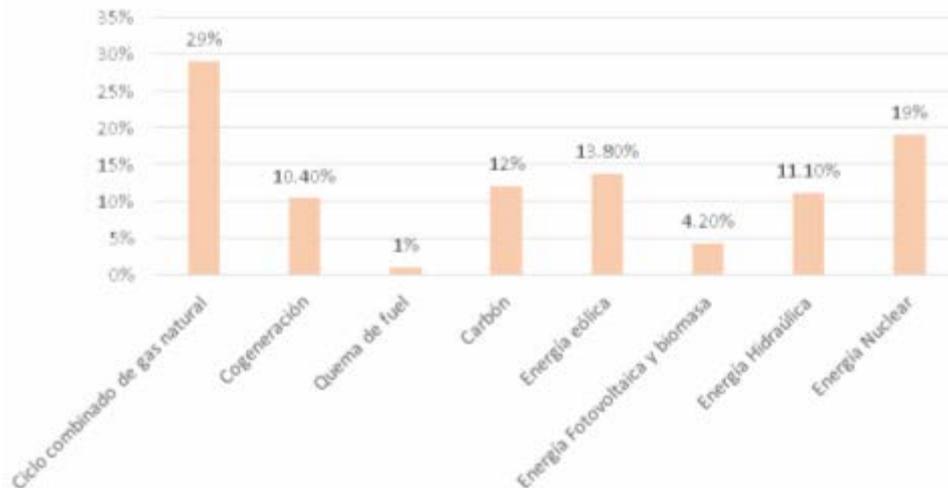


Figura 4. Combinación energética española [103].

Se va a comparar también con las emisiones de la Unión Europea y de Alemania, para ver cómo afecta de donde proviene la fuente de energía con el ahorro de emisiones. Se han elegido estos dos marcos, ya que su combinación de fuentes energéticas dista de la España.

Por lo tanto, para obtener las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de 1 kWh de un VE, hay que multiplicar el peso relativo de cada una de las fuentes expuestas anteriormente,

por las emanaciones de CO<sub>2</sub> procedentes de la formación de 1 KW [tabla 2], de esta manera, se llega a la siguiente formula:

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ procedentes de 1 kWh del vehículo eléctrico} = EC \cdot PC + EG \cdot PG + ECC \cdot PCO + ET \cdot PT + EF \cdot PF + EH \cdot PH + EE \cdot PE + EN \cdot PN$$

EC = Emisiones de CO<sub>2</sub> del carbón.

PC = Evolución del uso del carbón en España.

EG = Emisiones de CO<sub>2</sub> de gas natural.

PG = Evolución del uso del gas natural en España.

ECC = Emisiones de CO<sub>2</sub> de cogeneración.

PCC = Evolución del uso de cogeneración en España.

ET = Emisiones de CO<sub>2</sub> quema fuel/oil.

PT = Evolución del uso de quema fuel/oil en España.

EF = Emisiones de CO<sub>2</sub> energía fotovoltaica

PF = Evolución del uso de la energía fotovoltaica

EH = Emisiones de CO<sub>2</sub> energía hidráulica

PH = Evolución del uso de la energía hidráulica

EE = Emisiones de CO<sub>2</sub> de la energía eólica

PE = Evolución del uso de la energía eólica

EN = Emisiones de CO<sub>2</sub> de la energía nuclear

PN = Evolución del uso de la energía nuclear

Fórmula 3. CO<sub>2</sub> emitido en función de la fuente [16] [36].

En cuanto al consumo del vehículo eléctrico, también se ha tomado una media entre los modelos existentes cuyo valor es de 0.18 kWh/100 km [21]. Si multiplicamos este valor por las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de 1 kWh de un VE según la fuente de la que se obtiene la electricidad, podemos calcular las emanaciones de CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido del vehículo eléctrico.

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ por kilómetro recorrido} = \text{Emisiones1kWh} \cdot \text{Consumo}$$

Emisiones1kWh = Emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de 1 kWh del vehículos eléctrico.

Consumo = Consumo medio de kWh del vehículo eléctrico.

Fórmula 4. Emanaciones CO<sub>2</sub> en función de los kms [16] [36].

Por lo tanto, el CO<sub>2</sub> emitido por año de un vehículo eléctrico se calcula multiplicando el valor anterior por el kilometraje medio de un coche eléctrico y por el número de vehículos eléctricos.

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ anuales del vehículo eléctrico} = \text{Emisiones de CO}_2 \text{ por kilómetro recorrido} \cdot nVE \cdot VE$$

nVE = Número de vehículos eléctricos.

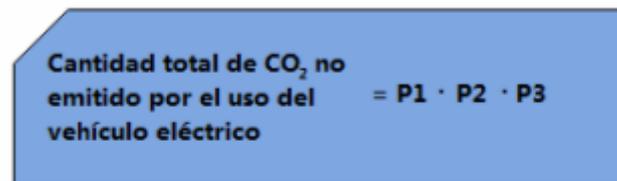
VE = Kilómetros medios anuales de un vehículo eléctrico

Fórmula 5. Emanaciones totales CO<sub>2</sub> de los EVs implantados [16] [36].

Hay que tener en cuenta que las emisiones de CO<sub>2</sub> en la realidad van a depender de numerosos factores como: la climatología, la ubicación o la fuente para la generación de energía. Es por ello que dada la dificultad para realizar la estimación, se han tomado valores medios, llegando a aproximaciones suficientemente adecuadas. Las emisiones por tanto van a depender de la combinación energética de la cual el vehículo eléctrico vaya a obtener su energía.

### 3.3.1.3 Tercera Parte. Total de emanaciones

En este apartado se van a relacionar las dos secciones anteriores, de esta manera se calcularán las emisiones de CO<sub>2</sub> totales no emitidas gracias al uso del vehículo eléctrico en vez usar un vehículo tradicional. La metodología final quedaría tal que así:


$$\text{Cantidad total de CO}_2 \text{ no emitido por el uso del vehículo eléctrico} = P1 \cdot P2 \cdot P3$$

P1 = CO<sub>2</sub> no emitido anualmente debido al uso del vehículo eléctrico

P2 = Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales del vehículo eléctrico

P3 = CO<sub>2</sub> no emitido por el vehículo convencional

Fórmula 6. Cantidad total final de CO<sub>2</sub> evitado [16] [36].

### 3.3.2. Escenario 2: Impacto en la red eléctrica española del vehículo eléctrico en función de su demanda

La metodología en este escenario se va a realizar teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Tipos de vehículos eléctricos.
- Potencia de recarga del vehículo eléctrico.
- Número de vehículos eléctricos en función de la demanda.
- Desplazamiento medio diario

A continuación se detallarán cada uno de los diferentes parámetros que se tendrán en cuenta para calcular el impacto en la red eléctrica.

#### 3.2.3.1. Tipos de vehículos eléctricos

Los vehículos propulsados por un motor eléctrico se pueden clasificar en las siguientes categorías [22]:

**Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida (EREV):** se caracterizan por utilizar la energía eléctrica para mover el automóvil mediante baterías. Además, tienen otra fuente de energía interna secundaria que funciona como generador, y esta actúa una vez que se ha agotado la batería eléctrica. Son vehículos totalmente eléctricos hasta los 65 km (de media). Una vez que la duración de la batería se agota, el

vehículo utiliza un generador de gas de propulsión para extender el rango de conducción.

**Vehículo eléctrico de batería (BEV).** Estos vehículos utilizan únicamente un motor eléctrico. Por lo tanto su rango solo depende de la capacidad de la batería. No hay motores de combustión interna de respaldo en el vehículo que le permitan continuar el recorrido en caso de que la batería se agote. La fuente de energía proviene de la electricidad almacenada en la batería que se debe cargar a través de la red. Tiene un rango de autonomía entre 90 y 300 km, lo que la hace suficiente para largos viajes. El tiempo de recarga varía entre 20 minutos y 6 horas, dependiendo de su modo de carga.

**Vehículo híbrido enchufable (PHEV).** Se caracterizan porque tienen dos sistemas para la propulsión del vehículo: uno eléctrico y otro por combustión interna. Estos se pueden combinar de diferentes maneras. Este tipo de vehículo puede funcionar tanto con los dos sistemas a la vez como con uno solo. Tienen un rango de autonomía de 700 km.

Los diferentes modelos de vehículos eléctricos en el mercado español se van a mostrar a continuación. Todos ellos han sido recopilados gracias al catálogo del Proyecto de Movilidad Eléctrica (MOVELE) [21]. Para esta metodología solo se van a tener en cuenta las categorías de turismos eléctricos.

Marca	Vehículo	Tipo	P <sub>máx</sub> (kW)	Autonomía (Km)	Consumo (KWh/Km)	Tipo Batería
BYD	F3DM	EV	125	100	0,16	Ion-Litio FE
BYD	e6 (200kW)	BEV	200	300	0,18	BYD Fe battery
BYD	e6 (75 kW)	BEV	75	300	0,16	BYD Fe battery
Smart	Smart Coupé	BEV	30	135	0,12	Litio
Seat	Leon Twin	PHEV	150	700	0,24	LiFePO4
Opel	Ampera	REEV	110	60	0,13	Ion-Litio
Micro-Vett	Fiorino Qubo	BEV	60	100	0,24	Ion-Litio
Smart	Smart Cabrio	BEV	30	135	0,12	Litio
Mitsubishi	i MiEV	BEV	49	150	0,14	Ion-Litio
Tata	Indica Vista	BEV	55	200	0,13	Ion-Litio
Zytel	Gorilla	BEV	30	80	0,15	Plomo ácido
REVA	NXR	BEV	25	160	0,09	LiFePo (Li-Ion)
Micro-Vett	Fiorino M1-Fi	BEV	60	100	0,24	Ion-Litio
Think	City 2010	BEV	30	203	0,14	NiNa Sodium

Tabla 3. Tipos de turismos eléctricos [Ibídem].

De los datos indicados en la tabla 3, se han hecho promedios de la autonomía media y del consumo medio, que son los datos que se necesitan para realizar la metodología. Y quedan así:

Autonomía media = 154,5 Km.

Consumo medio = 0,18 kWh. /km.

### 3.2.3.2. Desplazamiento medio diario.

El desplazamiento medio diario depende de muchos factores y es difícil modelar ya que es necesario contar con muchos datos. Para simplificar el modelo, se van a tomar los kilómetros medios. Se ha tomado una distancia que represente el desplazamiento medio europeo y español, y ese recorrido es de 35 km [23].

### 3.2.3.3. Potencia de recarga.

Actualmente no existe un acuerdo a nivel europeo de la potencia que concierne cada nivel de carga, por lo tanto para la metodología se han utilizado los valores que recomiendan la nueva directiva y la Comisión europea. Aunque como se ha dicho, todavía no hay un estándar a nivel europeo, y estos valores varían en función del país.

Hoy por hoy, se está trabajando para conseguir el asentamiento de los siguientes modos de carga para los vehículos eléctricos [24], en la tabla 4 se muestran sus propiedades. La metodología se va a calcular en función de la potencia de 3,7 (kW) y 7,4 (kW).

Tipo de recarga	Potencia (W)
Recarga muy lenta (230 V, 6 A)	1 kW
Recarga lenta (230 V, 16 A)	3,7 kW
Recarga media (230 V, 32 A)	7,4 kW
Recarga rápida (400 V, 63 A)	45 kW

Tabla 4. Potencia en función del tipo de carga.

### 3.2.3.4. Número de vehículos eléctricos en función de la demanda.

Para este escenario, se va a suponer que en el periodo de 1990 a 2013 el parque de automóviles español está compuesto únicamente por vehículos con combustión tradicional. Será a partir del año 2014 cuando se introducen los primeros 250.000 EVs propuestos por el Plan Integral de Automoción [25], creando tres posibles escenarios en la demanda.

En España, se ha tomado la determinación de desarrollar y promocional el vehículo eléctrico, para así conseguir la sostenibilidad en este sector. Actualmente no existe ningún estudio sobre el impacto en la demanda del vehículo eléctrico en la población española, es por ello que se van tener en cuenta tres posibles escenarios: uno de demanda desfavorable o baja, otro de demanda media, y otro de demanda optimista u alta (ver tabla 5,6 y 7 respectivamente).

Para la metodología habrá un incremento del 10%, 20% y 30% anual, respecto del año anterior, en el número de vehículos eléctricos para los escenarios de demanda desfavorable, media y optimista, respectivamente. Dentro de estos escenarios, no habrá ninguna otra diferencia entre ellos: los consumos serán iguales y la movilidad anual igual.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Coches Eléctricos</b>	250.000	325.000	422.500	549.250	714.025	928.232	1.206.702

Tabla 5. Demanda optimista. Se supone un incremento del 30 % cada año [25].

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Coches Eléctricos</b>	250.000	300.000	360.000	432.000	518.400	622.080	746.496

Tabla 6. Demanda media. Se supone un incremento del 20 % cada año [25].

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Coches Eléctricos</b>	250.000	275.000	302.500	332.750	366.025	402.627	442.890

Tabla 7. Demanda baja. Se supone un incremento del 10 % cada año [25].

### 3.2.3.5. Cálculo del consumo eléctrico final diario.

Teniendo en cuenta todos los parámetros anteriores, el cálculo se realiza siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo eléctrico final} = \frac{\text{Consumo eléctrico} \cdot \text{Distancia recorrida} \cdot \text{Número vehículos}}{\text{Tiempo calculado de la recarga}}$$

Fórmula 7. Consumo eléctrico final.

En el anexo III, están detallados todos los cálculos y datos del consumo diario eléctrico final en función de los tres tipos de demanda (optimista, desfavorable y media), en función del tipo de vehículo eléctrico, en función del desplazamiento medio diario y en función de la potencia de recarga.

## 3.4 Implantación de una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en relación a la nueva directiva de transportes.

La Directiva 2014/94/UE [4] establece un marco común de medidas para la creación de infraestructuras para los combustibles alternativos en la Unión Europea con el objeto de romper la dependencia del sector del transporte en carretera respecto del petróleo y alcanzar el objetivo de reducir en un 20 % las GEI en el transporte de aquí a 2020, contribuyendo así a la política de la Unión Europea de descarbonización a largo plazo [26].

El objetivo es asegurar el desarrollo de la infraestructura necesaria para dichos combustibles, que en el caso de la electricidad se materializa en puntos de recarga para los vehículos eléctricos e implementar las especificaciones técnicas para garantizar la estandarización europea de dichas infraestructuras (puntos de recarga

actuales, futuros inalámbricos e intercambios de baterías) para la conexión del punto de recarga y el vehículo eléctrico.

La Unión Europea ha reconocido que uno de los factores clave para que el uso de vehículos eléctricos se extienda, además de su elevado precio, es la falta de infraestructura de recarga. Según cálculos de la Comisión, el uso de combustibles alternativos podría suponer unos 2.300 millones de euros de ahorro en 2030 respecto lo que suponen hoy los convencionales, y adicionalmente 1.000 millones en la mejora de seguridad del suministro al disminuir las fluctuaciones de precio [27]. Es por ello que se ha escogido la elaboración de una infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.

Por lo tanto, la realización de esta parte estará centrada en las siguientes metas:

- Instalación eléctrica de baja tensión del sistema de recarga de vehículos eléctricos.
- Implantación del sistema de control y todos los elementos necesarios para el funcionamiento de la infraestructura de recarga.
- Diseño y desarrollo del sistema de comunicación entre la infraestructura de recarga y un gestor de cargas externo.

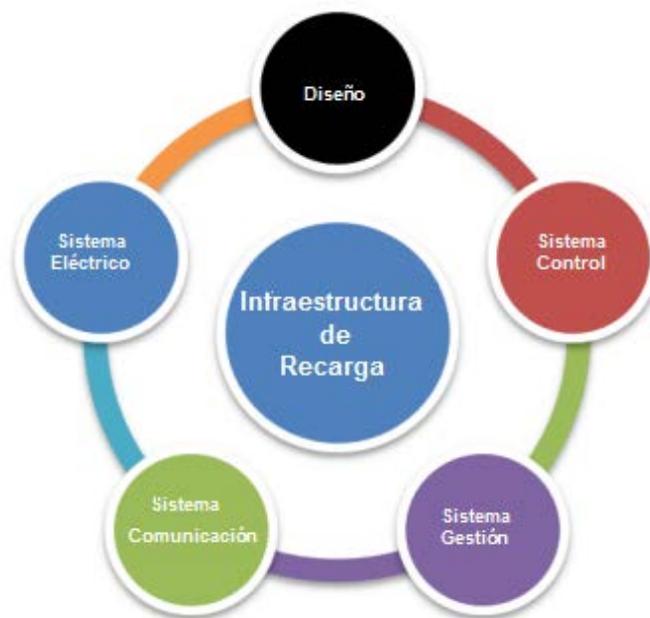


Figura 5. Diagrama de las partes.

Para la metodología se va a analizar y desarrollar cada uno de los diferentes sistemas propuestos en la Figura 5: sistema eléctrico, sistema de comunicación, sistema de gestión, sistema de control y el diseño. El punto de recarga nace de la combinación integrada de estos cinco sistemas.



4  
Resultados.

## 4.1 Introducción

En este capítulo se ha aplicado la metodología propuesta en el capítulo tres, por lo tanto aquí se expondrán y analizarán los distintos resultados. Se dividirá en tres partes:

- Resultado y análisis de las emisiones contaminantes desde 1990 hasta 2012.
- Resultado y análisis de las estimaciones de emisiones e impacto en la red eléctrica española.
- Impacto medioambiental.
- Implantación de las infraestructuras de recarga.

## 4.2 Resultado de la revisión de las emisiones contaminantes desde 1990 hasta 2012.

Se hará un estudio de las emisiones contaminantes en España considerando los datos recogidos en el Inventario de Emisiones de GEI de España 1990- 2012, edición 2014, elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. También, se evaluarán las emisiones de España comparadas con las de la Unión Europea, los datos europeos se recogen de Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). El trabajo se centrará sobre todo en las emisiones contaminantes procedentes del sector transporte en carretera. Por lo tanto, los objetivos de este capítulo expresados de manera resumida serán:

- 1- Localizar, clasificar y analizar la información disponible relativa a la situación española.
- 2- Localizar y analizar la información disponible a nivel europeo.
- 3- Mediante el programa Gretl se van a realizar correlaciones.
- 4- Extraer conclusiones acerca de la situación española en los aspectos más relevantes.

La realización de esta parte [29] se trata de un instrumento de información fundamental, empleado para conocer la carga y evolución de las emisiones contaminantes recibidas por la atmósfera y para la elaboración de modelos de predicción.

Con los resultados obtenidos del estudio, se examinará el estado del país en cuanto a emisiones contaminantes y su situación con respecto a cumplimentar los objetivos de control y reducción expuestos en el Protocolo de Kioto. Todos estos datos están recogidos en el Anexo I.

#### 4.2.1 Emisiones totales de España respecto a su compromiso Kioto

El desarrollo de las emanaciones de GEI sostiene una tendencia descendente iniciada en 2008. Aunque el aumento del 0,53 % en las emisiones de GEI producido en 2011, rompe la tendencia de descenso de los años anteriores. En 2012 se sitúan las emisiones un 18,68% por encima del periodo base establecido en el Protocolo de Kioto

Es el año 2006 cuando por primera vez se consigue una disminución de los gases de efecto invernadero. En ese año se redujeron en un 3 % con respecto al año anterior.

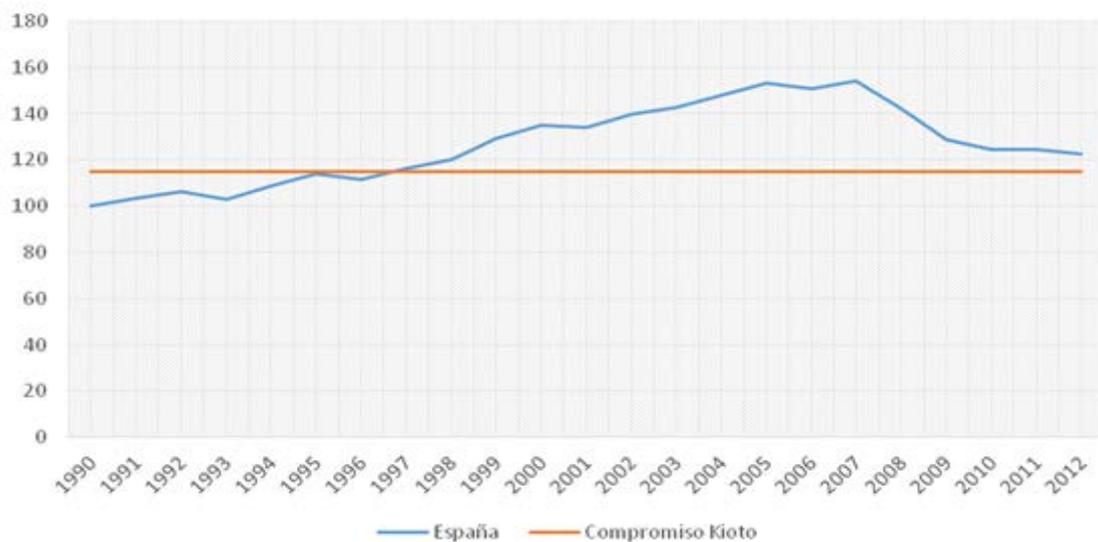


Figura 6. Emisiones de España respecto a su compromiso Kioto [30]

#### 4.2.2 Emisiones totales de la Unión Europea respecto a su compromiso Kioto.

Igualmente, se va a hacer una comparación de los niveles totales de GEI con los objetivos de Kioto y con su posición con respecto a España. Este tipo de análisis básico nos permite ofrecer una visión general sencilla de la situación de Europa y de España con respecto a los objetivos acordados en el marco del Protocolo de Kioto.

En la figura 7 se muestra las emisiones de GEI totales [31]. En la figura 7 se muestran como la emisiones de la UE-15 han estado disminuyendo desde 1990, alcanzando su nivel más bajo en 2012, con 3.600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

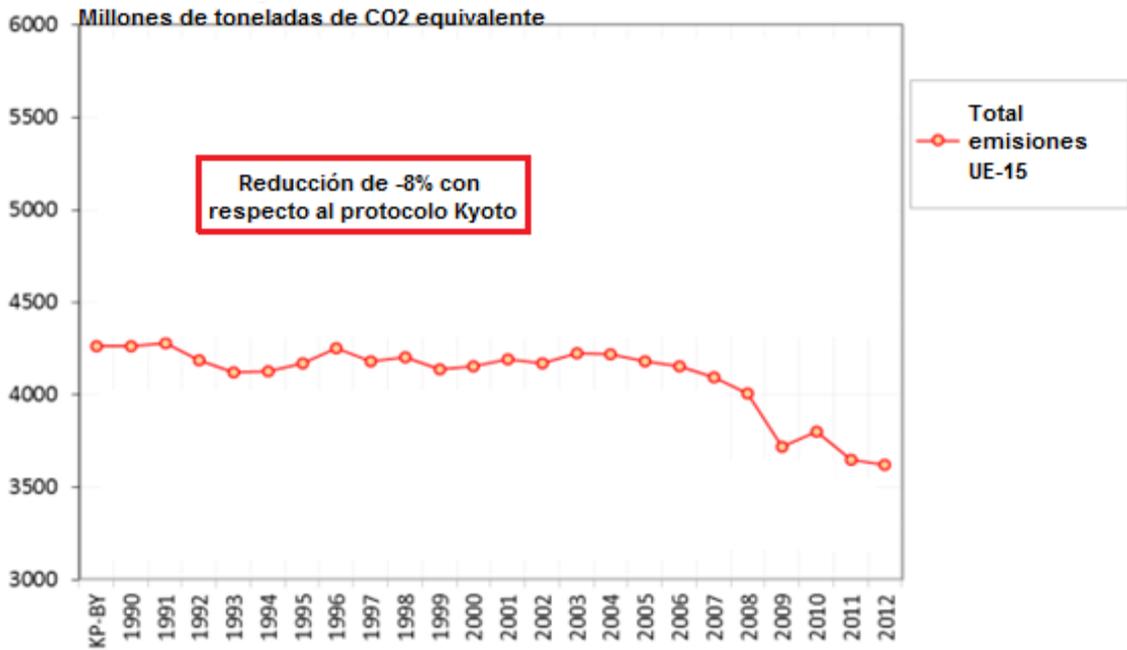


Figura 7. Tendencias de emisiones GEI en la UE-15 [31].

En el año 2012, las emisiones de la UE-15 se redujeron en un 15% con respecto al objetivo propuesto por el Protocolo de Kioto para el periodo de 2008-2012 (se fijó en un valor de 4.265 Mt de CO<sub>2</sub>). En total en esa etapa, se redujeron 640 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> [Ibídem].

El diagrama de barras representado en la Figura 8 refleja el incremento de las emisiones en términos absolutos de aumento o reducción de emisiones GEI de los distintos estados de la Unión Europea entre los años 1990 y 2012. Las emisiones de gases de efecto invernadero descendieron casi un 50% en Alemania y el Reino Unido [Ibídem]. Sin embargo, se puede ver como en España aumentaron significativamente las emisiones, a pesar de su puesta en marcha con el uso de energías renovables.

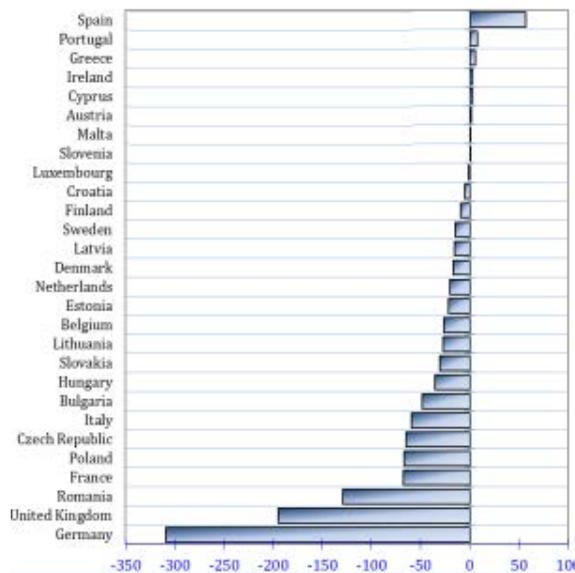


Figura 8. Cambio de 1990 a 2012 [32]

Las principales razones de la tendencia favorable en Alemania [44] son debido a su aumento en la eficiencia de las centrales eléctricas y de calefacción. La bajada de las emisiones de GEI en el Reino Unido fue principalmente el resultado de la liberalización de los mercados energéticos y el cambio de combustible en la producción de electricidad del petróleo y el carbón por el gas [Ibidem].

### 4.2.3 Emisiones en el transporte en España

Los gases de efecto invernadero contienen vapor de agua, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano y ozono. Las emisiones procedentes del transporte suponen en España alrededor del 28% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, una proporción algo mayor de que la de la media europea (la cual es del 20%) [34].

Los datos obtenidos sólo representan las emisiones directas procedentes de la quema de combustibles de uso final, por lo tanto, no se reflejan las emisiones indirectas derivadas de la producción de hidrógeno, ni la producción de energía eléctrica utilizada en el transporte. Así pues, se estima que el total de emisiones directas e indirectas, la cifra total sería superior al 28% expuesto antes [36].

En la figura 9, se puede analizar como las emanaciones en España aumentaban hasta el año 2005 mientras que disminuían paulatinamente en la Unión Europea. Entre los años 2005 y 2008 las emisiones son bastante constantes. Es a partir de 2008, y debido a la crisis, cuando comienzan a disminuir, colocando a España en una posición más acorde con el resto de los países de su entorno.

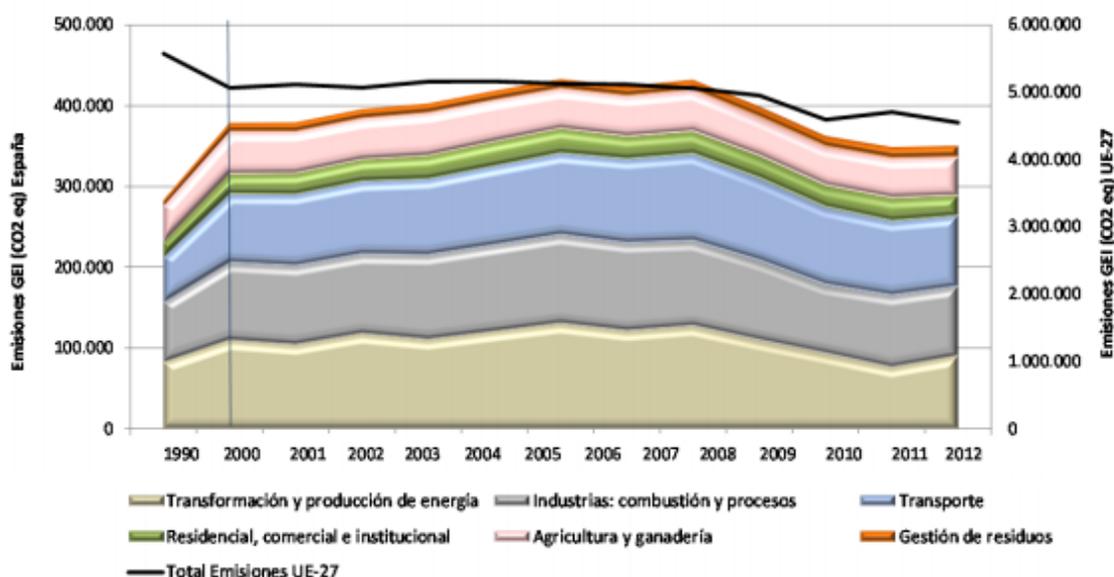


Figura 9. Emisiones GEI por sector en España [35].

En el diagrama circular representado en la Figura 10, se observa como en el 2012, el 92% de las emisiones proceden del transporte en carretera, seguidos del ferrocarril y del aéreo.

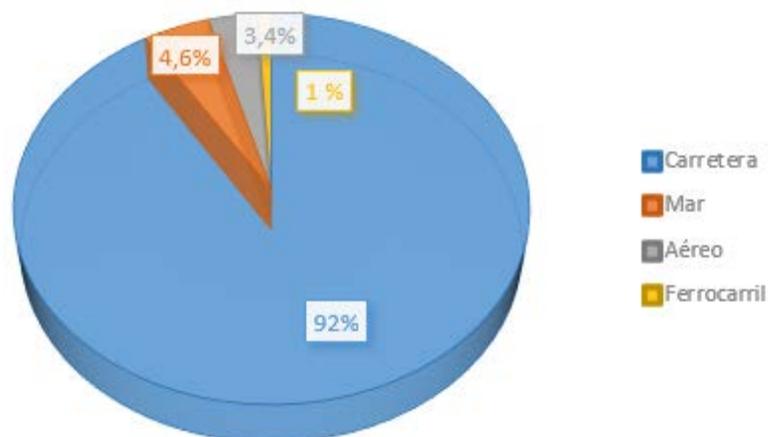


Figura 10. Emisiones GEI en el transporte según el modo [30].

En la Figura 11, se muestran como las emisiones GEI en el transporte en el año 2011, se encuentran al mismo nivel de las que había en año 2000, ambas a un 50% más de nivel que en el año base, 1990.

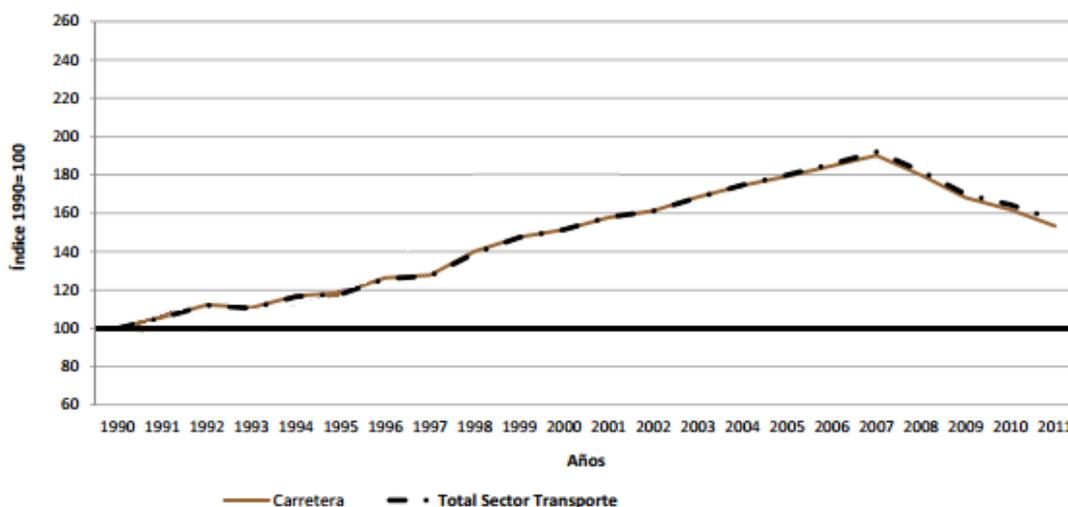


Figura 11. Evolución sector transporte y sector carretera [30].

Entre los años 1990 y 2007 hubo un aumento continuo de las emisiones totales procedentes del transporte en carretera. Este hecho estuvo muy unido al ciclo económico [15]. A partir del año 2008, empezó a disminuir, debido al declive de la actividad y a la bajada del sector transporte de mercancías. Como podemos ver, el sector transporte en carretera es el mayor emisor [35].

#### 4.2.4 Evolución de las emisiones totales en el transporte por carretera en España

En España, las emisiones GEI procedentes del transporte, han sufrido un incremento de casi el 44% en el periodo de 1990 a 2012, representado un 25 % del total español. De este 25%, el transporte por carretera ocupa la mayor ponderación (un 92 %). En los últimos diez años (2003-2012), como se muestra en la figura 12, estas emisiones se redujeron en un 16,6%. Además, en el año 2012, la reducción de las emisiones fue del 9,6% con respecto al año anterior. Este dato representa la mayor reducción desde el periodo 2007-2008 [37].

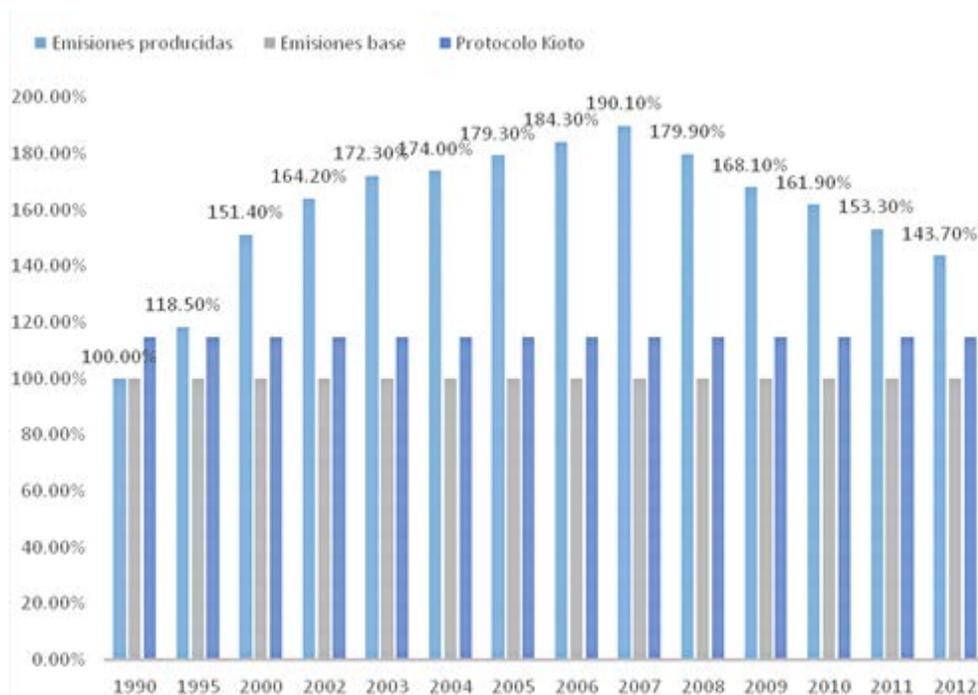


Figura 12. Evolución de las emisiones totales en el transporte en España [33]

El protocolo de Kioto estableció un objetivo para España de situarse en un índice del 115%. Gracias a la reducción de emisiones que se está produciendo de manera gradual, como se muestra en la figura 12, se ha conseguido aproximarse a esa meta. La previsión del Gobierno Español era alcanzar el 137 % para el año 2012, finalmente la cifra se aproximó bastante, con un 143,7 %. Si se continúa con este ritmo de disminuciones, finalmente se cumplirían con los objetivos de Kioto [40].

En el periodo correspondiente a 1990 y 2007, las emisiones con origen el transporte en carretera sufrieron un crecimiento bastante llamativo, como se muestra en la figura 13.

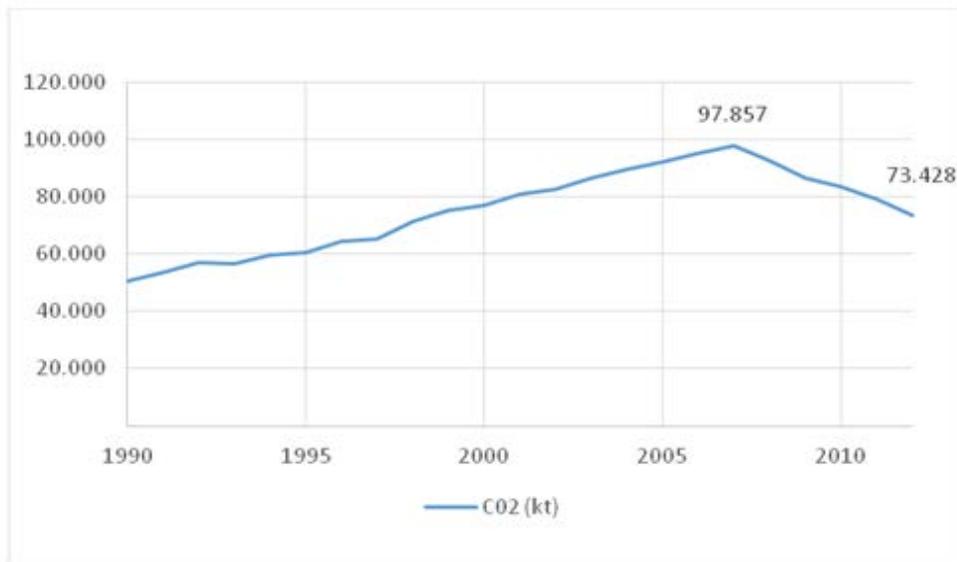


Figura 13. Emisiones GEI procedentes del transporte [33].

Este hecho está acoplado a la economía y a la movilidad. A partir del año 2008, debido a la caída de algunos segmentos del sector transporte en mercancía, empezaron a disminuir paulatinamente las emisiones. En 2001, se sitúan en el mismo nivel que en 2000, un 50% por encima de su nivel del año base (1990) [34].

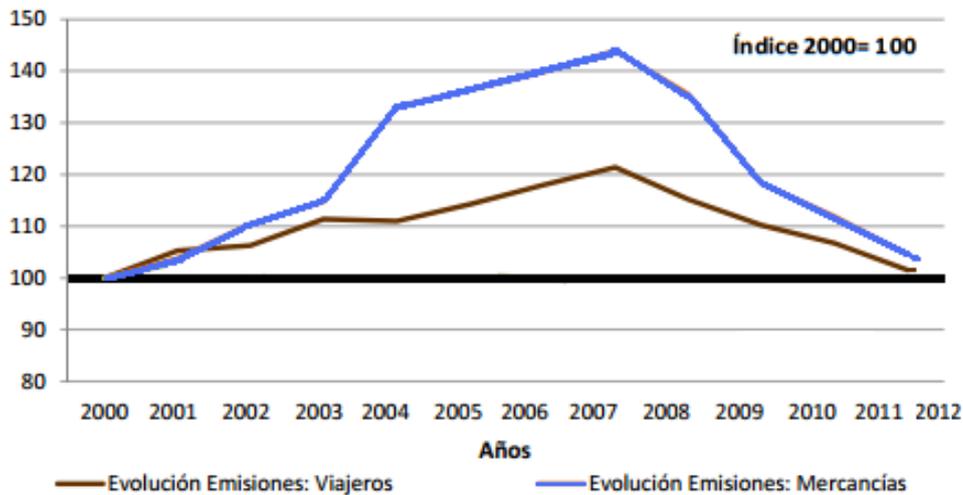


Figura 14. Evolución de las emisiones de viajeros y mercancías en el transporte en carretera. [33].

El avance de emisiones procedentes de mercancías y de viajeros tuvo su máxima cota en el año 2007, al igual que el máximo nacional de emisiones. Es a partir del año 2008 cuando comienza a disminuir, en especial en el ámbito del transporte procedente de mercancías, alcanzando en el año 2012 [41] unas emisiones muy parecidas a las del año 2000. El descenso de actividad en el transporte en mercancías fue a causa de la crisis económica, los elevados precios de los combustibles y las intenciones de las administraciones de implantar más impuestos y peajes.

#### 6.2.4.1. Evolución de emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte en carreteras en España:

Entre el periodo comprendido entre el año 1990 y 2007, las emanaciones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera expulsados por el transporte por carretera, logra el triste record histórico de 97.540 kilotoneladas de CO<sub>2</sub> [39]. Pero a partir del año 2007 las emanaciones de CO<sub>2</sub> comienzan a decrecer paulatinamente [33], consiguiendo tener en 2012, valores de emisión parecidos a los del año 1999 y 2000.

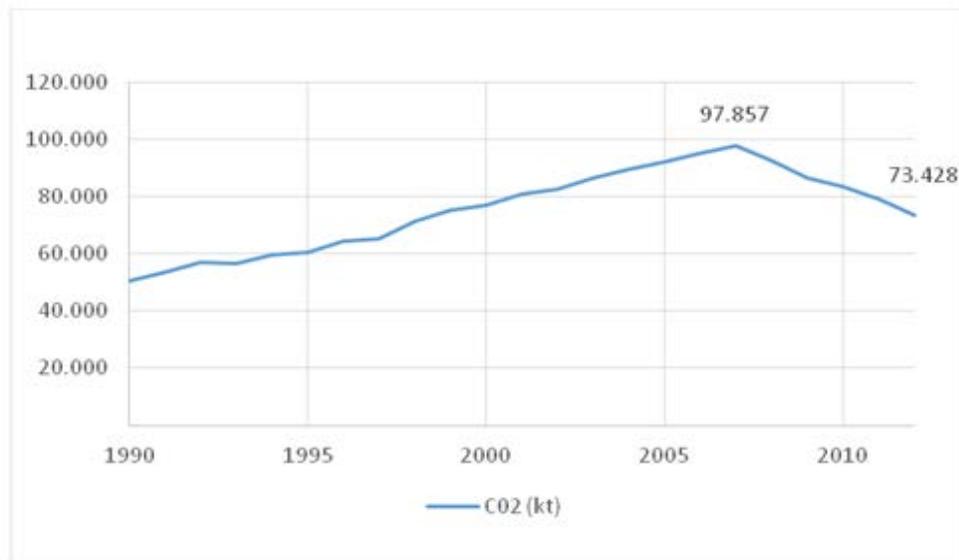


Figura 15. Emisiones GEI procedentes del transporte en carretera [33].

#### 6.2.4.2. Emisiones de sustancias acidificantes en el transporte en carreteras en España:

Primeramente se va a mostrar la evolución del SO<sub>2</sub> en España (Figura 16). Los datos de emanación del SO<sub>2</sub> debidos al transporte por carretera, denotan un aumento desde 1990 hasta 1994, en donde alcanza su máximo con 64.491 toneladas [39].

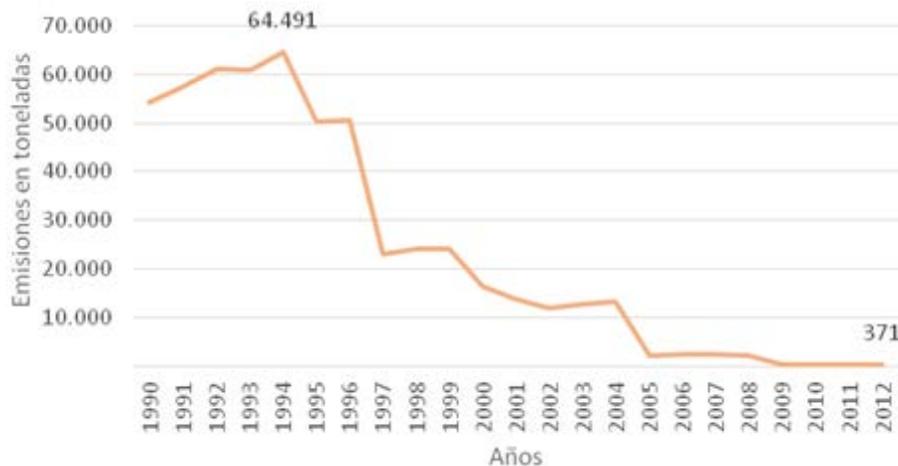


Figura 16. Evolución del SO<sub>2</sub> en el sector transporte por carretera [33].

A partir de este momento, se produce una bajada considerable, hasta el momento actual. Se ha conseguido disminuir las emanaciones en un -25 % como promedio anual. ¿Cuál ha sido el motivo? Hay que señalar varias causas [40]:

- Renovar los carburantes.
- Acotar el contenido de azufre.
- Mejora de los motores.

En el año 2005, la directiva europea 2003/17/CE [42] dispone en las estaciones de servicio la venta de gasoil A (es decir el gasóleo de mejor calidad, está más refinado y contiene una serie de beneficios como reducir las emisiones contaminantes) y de gasolina sin azufre (estableciendo un máximo de 10 mg por kilo de combustible). Esta acción, supuso una bajada en las emanaciones de SO<sub>2</sub>.

En el año 2009, se instauran los combustibles con baja cantidad de en azufre. Esto se traduce en un nuevo decrecimiento de las emanaciones de SO<sub>2</sub>. En los últimos años, estamos en niveles mínimos históricos.

En cuanto a los óxidos de nitrógeno (NOx) son los precedentes del ozono troposférico, además tienen múltiples efectos en la polución. Abarcan la mitad de las emanaciones de gases acidificantes en peso. Gracias a la evolución tecnológica de los vehículos, a la renovación del parque de vehículos y a la caída del consumo en los últimos años, ha disminuido su presencia.

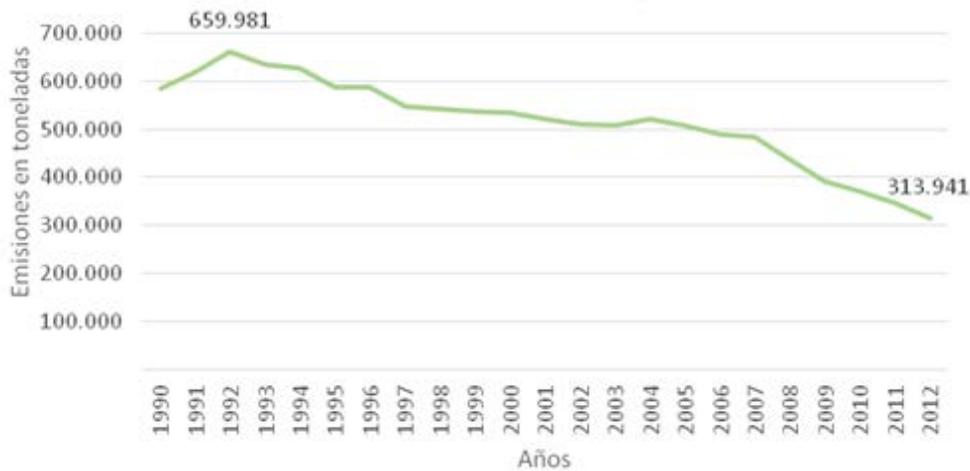


Figura 17. Evolución NOx en el transporte por carretera [33]

Por último, Si nos fijamos en el caso del amoniaco (NH<sub>3</sub>) advertimos un aumento de las emanaciones desde el año 1990 hasta el año 2002. Desde esta fecha, detectamos una bajada paulatina en las emanaciones. Es consecuencia de la innovación tecnológica en los vehículos.

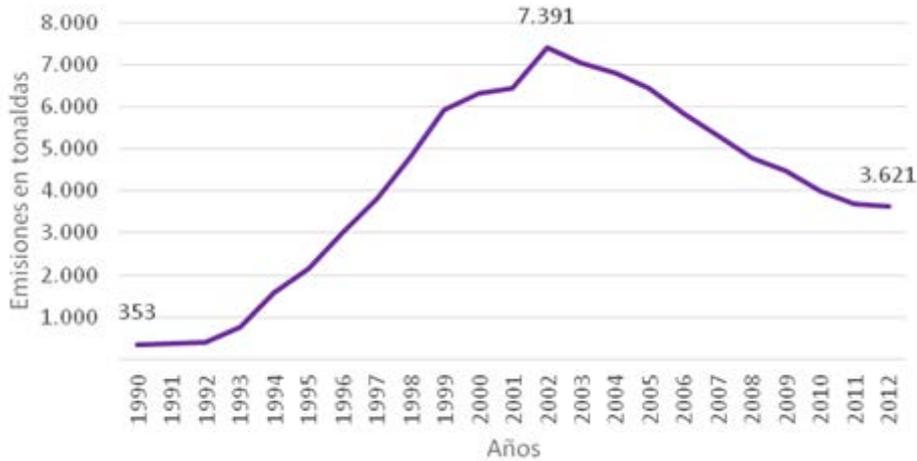


Figura 18. Evolución NH<sub>3</sub> en el transporte por carretera [33]

#### 6.2.4.3. Emisiones de sustancias de precursores del ozono troposférico en el transporte en carreteras en España:

Son tres las principales sustancias precursoras ligadas al ozono troposférico: CO, NO<sub>x</sub> y COVNM. En primer lugar se va a centrar en el CO, y concretamente en el que procede del transporte por carretera en la década de los 90s. Este CO suponía casi la mitad de las emanaciones de gases precursores del ozono troposférico. Le proseguían el NO<sub>x</sub> y los COVNM, y ya con menos importancia el CH<sub>4</sub>. En el año 1992 se alcanzaron las mayores cuotas registradas en cuanto al CO. ¿Los motivos? [39] La multiplicación de los vehículos de gasolina por un lado. Y por otro lado, la falta de legislación y la poca ética medioambiental. Gracias a la obligatoriedad en España, de incorporar catalizadores en todos los vehículos a partir de 1993 para los motores de gasolina, y desde 1997, también en los diesel. Así como un sensor que medía la cantidad de oxígeno, y por tanto la riqueza de combustión. Estos dos cambios, son los responsables de que la cantidad de CO disminuyera a partir del 1993. Con una tasa de crecimiento de -10% hasta 2012 [39]. Señalar también, la importancia del rejuvenecimiento del parque móvil y la innovación tecnológica para reducir los contaminantes. Todos estos factores, han sido de vital importancia para alcanzar mínimos históricos en 2012, como se puede observar en la figura 19.

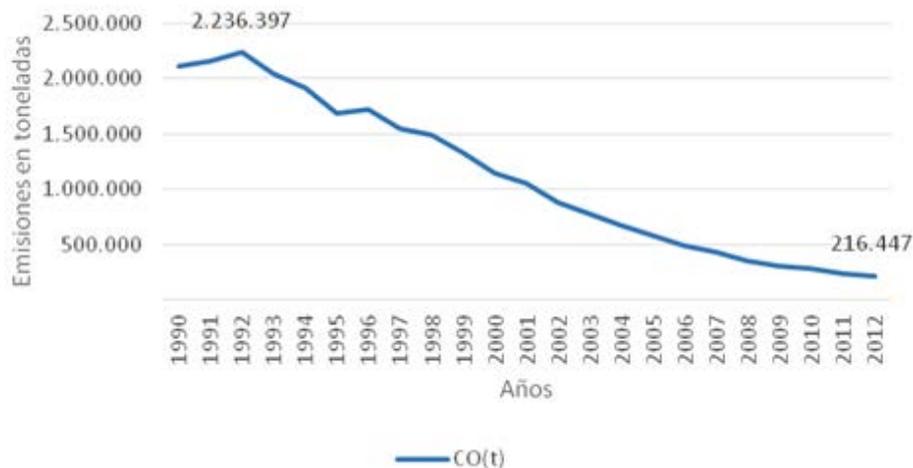


Figura 19. Evolución CO en el transporte por carretera [33]

Respecto al NO<sub>x</sub>, su variación es similar al CO. La instauración de catalizadores ha hecho que su presencia en la atmósfera disminuya. Así como la nueva tecnología y la jubilación de los vehículos anticuados y la modernización del resto. También a tener en cuenta, los métodos de reducción catalítica selectiva (SCR) [44] de los motores de gasoil, que reduce las emanaciones de NO<sub>x</sub>, ya que neutraliza estos gases en N<sub>2</sub> atmosférico, CO<sub>2</sub> y vapor de agua.

En cuanto a las emisiones de los COVNM [39], hay una disminución en los periodos de tiempo donde la legislación obliga al uso de los catalizadores, como también a la prohibición en el año 2011 de la venta de gasolina con plomo en España.

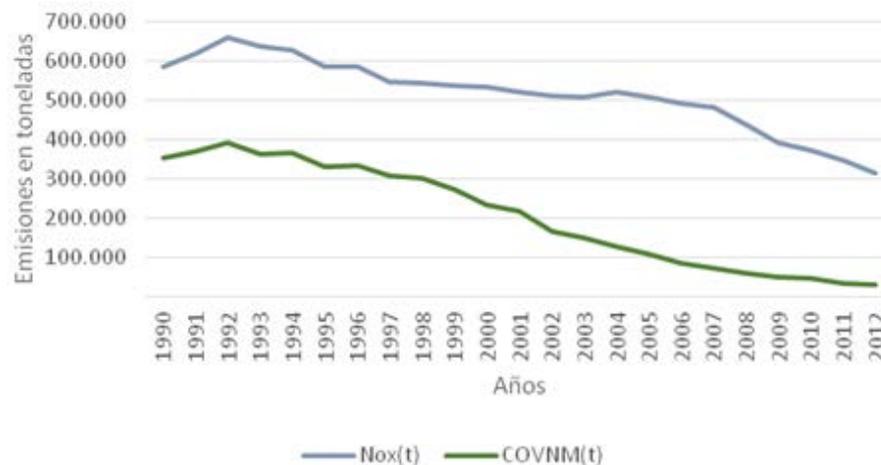


Figura 20. Evolución NO<sub>x</sub> y COVNM en el transporte por carretera [33].

#### 6.2.4.4. Relación entre las evoluciones de todas las emisiones

Las emanaciones GEI, sustancias acidificantes y gases precursores del ozono de origen el sector transporte por carretera, se han visto envueltos en una reducción a partir del año 2007, con respecto al año base. En total este decrecimiento, para el periodo 2007-2011, ha sido de un 17,8% para sustancias GEI, un 9,1 % de sustancias acidificantes y de un 8,25 % de los contaminantes precursores del ozono troposférico.

En el periodo de 1990-2011, las emanaciones de GEI del transporte en carretera aumentaron en un 56,8%, un valor muy superior con respecto a las emisiones totales de España que, para ese periodo, fueron del 24%. Sin embargo, las emisiones de sustancias acidificantes del transporte en carretera disminuyeron un total del 26,2% con respecto al año base. Los contaminantes precursores del ozono troposférico disminuyeron en un 56,3%.

En el gráfico de la figura 21 podemos observar la representación de la evolución en el periodo 1990-2011 comentada sobre las emisiones GEI ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ), sustancias acidificantes ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{NH}_3$ ) y de precursores del ozono troposférico ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{COVNM}$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{CH}_4$ )

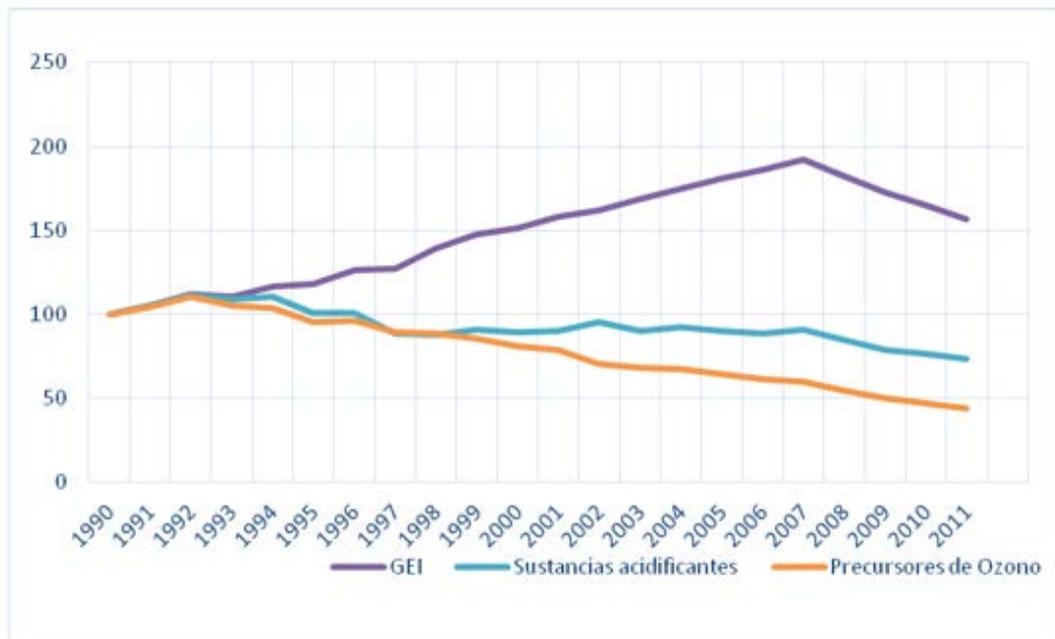


Figura 21. Resumen evolución de contaminantes en el sector transporte por carretera [33]

#### 4.2.5 Emisiones en el transporte en Europa

Las emisiones procedentes del sector transporte en carreteras aumentaron de forma continua entre 1990 y 2007, y han ido disminuyendo de 2008 a 2012. En veintidós años (1990 a 2012), las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron alrededor de 130 millones de toneladas. El transporte por carretera es la segunda mayor fuente de emisiones de la UE, y representa el 22% del total las emisiones de gases de efecto invernadero en 2012 [43].

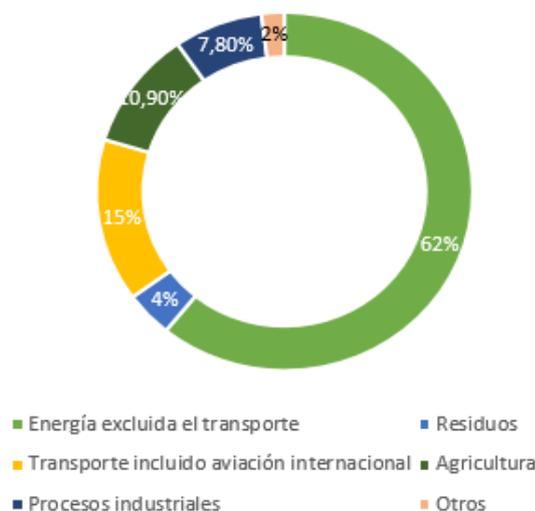


Figura 22. Emisiones por sector en 1990 [32].

Como se pueden en los gráficos representados, las emisiones, disminuyeron en la mayoría de los sectores, con la excepción de las emisiones en el sector transporte, que aumentaron en un 7%. Las disminuciones de emisiones fueron mayores para los sectores industriales (combustión y procesos), la electricidad y la producción de calor, combustión y la agricultura residencial y comercial [45].

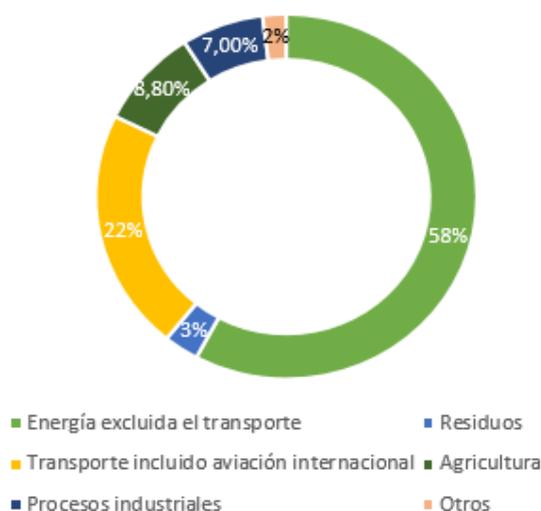


Figura 23. Emisiones por sector en el año 2012 [32].

En el periodo de 1990 a 2012, la adquisición de nuevos vehículos en la UE-15 aumento de manera notable. Según datos sacados de Eurostat [32], el número de vehículos de nueva matriculación se incrementó en un cifra de 86 millones para los últimos veintidós años y se ha calculado un 243 millones de vehículos con pasajeros en 2012. Para el periodo en los cuales hay datos disponibles (1995-2001), el uso del transporte por carreteras procedentes de pasajeros (medido en pasajeros km) y los volúmenes de mercancías por carretera (medido en km tonelada) ha ido aumentando a tasas medias anuales del 1,3% y 1,9%, respectivamente.

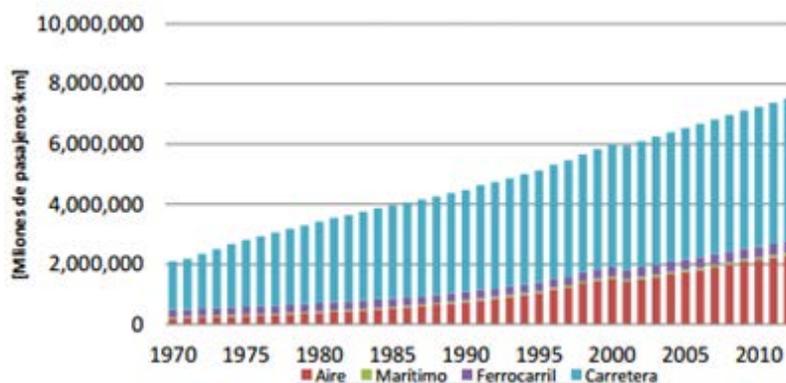


Figura 24. Evolución del transporte de pasajeros en UE-15 [46]

Se puede observar la tendencia a aumentar en la evolución de pasajeros en carretera junto con el transporte aéreo.

En todos los años se aprecia claramente que el transporte dominante es por carretera. Además este es el sector que experimenta un mayor crecimiento en el número de viajeros con un aumento de más de un 20% en los últimos diez años (2000- 2010), junto con el transporte aéreo [46].

La reducciones de emisiones en el sector transporte son debido a la aplicación de las nuevas políticas y medidas propuestas por la UE, como por ejemplo el Reglamento número 510/2011[47], que plantea la reducción en la emisión de CO<sub>2</sub> de los vehículos comerciales ligeros; o el Reglamento sobre el CO<sub>2</sub> de los automóviles (2009/443 / CE) [48], que establece los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> para los vehículos nuevos. También fue importante la directiva 2009/28/CE [49] que estable a cada país de la UE-15 conseguir un 10% de uso de energías renovables en el sector del transporte (como los biocombustibles y la electricidad a partir de fuentes renovables).

En la figura 25 se muestra como en la media en la UE-15, el 72% de las emisiones en el transporte proceden del sector en carretera. En España, como hemos evaluado anteriormente, ese tanto por ciento se incrementa hasta un 92 %.

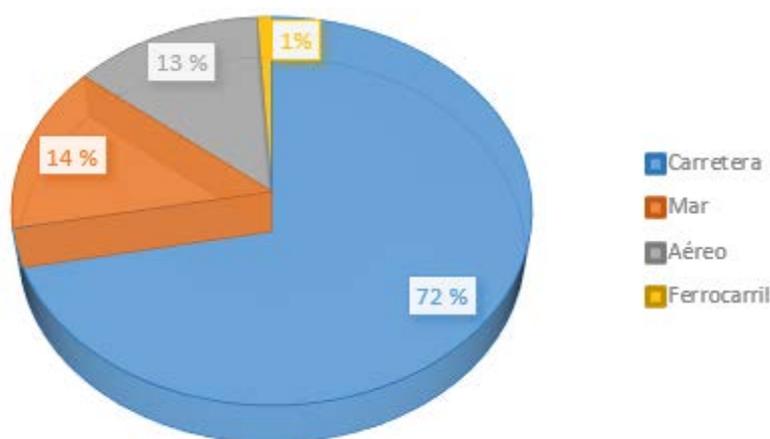


Figura 25. Emisiones GEI según el modo de transporte en 2012 [32].

#### 4.2.6 Evolución de las emisiones totales de los principales contaminantes en el transporte por carretera en Europa

Analizando la figura 26, se pueden comprobar como las emisiones de los principales contaminantes han disminuido en los últimos veintidós años. El uso de catalizadores cada vez más estrictos y la mejora en las normativas son uno de los principales factores de esta disminución [50]. También ha ayudado a esa reducción de emisiones la crisis económica, que comenzó en 2008.

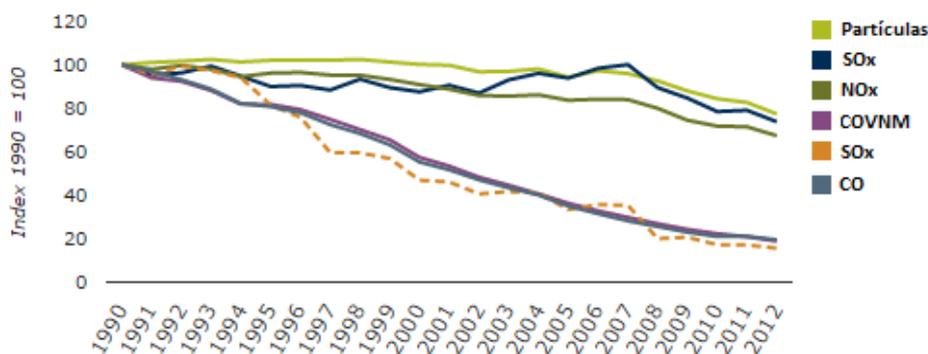


Figura 26. Tendencia de los principales contaminantes en el transporte en Europa [32].

A pesar de estas mejoras en la eficiencia con los catalizadores y la crisis, la demanda ha crecido considerablemente y el transporte por carretera representa un 22% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en la UE15 en 2012

Sin embargo, los niveles de NO<sub>2</sub> procedentes de vehículos diésel provocan esa superación en los niveles de NO<sub>2</sub> permitidos en muchas ciudades europeas. El aumento de los volúmenes de tráfico, junto con la promoción de los vehículos diésel en muchos países de la UE, es una de las principales razones por las cuales los no se cumplen con las normas de calidad del aire de la UE.

Además, las emisiones de NO<sub>x</sub> de los vehículos diésel en condiciones normales, exceden los límites especificados en las normas de emisión Euro [51], un problema que también afecta a los valores oficiales de consumo de combustible y de emisiones de CO<sub>2</sub>. En general, un automóvil medio diésel emite más PM y NO<sub>x</sub> que la gasolina,

pero menos de CO<sub>2</sub>. Datos recientes muestran que la diferencia de CO<sub>2</sub> está disminuyendo.

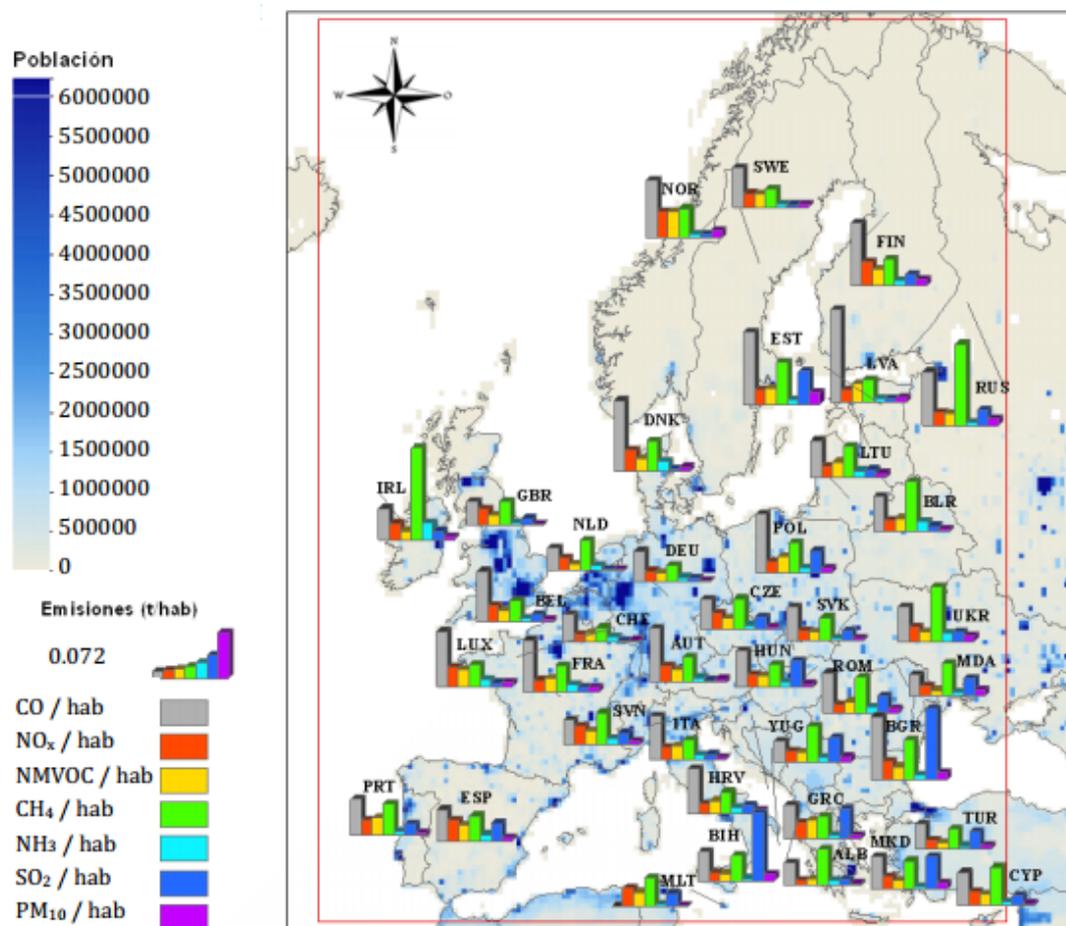


Figura 27. Emisiones contaminantes de cada país con respecto a su población [52].

#### 4.2.7 Evolución de las emisiones CO<sub>2</sub> según los principales tipo de combustible en España

Hay que tener en cuenta que las emisiones dependen también del tipo de carburante [53]:

- El combustible diésel, por cada litro, pesa 835 gramos. De este peso, 720 gramos son de carbono. Con el fin de quemar este carbono a CO<sub>2</sub>, se necesitan 1.920 gramos de oxígeno. La suma es entonces 720 + 1920 =

2640 gramos de diésel CO<sub>2</sub> / litro. Por lo tanto un litro de diésel emite 26,4 g/km de CO<sub>2</sub>.

- La gasolina, por cada litro, pesa 750 gramos. De este peso, 652 gramos corresponden a carbono. Con el fin de quemar este carbono a CO<sub>2</sub>, se necesita 1.740 gramos de oxígeno. La suma es entonces 652 + 1740 = 2392 gramos de CO<sub>2</sub> / litro de gasolina. Por lo tanto un litro de gasolina emite 23,9 g/km de CO<sub>2</sub>.
- El GLP, por cada litro, pesa 550 gramos. De este peso, 454 gramos corresponden al carbono. Con el fin de quemar este carbono a CO<sub>2</sub>, se necesita 1.211 gramos de oxígeno. La suma es entonces 454 + 1211 = 1665 gramos de GLP CO<sub>2</sub> / litro. Por lo tanto un litro de gasolina emite 16,6 g/km de CO<sub>2</sub>.

Se han recogido los datos existentes en MAGRAMA procedentes de las emisiones CO<sub>2</sub> (kilotonelada) y el número de kilómetros según el tipo de combustible. A continuación se presentan estos datos de manera agregada:

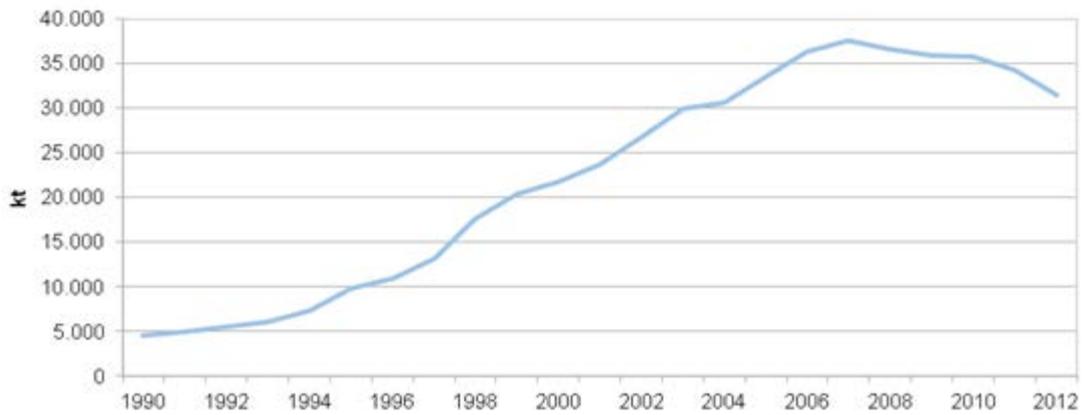


Figura 28. Emisiones de CO<sub>2</sub> en carretera procedentes de diésel [54].

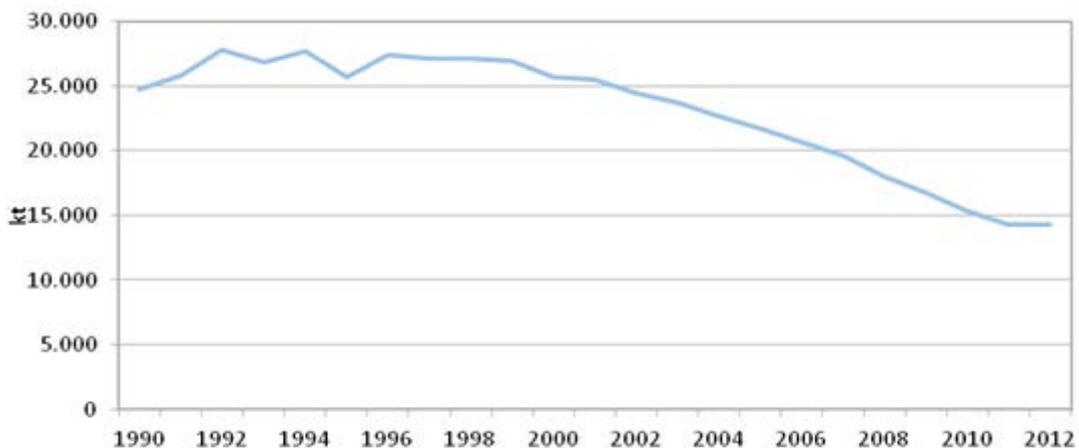


Figura 29. Emisiones de CO<sub>2</sub> en carretera procedentes de gasolina [54].

Se puede ver como en España entre el año 1995 y 2007, el consumo de diésel comienza a aumentar paulatinamente, llegándolo a doblar en 2007 al consumo de gasolina, incrementado un 250% los valores de 1995, con una tasa anual de crecimiento medio del 2,13%. Por lo tanto, en los últimos años el crecimiento del consumo de diésel se ha incrementado velozmente, mientras que el consumo de gasolina se ha mantenido casi estable.

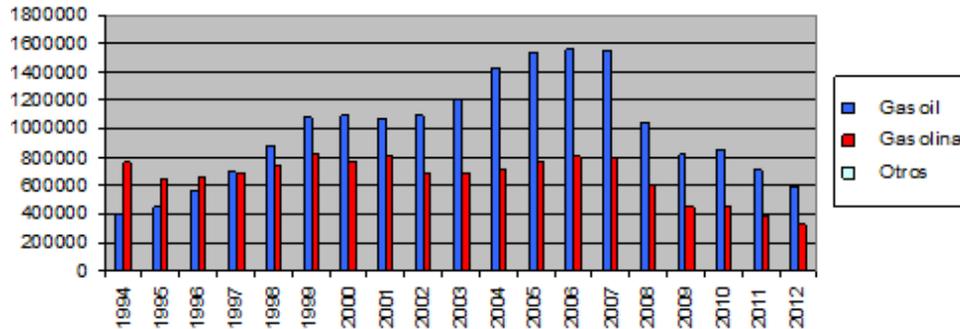


Figura 30. Venta de vehículos por tipo de carburante [55].

Si se compara la figura 28 y 29, con la 30, se puede comprobar que se producen menos emisiones de dióxido de carbono al reducirse el uso de los vehículos de gasolina, reduciéndose así sus emisiones CO<sub>2</sub>.

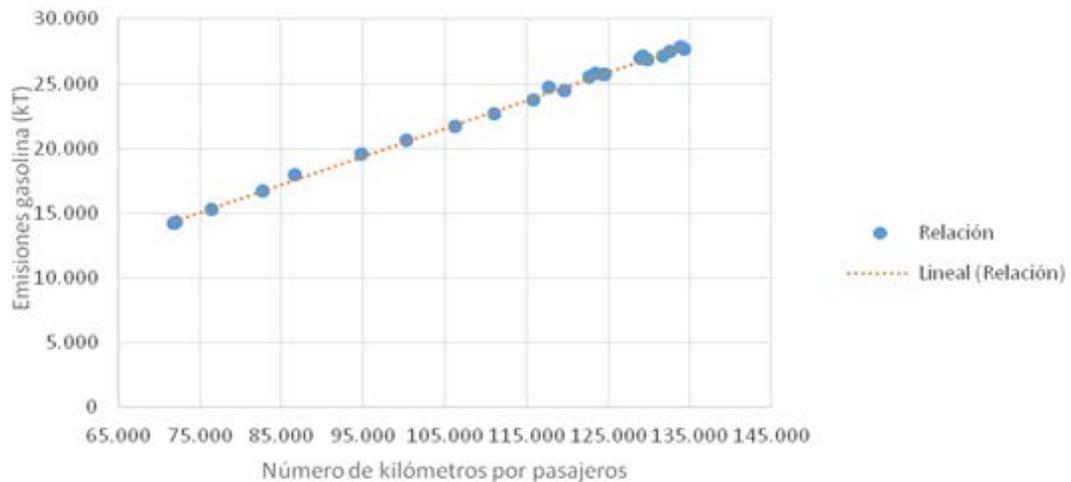


Figura 31. Relación emisiones GEI procedentes de gasolina y el número de pasajeros [54].

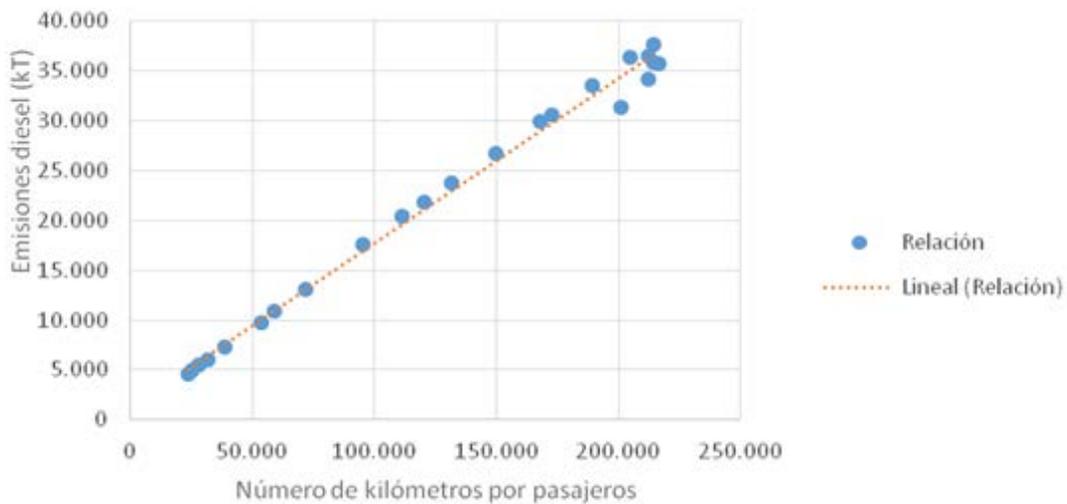


Figura 32. Relación emisiones GEI procedentes de diésel y el número de pasajeros [54].

Es cierto que el uso de diésel produce menos emisiones de CO<sub>2</sub>, pero según el estudio 'Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado' del CSIC, se comprobó que los vehículos diésel en verdad contaminan hasta cuatro veces más que los vehículos de gasolina similares.

Esto es debido, como se muestra en la figura 33, a que producen mayores niveles de NO<sub>x</sub> y partículas en suspensión, dos de los principales contaminantes más nocivos que existen en el aire. Está contaminación además es más pesada, por lo que cae antes al suelo.

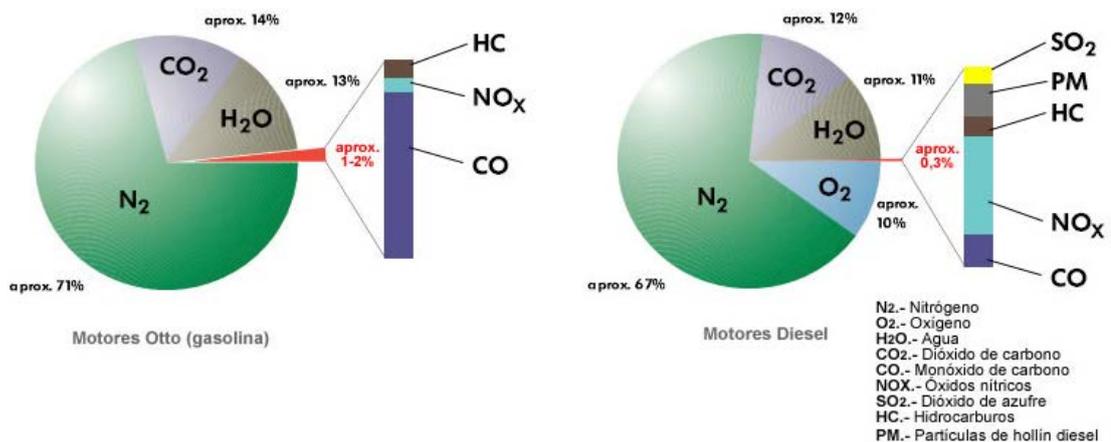


Figura 33. Composición de los gases de escape de vehículos con gasolina y diésel [56].

#### 4.2.8 Evolución de las emisiones según el tipo de combustible en la Unión Europea

Las emisiones que se van a analizar en esta sección, se deben al consumo de combustibles fósiles en el transporte por carretera, este aumentó un 11% entre 1990 y 2012, pese a las mejoras en la eficiencia energética de los nuevos vehículos.

En este apartado se van a estudiar las emisiones de CO<sub>2</sub> y NOx de los principales combustibles, es decir, gasolina, gasóleo y GLP.

##### 4.2.8.1 Emisiones CO<sub>2</sub>

Las emisiones procedentes del diésel completan el 70% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> que forman parte del transporte en carretera en 2012 (Figura 36). En todos los países que forman parte de la UE-15 hubo un incremento de este combustible en el periodo de 1990 a 2012 (figura 36). Los países con un mayor incremento fueron España, Austria, Irlanda, Luxemburgo y Portugal. Hay que tener en cuenta que algunos de los incrementos se deben al turismo [31].

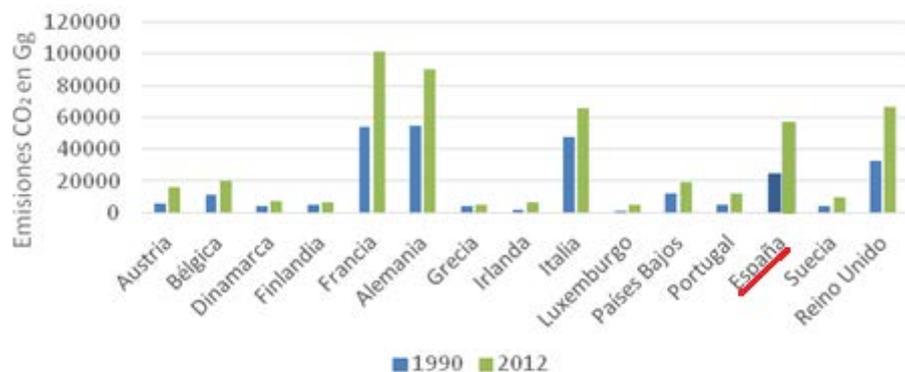


Figura 34. Evolución de las emisiones CO<sub>2</sub> procedentes del uso de combustible diésel [32].

En España, el consumo de gasóleo aumento de un 9% en 1990 a un 12 % en 2012, mientras que para Francia el consumo aumentó en el mismo periodo de tiempo del 20 por ciento al 20,5 por ciento). Por otro lado, la contribución al consumo de gasóleo de España, aumentó de 9 por ciento en 1990 al 12 por ciento en 2012 [57].

En cuanto a Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la gasolina entre los años 1990 y 2012 se redujeron en un 30 %. De todos los países de la UE-15, España, Francia, Italia, Reino Unido y Alemania representan conforman el total del 74% de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la gasolina en carretera. El consumo de gasolina procedente de Alemania y Francia se redujo entre 1990 y 2012 (Alemania redujo un total del 44,1% y Francia redujo las emisiones en un 64,2%). España redujo en un 40 % las emisiones [58].

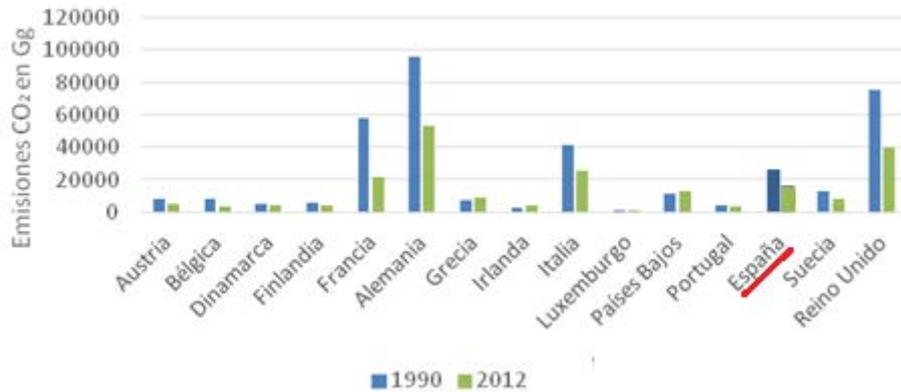


Figura 35. Evolución de las emisiones CO<sub>2</sub> procedentes de gasolina [32].

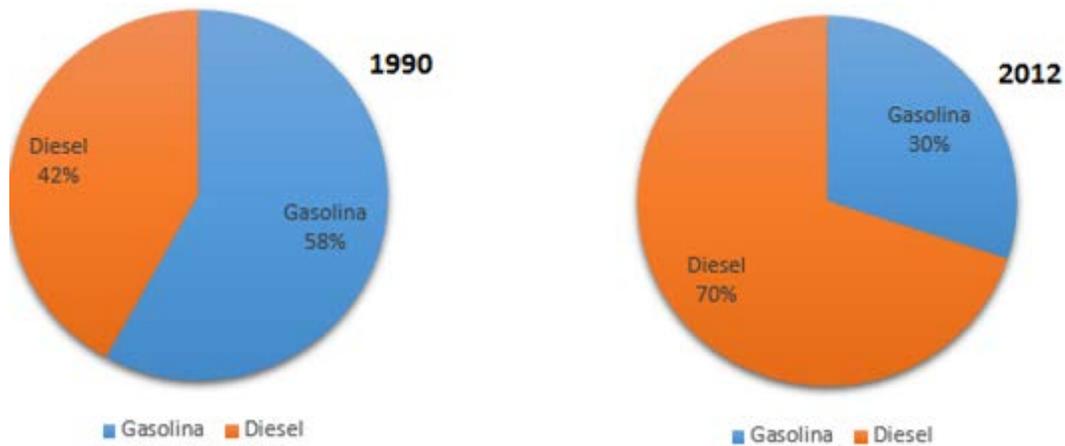


Figura 36. Evolución de emisiones gasolina y diésel [32].

El descenso de la gasolina y el fuerte incremento de diésel muestran el cambio gradual de la gasolina hacia el uso de los vehículos diésel en varios países de la UE-15. Las emisiones procedentes del uso de la gasolina disminuyeron en un 30%, mientras que las emisiones de diésel se han casi duplicado en el periodo de 1990 a 2012. En esos veintidós años, alrededor de casi dos tercios de las partes del aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de emisiones de diésel en el transporte por carretera, se debió a los vehículos de pasajeros; mientras que un tercio de parte se debió al transporte de carga (es decir, vehículos comerciales ligeros y pesados).

Sin embargo, en el GLP, entre 1990 y 2012, sus emanaciones de CO<sub>2</sub> aumentaron un simple 5%. Dos países de la UE-15 datan que las emisiones de este gas son "inexistentes" (Suecia y Finlandia). Entre 2011 y 2012 en la UE-15, las emisiones disminuyeron en un 1%. Francia, Alemania, Italia, España y el Reino Unido representan el 84% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el 82% de los datos de actividad de GLP en 2012.

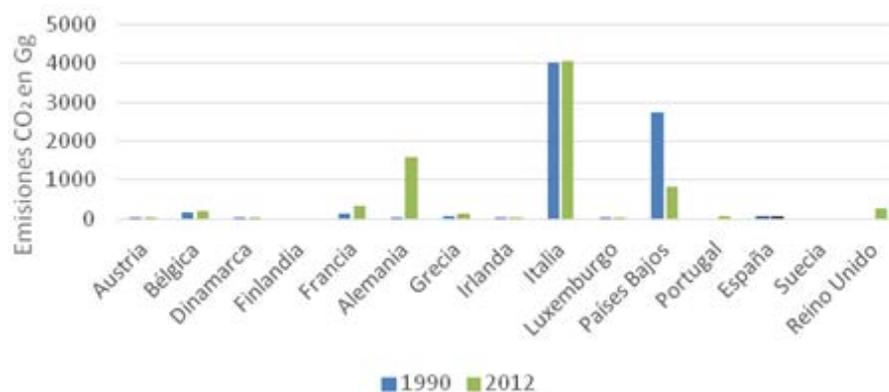


Figura 37. Evolución de las emisiones CO<sub>2</sub> procedentes del uso de combustible GLP [32].

#### 4.2.8.2 Emisiones NO<sub>x</sub>

Las emisiones de NO<sub>x</sub> se incrementaron en un 20 % entre 1990 y 2012. Estas emisiones aumentaron a principios de los años noventa debido a la implementación de un catalizador por la normativa Euro 1, pero disminuyeron después de la normativa Euro 2. Entre los años 1992 y 2005, se implantan nuevas normativas, cada vez más restrictivas. Su objetivo es el de modificar o mejorar los catalizadores [59]. La razón de las diversas tendencias existentes en las emanaciones de NO<sub>x</sub> son debidas principalmente a los diferentes valores de los factores de emisión. Las emisiones se han hecho con los dos modelos diferentes que hay en la UE-15 para estimar [60] las emisiones procedentes del NO<sub>x</sub>:

- 1- HBEFA: manual de factores de emisiones, proporciona los datos por clase de transporte, peso, tipo de combustible, clase de emisiones y 'situación del tráfico'.
- 2- COPERT: que estima que los factores de emisión de NO<sub>x</sub> disminuyen cada vez que evolucionan las medidas tecnológicas (Euro I, Euro 2, etc)

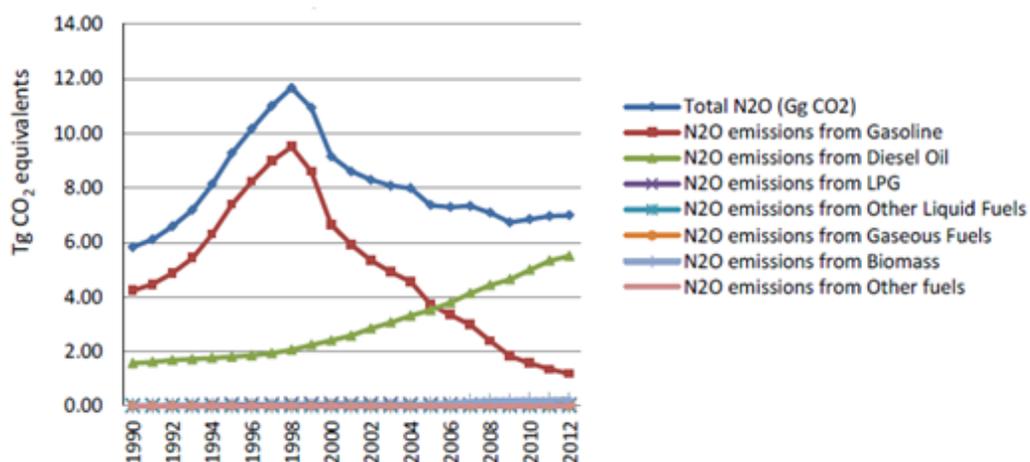


Figura 38. Tendencia de las emisiones NO<sub>x</sub> en el transporte en carretera [56].

Las emisiones totales de NO<sub>x</sub> procedentes del diésel suman un total del 76 % de las emisiones totales de NO<sub>x</sub> que forman parte del transporte en carretera en 2012. Entre 1990 y 2012, las emisiones de NO<sub>x</sub> se incrementaron en todos los países que forman parte de la UE-15, menos en Grecia, que fue la única que redujo sus emisiones en un 10 %. El incremento más amplio en términos absolutos corresponde a Dinamarca, Finlandia, Irlanda y Luxemburgo. Francia, Alemania, Italia, España y el Reino Unido, es decir, esos cinco países representaron en 2012 un 79% total de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

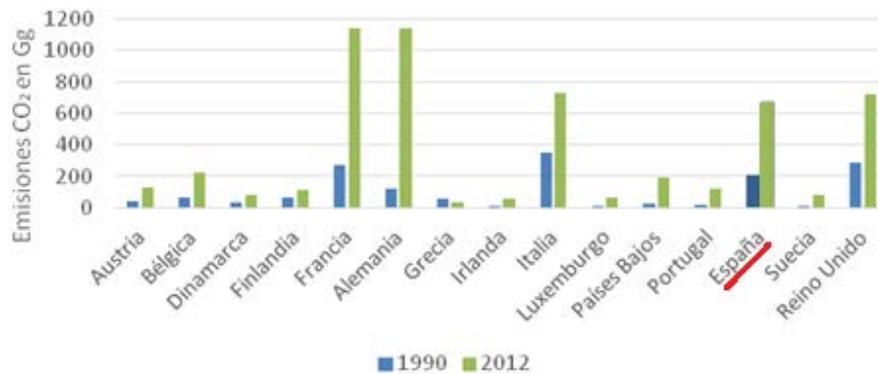


Figura 39. Evolución de las emisiones NO<sub>x</sub> procedentes de combustible diésel [32].

Las emisiones totales de NO<sub>x</sub> procedentes de la gasolina suman un total del 17 % de las emisiones totales de NO<sub>x</sub> que forman parte del transporte en carretera en 2012. Entre 1990 y 2012, las emisiones disminuyeron hasta un 72 %. Entre los años 2011 y 2012, todos los países que forman la UE-15 mostraron una tendencia decreciente, menos Suecia. Del total disminuido anteriormente, un 12 % total de reducciones pertenecen al periodo de 2011 y 2012. Francia, Alemania, Italia, España y el Reino Unido, es decir, esos cinco países representaron en 2012 un 68% total de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

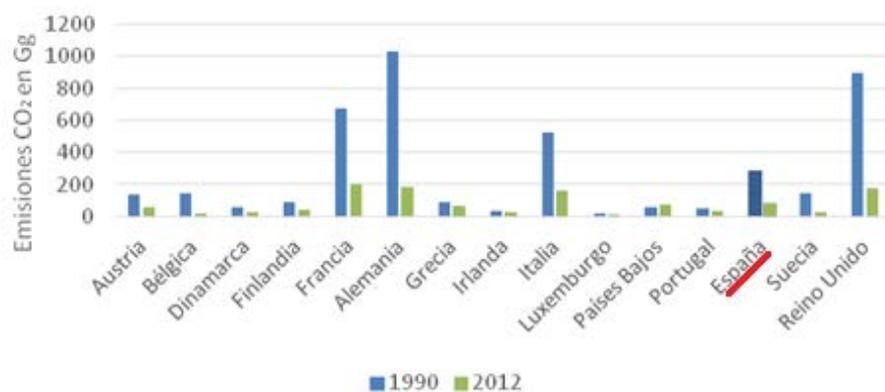


Figura 40. Evolución de las emisiones NO<sub>x</sub> procedentes del uso de la gasolina [32].

#### 4.2.9 Evolución de emisiones en función del tipo de vehículo en España

El siguiente gráfico (figura 41) muestra la disposición porcentual de las diez categorías de vehículos con más presencia en el territorio español, los cuales ocupan más de un 48 % del total. El resto de categorías no alcanzan de manera independiente ni el 2,03% [61].

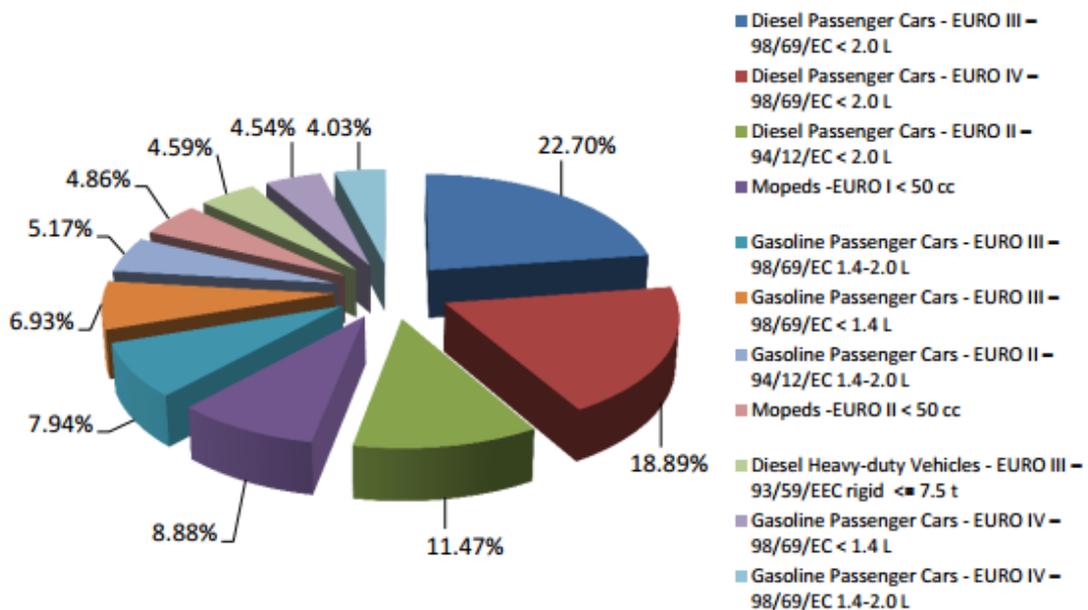


Figura 41. Tipo de vehículos en las carreteras españolas [61].

Del gráfico se puede analizar, que la existencia y uso de vehículos diésel predomina frente a los de gasolina. Las diez categorías más demandadas en el marco español, datan de matriculaciones entre el año 2000 y el 2009, aunque el mayor porcentaje, más de un 33 %, se sitúa entre el año 2001 y el 2005.

##### 4.2.9.1 Emisiones procedentes de vehículos nuevos en España.

De los datos procedentes de la Agencia Europea de Medio Ambiente se pueden sacar las siguientes puntualizaciones [62]:

- En el año 2011, la cifra de ventas de automóviles ascendió a un total de unos 800.000. Sus emanaciones medias fueron de 133,8 gramos CO<sub>2</sub> / Km. El 58% de los turismos, produjeron emisiones inferiores a los 130 gramos CO<sub>2</sub> / Km.
- Si nos fijamos en las marcas que han vendido más de 1000 vehículos, su emisión media es de 133,5 gramos de CO<sub>2</sub> / Km. La menor emisión media hallada es de 98,5 gramos de CO<sub>2</sub> / Km.
- Las emisiones medias, de los mayores fabricantes, son levemente menores a las emisiones medias.
- Los diez mayores fabricantes de vehículos nuevos en 2011, vendieron en torno a los 600.000 turismos con una emisión media de 130 gramos de CO<sub>2</sub> /

Km. De estos, el 75,5% expulsan menos de 130 g de CO<sub>2</sub> /km. La media con menor emisión fue de 124 g CO<sub>2</sub> /km.

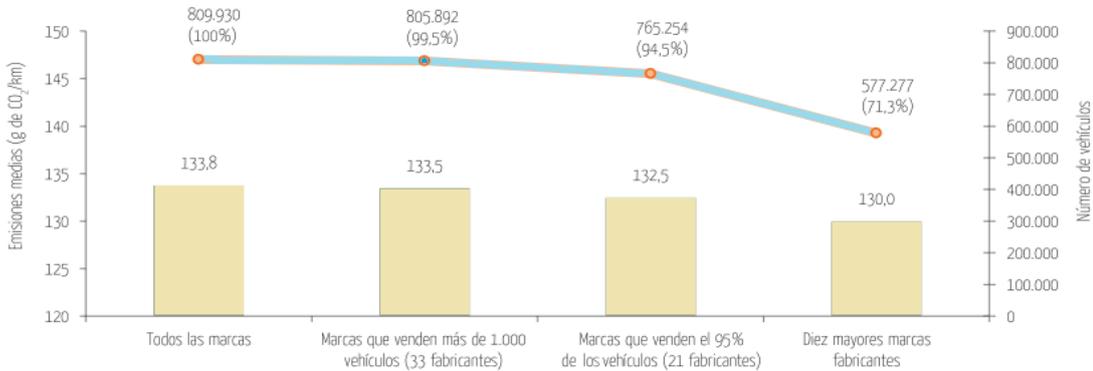


Figura 42. Vehículos vendidos en España y sus emanaciones medias [Ibídem].

#### 4.2.9.2 Emisiones procedentes de vehículos nuevos en Europa.

La matriculación de nuevos vehículos ha sufrido una reducción desde 2007. Se puede observar que las matriculaciones de nuevos automóviles han disminuido en 55% en España, 49% en Portugal y el 48% en Italia en comparación con 2007. Alemania sin embargo, tiene la flota de vehículos más grande de Europa, con un total del 27% en 2013, seguido por el Reino Unido (18%) y Francia (15%). En conjunto, estos países representan casi el 60% de la flota total europea [63].

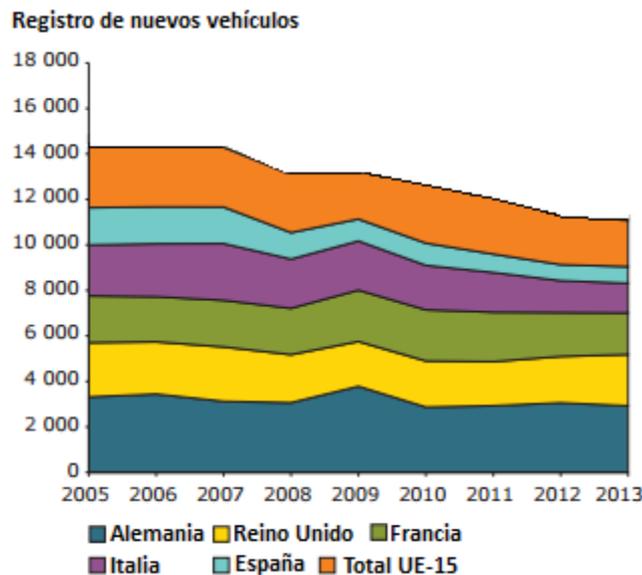


Figura 43. Número de vehículos con nueva matrícula [64].

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los vehículos de nueva matriculación han conseguido reducirse desde el año 2000 al 2012. De todos los países que forman la UE-15, los que tienen emisiones más bajas son Dinamarca e Italia. Además, Grecia y los Países Bajos registraron la mayor reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de automóviles de nueva matriculación, en total alrededor del 7% de media en comparación con el año anterior.

España consiguió una reducción respecto al año anterior de un 3 %. Todo ello pone de manifiesto la necesidad por parte de las autoridades competentes, de impulsar el uso de vehículos con tecnologías más limpias [65].

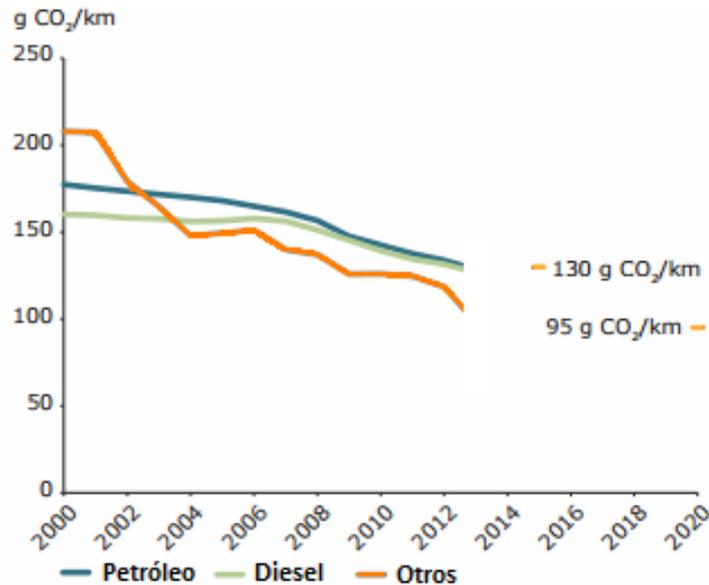


Figura 44. Media de emisiones por vehículo en el transporte por carretera [64]

La media de emisiones de los nuevos coches matriculados en el año 2012 en la UE15 fue de 132,2 g CO<sub>2</sub>/km. Es en los últimos cuatro años (2009-2012) es cuando se ha producido la reducción más significativa con respecto a los principales combustibles fósiles, la reducción de emisiones medias en estos cuatro años ha sido de 18,5 gr CO<sub>2</sub>/km.

En la Figura 45 se muestra como el CO<sub>2</sub> disminuyó significativamente en función de la masa de los vehículos, debido a la mejora en los parámetros de estos.

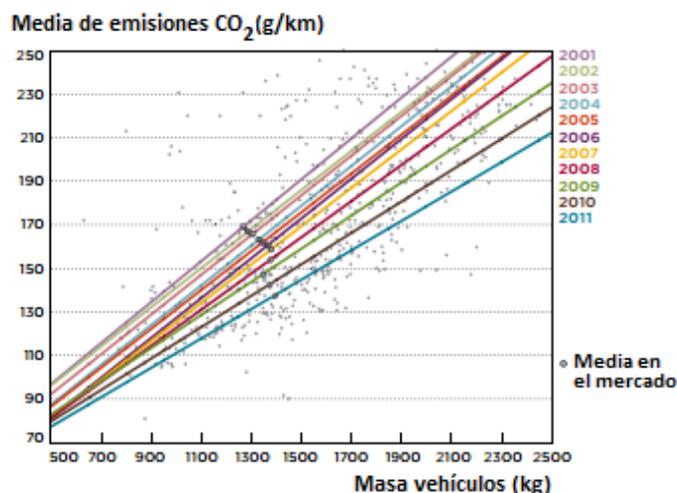


Figura 45. Correlación entre las ventas de vehículos en función de su masa y emisiones CO<sub>2</sub> [32].

En comparación con 2010, el porcentaje de vehículos de nueva matriculación con emanaciones con un valor menor a 100 g de CO<sub>2</sub> / km es ahora casi el doble (Figura

46). Las matriculaciones de vehículos nuevos con emisiones entre 101 y 120 g de CO<sub>2</sub>/km también aumento con respecto al año anterior, representando un 30 % total del número total de matriculaciones. Por último, los vehículos con emanaciones inferiores a 140 g de CO<sub>2</sub> / km representa el 68,0% de las matriculaciones de 2011. Este segmento se incrementó en más de 500 000 unidades en 2011 [63].

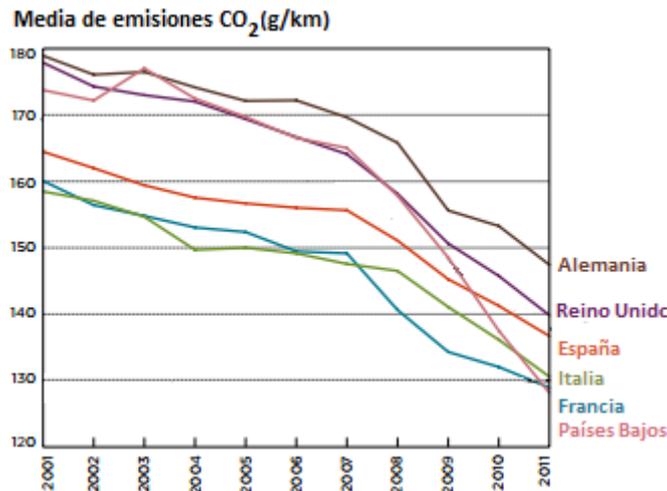


Figura 46. Evolución de la media de emisiones de los principales países [32].

En la figura 47, está representada la distribución de las emisiones en relación a los nuevos vehículos, durante los años 2010,2011 y 2012. Se puede ver en detalle la relación entre las emisiones y los vehículos nuevos en diferentes países de la Unión Europea.

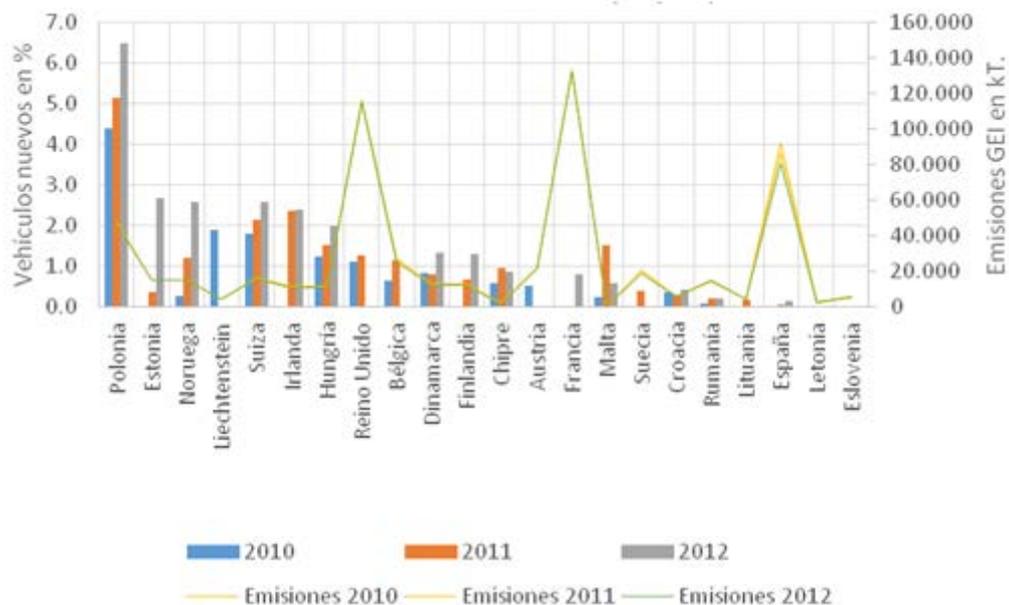


Figura 47. Emisiones y vehículos nuevos en UE [32].

#### 4.2.10 Correlación mediante Gretl

Para la elaboración de esta sección se ha usado el software Gretl, el cual permite la aplicación de técnicas econométricas y exportar los resultados en distintos formatos [66].

Se han calculado los coeficientes de correlación de dos modelos. En el primero (figura 48) se han escogido como variables las emisiones por carretera de España y por otra parte las emisiones por carretera en la Unión Europea. El coeficiente de correlación en este caso ha sido de  $R = 0.981640$ . Por lo tanto, entre las emisiones de España en el transporte en carretera y las emisiones en la Unión Europea en el transporte en carretera, existe una relación lineal positiva.

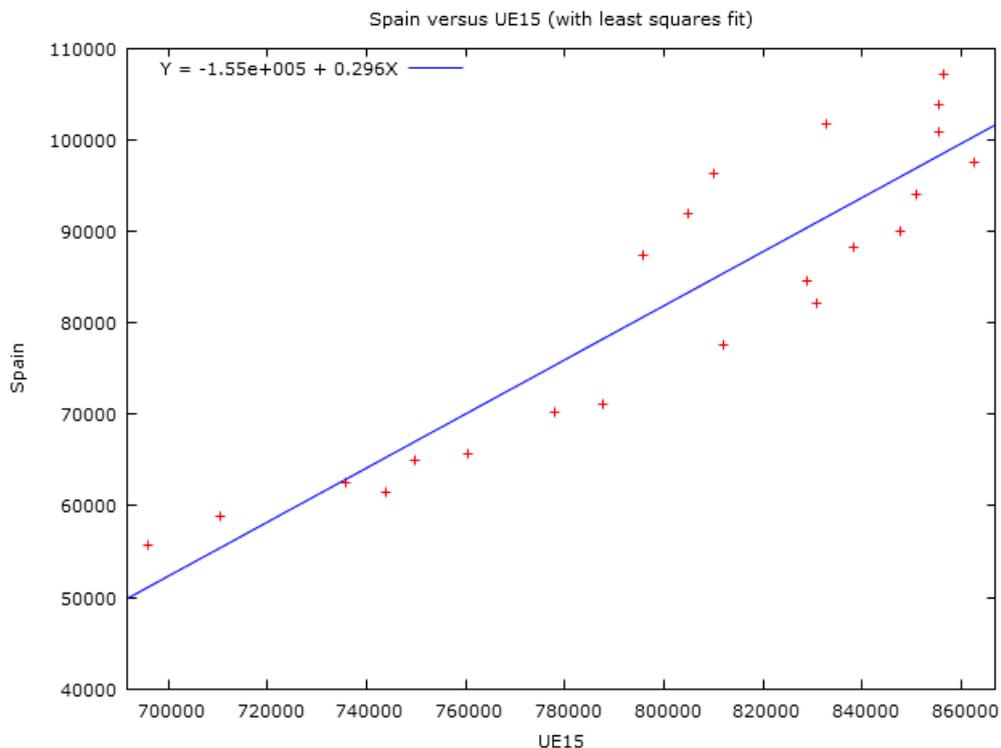


Figura 48. Correlación transporte entre España- UE15

En el segundo caso, se han establecido como variables las emisiones/km entre los dos principales combustibles fósiles, diésel y gasolina. El coeficiente de correlación de este modelo es de  $R = 0.981640$ . Por lo tanto, entre las emisiones y los kilómetros de diésel y la gasolina en España, existe una relación lineal positiva como se puede ver representado en la figura 49.

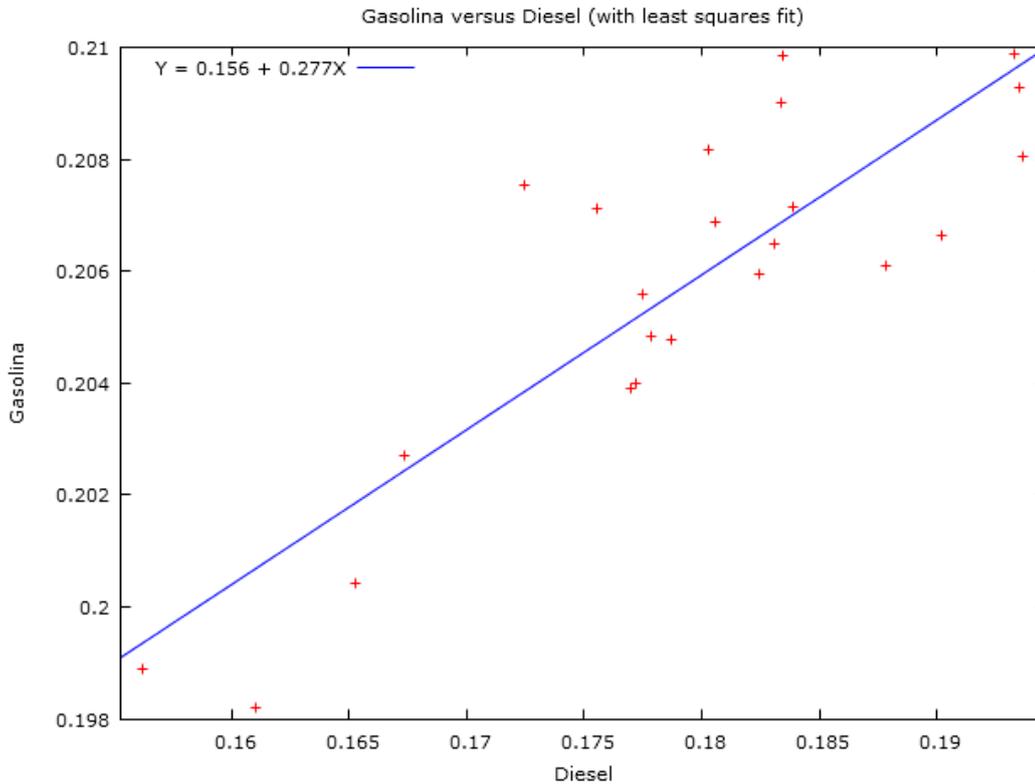


Figura 49. Correlación emisiones/km entre diésel y gasolina

### 4.3 Resultados y análisis de diferentes escenarios propuestos en relación a la nueva directiva de transportes.

En esta sección se resumen los resultados obtenidos en función de la metodología propuesta y además se van a exponer las conclusiones correspondientes

En primer lugar se mostrarán las proyecciones de emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas debido al uso de un vehículo eléctrico en vez uno convencional del periodo 2012 al 2014. En segundo lugar se mostrará y analizará el impacto del uso del coche eléctrico en la red eléctrica española, en función de su demanda.

#### 4.3.1. Escenario 1: Emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas utilizando un coche eléctrico en vez uno convencional.

Como se ha explicado anteriormente, los vehículos eléctricos no emiten gases de efecto invernadero. Un EV ni siquiera tiene un tubo de escape. Sin embargo, esto no quiere decir que no haya ninguna huella de carbono asociada al uso de un vehículo eléctrico. La cantidad de las emisiones depende de cómo se generó la electricidad que consume.

Primero, se va a comparar las emisiones producidas por un coche eléctrico y uno tradicional en España en función de la metodología del apartado 3.3.2.

Emisiones medias del vehículo tradicional: 138 gCO<sub>2</sub>/km  
 Emisiones medias del vehículo eléctrico: 38 gCO<sub>2</sub>/km

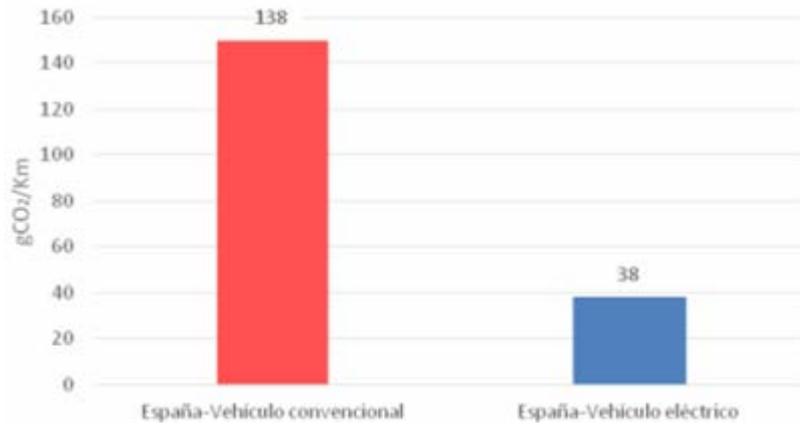


Figura 50. Comparación de emisiones de un vehículo convencional y uno eléctrico en España

La cantidad de las emisiones depende de cómo se generó la electricidad que consume. Se ha realizado la comparación con tres generaciones de energía sacadas del Anexo II: la de España, Alemania y la de Unión Europea [103].

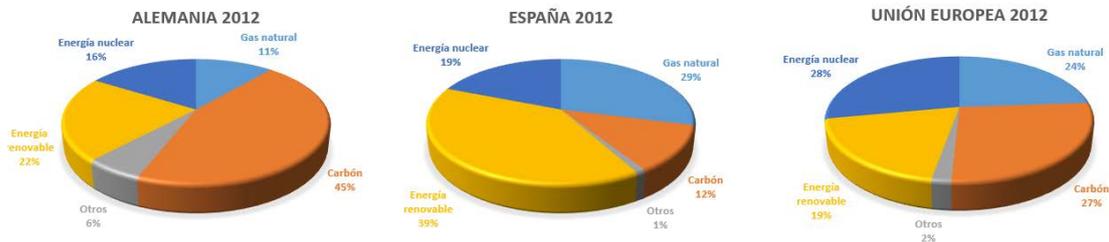


Figura 51. Combinaciones energéticas de Alemania, España y la Unión Europea en 2012 [Ibídem].

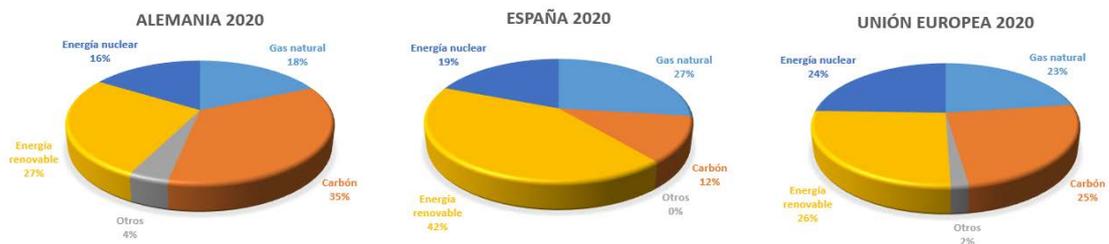


Figura 52. Combinaciones energéticas estimadas de Alemania, España y la Unión Europea en 2020 [Ibídem].

Como se observa, la combinación energética española es mucho mejor que la de la Unión Europea y que la de Alemania. Actualmente nuestro uso de las energía renovables es del 39% y se espera que en el 2020 sea del 42 %. El uso de energías renovables en España, es mucho mayor que el europeo y que el alemán. Además, el

carbón (que es la fuente primaria que más contamina de todos [67]) también tiene una ponderación muy baja, sólo es del 12% en el 2012 frente al 45% de Alemania [103].

Las previsiones para el año 2020 de la combinación energética para España son muy favorables. Podemos ver como la combinación energética europea también mejora para el año 2020, aunque se encuentra todavía lejos del actual valor del español.

La previsión europea y alemana por lo tanto, es tender más hacia una combinación energética parecida a la española, por lo que se estima que en la combinación energética española no va a haber grandes cambios de aquí al año 2020. El único caso en que se podría cambiar para asemejarse más a la combinación europea, sería en el caso de la energía nuclear, pero de aquí a 2020 es muy poco probable las construcciones de centrales nucleares, ya que es muy poco tiempo.

A continuación se muestran los resultados de las emisiones del mismo vehículo eléctrico en diferentes lugares para el año 2020. En España el mismo vehículo eléctrico produciría 38 gCO<sub>2</sub>/km, en Alemania 73 gCO<sub>2</sub>/km y en la Unión Europea 64 gCO<sub>2</sub>/km

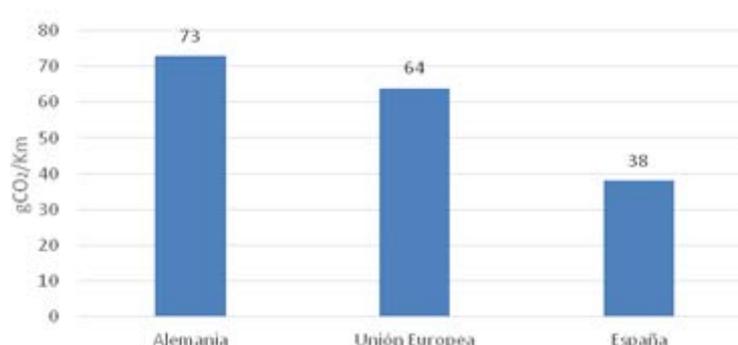


Figura 53. Emisiones de un vehículo eléctrico en función de su combinación energética.

Seguidamente, se van a mostrar los resultados de las emisiones evitadas y el ahorro relativo al uso del EV, para lo cual se parte de los siguientes supuestos:

- Se parte que la cantidad de vehículos eléctricos en 2012 es de cero.
- Los datos de la demanda de vehículos eléctricos se han obtenido del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), dónde se distribuye la demanda en productos petrolíferos, gas, biocombustibles y electricidad. Los datos son del año 2008 y se incluye la previsión de los mismos para 2020. En los años intermedios se ha considerado un incremento/decremento constante.
- La fuente de la que proviene la energía eléctrica es la propuesta en el anexo 1.

Teniendo en cuenta las diferentes combinaciones energéticas se ha calculado con la metodología explicada en el apartado 3.3.1. la cantidad de emisiones no producidas gracias al uso de EVs se muestran en la siguiente tabla:

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Vehículos eléctricos en España (miles)	0	100	200	400	600	850	1100	1400	1700
Kilómetros recorridos (millones)	0	1277,5	2555	5110	7665	10859	14053	17885	21718
Emisiones evitadas en España (kton CO <sub>2</sub> eq)	0	143,7	287,4	574,9	862,3	1221,6	1580	2012,1	2443,2

Tabla 8. Emisiones ahorradas debidas al uso de un EV en lugar de uno convencional

Según se observa en estos resultados, las emisiones reducidas en 2020 gracias a la implantación de los vehículos eléctricos en España serían de 2,44 Mt de CO<sub>2</sub>, mientras que esta cifra durante la totalidad del periodo 2012-2020 asciende a 9,126 Mt de CO<sub>2</sub>.

En la siguiente gráfica se puede observar la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los diversos escenarios de generación eléctrica para la misma cantidad de número de vehículos eléctricos de 2012 a 2020.

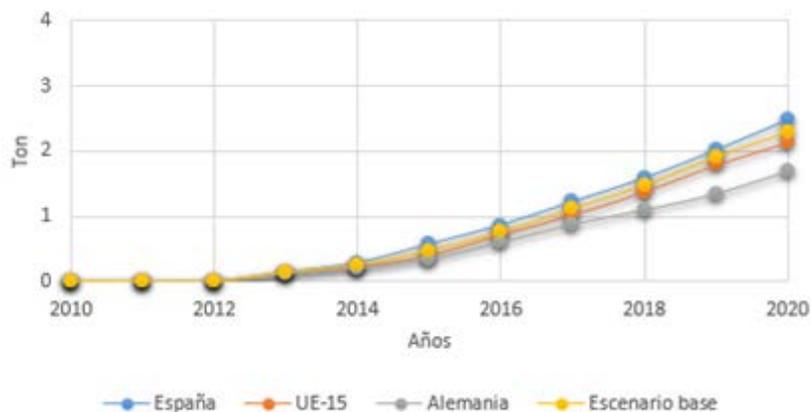


Figura 54. Toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas debido al uso del vehículo eléctrico en vez el convencional en función de la demanda.

Comparando los diferentes escenarios, en el alemán, las emanaciones de CO<sub>2</sub> no expulsadas serán de 1,69 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, mientras que en el escenario español se obtienen 2,43 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> no expulsadas en el año 2020.

De la gráfica anterior, deducimos: en primer lugar, las emanaciones de CO<sub>2</sub> se reducen con cualquier EV, respecto a los vehículos tradicionales. Y en segundo lugar, que el impacto en el medio ambiente, depende de la fuente de electricidad. Es decir, un EV que circule por las calles españolas, genera menos emisiones de CO<sub>2</sub>, que el mismo vehículo cuando circula por las calles alemanas. ¿Por qué? Porque las emisiones van a estar ligadas a la fuente de donde se extrae su electricidad, y en Alemania dependen en gran medida del carbón como generador de energía, y es más contaminante.

En el aspecto medioambiental, los EVs reducen en una proporción muy importante las emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte por carretera, en comparación con los convencionales. La proporción de la disminución de contaminantes, dependerá lógicamente del número de vehículos eléctricos que se utilicen, y de la fuente de la que se obtenga la energía eléctrica.

Haciendo un estudio en cuanto al rendimiento medioambiental, basado en las emanaciones de CO<sub>2</sub> el vehículo eléctrico es favorable. Aunque hay que tener en cuenta el proceso completo de fabricación del vehículo, así como la procedencia de los materiales usados. Éste último aspecto, no va a estudiarse en este proyecto.

#### 4.3.2. Escenario 2: Impacto en la red eléctrica española del vehículo eléctrico en función de su demanda

En el Anexo III, se incluyen todos los datos y cálculos utilizados para llegar finalmente a los resultados que se proponen a continuación. La demanda como se ha dicho anteriormente, va a ser concentrada y se ha supuesto que todos los vehículos eléctricos se van a cargar a la vez y con la misma carga. Todos los supuestos están explicados en la metodología del punto 3.2.2.

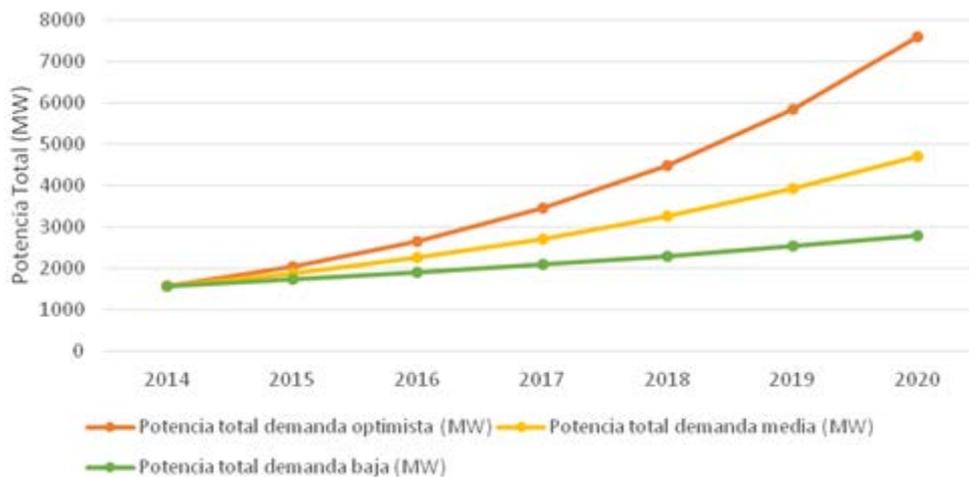


Figura 55. Potencia 7,4 (kW)

Con una potencia de carga de 7,4 kW para el Horizonte 2020 tenemos estos tres datos en función de la demanda de vehículos eléctricos.

Demanda	Número de Vehículos eléctricos	Potencia total (MW)
Optimista	1.206.702	7602.22
Media	746.496	4702.92
Desfavorable	442.890	2790.21

Tabla 9. Potencia total para una potencia de 7,4 kW en función de su demanda

La simulación quedaría así:

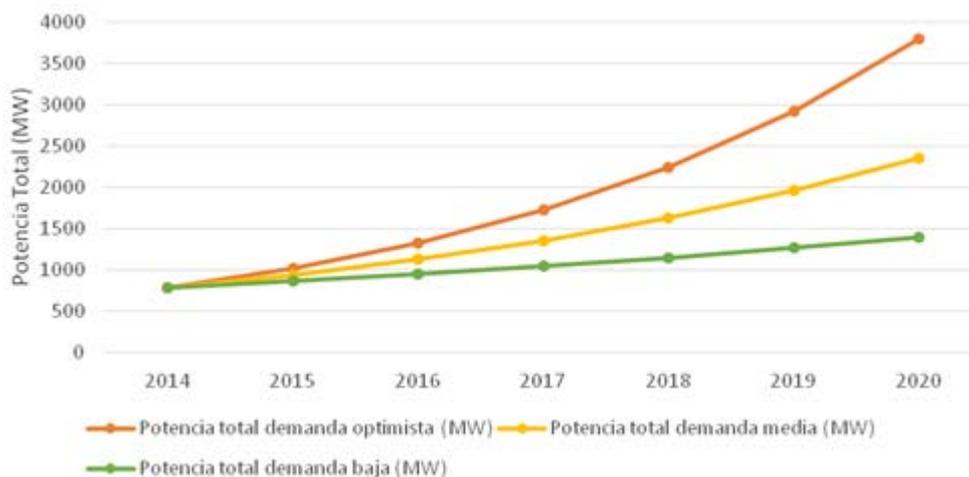


Figura 56. Potencia 3,7 (kW).

Con una potencia de carga de 3,7 kW para el 'Horizonte 2020' tenemos estos tres datos en función de la demanda de vehículos eléctricos.

Demanda	Número de Vehículos eléctricos	Potencia total (MW)
Optimista	1.206.702	3801.11
Media	746.496	2351.46
Desfavorable	442.890	1395.11

Tabla 10. Potencia total para una potencia de 3,7 kW en función de su demanda

Una de las principales premisas de los que son reticentes a los vehículos eléctricos es que estos van a generar problemas en las redes eléctricas, una red que tenga una gran demanda de conexiones procedentes del uso de los vehículos eléctricos, podría correr peligro. Esta afirmación ha sido desmentida gracias a una investigación realizada por la empresa eléctrica francesa, (RTE) donde indica también, que los problemas serán las recargas de vehículos en instantes de saturación de la red.

En función de los gráficos y datos anteriores, en el peor de los casos (7,4 kW y una demanda alta) se produciría un gasto diario 7602.22 MWh, lo que sería un gasto anual de unos 2,8 TWh, esta cifra no parece excesivamente alta si la comparamos con la circulación que se obtuvo en el año 2014 en la red eléctrica española, 243 TWh, o en las francesas, de 541 TWh [68]. En función de los datos, se puede afirmar que estamos preparados para alimentar a una flota de más de un millón de vehículos eléctricos. Además en un futuro se deberían implantar sistemas para la gestión de la demanda inteligente, mejorando el uso energético y abriendo el paso a las smartgrids y la generación distribuida.

Hay que tener en cuenta también, que actualmente existe el llamado concepto 'discriminación horaria', donde existen dos periodos de tarificación en función del horario: punta y valle [69].

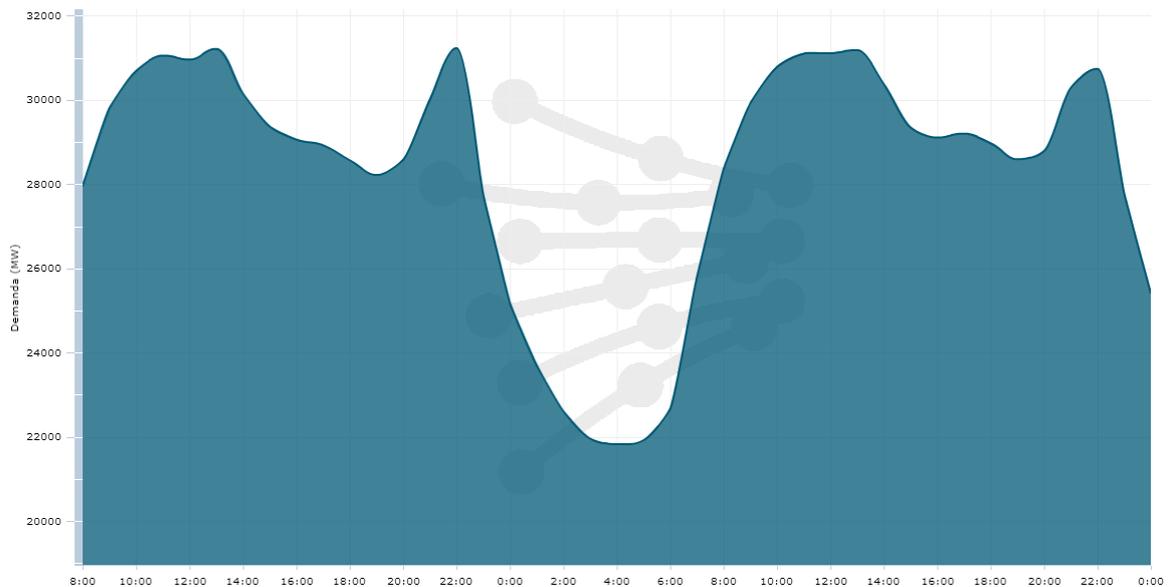


Figura 57. Demanda eléctrica en un día normal [70].

Estos dos periodos tienen una distribución horaria a lo largo del día en función de los estudios realizados por REE. Como se puede ver en la figura 57, lo normal es que la demanda punta corresponda con el horario de 12:00 a 22:00, y la demanda valle en el horario de 22:00 a 12:00. Lo ideal sería cargar el vehículo eléctrico entre las 00:00 y las 05:00, de esta manera se evitarían elevados picos de demanda en horas punta y se mejoraría el sistema eléctrico. Por lo tanto una gestión inteligente de la carga del vehículo eléctrico mejoraría una eficiencia gracias al aplanamiento de la curva de la demanda.

#### 4.4 Impacto medioambiental

La legislación respecto a la evaluación del impacto ambiental –desde sus orígenes con la Directiva 85/337/CEE [71] hasta la actualidad– define que *la evaluación del impacto identificará, describirá y evaluará de forma apropiada, en función de cada caso particular y de conformidad con la normativa, los efectos directos e indirectos de un proyecto sobre los siguientes factores:*

- a) *El hombre, la fauna y la flora.*
- b) *El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.*
- c) *La interacción entre los factores mencionados en los guiones primero y segundo.*
- d) *Los bienes materiales y el patrimonio cultural.*

En diversos Reglamentos de la Comisión Europea se define el impacto ambiental como “cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, que se derive total o parcialmente de las actividades, productos o servicios de una organización” [72].

Por lo tanto, cinco van a ser los principales impactos medioambientales derivados de la aplicación de la nueva directiva de transportes en España, en función de los escenarios expuestos en el trabajo:

## **1. Impacto medioambiental asociados a la mejora de la calidad del aire. Mejora de la salud.**

El transporte por carretera de los vehículos convencionales sigue siendo la principal fuente de muchas emisiones nocivas locales, incluyendo benceno, 1,3-butadieno, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM) [73].

Dentro de las áreas urbanas, el porcentaje de las contribuciones debido al transporte por carretera es particularmente alto. Hay elevadas evidencias que vinculan los contaminantes de los vehículos a efectos de salud graves, como enfermedades respiratorias, cardio-pulmonares y cáncer de pulmón [74].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las emanaciones de los tubos de escape, provocan más muertes que los accidentes de tráfico. España es uno de los países con peor calidad del aire de la Unión Europea [75]. El Ministerio de Medio Ambiente español contabilizó en 16.000 las muertes prematuras que causa la contaminación en España en 2010, una cifra siete veces mayor a las muertes provocadas por accidentes de tráfico.

Por tanto, la creciente penetración de los vehículos eléctricos a largo plazo contribuirá a la eliminación de los efectos secundarios en la salud, que proceden de la combustión de hidrocarburos de los vehículos convencionales. Esto es debido a que los vehículos eléctricos además de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, también reducen de manera muy positiva las partículas en suspensión (PM) y los óxidos de nitrógeno (NOx), que son muy nocivos para la salud.

En el estudio de 'Air Pollution and Health: A European Information System' [76], por ejemplo, indican que reduciendo los niveles de PM 2.5 a 20 µg/m<sup>3</sup> en Barcelona, Madrid, Bilbao, Sevilla y Valencia, se evitarían 11.375 muertes. Por tanto, es importante el uso del vehículo eléctrico como medida preventiva.

## **2. Impacto medioambiental asociado a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Prevención del cambio climático.**

La mayor reducción de emisiones de gases de efecto invernadero se asocia con el uso de las energías renovables, donde la electricidad es producida en su totalidad por el viento, el agua, la fotovoltaica, la energía geotérmica, biomasa o residuos animales.

En un entorno urbano español, la sustitución de 1700 vehículos convencionales con motor de combustión por vehículos eléctricos (como se ha analizado en el escenario uno) podría evitar la emisión de casi 2,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

Por lo tanto el vehículo eléctrico, es el camino hacia una reducción radical de emisiones de efecto invernadero, siempre y cuando que su producción energética proceda de fuentes con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

## **3. Impacto medioambiental asociado a la reducción de ruido urbano.**

Según la OMS, el tráfico [76] genera una gran cantidad de ruido, perjudicial para la salud. El ruido de los vehículos eléctricos se limita a la rodadura y a la resistencia

del aire. De todos modos, este tema todavía se está investigando. Pero según numerosos estudios, si se sustituye la flota actual de coches tradicionales por la de vehículos eléctricos, el ruido en el ambiente urbano se reduciría en alrededor de 3 a 4 dB [77].

Aunque también depende de la velocidad del vehículo, los vehículos eléctricos son más silenciosos que los vehículos convencionales a bajas velocidades, pero no a altas velocidades. A bajas velocidades no hacen apenas ruido, esto es un arma de doble filo, ya que significa que los peatones y los ciclistas tienen menos alerta de que los vehículos se están aproximando, y pueden provocar accidentes. Es por esto, que se están introduciendo dispositivos que hagan emitir ruido a los vehículos eléctricos [78], para de esta manera, proporcionar una advertencia a los usuarios de la carretera.

#### 4. Ahorro de energía primaria

Los vehículos eléctricos consumen menos energía primaria y final que los vehículos convencionales del mismo peso y rendimiento. Un vehículo convencional consume del 20 a 80% más de energía primaria que los vehículos eléctricos del mismo peso y rendimiento (20% de comparación = diésel de plomo, 80% = comparación de gasolina) [79].

#### 5. Impacto medioambiental asociado a los residuos.

Los vehículos eléctricos reducen algunos residuos, como el aceite usado y refrigerante, pero hacen aumentar otros [80], en particular los metales pesados asociados con la producción de baterías y la eliminación de las mismas, lo que representa un problema potencialmente grave.

En el mercado, actualmente, se emplean seis tipos diferentes de baterías para los vehículos eléctricos, estas son: ácido-plomo, níquel-metal hidruro, níquel-cadmio, ion litio, cinc-aire y volante de inercia níquel-metal, ion litio. El impacto medioambiental que genera cada batería es diferente, debido a que tienen composiciones dispares. Un ejemplo, es la de ion litio, que tiene menos riesgo ambiental y actualmente es la que predomina en los vehículos eléctricos.

El impacto ambiental podría producir la reducción de peces en las zonas cercanas a la mina, donde se extraen los metales necesarios para la producción de las baterías, además el de la calidad del aire, que se vería dañada.

Todos los tipos de baterías de coches eléctricos se esperan que duren una media de hasta tres años [81] y entonces deberán reemplazarse, lo que provocará que haya muchas baterías desechadas. Hay leyes que exigen que sean eliminadas de forma adecuada ya que producen desperdicios, como los metales que quedan liberados. Por lo tanto, el establecimiento de un sistema de reciclaje adecuado para las baterías va a ser clave para el éxito.

También es interesante no sólo el reciclaje de las mismas, sino, la eficiencia y reutilización de las baterías antes de reciclarlas. Como por ejemplo, el proyecto europeo Green eMotion en el cual han creado una infraestructura de recarga que lleva incorporada una batería agotada de un vehículo eléctrico con el fin de que tenga una segunda vida útil como almacenamiento [82].

## 4.5 Implantación de las infraestructuras de recarga en relación a la nueva directiva de transportes

En esta sección se han recopilado el conjunto de especificaciones técnicas necesarias para el funcionamiento de la infraestructura de recarga con el fin de poder gestionar adecuadamente la recarga en zonas públicas. Estas infraestructuras cumplirán los requerimientos de interoperabilidad de cualquier vehículo en materia de comunicación, y la realización de este proceso de recarga en unas condiciones óptimas de seguridad y control del proceso (en previsión de un más amplio desarrollo del concepto “smartgrid”) [81]. Para ello se pretende realizar el proyecto de la forma más próxima a la realidad posible adecuándose a las diversas leyes y normativas competentes. Se harán tres infraestructuras destinadas a coches eléctricos y tres destinadas a motocicletas eléctricas.

El mercado de vehículos eléctricos es todavía joven, pero las señales apuntan a un importante crecimiento de él. La investigación ha demostrado el miedo de los consumidores de que su batería de coche eléctrico se agotara en medio de alguna ruta. Por lo tanto, la construcción de la infraestructura de los puntos de recarga fuera del hogar, en zonas públicas, es esencial para la adopción de los coches eléctricos.

### Por lo tanto este proyecto se encarga de:

- Instalación eléctrica del sistema de recarga de vehículos eléctricos.
- Implantación del sistema de recarga de vehículos eléctricos.

### El proyecto excluye:

- La señalización de las plazas dotadas de estaciones de recarga.
- Programación de la aplicación gestora.
- Edificación destinada al control gestor.
- Obras civiles.

Para ello se subcontratará a una empresa para su correspondiente implantación e instalación.

A continuación, se detallará de manera precisa las infraestructuras. La normativa, el pliego de condiciones técnicas, cálculos justificativos y planos se encuentran en el anexo IV, VI, VII y VIII respectivamente.

### 4.5.1 Ubicación de la implantación

Se presenta a continuación una simulación en las inmediaciones de la estación de tren y de metro de Coslada, los puntos de recarga se ubicarán en una de las zonas con más contaminación en Madrid [83]. Los datos recogidos por la red de medición de la contaminación atmosférica de la Comunidad de Madrid revelan que en el municipio

se superaron los límites legales fijados tanto por la Unión Europea como los aconsejados por la OMS.

La ubicación de cada infraestructura de recarga se instalará en la acera con el objeto de dar suministro a los vehículos o motocicletas eléctricos situados en las plazas reservadas para esta actividad.

#### **Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos.**

Se van a instalar tres postes, estos se van a establecer en la acera y van a estar situados lo más cerca posible del borde de la calzada.

#### **Infraestructura de recarga para motocicletas eléctricas.**

Se van a instalar tres postes. Cada uno de estos postes se establecerá en la acera y van a estar situados lo más cerca posible del borde de la calzada.

**Coordenadas UTM:** X = 40.423400, Y = -3.561700

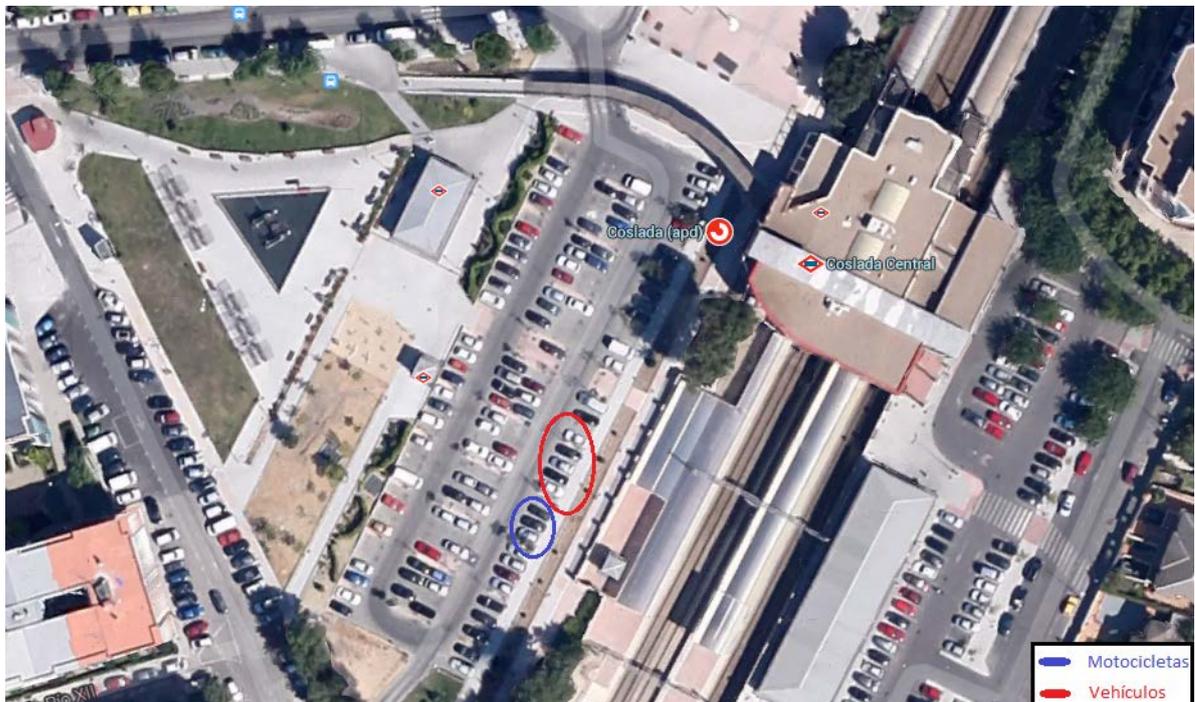


Figura 58. Emplazamiento del proyecto.

### **4.5.2 Descripción general**

El proyecto consiste en el acondicionamiento de un parking público mediante la instalación de puntos de carga para vehículos y motocicletas eléctricos. Para ello se diseñará la instalación eléctrica, partiendo de la acometida de 230 V proporcionada por la empresa suministradora, necesaria para su correcto funcionamiento. Por otro lado,

también se explicará de una forma detallada las correspondientes partes del punto de carga.

Respecto al controlador, hay que resaltar que será el encargado de enviar la corriente necesaria a la toma de corriente ubicada en el mismo poste de carga. El usuario elegirá a través del Hand Machine Interface (HMI) que tipo de carga desea realizar, entre lenta, media o semirrápida.

Otra cuestión a destacar será la comunicación entre los puntos de carga y el gestor de cargas. Este gestor de cargas o software central, va a permitir activar la infraestructura de carga siempre que la identificación del usuario haya sido correcta. Por lo tanto, para que el usuario este en la base de datos, es necesario registrarse de manera previa.

El proceso de registro se llevará a cabo mediante la empresa encargada de gestionar el servidor a través de su página web. Una vez que el usuario se registre, se le facilitará una tarjeta con sistema Radio Frequency IDentification (RFID) con la que se le identificará y podrá efectuar la carga del vehículo correctamente.

Hay diferentes modos de carga [84] [85], según el nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga (y por consiguiente la red eléctrica), y el control que se puede tener del proceso de carga, para programarla, ver el estado, pararla, reanudarla, o incluso volcar electricidad a la red. Son los siguientes [Ibidem] [Ibidem]:

**Modo 1:** Conexión del vehículo eléctrico a la red de distribución de AC principal a través de tomas de corrientes normalizadas. Este tipo de carga se realiza a través de una toma alterna monofásica de 230 V y hasta 16 A. Utilizando este método, se necesitaría realizar una carga de 6 a 8 horas para un coche eléctrico convencional. Para motocicletas eléctricas, la carga se puede realizar en 2-3 horas.

**Modo 2:** Conexión directa de los vehículos eléctricos a la red de distribución principal con un enchufe de AC específico. [86] Grado bajo de comunicación con la red. El cable cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto que sirve para verificar la correcta conexión del vehículo a la red de recarga. Máximo 32 A por fase.

**Modo 3:** Es el modo recomendado por numerosas organizaciones e instituciones (CEN- CENELEC, Orgalime, etc) Esto es debido a que requiere del uso de tomas de corriente y conectores exclusivos para la recarga de vehículos eléctricos, especialmente diseñados para aumentar la seguridad de la operación, la gestión de la misma y la interoperabilidad entre distintos fabricantes y países. Se encuentra permanentemente conectada al suministro AC. Máximo 64 A por fase.

**Modo 4:** Este modo de recarga consiste en la conexión indirecta de la red eléctrica con el VE utilizando un cargador externo donde el piloto de control se extiende permanentemente en este cargador. Este modo pertenece a recargas en corriente continua pensadas para la recarga rápida. Debido a que el cargador es externo, se necesita un enlace de comunicación para informar al cargador externo del estado de la batería y de la recarga en el VE.

Cabe destacar que [87] no todos los modos de recarga existentes actualmente son compatibles con todos los vehículos eléctricos. Eso va a depender del tipo de batería que posean y del modo de carga que puedan resistir. Por ejemplo, las baterías de plomo-ácido no toleran cargas medias o rápidas, en cambio, las de iones de litio sí. En este proyecto usaremos el Modo 3, ya que es el modo recomendado por la directiva [4]

y numerosas instituciones. Además, es el más estandarizado. De esta manera podremos cargar el vehículo a tres velocidades distintas:

- Carga lenta: Carga a 10 A (2,3 kW).
- Carga media: Carga a 16 A (3,7 kW).
- Carga semi-rápida: Carga a 32 A (7,4 kW).

Existen diferentes tipos de conexión entre el conector y el vehículo eléctrico:

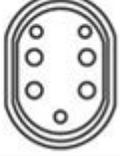
	<b>Intervalos de potencia</b>	De 3 a 7 kW carga AC monofásica	Tipo A
	<b>Modo de carga</b>	Modo 3	
	<b>Uso</b>	Domésticos	
	<b>Tensiones</b>	Instalaciones de 120 o 240 (V). Es el más usado en  Japón y Estados Unidos	
	<b>Intervalos de potencia</b>	De 3 a 43.5 kW Instalaciones AC, monofásica o trifásicas	Tipo B
	<b>Modo de carga</b>	Modo 3	
	<b>Uso</b>	Punto de recarga	
	<b>Tensiones</b>	Instalaciones con valores de tensiones entre  100 (V) y 500 (V)	
	<b>Intervalos de potencia</b>	De 3 a 22 kW. Corriente no mayor de 32 (A) Instalaciones AC trifásicas	Tipo C
	<b>Modo de carga</b>	Modo 3	
	<b>Uso</b>	Punto de recarga	
	<b>Tensiones</b>	Instalaciones con valores de tensiones entre  100 (V) y 500 (V)	
	<b>Intervalos de potencia</b>	50 kW Instalaciones DC	Tipo D - CHADEMO
	<b>Modo de carga</b>	Mode 4	
	<b>Uso</b>	Punto de recarga	

Figura 59. Tipos de conexión entre el conector y el vehículo eléctrico.

La nueva directiva 2014/94/UE [4] recomienda el uso del conector B o tipo 2, debido a su robustez y porque permite una recarga gestionada. Por esta causa se usará este tipo de conector en el proyecto. Así se hará lo más estandarizado posible.

La figura 3 muestra el comportamiento de la carga en los niveles de carga lenta, media y rápida. En un sistema de carga de vehículos eléctricos durante el proceso de carga, la alimentación de CA de la red eléctrica se convierte en energía de CC a una tensión adecuada para cargar la batería del vehículo eléctrico. El sistema de carga en los niveles de media y rápida son controlados en el vehículo, por otro lado, las funciones del sistema de carga rápida se dividen entre la estación de carga y el cargador a bordo del vehículo.

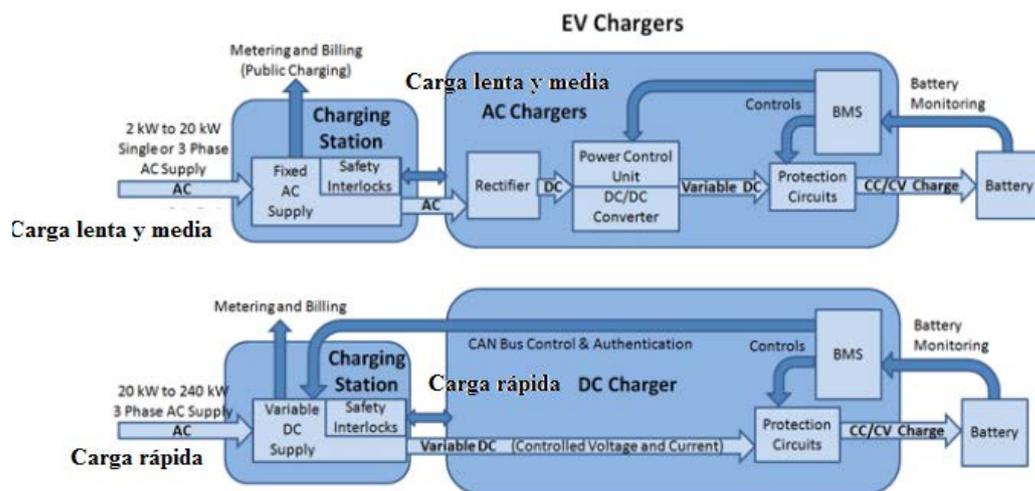


Figura 60. Carga lenta, media y rápida [88]

El punto de recarga está formado principalmente por los siguientes elementos [89]:

1. Un contactor, cuya misión es permitir conectar la alimentación al conector. Cuando el VE no está enchufado, mantiene el conector sin energía.
2. Un controlador que se comunique con el la unidad de carga de abordo y que aporte protección contra faltas a tierra. El controlador además de ser capaz de medir la potencia.
3. Indicadores y visualizadores que muestren el estado de la carga, avisos y ayuda.
4. Un cable que conecte la infraestructura de recarga con el terminal de carga del vehículo eléctrico.
5. Un conector para que se pueda enchufar con el vehículo.
6. Comunicación entre el punto de recarga y el gestor de cargas.
7. Interruptores de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
8. Contadores para medir el consumo de la energía eléctrica de nuestra instalación.

9. Un lector RFID para permitir la autenticación de los usuarios.

Como se puede observar en el esquema de la figura 4, el sistema de recarga de vehículos eléctricos está compuesto por una infraestructura de recarga (1) que se conecta a un vehículo eléctrico (3) gracias al cable y al conector (2).

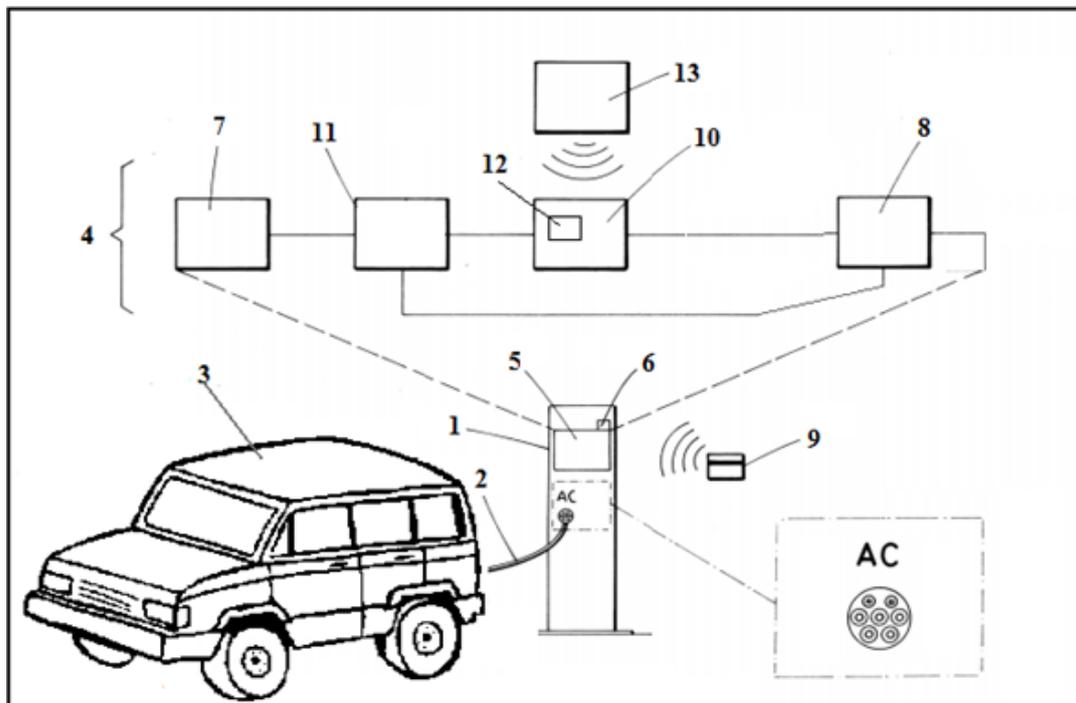


Figura 61. Esquema del sistema de control para el proceso de recarga

El poste de recarga incluye una interfaz gráfica de usuario o HMI (4) formada por una pantalla táctil (5) para permitir interacción entre el usuario y el punto de recarga. De esta manera el usuario podrá seleccionar e introducir los diferentes parámetros necesarios para la recarga del vehículo eléctrico (3). El HMI (4) permite realizar las siguientes acciones:

1. Selección del idioma en el que se quiere mostrar la información en el HMI.
2. Identificación del usuario gracias al sistema RFID
3. Selección de la cantidad de energía que se quiere traspasar al EV.
4. Conexión del cable conector (2) en el vehículo eléctrico (3).
5. Inicio y transferencia de la cantidad de energía eléctrica seleccionada.
6. Realización de pago del servicio de carga a través del uso de tarjetas RFID.
7. Desconexión de cable y del conector (2) del EV (3)

Para la identificación del usuario, el punto de recarga lleva instalado un lector tarjetas RFID (6) que está conectado a la unidad de identificación (7) y a la unidad de pago (8), a través del cual el usuario puede identificarse y realizar el pago del servicio de recarga por medio de una tarjeta electrónica RFID (9). Cabe señalar que el controlador (10) está configurado también para registrar el número de recargas realizadas con cada tarjeta RFID (9), así como para realizar el conteo de la cantidad de recargas que

le quedan al usuario en dicha tarjeta RFID (9). Si se ha producido una identificación incorrecta, la infraestructura de recarga permanece bloqueada hasta que se identifique el usuario correctamente.

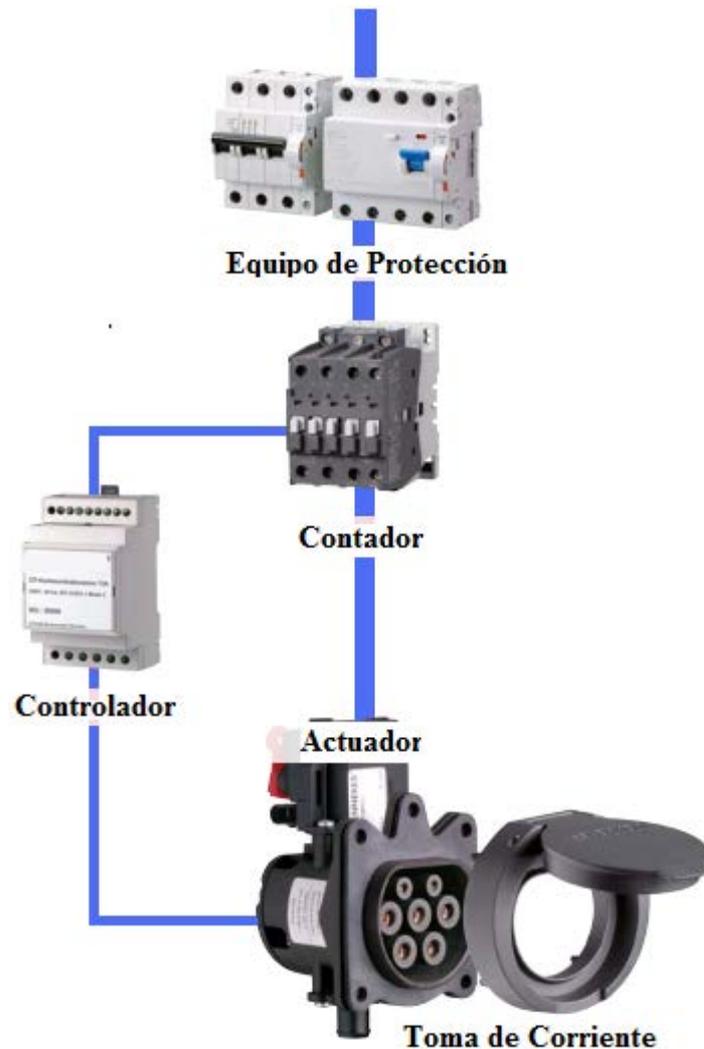


Figura 62. Infraestructura general de un punto de recarga

Todos estos elementos se comunican (11) con un microcontrolador (12) situado en cada infraestructura de recarga, el cual está programado para poderse comunicar con el HMI, con el hub, con el lector RFID y con el controlador. De esta manera se pueden enviar y recibir datos con los diferentes elementos.

La gestión de carga (13) se hace a través de un hub. Este se encarga de enviar y recibir la información del software de gestión mediante el protocolo de conectividad Message Queue Telemetry Transport a través GPRS [73].

De esta manera, el usuario podrá consultar y controlar todas sus recargas, así como la actualización, reinicio o apagado del equipo de carga.

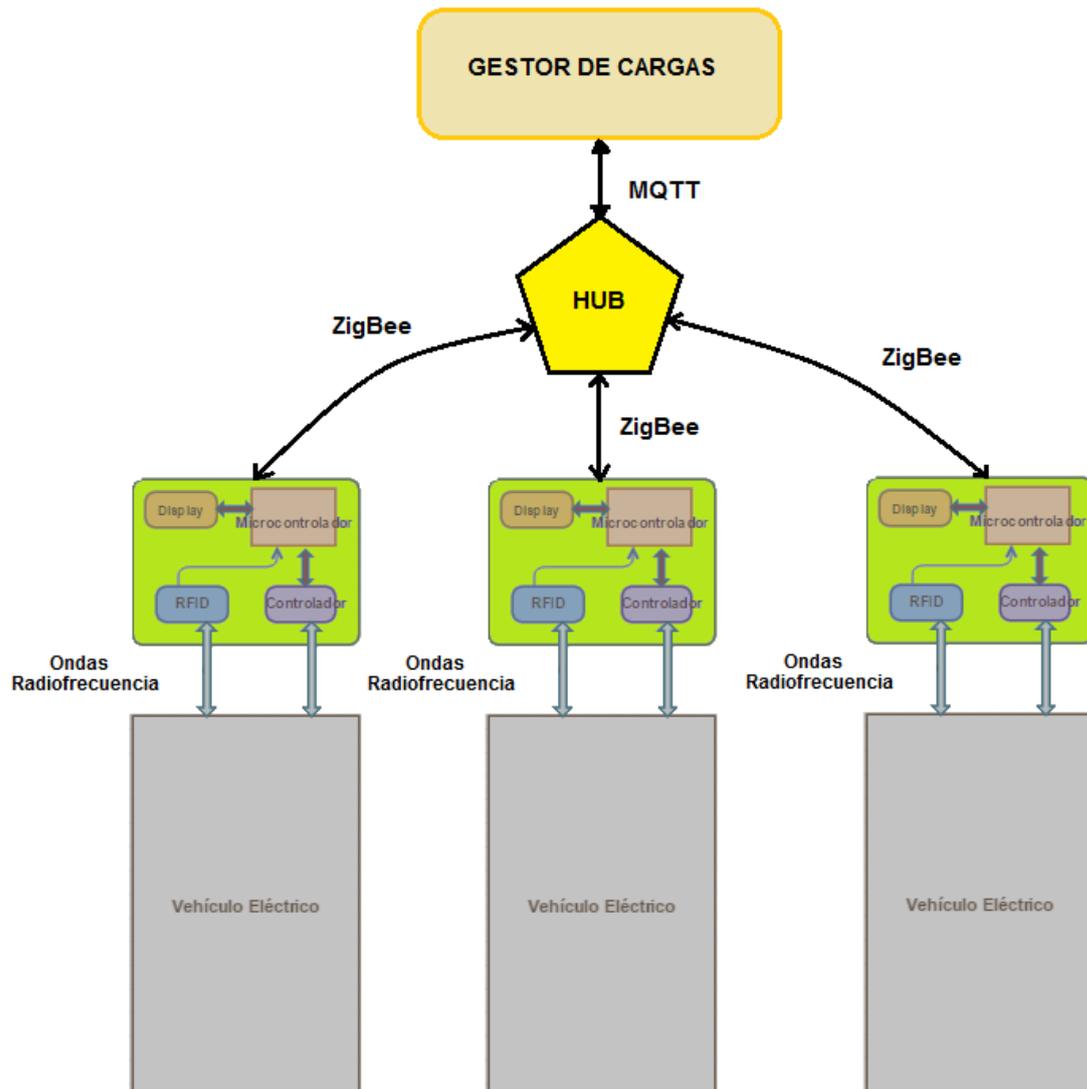


Figura 63. Comunicaciones entre los distintos elementos.

Para la comunicación entre el hub y los elementos del poste, como se puede ver en el esquema anterior, se utilizará el protocolo Zigbee. El protocolo ZigBee [90] está basado en comunicaciones inalámbricas de bajo consumo de energía. Y se ha escogido esta opción debido a sus requerimientos muy bajos de transmisión de datos, consumo energético, rangos de alcance de 3 a 75 (m), muy buena escalabilidad y puesta de servicio inalámbrico.

Se había planteado la posibilidad de que cada uno de los microcontroladores tuviera conexión Wi-Fi y mandara datos directamente al gestor de cargas, pero aquella solución además de ser más cara reducía la escalabilidad del sistema.

Para la comunicación entre el hub y el gestor de cargas se va a utilizar el protocolo Message Queue Telemetry Transport por medio de GPRS. Se ha decidido este protocolo debido a que [91] es extremadamente simple, diseñado para dispositivos con restricciones y bajo ancho de banda, latencia elevada o redes poco fiables. Permite minimizar los requisitos de ancho de banda de la red y de los recursos del dispositivo a la vez que tratar de asegurar la fiabilidad y cierto grado de garantía de entrega.

También va a haber instalados en cada infraestructura de recarga, un contador con funciones de telegestión y comunicación, de esta manera se pretende conseguir una carga inteligente que sea más eficiente en relación a la demanda de energía y de la energía empleada. Con este tipo de contador se puede predecir el consumo, controlar el límite de potencia, analizar la calidad del consumo, ahorrar energía, precios variables en función del momento de la carga, leer el consumo de manera remota o comunicación con los distintos elementos de la infraestructura [91].

**Centro de control.**  
**Gestor de cargas**

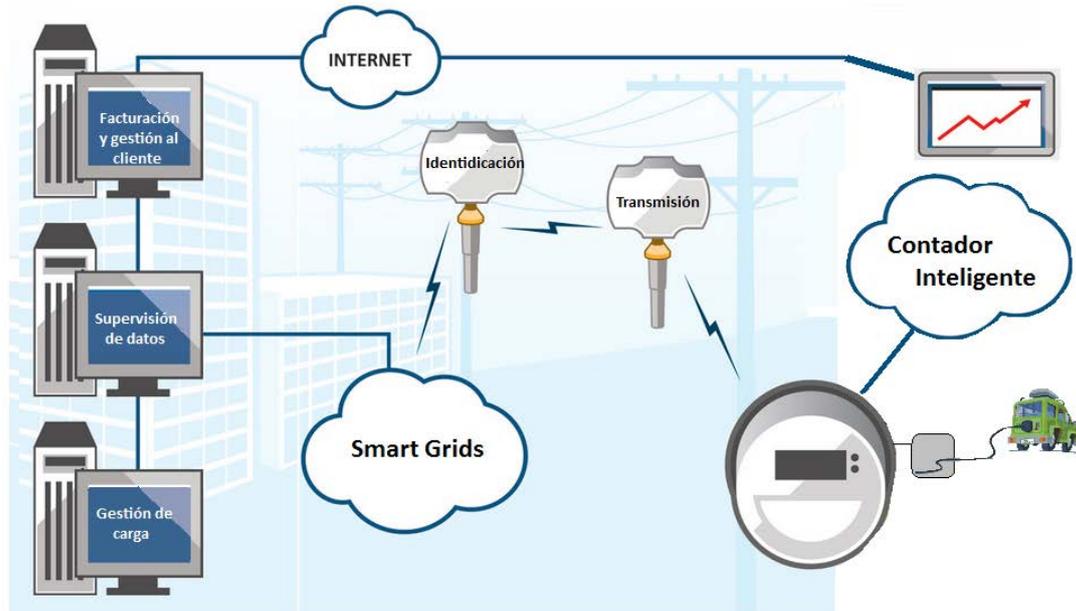


Figura 64. Esquema funcionamiento contadores inteligentes [92].

### 4.5.3 Condiciones iniciales

El proyecto se instala en un parking en la zona de Coslada. Cuenta con una pequeña construcción, necesaria para el montaje de la instalación eléctrica de distribución de potencia. No va a ser necesario ningún tipo de actuación previa para preparar la superficie de la acera y calzada.

### 4.5.4 Elementos del sistema

En esta sección se va a detallar la arquitectura detallada de la infraestructura de recarga, tanto su hardware como su software. Se van a explicar todos los elementos de los que va a estar compuesta, así como el entorno tecnológico necesario para cumplir la directiva.

#### 4.5.4.1 Contador Eléctrico:

El contador eléctrico, también llamado como vatihorímetro, es el dispositivo encargado de hacer las medidas de energía eléctrica y así controlar el coste económico de la recarga y conocer los parámetros de mayor relevancia durante el proceso de carga (energía eléctrica, intensidad de salida, tensión de salida y potencia

activa). Además de estas características, los contadores van a tener capacidad de telegestión y de comunicaciones.

Como contador principal y contadores secundarios, se ha escogido el contador CERM1 de la marca Endesa, ya que incorpora la función de telegestión y se puede comunicar con nuestro HUB. La telegestión debe entenderse como una parte de un concepto más amplio: las *smart grids*, o redes inteligentes [93] (redes eléctricas dotadas de telecomunicaciones y sistemas de información). El concepto no es improvisado, sino el fruto de muchos años de reflexión y trabajo liderado por EE.UU. y por Europa. Por lo tanto, se ha decidido este tipo de contadores, ya que un sistema de telegestión le permite mejorar la eficiencia operativa y la participación de usuarios.

Las principales características de este contador son [94]:

- Curvas de carga y de medida programables.
- Medidas sincronizadas: registro de medidas para una fecha y hora determinadas.
- Incorpora elemento de corte no accesible.
- Permite el control de potencia así como el corte y la reconexión remotos.
- Mecanismo para reposición manual.
- Medidas instantáneas.
- Registro de eventos y alarmas.
- Puerto óptico de comunicaciones.
- Clase Activa B.
- $I_{max}$  60 A.
- $I_{min}$  250mA.
- Tensión de referencia: Certificado para 230V

Contador Principal: El contador principal es el aparato que se encarga de medir la energía consumida por los seis puntos de recarga.

Contadores Secundarios: Sistema de medida individual asociado a cada punto de recarga, que permite la repercusión de los costes y la gestión de los consumos.



Figura 65. Contador eléctrico [Ibídem].

#### 4.5.4.2 Cuadro de Distribución:

El cuadro de distribución, o también llamado cuadro eléctrico, es uno de los principales elementos de una instalación eléctrica, debido a que en él se colocan todos los dispositivos de protección eléctrica de las distintas derivaciones. Aquí se encontrarán los diferentes interruptores, el contador principal y el hub.



Figura 66. Cuadro de Distribución

#### 4.5.4.3 Controlador:

El controlador es como "la inteligencia" de la infraestructura de carga. Supervisa las funciones básicas de carga, así como las funciones de encendido / apagado, medirá la energía consumida y el almacenamiento de bits en tiempo real. Permite a la infraestructura comunicarse con la red (a través de un dispositivo de telecomunicaciones a bordo) para que los administradores puedan monitorear y

revisar los datos de eventos históricos. También se encargara de controlar el acceso a la carga del vehículo/motocicleta así como su identificación.

Para este proyecto se va a emplear el SGM PilotBox [95] porque es un controlador de recarga que proporciona todas las características necesarias para recargas según el modo 3 según la directiva vigente [4]: señal de control, detección del cable de recarga, protección de la carga, enclavamiento del conector entre otras. Cuando ocurre un corte durante el proceso de carga, el dispositivo desbloquea automáticamente el enclavamiento del conector de carga.

Una de las características principales del dispositivo es que cuando el proceso de recarga es defectuoso corta la recarga inmediatamente para no dañar ni el vehículo ni el controlador. Este controlador selecciona automáticamente la potencia de carga adecuada para el vehículo en función de la protección de la línea.

Este tipo de controlador además soporta una conexión de tipo B.

El controlador SGM Pilot-Box, cuenta con las siguientes propiedades: tiene una alimentación que va de 12 a 24 (V). Consume una potencia de 2 (W). Es una unidad desmontable por bloques, trabaja en un rango de temperaturas de -30°C a 70 °C



Figura 67. Controlador.

#### 4.5.4.4 Actuador para el control del cable:

Sirve para activar el enclavamiento de la toma del conector con el controlador, hemos escogido el Mennekes ya que el conector es de la misma marca, y así no hay problemas de interoperabilidad. Tiene una longitud de 50 cm.



Figura 68. Actuador para el control del cable.

#### 4.5.4.5 Conector:

El conector será el sistema que unirá el punto de carga con el coche o motocicleta eléctrica. Como se ha explicado anteriormente, existen diferentes tipos de conexión entre el conector y el EV. Los tipos de conectores todavía no están estandarizados a nivel mundial [96]. Así que hay varios enchufes, con diferente tamaño y propiedades. Ha habido un intento de unión entre los fabricantes alemanes y los norteamericanos con el sistema combinado, pero no se han puesto de acuerdo con los franceses y los japoneses.

Para este trabajo se ha escogido el modo B, ya que la directiva y la Unión Europea recomienda este para conseguir la máxima estandarización de este tipo de conector.

Además se ha considerado que el conector más óptimo para la infraestructura de recarga es el conector 31024 de la marca Mennekes, ya que está diseñado para instalaciones monofásicas o trifásicas, trabaja con tensiones entre 100 y 500 V y puede alcanzar una potencia con un valor de hasta 43,5 kW. En la Figura 71 se puede observar como este conector está formado por tres pines que representan las tres fases de la red de alimentación, un pin para el cable neutro y otro para el cable de protección a tierra.



Figura 69. Conector Mennekes

Además, está compuesto por otros dos pines que se encargan de la comunicación con el vehículo eléctrico.

Otra de las causas por las cuales se ha decantado este modo es que nos permite cargar en una corriente máxima de 32 amperios, por lo que a 230 V serían unos 7,4 kW, además de por su solidez y porque es capaz de gestionar adecuadamente la carga del EV.

#### 4.5.4.6 HMI (Hand Machine Interface):

La estación de carga ofrece una interfaz de usuario HMI. Se ha elegido el EMN65T-BHX y como características principales tiene que es táctil, de 6,5 pulgadas, con puerto USB y acepta 256 colores. Esta interfaz es donde están las instrucciones y mensajes sobre el estado de la carga. Y, está compuesto por:

- Un display retroiluminado para muestra de mensajes al usuario, guiándolo durante los procesos de conexión, carga y desconexión del vehículo. También da instrucciones de uso, información de puntos de recarga cercanos, información del estado de los puntos de recarga (disponible, ocupado, averiado, etc.)

- Teclado: Este tipo de medio físico permite ofrecer una mayor interacción con el usuario y ofrecer servicios complementarios a la recarga eléctrica [85], a la vez que permite reforzar la identificación de un usuario a través de la inserción de un código PIN. Este teclado es digital, está implementado dentro de la pantalla táctil.

- Unos dispositivos LED's indicadores de estado de las tomas de recarga. La luz LED situada los laterales. Esta exhibe estados del estado de la carga de la siguiente manera:

- Verde = estación activa.
- Verde intermitente = vehículo conectado, no se está cargando.

- Ámbar = Carga.
- Rojo = Se ha producido un fallo.

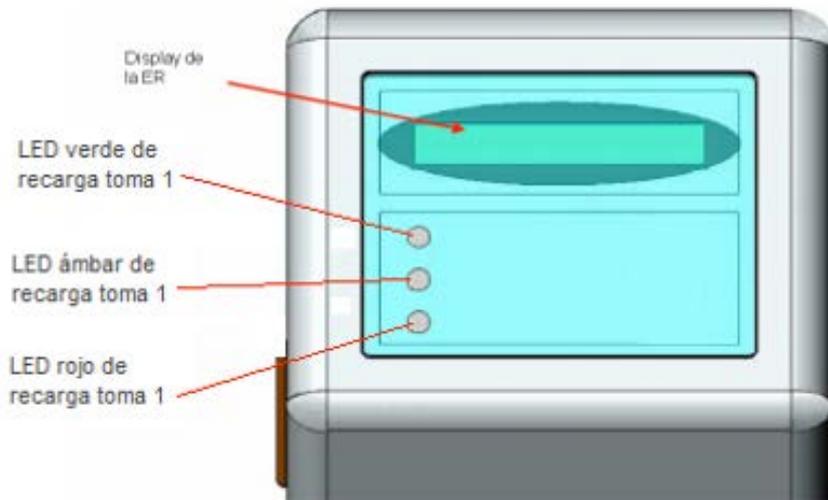


Figura 70. Hand Machine Interface.

#### 4.5.4.7 Lector RFID:

La autenticación de los usuarios se realizará en la infraestructura de recarga mediante un sistema de lectura de tarjetas RFID. Una vez realizada la autenticación, se procederá a electrificar la infraestructura de recarga. Si no se pasa esta tarjeta por la unidad de identificación, aunque el EV se enchufe, no se podrá recargar. Además el uso de este sistema tiene mayor dificultad de realizar falsificaciones.

RFID [97], es una tecnología que se utiliza para memorizar y leer información dentro de un chip sin contacto directo. Al no tener contacto directo, provoca menor deterioro de los equipos y por tanto un mantenimiento menos costoso. El chip funciona sin batería al recibir la alimentación y la comunicación por inducción electromagnética. La dimensión de este sistema es reducida hasta el punto de poder integrarse dentro de insignias, etiquetas, claves de identificación, etc.

Se ha elegido el lector RFID de la marca Eaton porque funciona a 125 KHz, tiene tres leds indicadores del estado (verde, ámbar y rojo) es compatible con un módulo RFID para Arduino. Este lector tiene un máximo alcance de tres centímetros.



RFID Basic Internally Mounted Keypad

Figura 71. Lector RFID.

#### 4.5.4.8 Poste:

El poste es el cuerpo del dispositivo donde se instalarán todos los componentes necesarios para la realización de la recarga del vehículo, así como la identificación del vehículo-usuario y el pago mediante el sistema RFID. Se ha escogido un modelo distribuido por Schneider Electric. Y sus principales características son [98]:

- Medidas: 1433 mm x 330 mm x 170 mm.
- Peso: 70 kgs
- Kit de ventilación formado por dos ventiladores.
- Cerraduras de seguridad (2) Bloqueo antitaladro.
- Fuente de alimentación de 300W, ATX.
- Está dividido por diferentes compartimentos para colocar todos los elementos.
- Fabricado con poliuretano y cubierto de una capa de pintura aislante eléctrica y otra capa de gel antigraffiti.
- Grado de protección IP44 e IK10
- Cuenta con un hueco para montar específicamente el conector Mennekes 31024 a 800 mm con respecto al suelo

Las dimensiones de la estructura de la columna informatizada se presentan en la siguiente figura:

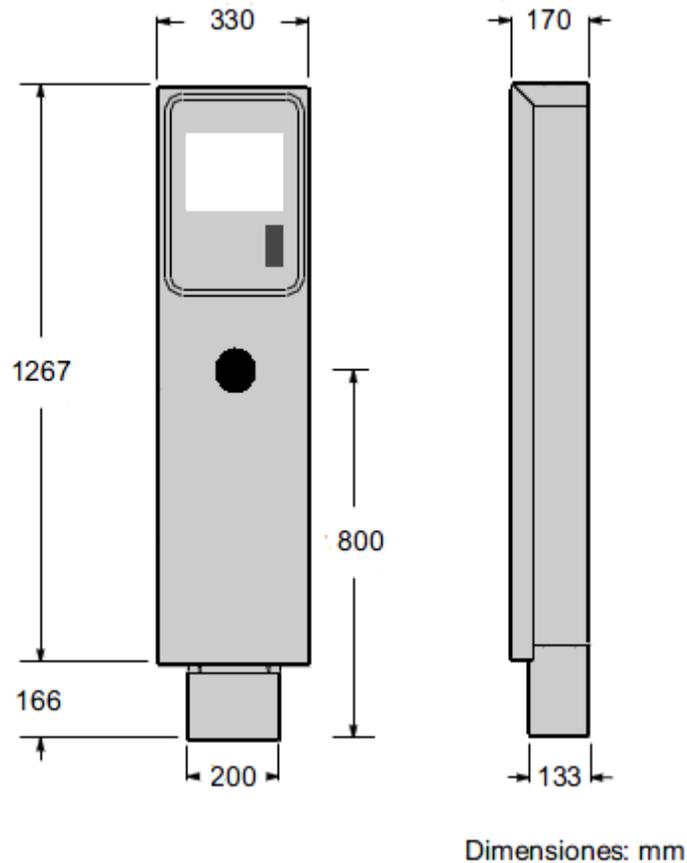


Figura 72. Estructura del poste de recarga

#### 4.5.4.9 Puesta a tierra:

La importancia de la puesta a tierra reside en que [99] delimita la tensión que se pueda producir en las masas metálicas de los diferentes elementos de la infraestructura de recarga. De esta manera, se asegura la actuación de las protecciones y se consigue eliminar el riesgo que supone el mal funcionamiento o deterioro de alguno de los componentes.

#### 4.5.4.10 Microcontrolador

El microcontrolador es el encargado de la comunicación de la infraestructura de recarga con la propia infraestructura y la aplicación gestora. Se ha escogido el dispositivo TSgaTe [100] ya que se compone de un potente microcontrolador de bajo consumo de 32 bits con un núcleo ARM Cortex-M3 a 72 MHz, con un total de 22 pines, 6 entradas analógicas y 20 digitales. Tiene 96 KB de memoria Flash y módulos de comunicación Wi-Fi y GPRS integrados en la placa. A través de sus E/S y sus puertos serie se pueden conectar sensores, actuadores u otros dispositivos. También se caracteriza por tener un voltaje de entrada de 4,5-45 VDC y una batería litio-ion 3,7V

con sistema de carga inteligente En la infraestructura estará conexas con el controlador.

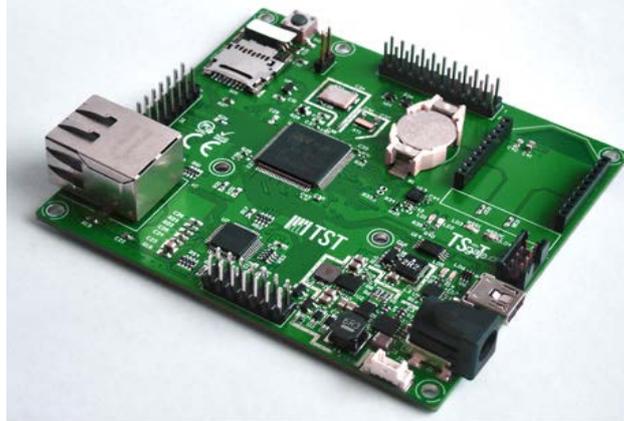


Figura 73. Microcontrolador TSgaTe

#### 4.5.4.10.1. Comunicación con el HMI:

El TsgaTE se comunicará con el HMI para poder recibir y enviar datos entre el usuario y los elementos.

Una vez se encienda el HMI, el microcontrolador recibe del usuario las siguientes características: identificación del usuario, tipo de carga (lenta, media, semirrapida), parámetros relacionados con el tipo de carga, estado de la carga.

Entonces, en el display aparecen diferentes opciones para que el usuario elija, también aparece el estado actual de la carga y el tiempo que queda para que esté cargado completamente.

#### 4.5.4.10.2. Comunicación con el controlador:

La comunicación entre el microcontrolador y el controlador se realizará de la siguiente manera [73]: Se conectarán dos pines desde el TSgaTe a las entradas correspondientes a la máxima intensidad admisible del controlador. Esas entradas van a ser de un bit y se van a ejecutar de la siguiente manera:

Set_max_1	Set_max_0	Corriente (A)
0	0	10
0	1	16
1	0	32

Tabla 11. Sistema de comunicación cifrado entre el microcontrolador y el controlador.

El controlador SGM utilizado para el proyecto también tiene dos salidas que representan la verdadera intensidad que discurre en el proceso. Este también va a informar a través de un bit de cuál va a ser el estado de la carga. Y finalmente, será el encargo de terminar el proceso de recarga total del EV. Su configuración es la siguiente:

Estado	Valor salida Release
Recargando el VE	1
Proceso de recarga finalizado	0

Tabla 12. Configuración de la finalización del proceso de carga.

#### 4.5.4.10.3. Comunicación con el lector RFID:

La autenticación de los usuarios que se realizará en los puntos de recarga se hará mediante un sistema de lectura de tarjetas RFID. Una vez que el usuario ha introducido su tarjeta RFID, se comunicará la información sobre el usuario, su vehículo eléctrico y la energía total de la batería en kWh al microcontrolador.

El TsGate calculará la energía que hace falta para el coche se cargue debido al conocimiento de la carga inicial del EV, la capacidad total de la batería y la cantidad que quiera cargar el usuario.

Si no se pasa esta tarjeta por el lector del cargador, aunque el vehículo se enchufe, no se podrá recargar. Y en caso de que la identificación sea incorrecta tampoco se podrá recargar.

#### 4.5.4.10.4. Comunicación con el HUB:

El microcontrolador se comunicara con el hub para enviar datos al software central de gestión. El hub actuará de pasarela entre el microcontrolador y el software central.

### 4.5.4.11 HUB

Se le llama hub al dispositivo tecnológico que hace de punto central de todas las conexiones de los puntos de recarga. Se caracteriza porque tiene la capacidad de regenerar los patrones de bits que ha recibido antes de retransmitirlos. Cuando retransmite la señal, lo hace a niveles tolerables, de tal manera que se cubran largas distancias sin degradación de la señal.

El hub que se ha escogido para el proyecto ha sido el Meshlium Zigbee-Mesh-3G/GPRS-Ap de 16 GB, y es el encargado de conseguir la correcta comunicación con el gestor de cargas. En la figura 74 se muestra la comunicación:

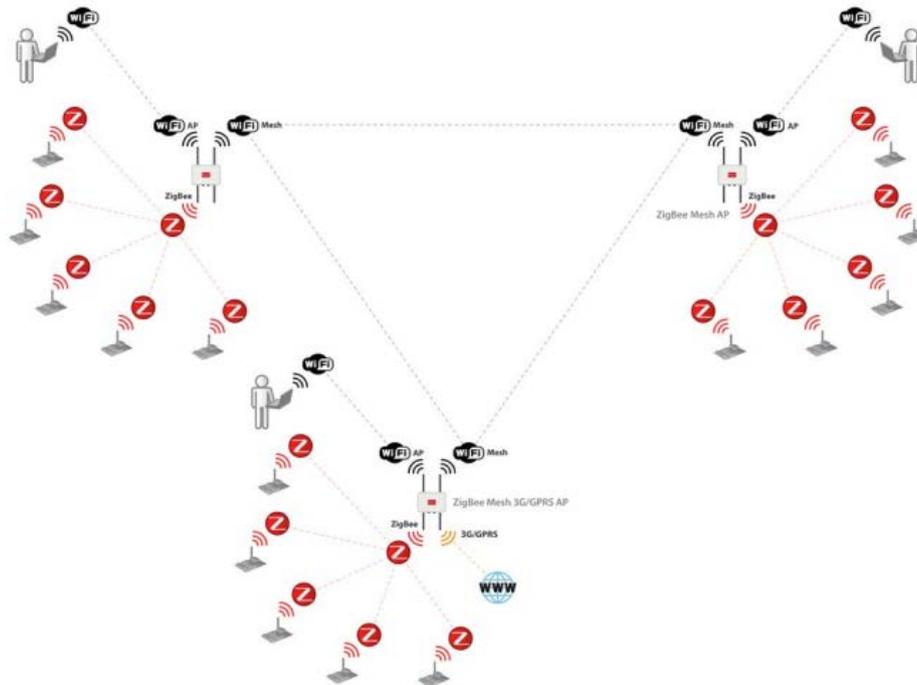


Figura 74. Esquema de comunicación del hub [101].

#### 4.5.4.12 Software de comunicación y gestión de datos.

Debería existir comunicación entre el centro de gestión y la infraestructura de recarga, para así poder controlar y gestionar los diferentes postes. En este apartado se exponen las características para realizar la comunicación y envío de datos entre el EV, la infraestructura de recarga, centro de adquisición de datos de la estación de recarga, y red distribuidora de energía eléctrica. Como software se ha escogido la solución de la empresa International Business Machines (IBM) ya que [102] integra y utiliza datos de múltiples fuentes y hace que cobren sentido en una sola interfaz. Este software permite la coordinación y supervisión operativa eficiente.

Tiene una interfaz web configurable que es específica para la función y necesidades del usuario de manera que todos en la organización puedan ver y colaborar con los mismos datos a su propia manera.

Las principales características de este software son:

- Comunicación de incidencias.
- Elaboración de reportes.
- Asistencia en tiempo real.

- Identificación del punto de recarga al que el vehículo eléctrico ha sido conectado.
- Permitir la actualización y mantenimiento de la base de datos con toda la información de cada usuario registrado: Gestión de permisos, altas, bajas y sistemas de bloqueo.
- Permitir la gestión de los datos de cada punto de recarga, como informes y estadísticas de uso por franjas horarias, potencia media, etc...
- Una interfaz intuitiva.



## 5.1 Planificación

A continuación se va a mostrar la planificación y programación de las actuaciones que se han realizado para la realización de este proyecto, se ha hecho mediante el diagrama de Gantt. Este método sirve para conocer los objetivos diarios, así como el tiempo conveniente para finalizarlos.

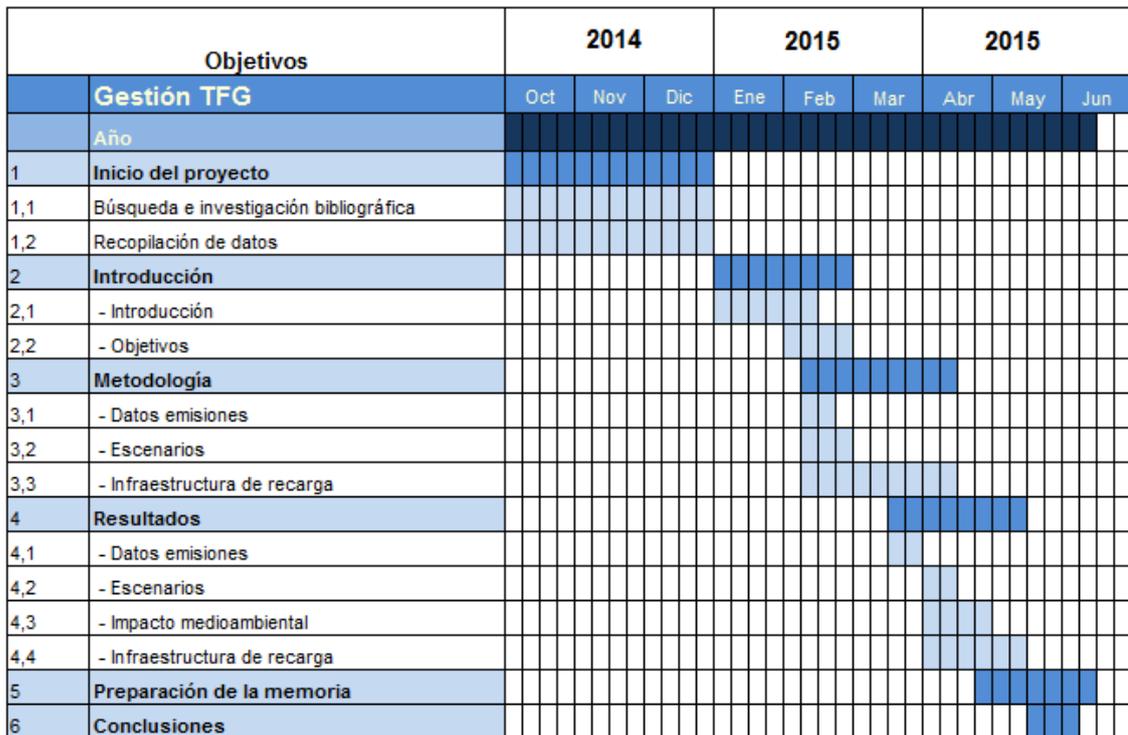


Figura 75. Diagrama de Gantt del proyecto.

Y esta sería la planificación para la infraestructura de recarga:



Figura 76. Diagrama de Gantt de la instalación de las infraestructuras de recarga.

## 5.2 Presupuesto

En este apartado se va a mostrar detalladamente el presupuesto total destinado a la implantación de las seis infraestructuras de recarga. Se ha dividido en seis capítulos y un resumen final:

Capítulo 1. Sistema Eléctrico

Capítulo 2. Sistema de Control

Capítulo 3. Sistema de Comunicación

Capítulo 4. Sistema de gestión.

Capítulo 5. Sistema constructivo del poste.

Capítulo 6. Seguridad y salud.

CÓDIGO	Ud.	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>CAPITULO 01 SISTEMA ELÉCTRICO</b>					
01.01	Ud.	<p>CUADRO DE DISTRIBUCIÓN</p> <p>Suministro e instalación del cuadro de distribución formado por los siguientes elementos: Una caja empotrable con un grado de protección mínimo de un IPX5 y un mínimo de capacidad para un ICP y 12 PIA. Marca HAGER Modelo VX12CS. Un interruptor magnetotérmico h3 x250 con un poder de corte de 200 A y una capacidad máxima de conexión de al menos 50 mm<sup>2</sup>. Marca HAGER Modelo HNB200H. Un interruptor diferencial de un poder de corte de 250 A y una capacidad máxima de conexión de al menos 50 mm<sup>2</sup>. Marca HAGER Modelo HBB251H. Seis interruptores automáticos de serie M y una curva C 6000, con un poder de corte cada uno de 40 A y una capacidad máxima de conexión para cable flexible de 25 mm<sup>2</sup>. Marca HAGER Modelo MCA540. Totalmente instalado, rotulado y probado y puesto en obra.</p>	1.0	3122.16	3122.16
01.02	m.	<p>CONDUCTORES LINEA PRINCIPAL</p> <p>Suministro e instalación de los conductores principales para la acometida de 230 V. El cable a instalar será de 50 mm<sup>2</sup> de sección de cobre con un aislamiento XPLE unipolar. Color rojo y amarillo. Totalmente instalado y probado.</p>	20.0	28.882	577.64
01.03	m.	CONDUCTORES LINEAS SECUNDARIAS			

CÓDIGO	Ud.	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
		Suministro e instalación de los conductores para la alimentación de los diferentes postes. Los cables tienen una sección de cobre de 6 mm <sup>2</sup> con un aislamiento XPLE. Color rojo y amarillo. Totalmente instalado y probado.	70.0	5.542	387.94
01.04	Ud.	CONTADOR PRINCIPAL Suministro y colocación del contador inteligente, con sistema de telegestión, de clase Activa B, tensión de referencia de 230 V, I <sub>min</sub> de 250 mA, medidas instantáneas y sincronizadas. Marca Endesa Modelo CERM1. Totalmente colocado, instalado, probado y funcionando.	1.0	283.79	283.79
01.05	Ud.	CONTADORES SECUNDARIOS Suministro y colocación del contador inteligente, con sistema de telegestión, de clase Activa B, tensión de referencia de 230 V, I <sub>min</sub> de 250 mA, medidas instantáneas y sincronizadas. Marca Endesa Modelo CERM1. Totalmente colocado, instalado, probado y funcionando.	6.0	283.79	<u>1986.53</u>
<b>TOTAL CAPITULO 01 SISTEMA ELÉCTRICO.....</b>					<b>6074.27</b>

CÓDIGO	Ud.	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>CAPITULO 02 SISTEMA DE CONTROL</b>					
02.01	Ud.	<b>CONTROLADOR</b> Suministro e instalación del controlador de dimensiones 54 mm x 62 mm x 90 mm y de peso 125 gr. Específico para carga en modo 3 y conexión tipo B. Fuente de alimentación de emergencia integrada. Marca INSYS-ICOM Modelo SGM PILOTBOX. Incluidos accesorios, fijaciones y demás accesorios necesarios para un correcto montaje Totalmente colocado, instalado, probado y funcionando	6.0	360,00	2160,00
02.02	Ud.	<b>MICROCONTROLADOR</b> Suministro e instalación del microcontrolador de 32 bits con ARM Cortex-M3, de 72 MHz, memoria RAM de 64 KB y memoria flash de 256 KB, con 5 entradas/salidas analógicas, y 41 e/s digitales. Con inserción para tarjetas MicroSD. Marca TST Modelo TSgaTe. Totalmente colocado, instalado, probado y funcionando.	6.0	425,00	2550,00
02.03	Ud.	<b>ACTUADOR</b> Suministro e instalación del actuador con función de liberación en caso de fallo de alimentación. Longitud de 50 cm. Marca MENNEKES Modelo ACT66537. Totalmente colocado, instalado, probado y funcionando.	6.0	35,00	210,00
<b>TOTAL CAPITULO 02 SISTEMA DE CONTROL.....</b>					<b>4920,00</b>

CÓDIGO	Ud.	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>CAPITULO 03 SISTEMA DE COMUNICACIÓN</b>					
03.01	Ud.	HMI (HAND MACHINE INTERFACE) Suministro e instalación del display de 6,5, táctil, con fácil actualización mediante conexión USB e iluminación al anochecer. Marca EMENST Modelo EMN6ST-BHX. Incluidos accesorios, fijaciones y demás accesorios necesarios para un correcto montaje. Totalmente montado, conexionado y probado.	6.0	75,00	450,00
03.02	Ud.	CONECTOR Suministro e instalación del conector con el dispositivo de seguridad, con una intensidad máxima de 32 A. Marca MENNEKES Modelo 31024 (nivel 2). Totalmente montado, conexionado, probado y funcionando según la normativa vigente.	6.0	180,00	1080,00
03.03	Ud.	LECTOR RFID Suministro y colocación del lector RFID de 125 kHz, con indicadores LED y un máximo alcance de 3 cm. Acoplado con una fuente de alimentación de 12 Vdc. Marca EATON Modelo TD0EV00007E. Incluidos accesorios, fijaciones y demás accesorios necesarios para un correcto montaje. Totalmente colocado, instalado, probado y funcionando.	6.0	115,00	690,00

CÓDIGO	Ud.	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
03.04	Ud.	HUB			
		Suministro y colocación del HUB de 8 GB, de dimensiones 210x175x50 mm, soporta comunicaciones GPRS, Wifi, Zigbee y Ethernet. Acoplado con una fuente de alimentación de 12 Vdc y una corriente de 2,7 mA. Marca LIBELIUM Modelo MESHLIUM XTREME. Incluidos accesorios, fijaciones y demás accesorios necesarios para un correcto montaje. Totalmente colocado, instalado, probado y funcionando.			
			1.0	1230,00	<u>1230,00</u>
<b>TOTAL CAPITULO 03 SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....</b>					<b>3450,00</b>
<b>CAPITULO 04 SISTEMA DE GESTIÓN</b>					
04.01	Ud.	SISTEMA DE GESTIÓN Y SOFTWARE			
		Suministro e instalación del sistema de gestión con funciones de integración, análisis y visualización de datos. Incluye el suministro e instalación de PC con impresora de inyección de tinta, así como la instalación del software y puesta a punto con el sistema de monitorización. Marca IBM, modelo INTELLIGENT OPERATION CENTER. Totalmente instalado, probado y funcionando. Excluida alta de la línea y cuotas.			
			1.0	4987,89	<u>4987,89</u>
<b>TOTAL CAPITULO 04 SISTEMA DE GESTIÓN.....</b>					<b>4987,89</b>

CÓDIGO	Ud.	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>CAPITULO 05 SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL POSTE</b>					
05.01	Ud.	BASE DEL POSTE Suministro y montaje de la base del poste de dimensiones 200mmx200m. Fabricado con poliuretano y cubierto de una capa de pintura aislante eléctrica y otra capa de gel antigraffiti. Marca Scheinder Electric modelo 2800CT1001R02. Incluidos accesorios, fijaciones y soportes. Totalmente montado e instalado.	6.0	33,00	198,00
05.02	Ud.	ESTRUCTURA DEL POSTE Suministro y montaje de la estructura central del poste de dimensiones 1433 mm x 330 mm. Fabricado con poliuretano y cubierto de una capa de pintura aislante eléctrica y otra capa de gel antigraffiti. Con dos ventiladores y una fuente de alimentación de 300 W en su interior. Marca Scheinder Electric modelo 2800CT1001R02/13. Incluidos accesorios, fijaciones y soportes. Se incluye tendido de conductor de protección para puesta a tierra según ITC-BT-18. Totalmente montado, conectado e instalado.	6.0	457,00	2742,00
<b>TOTAL CAPITULO 05 SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL POSTE.....</b>					<b>2940,0</b>
<b>CAPITULO 06 SEGURIDAD Y SALUD</b>					
06.01	Ud.	CASCO DE SEGURIDAD	3.0	5,50	16,50
06.02	Ud.	GAFAS CONTRA IMPACTOS	3.0	11,00	33,00
06.03	Sem.	ALQUILER BAÑO PORTATIL	1.0	833,33	833,33

CÓDIGO	Ud.	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
06.04	Sem.	ALQUILER CASETA VESTUARIOS	1.0	117,00	117,00
06.05	Ud.	GAFAS ANTIPOLVO	3.0	1,93	5,79
06.06	Ud.	PAR GUANTES AISLANTES 1000 V	3.0	30,82	92,46
06.07	Ud.	PAR DE BOTAS AISLANTES	3.0	31,44	94,32
06.08	Ud.	PAR DE BOTAS DE SEGURIDAD	3.0	24,09	72,27
06.09	Ud.	MONO DE TRABAJO POLIESTER- ALGODÓN	3.0	25,24	75,72
06.10	Ud.	CINTURÓN PORTAHERRAMIENTAS	3.0	14,04	42,12
06.11	Ud.	PLACA SEÑALIZACIÓN RIESGO	3.0	4,66	13,98
06.12	Ud.	BOTIQUÍN DE URGENCIA	3.0	84,66	253,98
<b>TOTAL CAPITULO 06 SEGURIDAD Y SALUD .....</b>					<b>1650,47</b>

## RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	SISTEMA ELÉCTRICO	6.074,27	25,29
02	SISTEMA DE CONTROL	4.920,00	20,48
03	SISTEMA DE COMUNICACIÓN	3.450,00	14,36
04	SISTEMA DE GESTIÓN	4.987,89	20,76
05	SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL POSTE	2.940,00	12,24
06	SEGURIDAD Y SALUD	1.650,47	6,87
<b>PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (€)</b>		<b>24.022,63</b>	<b>100%</b>

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de VEINTICUATRO MIL VEINTIDÓS EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS.

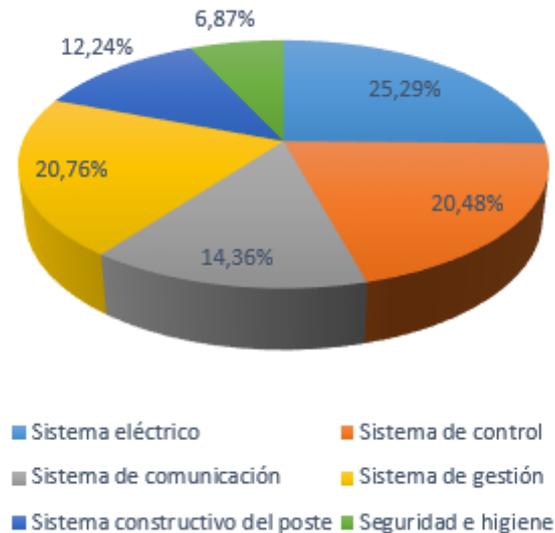


Figura 77. Representación gráfica del presupuesto.



6  
Conclusiones.

## 6.1 Introducción.

Las conclusiones finales del proyecto se van explicar comprobando los diferentes objetivos propuestos para el mismo. Después se proponen las líneas futuras con las que se podría continuar el proyecto.

## 6.2 Objetivos.

A continuación, se muestran las conclusiones obtenidas a partir de los objetivos planteados en el capítulo 2.

### 6.2.1 Objetivo 1. ***‘Análisis de las emisiones contaminantes en el sector transporte en carretera de 1990 a 2012 en España y su comparación con la Unión Europea’.***

*‘Análisis detallado de las emisiones en el sector transporte por carretera de 1990 a 2012 en España’.*

De los distintos sectores, el transporte en carretera produce alrededor del 25% de las emisiones GEI en España. Desde 1990 a 2007 ha ido aumentando sus emisiones de manera gradual. Es a partir del año 2008 cuando reduce sus emisiones por las mejoras en los de automóviles y por la crisis, este último hecho provocó la subida del precio de los combustibles fósiles y por tanto el descenso de los desplazamientos. Sin embargo, en el 2012 las emisiones GEI siguen siendo un 43,70 % superior que el año base, 1990.

Las emisiones GEI en sector transportes por carretera ha sufrido un constante aumento desde su año base, fijado en el año 1990, siendo uno de los elementos que mayor peso relativo ocupan en relación a las emisiones totales de España. Sin embargo, desde los últimos años está experimentando una ligera reducción. Se tienen que tomar medidas para mejorar esta situación. Es necesaria romper la fuerte dependencia de los combustibles fósiles mediante combustibles alternativos, producidos a partir de fuentes bajas o neutras en carbono, como el gas metano, el hidrógeno, los biocombustibles producidos de manera sostenible o la electricidad, constituye uno de los retos principales. También lo es acelerar la renovación del parque de vehículos por parte de los usuarios, con el fin de incorporar los más recientes avances tecnológicos en la eficiencia y reducción de la emisión de contaminantes de los motores.

*‘Análisis y comparación de las emisiones generales y en sector transporte por carretera entre España y las de la Unión Europea de 1990 a 2012’.*

Se puede concluir que al igual que en España, la mayoría de los países de la UE15 están alejados de alcanzar los niveles de emisiones propuestas en el Protocolo de Kioto, para el año 2020.

La media de emisiones GEI en el transporte en la UE15 conforman el 20% total de las emisiones, inferior al español, que es del 25%. Y en concreto las emisiones en el transporte en carretera en la UE15 son del 72%, mientras que en España es mucho más elevado, ya que es responsable de más del 92%. España debe afrontar un

cambio en el sector transportes en carretera, con medidas más severas para conseguir la reducción de emisiones de GEI.

*‘Análisis y correlación de datos mediante Gretl’.*

Mediante el programa econométrico Gretl se ha podido comprobar que existe una correlación entre las emisiones GEI por carretera entre España y la Unión Europea y también entre las emisiones/kilómetros de los principales combustibles fósiles (diésel y gasolina). Aunque hay que tener en cuenta que la correlación no implica causalidad, que dos variables estén muy relacionadas entre sí, no implica que una sea la causa de la otra.

**6.2.2 Objetivo 2. ‘Cálculo, resultados y análisis de diferentes escenarios propuestos en relación a la nueva directiva de transportes’.**

*“Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas por un vehículo eléctrico en vez de un vehículo convencional. ”*

En cuanto a este escenario, se calculó la estimación de emisiones ahorradas usando un vehículo eléctrico en vez uno tradicional. Se puede concluir que en año 2020, los vehículos eléctricos contribuirán a reducir el CO<sub>2</sub> en España. Se conseguirán reducir un total de 9,12 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Aunque todavía no es suficiente. Con el fin de alcanzar sus promesas, el vehículo eléctrico primero tiene que superar varios cuellos de botella: la fuente de energía de donde provenga la electricidad, su introducción en el mercado, mejoras en las baterías y su interacción con las redes eléctricas europeas.

También se ha llegado a la conclusión que la reducción de las emisiones va a depender de cómo se genere la electricidad que van a utilizar los vehículos eléctricos (la fuente: carbón, energías renovables, etc) y del número de vehículos que consigan introducirse en el mercado.

Además se ha comprobado que en términos medioambientales, el vehículo eléctrico es mucho más rentable que el vehículo convencional. En España la media de emisiones de cara al año 2020 sería de 38 gr CO<sub>2</sub>/km y la de un vehículo convencional de 138 gr CO<sub>2</sub>/km.

La fábula de la liebre y la tortuga, atribuida a Esopo y reescrita por Félix María Samaniego tiene como moraleja de la historia, que lo lento pero constante y perseverante, también ganan la carrera y llegar alto. Lo mismo pasa con los vehículos eléctricos en su carrera por mejorar el impacto medioambiental; están emergiendo poco a poco en el mercado, por lo tanto los cambios van a ser pausados, pero al final se llegarán a los objetivos.

*“Estimación del impacto en la red eléctrica española del vehículo eléctrico en función de su demanda”.*

También, se ha considerado interesante analizar en el escenario dos, el impacto del vehículo eléctrico en la red eléctrica española. Este impacto va a depender del nivel de penetración del vehículo eléctrico. En el caso más desfavorable, con una potencia de carga de 7,4 kW y una flota de 1.206.702 (penetración alta) se generaría un total de 7602.22 MWh, lo que sería un gasto anual de unos 2,8 TWh. Esta cifra no parece excesivamente alta si la comparamos con la circulación que se obtuvo en el año 2014

en la red eléctrica española, 243 TWh. Por lo tanto la red está preparada para la implantación de los vehículos eléctricos. De todos modos el impacto del vehículo eléctrico en las redes eléctricas será muy gradual. Su implantación va a evolucionar de manera paulatina, de manera que va a permitir ir actualizando las instalaciones que lo necesiten.

Además, lo ideal sería que la demanda eléctrica del vehículo eléctrico se desplazara a los momentos 'valle' para así conseguir aplanar la curva de la demanda o hacer uso de la desaprovechada reserva activa.

Por lo tanto, el vehículo eléctrico no sólo evitaría reducir la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también va a aplanar la curva de la demanda de la energía.

### **6.2.3. Objetivo 3. '*Simular el impacto medioambiental*'.**

Se puede concluir que la nueva directiva, y en concreto la parte referente a los vehículos eléctricos y sus infraestructuras de recarga, va a generar el siguiente impacto:

- Reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte, siempre y cuando la electricidad se genera a partir de fuentes de baja emisión de carbono (gas natural, viento, agua y energía solar).
- Mejora de la calidad del aire.
- Reducción del ruido urbano.
- Ahorro de energía primaria.
- Residuos. Produciría la reducción de unos, pero provocaría el aumento de otros, en especial metales pesados procedentes de la extracción de los materiales para las baterías y de la posterior eliminación de las mismas.

Por lo tanto esta directiva puede proporcionar grandes ventajas al medioambiente. Pero es necesario avanzar en el ámbito de baterías, para hacerlas más óptimas, y sobre todo, es necesario descarbonizar la electricidad en España, y conseguir que sea lo más renovable posible.

### **6.2.4. Objetivo 4. '*Implantación de las infraestructuras de los puntos de carga en relación a la nueva directiva de transportes*'.**

El último aspecto estudiado en el proyecto corresponde al de la implantación de una infraestructura de recarga en relación a la nueva directiva de transportes. Uno de los grandes problemas en los que se encuentra el vehículo eléctrico, es la falta de infraestructuras de recarga, se quiere llegar a un objetivo de 80.000 para el año 2020. Estas infraestructuras son muy importantes y se deben introducir al mismo tiempo que los vehículos eléctricos, o se corre el riesgo del bloqueo de los vehículos eléctricos hacia un camino no sostenible.

Así que se ha propuesto el diseño de una infraestructura, especificando la descripción técnica general, los elementos de los que está compuesta, los cálculos necesarios, pliego de condiciones, presupuestos y planos para la materialización de la misma, con el fin de poder realizar cargas de vehículos eléctricos. Además estas infraestructuras

no producen ninguna emisión de gases contaminantes a la atmósfera, ni residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento. Su impacto únicamente va a estar limitado a su proceso de fabricación pero no al del funcionamiento.

### 6.3 Líneas futuras.

Como futuras líneas de trabajo se podrían incluir las siguientes para enriquecer el modelo:

- Implementación de una infraestructura de recarga mediante placas fotovoltaicas.
- Implementación de una infraestructura de repostaje de hidrógeno y gas natural en relación a la directiva 2014/94/UE.
- Estudio de viabilidad económica de la infraestructura de recarga.
- Estudio sobre las baterías del vehículo eléctrico y su impacto medioambiental.
- Impacto medioambiental en España en relación a la nueva directiva de cara al año 2050.



[1] Cámara de diputados del H.Congreso de la Unión (reforma 2012) Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente [Online].  
<http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>

[2] Gobierno de Navarra. (2011). III Plan Energético de Navarra horizonte 2020 [Online]  
<http://www.navarra.es/NR/ronlyres/974514CE-0734-4404-AE56-E079DB5F3D0B/185478/PlanEnergeticodeNavarra2020definitivo1.pdf>

[3] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2014) El nuevo Marco Energía y Clima. [Online]  
<http://www.magrama.gob.es/es/prensa/noticias/el-nuevo-marco-energ%C3%ADa-y-clima-es-crucial-porque-marca-el-camino-de-la-pol%C3%ADtica-de-lucha-contra-el-cambio-clim%C3%A1tico-hasta-2030/tcm7-349483-16>

[4] BOE. (2014). Directiva 2014/94/UE relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. [Online]  
<http://www.boe.es/doue/2014/307/L00001-00020.pdf>

[5] IEA (2013), CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2013 [Online]  
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>

[6] WWF España. (2013) Informe de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España 1990-2012 [Online]  
[http://awsassets.wwf.es/downloads/informe\\_de\\_emisiones\\_de\\_gei\\_en\\_espana\\_1990\\_2012.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_de_emisiones_de_gei_en_espana_1990_2012.pdf)

[7] Elena G. Sevillano. (2013). España, entre los países que más pagan por cumplir Kioto. [Online].  
[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/11/03/actualidad/1383513464\\_110043.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/11/03/actualidad/1383513464_110043.html)

[8] EEA (2015). (European Environment Agency).

[9] Comisión Nacional de Energía. (2013). Estudio sobre las emisiones derivadas del consumo de carburantes en el transporte por carretera en España. [Online].  
[http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/Estudio\\_Emissiones\\_Derivadas\\_20062013.pdf](http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/Estudio_Emissiones_Derivadas_20062013.pdf)

[10] Antonio Serrano Rodríguez. (2014). Programa Transporte. Cambio Global España 2020. [Online].  
[http://www.gbce.es/archivos/ckfinderfiles/Programa\\_transporte\\_2020\\_2050.pdf](http://www.gbce.es/archivos/ckfinderfiles/Programa_transporte_2020_2050.pdf)

[11] Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. (2014) Cambio Global España 2020/50. Energía, economía y sociedad. [Online].  
<http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0637191.pdf>

[12] España. Real Decreto 287/2015, de 17 de Abril, de Protección de Datos de Carácter Personal. BOE, 14 de diciembre de 1999, núm. 93 [Online]  
<http://www.movilidadeléctrica.com/images/legislacion/Documentos/MOVELE%2015%20-%20BOE-A-2015-4215.pdf>

[13] Luis Emilio Serrano Rodríguez. (2011). Análisis técnico y su relación con el consumo energético en la construcción de pavimento flexible del paso lateral de Portoviejo. Tesis. Universidad de Manabí. [Online].

[http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/11762/1/CEPGDIE\\_201100193.pdf](http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/11762/1/CEPGDIE_201100193.pdf)

[14] Ministerio de Industria, energía y turismo. (2013). Informe de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 2013. [Online].

[http://www.cem.es/sites/default/files/huella\\_de\\_carbono\\_en\\_el\\_cem\\_2013.pdf](http://www.cem.es/sites/default/files/huella_de_carbono_en_el_cem_2013.pdf)

[15] Luis Alberto Sánchez Díez. Los sectores energéticos españoles: El sector hidrocarburos, gas e hidrocarburos líquidos, pp.3-6, 2012.

[16] European Council for Automotive R&D (EUCAR). European Commission Joint Research Centre. Concawe (2011). Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. [Online].

[http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/wtw3\\_wtt\\_report\\_eurformat.pdf](http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/wtw3_wtt_report_eurformat.pdf)

[17] M. Wang, Y. Wu, and A. Elgowainy, GREET1.7 Fuel-Cycle Model for Transportation Fuels and Vehicle Technologies (Argonne National Laboratory, 2007); M. Wang, "Well to Wheels Energy Use Greenhouse Gas Emissions and Criteria Pollutant Emissions—Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles," presented at the SAE Future Transportation Technology Conference, Costa Mesa, CA, June 2003

[18] Asociación española de fabricantes de automóviles y camiones. (2012). Reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos.

[19] European Environment Agency. (2012). Monitoring CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2012.

[20] REE. (2015). Red Eléctrica de España. [Online].

<https://demanda.ree.es/demanda.html>

[21] MOVELE. (2015). Catálogo de vehículos eléctrico. [Online]

<http://www.movele.es/index.php/mod.coches/mem.listado/re/menu.15>

[22] IDAE. (2012). Mapa Tecnológico de la Movilidad Eléctrica [Online].

[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Movilidad\\_Electrica\\_ACC\\_c603f868.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Movilidad_Electrica_ACC_c603f868.pdf)

[23] Comisión Europea. (2010). Libro Blanco de transporte, 2010.

[24] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2014). Guía del vehículo eléctrico. [Online].

<http://www.cleanvehicle.eu/fileadmin/downloads/Spain/Guida%20del%20vehiculo%20Electrico.pdf>

[25] MOVELE. (2015). Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en España. [Online].

<http://www.minetur.gob.es/es-es/gabineteprensa/notasprensa/documentos/estrategiaintegralveh%C3%ADculoelectrico060410.pdf>

[26] Parlamento Europeo. (2013). Comisión de Transportes y Turismo. Informe sobre la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la creación de una infraestructura para los combustibles alternativos. [Online].

<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2013-0444+0+DOC+PDF+V0//ES>

[27] Silvia Cestau Cubero. (2014). Sostenibilidad técnica, económica y ambiental de flotas comerciales de vehículos eléctricos. Tesis. [Online].

<http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/286233/TSCC1de1.pdf?sequence=1>

[28] Tapani Aitta. (2013). Building a foundation for an energy station service platform. [Online].

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/69702/Aitta\\_Tapani.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/69702/Aitta_Tapani.pdf?sequence=1)

[29] Junta de Gobierno de la Ciudad de Madrid. (2014). Plan de uso sostenible de la energía y prevención del cambio climático de ciudad de Madrid. [Online].

<http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspInf/EnergiayC/02PECCH/Ficheros/PECCH2020.pdf>

[30] Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente. (2013). Inventarios nacionales de emisiones a la atmósfera, 1990-2012. [Online].

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/Documento\\_Resumen\\_Inventario\\_1990-2012\\_tcm7-336746.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/Documento_Resumen_Inventario_1990-2012_tcm7-336746.pdf)

[31] EEA. (2014). Why did greenhouse gas emissions decrease in the EU between 1990 and 2012?. [Online].

[https://www.ars.toscana.it/files/aree\\_intervento/ambiente/link/EEA%202014%20GHG%20emission%20trends%201990-2012.pdf](https://www.ars.toscana.it/files/aree_intervento/ambiente/link/EEA%202014%20GHG%20emission%20trends%201990-2012.pdf)

[32] Eurostat. (2015). Your key to European Statistics. [Online].

<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

[33] MAGRAMA. (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. [Online].

<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/>

[34] Observatorio del Transporte y la Logística en España. (2013). Informe Anual 2013. [Online].

<http://observatoriortransporte.fomento.es/NR/rdonlyres/775612E3-0CDE-43C3-8A6A-13853CCF3919/127878/INFORMEOTLE2013v02.pdf>

[35] MAGRAMA. (2013). Perfil Ambiental de España 2013. [Online].

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Perfil\\_Ambiental\\_2013\\_tcm7-357526.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Perfil_Ambiental_2013_tcm7-357526.pdf)

[36] European Council for Automotive R&D (EUCAR). European Commission Joint Research Centre. Concawe (2011). Tank-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. (2011). [Online].

[http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/wtw3\\_ttw\\_report\\_eurformat.pdf](http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/wtw3_ttw_report_eurformat.pdf)

- [37] MAGRAMA. (2013) Perfil Ambiental de España 2013. Transporte. [Online].  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Perfil\\_2013\\_Cap2\\_14\\_Transporte\\_tcm7-357491.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Perfil_2013_Cap2_14_Transporte_tcm7-357491.pdf)
- [38] MAGRAMA. (2013). Banco Público de indicadores ambientales. [Online].  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/informacion-ambiental-indicadores-ambientales/BPIA\\_2013\\_Ficha\\_web\\_Aire-Emisiones\\_GEI\\_tcm7-341492.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/informacion-ambiental-indicadores-ambientales/BPIA_2013_Ficha_web_Aire-Emisiones_GEI_tcm7-341492.pdf)
- [39] Comisión Nacional de Energía. (2013). Estudio sobre las emisiones derivadas del consumo de carburantes en el transporte por carretera en España. [Online].  
[http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/Estudio\\_Emisiones\\_Derivadas\\_21052013.pdf](http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/Estudio_Emisiones_Derivadas_21052013.pdf)
- [40] José Antonio Sotelo Navalpotro, María Sotelo Pérez, Alfredo Tolón Becerra. (2011). Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector transporte por carretera. [Online].  
[http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/22630/1/Investigaciones\\_Geograficas\\_54\\_05.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/22630/1/Investigaciones_Geograficas_54_05.pdf)
- [41] IDEA. (2011). Plan de ahorro y eficiencia energética 2011-2020. [Online].  
[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_1905\\_PAEE\\_2011\\_2020\\_A2011\\_A\\_a1e6383b.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_1905_PAEE_2011_2020_A2011_A_a1e6383b.pdf)
- [42] Diario Oficial de la Unión Europea. (2003). Directiva 2003/17/CE relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo. [Online].  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:076:0010:0019:ES:PDF>
- [43] EIONET. (2015). Transport and Environment Database System. [Online]  
<http://acm.eionet.europa.eu/>
- [44] Ana Bahamonde. Eliminación de NO<sub>x</sub> en gases de combustión. Reducción catalítica selectiva. [Online].  
<http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/Monografias2001/A1-001.pdf>
- [45] EEA Report No 10/2013. [Online].  
<http://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-2013/full-report-ghg-trends-and-1>
- [46] EMEP/EEA. (2013). Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. Part B. Chapter 1.A.3.b: Road transport. [Online].  
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- [47] Parlamento Europeo y del Consejo. (2011) Reglamento (UE) No 510/2011 relativo a normas de comportamiento en materia de emisiones de los vehículos comerciales ligeros nuevos como parte del enfoque integrado de la Unión para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos ligero. [Online].  
[http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/legislacion/documentacion/LexUriServ\\_tcm7-160466.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/legislacion/documentacion/LexUriServ_tcm7-160466.pdf)

[48] Parlamento Europeo y del Consejo. (2009). Reglamento (CE) No 443/2009 relativo a las normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como parte del enfoque integrado de la Comunidad para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos ligeros. [Online].

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0001:0015:ES:PDF>

[49] Parlamento Europeo y del Consejo. (2009) Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. [Online].

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>

[50] European Conference of ministers of transport. (2006). Reducing NO<sub>x</sub> emissions on the road. [Online].

<http://internationaltransportforum.org/pub/pdf/06NOx.pdf>

[51] EEA. (2012). The contribution of transport to air quality. [Online].

<http://www.endseurope.com/docs/121127a.pdf>

[52] María Dios Noceda. (2012). Estimación, análisis de inventarios de emisiones atmosféricas antropogénicas a escala global, regional y continental. [Online].

[https://dspace.usc.es/bitstream/10347/8862/1/rep\\_457.pdf](https://dspace.usc.es/bitstream/10347/8862/1/rep_457.pdf)

[53] Ecoscore. How to calculate the CO<sub>2</sub> emission level from the fuel consumption?

<http://www.ecoscore.be/en/how-calculate-co2-emission-level-fuel-consumption>

[54] Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España 1990-2012 (NIR 1990-2012) (Edición Abril 2014) (versión español).

[55] DGT. (2015). Estadísticas e indicadores. [Online].

<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/>

[56] Audi. (2012). Emisiones de escape de gases de vehículos. Programa Autodidáctico 230. [Online].

<http://es.slideshare.net/estebankagelmacher/gases-y-normas>

[57] Jos G.J. Olivier, Greet Janssens-Maenhout, Jeroen A.H.W. Peters. (2012). Trends in Global CO<sub>2</sub> emissions. [Online].

<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf>

[58] International Transport Forum. (2010). Reducing transport greenhouse gas emissions. [Online]

<http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/10GHGTrends.pdf>

[59] Sergio Mitrovich. (2003). Medio ambiente, energía y transporte. [Online].

[http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt5\\_wm\\_es.pdf](http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt5_wm_es.pdf)

[60] G. Mellios, S. Hausberger, M. Keller, C. Samaras, L. Ntziachristos. (2011). Parameterisation of fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions of passenger cars and light commercial vehicles for modelling purposes.

[61] Ministerio de fomento, subdirección general de tecnologías de la información, administración electrónica y estadísticas. (2010). Anuario estadístico 2010.

- [62] MAGRAMA. (2012). Perfil Ambiental España 2012. [Online]  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/TRANSPORTE\\_tcm7-303846.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/TRANSPORTE_tcm7-303846.pdf)
- [63] EEA. (2014) Monitoring CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars and vans in 2013. [Online]  
[http://www.eea.europa.eu/publications/monitoring-co2-emissions-from-passenger/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/monitoring-co2-emissions-from-passenger/at_download/file)
- [64] ACEA. (2015) Anuario estadístico de nuevas matriculaciones europeas por pasajero. [Online]  
<http://www.acea.be/statistics/tag/category/by-manufacturer-registrations>
- [65] Carlos Marcos, Club de Excelencia en Sostenibilidad. (2014) Estudio del Observatorio sobre el Estado de la Movilidad Sostenible en España. [Online].  
<http://www.responsabilidadimas.org/web/fck/destacado/ObsMovilidad.pdf>
- [66] Departamento de Economía Universidad Carlos III de Madrid. Introducción a Gretl. [Online]  
[http://www.eco.uc3m.es/~ricmora/miccua/materials/S02P11\\_Spanish.pdf](http://www.eco.uc3m.es/~ricmora/miccua/materials/S02P11_Spanish.pdf)
- [67] Carbuni3n. (2013). El carb3n y el medioambiente. [Online].  
[http://www.carbunion.com/panel/carbon/uploads/carbon\\_medioambiente\\_5.pdf](http://www.carbunion.com/panel/carbon/uploads/carbon_medioambiente_5.pdf)
- [68] Groupe EDF. (2012). Document de R3f3rence. Rappot Financier Annuel. [Online].  
[http://www.energie2007.fr/images/upload/edf\\_document\\_de\\_reference\\_2012\\_electrice\\_energie\\_finances\\_080413.pdf](http://www.energie2007.fr/images/upload/edf_document_de_reference_2012_electrice_energie_finances_080413.pdf)
- [69] BOE (2014). Directiva 2009/72/CE relativa a la metodolog3a para el c3lculo de los peajes de transporte y distribuci3n de electricidad. [Online]  
<http://www.boe.es/boe/dias/2014/07/19/pdfs/BOE-A-2014-7658.pdf>
- [70] REE. (2015). Demanda y producci3n en tiempo real. [Online]  
<http://www.ree.es/es/actividades/demanda-y-produccion-en-tiempo-real>
- [71] Directiva del Consejo 85/337/CEE, 27 de Junio de 1985, referente a la evaluaci3n de las repercusiones de determinados proyectos p3blicos y privados sobre el medio ambiente  
[http://www.medioambientecantabria.es/documentos\\_contenidos/7060\\_1.1.pdf](http://www.medioambientecantabria.es/documentos_contenidos/7060_1.1.pdf)
- [72] Gesti3n medioambiental: conceptos b3sicos (2010). Editorial Vertice
- [73] Enrique Vidal Gonz3lez-Fierro. (2014) Dise1o e implementaci3n de un poste inteligente de recarga de veh3culos el3ctricos.  
<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/538caf7ea3ce7.pdf>
- [74] The European Topic Centre on Air and Climate Change. (2009). Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe  
[http://www.emic-bg.org/files/files/ETCACC\\_TP\\_2009\\_4\\_electromobility.pdf](http://www.emic-bg.org/files/files/ETCACC_TP_2009_4_electromobility.pdf)

- [75] Noticiasmedicas.es (2011). [Online].  
<http://www.noticiasmedicas.es/medicina/noticias/6922/1/Lacontaminacion-causa-en-Espana-16000-muertes-prematuras- /Page1.html>
- [76] Travis Madsen, Environment America Research & Policy Center (2014). More Electric Vehicles Mean Less Pollution. [Online].  
[http://environmentamericacenter.org/sites/environment/files/reports/EA\\_drivingcleaner\\_scrn.pdf](http://environmentamericacenter.org/sites/environment/files/reports/EA_drivingcleaner_scrn.pdf)
- [77] Institute for Public Health and the Environment. (2012). Noise reduction by electric vehicles in the Netherlands. [Online].  
[http://www.leo.mech.pg.gda.pl/sites/leo.mech.pg.gda.pl/files/files/Noise%20reduction%20by%20electric%20vehicles%20-%20in12\\_1027.pdf](http://www.leo.mech.pg.gda.pl/sites/leo.mech.pg.gda.pl/files/files/Noise%20reduction%20by%20electric%20vehicles%20-%20in12_1027.pdf)
- [78] Danish Road Directorate. (2013). Noise from electric vehicles. [Online].  
[http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden\\_og\\_data/temaer/stoej/Documents/Noise%20from%20electric%20vehicles%20-%20a%20literature%20survey%20.pdf](http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/stoej/Documents/Noise%20from%20electric%20vehicles%20-%20a%20literature%20survey%20.pdf)
- [79] European Association for Battery Electric Vehicles. (2009). Energy consumption, CO2 emissions and other considerations related to Battery Electric Vehicles. [Online].  
[http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/consultations/doc/2009\\_03\\_27\\_future\\_of\\_transport/20090408\\_eabev\\_\(scientific\\_study\).pdf](http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/consultations/doc/2009_03_27_future_of_transport/20090408_eabev_(scientific_study).pdf)
- [80] California Air Resources Board. (2012). Lifecycle Analysis Comparison of a Battery Electric Vehicle and a Conventional Gasoline Vehicle. [Online].  
<http://www.environment.ucla.edu/media/files/BatteryElectricVehicleLCA2012-rh-ptd.pdf>
- [81] Proyecto Movilidad Eléctrica. (2010). Especificación Técnica. Puntos de recarga para vehículos eléctricos. [Online].  
[http://www.madridmovilidad.es/pdf\\_concursos/2010-010MM/ANEXO%20PPTP.PDF](http://www.madridmovilidad.es/pdf_concursos/2010-010MM/ANEXO%20PPTP.PDF)
- [82] Chalmers University of Technology, Department of Chemical and Biological Engineering. The importance of recycling lithium-ion batteries for lithium, in view of impending electric vehicle industry. [Online].  
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/165368.pdf>
- [83] D. Mariano González Sáez. (2013). La calidad del aire en la Comunidad de Madrid. [Online].  
[http://www.coiim.es/rrii/Descargas/jornadasyconferencias/2013/m\\_saez.pdf](http://www.coiim.es/rrii/Descargas/jornadasyconferencias/2013/m_saez.pdf)
- [84] European Regional Development Foundation. (2014). Recarga del vehículo eléctrico. [Online].  
[http://www.faen.es/batterie/Recarga\\_vehiculo\\_electrico.pdf](http://www.faen.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf)
- [85] IDAE. (2011). Análisis e identificación de la información a registrar en el sistema de recarga para el vehículo eléctrico y de los procesos TIC asociados. [Online].  
[http://www.movele.es/uploads/documentos/documentos\\_Analisis\\_e\\_identificacion\\_de\\_la\\_informacion\\_a\\_registrar\\_en\\_el\\_sistema\\_de\\_recarga\\_para\\_el\\_vehiculo\\_electrico\\_y\\_de\\_los\\_procesos\\_TIC\\_asociados\\_v4\\_2\\_bf486c94.pdf](http://www.movele.es/uploads/documentos/documentos_Analisis_e_identificacion_de_la_informacion_a_registrar_en_el_sistema_de_recarga_para_el_vehiculo_electrico_y_de_los_procesos_TIC_asociados_v4_2_bf486c94.pdf)

[86] José Luis Domínguez Fernández. (2013). Análisis de la viabilidad del vehículo eléctrico en una empresa de reparto de comida a domicilio. [Online].

[http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/17364/1/Memoria\\_TFM\\_JoseLuisDom%C3%ADnguez.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/17364/1/Memoria_TFM_JoseLuisDom%C3%ADnguez.pdf)

[87] Junta Castilla y León. (2013). Aspectos básicos para el desarrollo e implementación del vehículo eléctrico. [Online].

<http://www.aytopalencia.es/sites/default/files/pdf/guia-vehiculos-2013.pdf>

[88] The Electropaedia. (2015). Electric Vehicle Charging Infrastructure. [Online].

<http://www.mpoweruk.com/images/ev%20charger.gif>

[89] Gary H. Fox. (2011). Getting Ready for Electric Vehicle Charging Stations.

[90] Gilles Thonet. (2015). ZigBee FAQ. [Online].

<https://wsnet.files.wordpress.com/2006/08/zigbee-faq.pdf>

[91] IBM Knowledge Center. (2014). IBM WebSphere MQ, Versión 8.0. [Online].

[http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SS9D84\\_1.0.0/com.ibm.mm.tc.doc/tc00000.htm?cp=SS9D84\\_1.0.0%2F1&lang=es](http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SS9D84_1.0.0/com.ibm.mm.tc.doc/tc00000.htm?cp=SS9D84_1.0.0%2F1&lang=es)

[92] Electric Energy Online. (2015). [Online].

[http://www.electricenergyonline.com/MagIMG/LightsOn\\_img3.jpg](http://www.electricenergyonline.com/MagIMG/LightsOn_img3.jpg)

[93] Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicación. Smart Grids y la evolución de la red eléctrica. [Online].

[http://www.minetur.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART\\_GRIDS\\_Y\\_EVOLUCION\\_DE\\_LA\\_RED\\_ELECTRICA.pdf](http://www.minetur.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART_GRIDS_Y_EVOLUCION_DE_LA_RED_ELECTRICA.pdf)

[94] Enel Distribuzione S.p.a. (2014). Guía de uso Cerm1. [Online].

<https://plataforma.somenergia.coop/file/download/19941>

[95] Industrial Data Comunication. (2014). Manual SGM Pilot Box. [Online].

<http://www.sumelco.com/productos/control-de-procesos/electric-mobility/estacion-de-carga-para-vehiculos-electricos/estacion-de-recarga-para-vehiculos-electricos-insys-sgm-pilotbox/>

[96] Circutor. (2015). Equipos y sistemas de gestión inteligente para la recarga de vehículos eléctricos. [Online].

[http://www.circutor.com/docs/RVE\\_SP\\_Cat.pdf](http://www.circutor.com/docs/RVE_SP_Cat.pdf)

[97] Ingeteam. (2013). Movilidad Eléctrica 2013. [Online].

[http://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Sector/Documento/SSE\\_1065\\_Archivo\\_catalogo-ingerev-es.pdf](http://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Sector/Documento/SSE_1065_Archivo_catalogo-ingerev-es.pdf)

[98] Ayuntamiento de Cartagena. (2010). Pliego de condiciones técnicas Bicity. [Online].

[http://www.cartagena.es/files/1267-5562-CTR\\_PLANO/SE4896%20Pliego%20T%C3%A9cnico.pdf?download=1](http://www.cartagena.es/files/1267-5562-CTR_PLANO/SE4896%20Pliego%20T%C3%A9cnico.pdf?download=1)

- [99] Marcombo. (2012). Puesta a tierra de instalaciones. [Online].  
<http://www.marcombo.com/Descargas/8496334147-INSTALACIONES%20EL%C3%89CTRICAS%20DE%20INTERIOR/UNIDAD%2010.pdf>
- [100] TSgaTe. Plataforma de desarrollo de aplicaciones M2M/IOT. [Online].  
[http://www.tst-sistemas.es/Docs/TSgaTe\\_v2.pdf](http://www.tst-sistemas.es/Docs/TSgaTe_v2.pdf)
- [101] Libelium. (2013). Meshlium Xtreme. [Online].  
[http://www.libelium.com/uploads/2013/02/meshlium-datasheet\\_eng.pdf](http://www.libelium.com/uploads/2013/02/meshlium-datasheet_eng.pdf)
- [102] IBM. (2012). Intelligent Operations Center para Smarter Cities. [Online].  
[http://www.redbooks.ibm.com/technotes/tips0930\\_es.pdf](http://www.redbooks.ibm.com/technotes/tips0930_es.pdf)
- [103] European Commission. (2010). EU energy trends to 2030. [Online].  
[http://ec.europa.eu/clima/politicas/package/docs/trends\\_to\\_2030\\_update\\_2009\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/politicas/package/docs/trends_to_2030_update_2009_en.pdf)
- [104] Intelec Ingeniería. EPC: Engineering, procurement and construction. Aspectos técnicos y contractuales a ser comprobados al examinar una propuesta tipo Ingeniería, Suministro y Construcción. [Online].  
[http://www.ujaen.es/investiga/solar/documentacion\\_pv\\_in\\_bloom/Seminarios%20PV%20in%20Bloom.%20EPC.pdf](http://www.ujaen.es/investiga/solar/documentacion_pv_in_bloom/Seminarios%20PV%20in%20Bloom.%20EPC.pdf)
- [105] Ministerio de industria, turismo y comercio. Guía BT-22. [Online].  
[http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia\\_bt\\_22\\_oct05R1.pdf](http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia_bt_22_oct05R1.pdf)
- [106] Plan MOVELE Madrid. (2010). Especificación técnica de puntos de recarga para vehículos eléctricos. [Online].  
[http://www.madridmovilidad.es/pdf\\_concursos/2010-010MM/ANEXO%20PPTP.PDF](http://www.madridmovilidad.es/pdf_concursos/2010-010MM/ANEXO%20PPTP.PDF)
- [107] Ministerio de Ciencia y Tecnología. Guía Técnica de aplicación del REBT: Real Decreto 842/2002. [Online].  
[http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia\\_bt\\_rd\\_842\\_02\\_sep03r1.pdf](http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_rd_842_02_sep03r1.pdf)
- [108] Antonio José Alarcón Rodríguez. Proyecto de planta fotovoltaica conectada a red de 116,025 KWP. PFC. Universidad de Almería. [Online].  
<http://repositorio.ual.es:8080/jspui/bitstream/10835/1944/1/TRABAJO.pdf>
- [109] Administración Regional de Murcia. Ayudantes de Oficios de la Comunidad Regional de Murcia- Fontanería y electricidad.
- [110] ADIF. (2014). Descripción, planos de los inmuebles, instalaciones y mantenimiento de los equipos. [Online].  
[http://www.adif.es/es\\_ES/empresas\\_servicios/concursos\\_publicos/doc/AX\\_5\\_AB-2014-01-001.pdf](http://www.adif.es/es_ES/empresas_servicios/concursos_publicos/doc/AX_5_AB-2014-01-001.pdf)
- [111] Xabier López Querejeta. (2010). Proyecto de rehabilitación paseo marítimo de Bakio.

## Anexo I. Tablas emisiones 1990-2012

### 1. Emisiones totales de España respecto a su compromiso con Kioto.

Año	Evolución de emisiones (porcentaje)	Emisiones de CO2 (Kt.)
Año base	100,00%	289773.03
Máximo Kyoto	115,00%	333238.99
1990	97,59%	282738.74
1991	100,17%	290275.89
1992	102,52%	297082.62
1993	98,35%	284997.93
1994	103,95%	301224.54
1995	107,91%	312696.93
1996	105,28%	305073.41
1997	112,72%	326620.19
1998	116,17%	336642.52
1999	125,79%	364516.86
2000	130,71%	378775.82
2001	130,87%	379222.15
2002	136,54%	395668.15
2003	138,95%	402629.95
2004	144,43%	418528.71
2005	149,37%	432834.41
2006	146,41%	424247.46
2007	149,09%	432009.28
2008	137,65%	398876.39
2009	125,17%	362713.25
2010	120,32%	348641.31
2011	120,95%	350493.69
2012	118,68%	343909.25

Tabla 13. Emisiones totales en España respecto a su compromiso Kioto [33].

## 2. Emisiones GEI en España

Años	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (t)	N <sub>2</sub> O (t)
1990	50.614	14.839	1.591
1991	53.522	15.792	1.659
1992	57.180	17.069	1.757
1993	56.667	16.029	1.869
1994	59.743	16.157	2.178
1995	60.562	14.874	2.418
1996	64.492	15.098	2.840
1997	65.170	14.284	3.122
1998	71.481	14.253	3.591
1999	75.182	13.353	4.044
2000	77.150	11.959	4.314
2001	80.941	11.349	2.803
2002	82.786	9.523	2.786
2003	86.577	9.060	2.794
2004	89.725	8.283	2.713
2005	92.243	7.697	2.722
2006	95.044	6.946	2.766
2007	97.857	6.436	2.839
2008	92.632	5.563	2.740
2009	86.594	5.057	2.528
2010	83.362	4.745	2.551
2011	79.017	4.314	2.517
2012	73.428	4.059	2.458

Tabla 14. Emisiones GEI en el transporte en carretera en España [33].

Años	SO <sub>2</sub> (t)	NO <sub>x</sub> (t)	NH <sub>3</sub> (t)
1990	54.277	585.291	353
1991	57.493	618.224	372
1992	61.118	659.981	400
1993	60.951	635.804	780
1994	64.491	627.019	1.579
1995	50.269	586.173	2.157
1996	50.649	586.379	2.986
1997	23.202	547.158	3.805
1998	24.024	543.246	4.808
1999	24.184	536.080	5.936
2000	16.597	533.369	6.326
2001	13.758	520.035	6.452
2002	12.017	510.426	7.391
2003	12.757	507.197	7.056
2004	13.432	520.828	6.806
2005	2.329	508.701	6.430
2006	2.402	490.232	5.837
2007	2.473	483.050	5.315
2008	2.343	436.028	4.775
2009	438	393.059	4.472
2010	421	371.239	3.997
2011	399	346.448	3.706
2012	371	313.941	3.621

Tabla 15. Emisiones de sustancias en el transporte en carretera en España [33].

Años	Nox(t)	COVNM(t)	CO(t)	CH4(t)
1990	585.291	351.825	2.107.198	14.839
1991	618.224	368.742	2.157.824	15.792
1992	659.981	393.360	2.236.397	17.069
1993	635.804	363.958	2.043.737	16.029
1994	627.019	364.818	1.921.589	16.157
1995	586.173	329.844	1.690.736	14.874
1996	586.379	333.058	1.720.647	15.098
1997	547.158	309.697	1.545.576	14.284
1998	543.246	301.481	1.487.793	14.253
1999	536.080	273.075	1.334.011	13.353
2000	533.369	235.235	1.146.193	11.959
2001	520.035	216.501	1.049.876	11.349
2002	510.426	165.146	877.654	9.523
2003	507.197	150.626	774.526	9.060
2004	520.828	128.198	675.866	8.283
2005	508.701	108.928	584.514	7.697
2006	490.232	86.185	489.894	6.946
2007	483.050	74.387	433.829	6.436
2008	436.028	60.062	357.292	5.563
2009	393.059	52.007	307.097	5.057
2010	371.239	46.225	279.927	4.745
2011	346.448	36.005	236.639	4.314
2012	313.941	30.858	216.447	4.059

Tabla 16. Emisiones sustancias de precursores del ozono troposférico en el transporte en España [33].

Años	GEI	Sustancias acidificantes	Precursores de ozono	GEI	Sustancias acidificantes	Precursores de ozono
	(kt de CO2 eq)	(Millones de t de ácido eq)	(kt de equivalente de COVNM)	(%)	(%)	(%)
1990	55743	16672	1382	100	100	100
1991	58818	17496	1447	105,5164	104,9424	104,7033
1992	62442	18535	1532	112,0177	111,1744	110,8538
1993	61558	18218	1451	110,4318	109,273	104,9928
1994	64963	18413	1436	116,5402	110,4427	103,9074
1995	65705	16727	1319	117,8713	100,3299	95,44139
1996	70260	16826	1331	126,0427	100,9237	96,3097
1997	71064	14757	1235	127,4851	88,51368	89,36324
1998	77571	14696	1221	139,1583	88,14779	88,35022
1999	82228	15088	1181	147,5127	90,49904	85,45586
2000	84511	14951	1121	151,6083	89,6773	81,11433
2001	88270	14970	1086	158,3517	89,79127	78,58177
2002	90083	15962	972	161,6041	95,74136	70,33285
2003	94033	15002	944	168,6902	89,98321	68,3068
2004	97614	15410	932	175,1144	92,43042	67,43849
2005	100847	14985	891	180,9142	89,88124	64,47178
2006	103796	14817	844	186,2045	88,87356	61,07091
2007	107249	15200	832	192,399	91,17083	60,2026
2008	101733	14171	752	182,5036	84,9988	54,41389
2009	96274	13124	689	172,7105	78,71881	49,85528
2010	91908	12749	649	164,8781	76,46953	46,96093
2011	87385	12304	604	156,7641	73,80038	43,70478

Tabla 17. Relación de la evolución de las distintas emisiones contaminantes [33].

3. Emisiones totales del transporte en carretera en la UE15

Año	Porcentaje transporte por carretera sobre total GEI	Emisiones transporte por carretera en Kt de CO <sub>2</sub> eq.	Evolución emisiones transporte por carretera (1990=100%).
1990	18,39%	52.011	100,00%
1995	19,71%	61.624	118,50%
2000	20,79%	78.738	151,40%
2002	21,21%	85.386	164,20%
2003	21,85%	89.622	172,30%
2004	21,52%	90.493	174,00%
2005	21,54%	93.252	179,30%
2006	22,44%	95.871	184,30%
2007	22,89%	98.868	190,10%
2008	23,46%	93.593	179,90%
2009	24,10%	87.426	168,10%
2010	24,15%	84.204	161,90%
2011	22,76%	79.754	153,30%
2012	21,73%	74.729	143,70%

Tabla 18. Emisiones totales del transporte en carretera en la UE15 [33]

#### 4. Emisiones según el tipo de combustible en España

Años	Emisiones diésel	Número de kilómetros por pasajero diésel	Emisiones gasolina	Número de kilómetros por pasajero gasolina
1990	4.560	23.593	24.717	117.771
1991	4.931	25.481	25.839	123.461
1992	5.446	28.124	27.834	133.789
1993	6.052	31.823	26.829	129.838
1994	7.310	38.919	27.685	134.329
1995	9.802	53.537	25.711	124.513
1996	10.850	58.998	27.461	132.565
1997	13.110	71.873	27.119	131.690
1998	17.546	95.631	27.124	129.255
1999	20.393	111.210	26.929	128.852
2000	21.789	120.646	25.741	124.420
2001	23.722	131.579	25.545	122.724
2002	26.738	149.631	24.489	119.587
2003	29.889	168.074	23.717	115.788
2004	30.621	172.787	22.661	111.082
2005	33.549	189.566	21.670	106.269
2006	36.334	204.710	20.616	100.286
2007	37.614	214.273	19.619	94.727
2008	36.573	212.096	17.987	86.666
2009	35.899	214.515	16.760	82.684
2010	35.753	216.376	15.324	76.457
2011	34.205	212.430	14.290	72.095
2012	31.415	201.067	14.278	71.789

Tabla 19. Emisiones según el tipo de combustible en España [33].

5. Emisiones según el tipo de combustible en UE15

Años	Gasolina (Julios)	Diesel (Julios)	LPG (Julios)	Biomasa (Julios)
1990	5988622	4324148	9044	240
1991	6005036	4430024	9104	266
1992	6111028	4642315	9157	843
1993	6113792	4821850	9308	2056
1994	6056732	4951563	9778	5699
1995	6036166	5114522	10354	8872
1996	6108285	5394950	11355	13107
1997	6086508	5519259	12338	17742
1998	6108174	5825347	12671	16698
1999	6120118	6121156	12914	18561
2000	5838625	6358344	15174	29117
2001	5715638	6629164	19169	45576
2002	5635805	6874760	19209	59037
2003	5405221	7189624	19323	79884
2004	5230931	7597393	21125	34259
2005	5010352	7806411	24227	119926
2006	4841128	8172333	30418	201604
2007	4663892	8501531	35047	297330
2008	4422239	8430911	40981	401969
2009	4211781	8201684	44993	486663
2010	3958530	8359237	51911	551388
2011	3780487	8379326	53891	575362
2012	3560555	8287098	58270	615068

Tabla 20. Emisiones según el tipo de combustible en UE-15 [33].

## 6. Nuevas matriculaciones de coches

	2010	2011	2012
Polonia	4,4	5,1	6,5
Estonia	0,0	0,4	2,7
Noruega	0,3	1,2	2,6
Liechtenstein	1,9	:	:
Suiza	1,8	2,2	2,6
Irlanda	:	2,4	2,4
Hungría	1,2	1,5	2,0
Reino Unido	1,1	1,3	:
Bélgica	0,7	1,1	:
Dinamarca	0,8	0,8	1,3
Finlandia	0,0	0,7	1,3
Chipre	0,6	1,0	0,9
Austria	0,5	:	:
Francia	:	:	0,8
Malta	0,2	1,5	0,6
Suecia	:	0,4	:
Croacia	0,4	0,3	0,4
Rumanía	0,1	0,2	0,2
Lituania	0,0	0,2	:
España	0,0	0,1	0,2
Letonia	0,0	0,0	0,0
Eslovenia	0,0	0,0	0,0

Tabla 21. Nuevas matriculaciones de coches en la UE [33].

gCO <sub>2</sub> /km	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010 <sup>a</sup>	2011 <sup>a,b</sup>
All fuels	172.2	169.7	167.2	165.5	163.4	162.4	161.3	158.7	153.6	145.7	140.3	135.7
Petrol	177.4	175.3	173.5	171.7	170	168.1	164.9	161.6	156.6	147.6	142.5	137.7
Diesel	160.3	159.7	158.1	157.7	156.2	156.5	157.9	156.3	151.2	145.3	139.3	134.5
AFV	208	207.4	179.2	164.7	147.9	149.4	151.1	140	137	125.8	126.0	123.5

Tabla 22. Media de emisiones de CO<sub>2</sub> en la Unión europea procedentes de nuevas matriculaciones.

## Anexo II. Generación de energía

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Gross Electricity generation by fuel type (in GWh)</b>	<b>222776</b>	<b>290518</b>	<b>297111</b>	<b>333024</b>	<b>369455</b>	<b>405466</b>	<b>437073</b>
Nuclear energy	62195	57529	58619	59185	59185	49897	63059
Coal and lignite	86960	93772	57863	70783	75470	73286	69467
Petroleum products	22636	26417	19176	18220	13853	12940	12164
Gas (including derived gases)	14956	67692	80579	83617	104476	118017	97634
Biomass & waste	1824	4303	6420	13095	17061	20383	24628
Hydro	29465	19549	29499	30267	30673	32359	32806
Wind	4723	21215	39295	48930	57356	84064	118350
Solar, tidal etc.	18	41	5658	8925	11381	13468	14978
Geothermal and other renewables	0	0	1	1	1	1052	3988
<b>Net Generation Capacity in MW<sub>e</sub></b>	<b>48421</b>	<b>69109</b>	<b>95500</b>	<b>102635</b>	<b>108840</b>	<b>119477</b>	<b>138749</b>
<u>Nuclear energy</u>	7579	7579	7434	6986	6986	5919	7500
<u>Renewable energy</u>	14819	22686	37238	43678	49232	60577	73394
Hydro (pumping excluded)	12533	12731	13819	13922	14192	14464	14761
Wind	2274	9918	19423	23528	27113	36806	48367
Solar	12	37	3996	6228	7926	9306	10266
Other renewables (tidal etc.)	0	0	0	0	0	0	0
<u>Thermal power</u>	26024	38845	50827	51971	52622	52982	57855
of which cogeneration units	3800	4796	5477	7196	8852	11067	11165
of which CCS units	0	0	0	0	340	340	4097
Solids fired	11549	11674	11466	10531	10530	9886	12937
Gas fired	7466	20921	31823	33241	33530	34121	34421
Oil fired	6536	5386	5609	5356	5099	4508	4923
Biomass-waste fired	472	864	1929	2842	3462	4347	5119
Fuel Cells	0	0	0	0	0	0	0
Geothermal heat	0	0	0	0	0	120	455
Load factor for net electric capacities (%)	50.2	46.0	34.4	35.9	37.5	37.3	34.2

Tabla 23. Procedencia energía en España [103]

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Gross Electricity generation by fuel type (in GWh)</b>	<b>567219</b>	<b>613054</b>	<b>631996</b>	<b>634715</b>	<b>640072</b>	<b>661848</b>	<b>680251</b>
Nuclear energy	169575	163026	131452	102456	34576	0	0
Coal and lignite	292440	285286	259860	249528	262322	277036	263528
Petroleum products	4733	8811	4426	6957	12229	10458	7705
Gas (including derived gases)	59321	91860	131597	127026	150531	152782	138442
Biomass & waste	10011	15988	26427	31269	36112	39497	43093
Hydro	21728	19577	21054	21893	22349	23094	23856
Wind	9350	27224	48827	81492	103009	135507	175702
Solar, tidal etc.	60	1282	8146	13833	18230	21945	25266
Geothermal and other renewables	0	0	208	260	714	1528	2659
<b>Net Generation Capacity in MW<sub>e</sub></b>	<b>112510</b>	<b>121873</b>	<b>143633</b>	<b>165802</b>	<b>173108</b>	<b>185047</b>	<b>196941</b>
<u>Nuclear energy</u>	21301	20680	15521	12031	4049	0	0
<u>Renewable energy</u>	10477	24021	40427	58576	68805	83006	98953
Hydro (pumping excluded)	4268	4081	4246	4310	4427	4616	4694
Wind	6095	18433	27723	39906	45459	55616	68039
Solar	114	1508	8458	14360	18919	22774	26220
Other renewables (tidal etc.)	0	0	0	0	0	0	0
<u>Thermal power</u>	80731	77172	87685	95195	100254	102041	97988
of which cogeneration units	13526	16773	21790	23145	24610	26269	26842
of which CCS units	0	0	0	0	646	7147	14829
Solids fired	51482	48960	48589	49004	45725	41647	42696
Gas fired	20674	19428	28704	36205	39248	44379	40506
Oil fired	6659	6354	5356	4176	8758	9179	7715
Biomass-waste fired	1916	2430	5006	5781	6442	6662	6769
Fuel Cells	0	0	0	0	0	0	0
Geothermal heat	0	0	30	30	81	174	304
Load factor for net electric capacities (%)	53.7	53.6	47.2	41.4	40.0	37.8	36.0

Tabla 24. Procedencia energía en Alemania [Ibidem]

SUMMARY ENERGY BALANCE AND INDICATORS (B)	Sweden: Baseline 2009								Annual % Change				
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	'90-'00	'00-'10	'10-'20	'20-'30
<b>Gross Electricity generation by fuel type (in GWh)</b>			145524	158340	156570	163879	172429	180020	181004	0.7	1.0	0.5	
Nuclear energy	57306	72364	67071	68131	68131	72855	75697	75130	1.6	0.8	0.3		
Coal and lignite	1623	1720	2149	2136	2278	1117	888	2.8	0.6	-9.0			
Petroleum products	1210	1277	2151	1302	1203	1164	308	5.9	-5.7	-12.7			
Gas (including derived gases)	1599	1844	4036	5653	5403	5637	5316	9.7	3.0	-0.2			
Biomass & waste	4759	7405	10230	13491	16591	19800	21528	8.0	5.0	2.6			
Hydro	78570	72795	67600	67850	66972	68183	68267	-1.5	-0.1	0.2			
Wind	457	936	3328	5272	7052	8418	9443	22.0	7.8	3.0			
Solar, tidal etc.	0	0	4	45	76	104	124			34.7	5.1		
Geothermal and other renewables	0	0	0	0	0	0	0						
<b>Net Generation Capacity in MW<sub>e</sub></b>			33642	33916	35761	37005	37493	39626	40737	0.6	0.5	0.8	
Nuclear energy	9584	9646	9685	10545	10547	10547	10547	0.1	0.9	0.0			
Renewable energy	16559	16896	17939	18824	19646	20539	20972	0.8	0.9	0.7			
Hydro (pumping excluded)	16347	16374	16460	16679	16770	17086	17086	0.1	0.2	0.2			
Wind	209	516	1465	2097	2797	3345	3757	21.5	6.7	3.0			
Solar	3	5	15	49	78	108	129	17.1	18.3	5.1			
Other renewables (tidal etc.)	0	0	0	0	0	0	0						
Thermal power	7499	7374	8137	7637	7301	8541	9219	0.8	-1.1	2.4			
of which cogeneration units	3662	3662	4292	4146	4378	4695	4774	1.6	0.2	0.9			
of which CCS units	0	0	0	0	0	0	0						
Solids fired	764	686	686	582	582	530	287	-1.1	-1.6	-6.8			
Gas fired	549	405	1093	1167	1167	2199	3329	7.1	0.7	11.1			
Oil fired	4606	3340	3200	2706	2053	1614	850	-3.6	-4.3	-8.4			
Biomass-waste fired	1581	2943	3159	3182	3499	4197	4753	7.2	1.0	3.1			
Fuel Cells	0	0	0	0	0	0	0						
Geothermal heat	0	0	0	0	0	0	0						

Tabla 25. Procedencia energía en UE-15 [Ibídem]

## Anexo III. Cálculos y datos del consumo diario eléctrico final

### Demanda optimista- Potencia de 7.4 Kw

Autonomía media = 154,5 Km.

Consumo medio = 0,18 kWh /km

Para una distancia de 35 Km. se consume 6.3 kWh

Tiempo calculado de carga = 0.85 horas (se aproxima a 1 hora)

Usando la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo eléctrico final} = \frac{\text{Consumo medio} \times \text{Distancia recorrida} \times \text{Número de vehículos}}{\text{Tiempo calculado de la recarga}}$$

Por lo tanto:

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº Turismos	250.000	325.000	422.500	549.250	714.025	928.232	1.206.702
Potencia total (MW)	1575	2047.5	2661.75	3460.27	4498.36	5847.86	7602.22

Tabla 26. Demanda optimista - 7,4 kW

### **Demanda media - Potencia de 7.4 Kw**

Autonomía media = 154,5 Km.

Consumo medio = 0,18 kWh /km

Para una distancia de 35 Km. se consume 6.3 kWh

Tiempo calculado de carga = 0.85 horas (se aproxima a 1 hora)

Usando la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo eléctrico final} = \frac{\text{Consumo medio} \times \text{Distancia recorrida} \times \text{Número de vehículos}}{\text{Tiempo calculado de la recarga}}$$

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº Turismos	250.000	300.000	360.000	432.000	518.400	622.080	746.496
Potencia total (MW)	1575	1890	2268	2721.6	3265.92	3919.1	4702.92

Tabla 27. Demanda media- 7,4 kW

### **Demanda baja - Potencia de 7.4 Kw**

Autonomía media = 154,5 Km.

Consumo medio = 0,18 kWh /km

Para una distancia de 35 Km. se consume 6.3 kWh

Tiempo calculado de carga = 0.85 horas (se aproxima a 1 hora)

Usando la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo eléctrico final} = \frac{\text{Consumo medio} \times \text{Distancia recorrida} \times \text{Número de vehículos}}{\text{Tiempo calculado de la recarga}}$$

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº Turismos	250.000	275.000	302.500	332.750	366.025	402.627	442.890
Potencia total (MW)	1575	1732.5	1905.75	2096.33	2305.96	2536.55	2790.21

Tabla 28. Demanda baja - 7,4 kW

### **Demanda optimista- Potencia de 3.7 Kw**

Autonomía media = 154,5 Km.

Consumo medio = 0,18 kWh /km

Para una distancia de 35 Km. se consume 6.3 kWh

Tiempo calculado de carga = 1.7 horas (se aproxima a 2 horas)

Usando la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo eléctrico final} = \frac{\text{Consumo medio} \times \text{Distancia recorrida} \times \text{Número de vehículos}}{\text{Tiempo calculado de la recarga}}$$

Por lo tanto

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº Turismos	250.000	325000	422.500	549.250	714.025	928.232	1.206.702
Potencia total (MW)	787.5	1023.75	1330.88	1730.13	2249.18	2923.94	3801.11

Tabla 29. Demanda optimista - 3,7 kW

### **Demanda media- Potencia de 3.7 Kw**

Autonomía media = 154,5 Km.

Consumo medio = 0,18 kWh /km

Para una distancia de 35 Km. se consume 6.3 kWh

Tiempo calculado de carga = 1.7 horas (se aproxima a 2 horas)

Usando la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo eléctrico final} = \frac{\text{Consumo medio} \times \text{Distancia recorrida} \times \text{Número de vehículos}}{\text{Tiempo calculado de la recarga}}$$

Por lo tanto:

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº Turismos	250.000	300.000	360.000	432.000	518.400	622.080	746.496
Potencia total (MW)	787.5	945	1134	1360.8	1632.96	1959.55	2351.46

Tabla 30. Demanda media - 3,7 kW

### **Demanda desfavorable- Potencia de 3.7 Kw**

Autonomía media = 154,5 Km.

Consumo medio = 0,18 kWh /km

Para una distancia de 35 Km. se consume 6.3 kWh

Tiempo calculado de carga = 1.7 horas (se aproxima a 2 horas)

Usando la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo eléctrico final} = \frac{\text{Consumo medio} \times \text{Distancia recorrida} \times \text{Número de vehículos}}{\text{Tiempo calculado de la recarga}}$$

Por lo tanto:

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº Turismos	250.000	275.000	302.500	332.750	366.025	402.627	442.890
Potencia total (MW)	787.5	866.25	952.88	1048.17	1152.96	1268.28	1395.11

Tabla 31. Demanda baja - 3,7 kW

## Anexo IV. Normativa reguladora respecto a la implantación de la infraestructura de recarga.

A continuación se muestra una relación de la normativa de mayor interés relacionada con las instalaciones de los puntos de recarga eléctrica. Se ha procurado recapitular la normativa más asentada o con menos posibilidades de modificación en el corto plazo.

Así, relacionada con los aspectos técnicos relacionados con las infraestructuras de recarga destacan:

- UNE 20324: Grados de protección proporcionados por las envolventes, Código IP
- UNE-EN 50102: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos, Código IK.
- UNE-EN 50470-3: “Equipos de medida de la energía eléctrica (c.a). Parte 3: Requisitos particulares. Contadores estáticos de energía activa (índices de clasificación A, B y C)”.
- UNE 62196-1: “Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas de vehículo. Carga Conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua” Junio 2004
- UNE 62196-2: “Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas de vehículo. Carga Conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua” Junio 2004.

- UNE 61851-1: “Sistema Conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales”. Diciembre 2002.
- UNE 61851-21: “Sistema Conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 21: Requisitos del vehículo eléctrico para conexión conductora en c.a. /c.c.”. Diciembre 2002.
- UNE 61851-22: “Sistema Conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 22: Estación de carga en c.a. para vehículos eléctricos.”. Diciembre 2002.
- UNE 62196-2: “Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas de vehículo. Carga Conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua” En desarrollo.
- UNE 61000-3-2 Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada  $\leq 16$  A).
- UNE 61000-2-2 Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (Real Decreto 842/2002, 2 de agosto de 2002):
  - ITC-BT-02 – Normas de referencia en el Reglamento electrotécnico de baja tensión.
  - ITC-BT-04 – Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.
  - ITC-BT-05 – Verificaciones e inspecciones.
  - ITC-BT-09 – Instalaciones de alumbrado exterior.
  - ITC-BT-10 – Previsión de cargas para suministros de baja tensión.
  - ITC-BT-12 – Instalaciones de enlace. Esquemas.
  - ITC-BT-15 – Instalaciones de enlace. Concentración de contadores.
  - ITC-BT-18 – Instalaciones de puesta a tierra.
  - ITC-BT-19 – Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
  - ITC-BT-23 – Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.
  - ITC-BT-24 – Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos.
  - ITC-BT-28 – Instalaciones en locales de pública concurrencia.

- ITC-BT-29 – Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- ITC-BT-52 – Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos.
- RD 1955/2000 Reglamento de Transporte, Distribución y Comercialización de energía eléctrica.
- RD 1110/2007 Reglamento de Puntos de Medida (RPM).
- Tarifas acceso (RD 1164/2001).
- REBT (RD 842/2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas Técnicas Particulares aprobadas por las CCAA.
- ISO/IEC 14443, Proximity cards (PICCs)

## Anexo V. Catálogo de productos

### Controlador



## Control Box SGM PilotBox

SGM PilotBox compliant with „mode 3” charging standards defined for electric vehicle charging stations

The SGM PilotBox is a central control and charging unit for integration in wall boxes and charging stations (EVSE1) for electric vehicles (PEV2), and for cost-effective charging points.

The SGM PilotBox provides all the functions necessary for mode 3 charging according to IEC 61851:2010-12 and VDE-AR-E 2623-2-2 pilot signal, charging cable detection, load protection control, connector locking, and many more.

Should there be a power outage during the charging process, an integrated emergency power supply delivers the current to automatically open the connector lock. The SGM PilotBox also provides the operating voltage for 12-V connector locking at supply voltages above 13 V. For further convenience, the SGM PilotBox can be combined with an external control logic / PLC or data communication device.

One of the most important features ensuring operational safety is an immediate safety shutdown in case of a malfunction. The SGM PilotBox is individually configurable and easy to install.

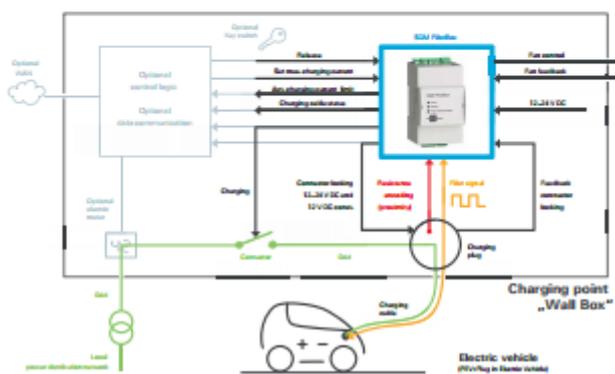
### Applications

- Flexibility
  - SGM PilotBox as stand-alone device
  - One or more SGM PilotBoxes combined with a logic controller (PLC)
  - One or more SGM PilotBoxes combined with a logic controller (PLC) and a communication device
- Compact mounting form for installation in wall boxes, small distribution boards, distribution boxes, and charging stations



### Features

- Application flexibility for use in stand-alone operation or combined with a PLC and/or communication device.
- Integrated emergency power supply to automatically open the connector lock after a power failure.
- Supply voltage for 12-V connector locking when supply voltage > 13 V.
- Outputs for indicating set charging current and charging cable detection.
- Adjustment of maximum charging current even during charging process
- Quick configuration on the spot via control inputs (external wire link).
- Easy pre-assembly; pull-off screw terminals are removable in blocks and arranged according to function.
- Small mounting form = mountable on DIN rails.
- PLC-compatible voltage supply (12 V .. 24 V DC) and I/Os.
- Highest possible operational safety standard



Application sketch  
Stand-alone operation

## Technical data

### SGM PilotBox

<b>Supply</b>	
Power supply	12 .. 24 V DC +/- 10 %
Power consumption	2 W
<b>Specific inputs and outputs</b>	
Pilot +	Pilot signal (Positive connection of the pilot signal source with protective circuit up to 230 V AC/DC)
Pilot -	Reference potential pilot signal and proximity - connected to PE
Proximity	Detection of the maximum current carrying capacity of the charging cable (13 A, 20 A, 32 A, 63 A or 6 A, 10 A, 16 A, 32 A) Determination of the resistance coding of the charging cable
<b>Security</b>	
Inputs	Release, Set_MaxCurrent, Interlock_Feedback, Ventilation-Feedback
Outputs	Charge, Ventilation, Interlock, Act_Max_Current
LED display	Power, Release, Plugin Detection / Charge
<b>Physical Features</b>	
Type	DIN EN 43880 (design size 1), width 3 TE
Weight	125 g
Protection class	Housing IP40, Terminals IP20
Operating temperature	-30°C .. +75°C
Humidity	max. permissible 95 % (non-condensing)
Mounting	DIN rail according to DIN EN 60715
Terminals	Detachable screw terminals for connecting cables up to 1.5 mm <sup>2</sup> ; detachable block by block, arrangement according to functional groups
<b>Standard</b>	
Directives	EMC Directive 2004/108/EC Low Voltage Directive 2006/95/EC
Conformity	IEC 61851-1:2010-12 compliant VDE application guide VDE-AR-E 262 compliant
<b>Safety warnings</b>	
Safety instruction	The functionality of the SGM PilotBox does not replace a protective measure in terms of the general installation procedures (e.g. DIN/VDE 0100), i.e. protection against direct or indirect contact and overload of the station, wall box, distributor box or switch cabinet installation. It is necessary to use additional devices (residual current operated device (RCD), line safety switch (LS) and load contactor). Particular care must be taken when dimensioning them for operating charging points for electric vehicles.

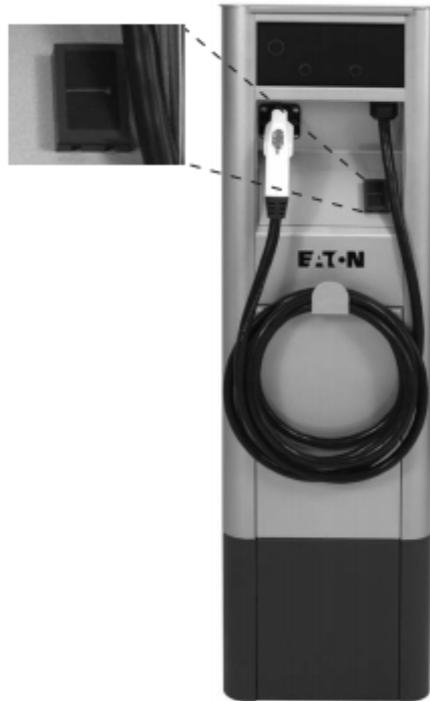
Product Description	Features	Order number
SGM PilotBox 1.1	Control Unit for electric charging stations 13 A, 20 A, 32 A, 63 A	10014173
SGM PilotBox 1.2	Control Unit for electric charging stations 6 A, 10 A, 16 A, 32 A	10016171

## Lector RFID

Technical Data TD0EV00007E

Effective September 2012  
Supersedes April 2011

# Proximity reader option for Level 2 AC electric vehicle charging station



EVSE with RFID Basic

### Overview

The electric vehicle (EV) revolution is here, and with it is the need for robust and accessible EV charging infrastructure. Eaton meets that need with a family of EV charging stations specifically designed for use in the places where people work, shop, and play. Available as an option is a proximity reader to provide a secure and versatile solution for access control of an EV charging station. The RFID Basic proximity reader, catalog code RB, is an internally mounted keypad with an external reader that is the perfect access control option for both standalone and fleet applications.

### Product description

The RFID Basic reader provides a "lock and key" solution for the charging station. As long as the user has the proper credential (a card or key fob), he or she can "unlock" that station for use. Credentials can be factory-programmed for this use. If additional credentials need to be programmed, they can be field-programmed using the internally mounted keypad.

To gain access to a charging station equipped with the proximity reader, a user presents a unique credential (a card or keyfob) to the reader. Once authorized, the user may begin charging the EV. The RFID Basic is compatible with the most popular credential types on the market, including the ISOProx® II card, the ProxCard® II card, the ProxKey® key fob, and many more HID and AVID styles. Its weather-resistant design makes it suitable for outdoor use and uses both visual and audio feedback.



RFID Basic Internally Mounted Keypad

**EATON**  
Powering Business Worldwide

Technical Data TD0EV00007E  
 Effective September 2012

Proximity reader option for Level 2 AC  
 electric vehicle charging station

**Standard features**

- Secure access control for individual charging stations
- Three-color LED status indicators (access, denial, error)
- Programmable sounder to indicate station access (single beep) or denial (three rapid beeps)

**Standards compliance**

- UL\*
- IC
- CE
- FCC
- RoHS

**Specifications**

**Table 1. Operating Specifications**

Description	Specification
Transmit frequency (KHz)	125
Input types	Credential only
Maximum reading distance in inches (cm) ①	3.00 (7.60)
Credential types ②	All HID proximity cards and key fobs
Operating certifications	UL 294(A)UL* (US), FCC (US), IC (Canada), RoHS

① Varies with actual credential type.

② Standard key fob available as an option: HID ProxKey II (can be used with either reader type). Each fob ordered with RFID Basic will be factory-programmed to access all EV charging stations (if more than one). Each RFID Basic credential can be field-activated or deactivated per EV charging station.

**Table 2. Physical and Environmental Specifications**

Description	Specification
Reader dimensions H x W x D in inches (cm)	5.25 x 2.75 x 1.625 (13.33 x 6.98 x 4.10)
Environment	Indoor/outdoor, weather-resistant
Status indicators	3 LED: bi-color (red/green), amber, infrared
Keypad (mounted internally)	12-position featuring large white-on-black numbers and available "invalid PIN" lockout
Sounder	4000 Hz, defeasible
Operating temperature	-35° to 66°C (-31° to 150°F)
Humidity	5% to 95% RH, noncondensing
Physical and environmental certifications	ADA-compliant, IP55

For more information, visit  
[www.eaton.com/plugin](http://www.eaton.com/plugin),  
 call 1-855-ETN-EVSE  
 (1-855-386-3873), or call  
 your local Eaton sales office.

Eaton Corporation  
 Electrical Sector  
 1111 Superior Avenue  
 Cleveland, OH 44114 USA  
[Eaton.com](http://Eaton.com)

© 2012 Eaton Corporation  
 All Rights Reserved  
 Printed in USA  
 Publication No. TD0EV00007E / 212034  
 September 2012



Eaton is a registered trademark  
 of Eaton Corporation.  
 All other trademarks are property  
 of their respective owners.

## Conector

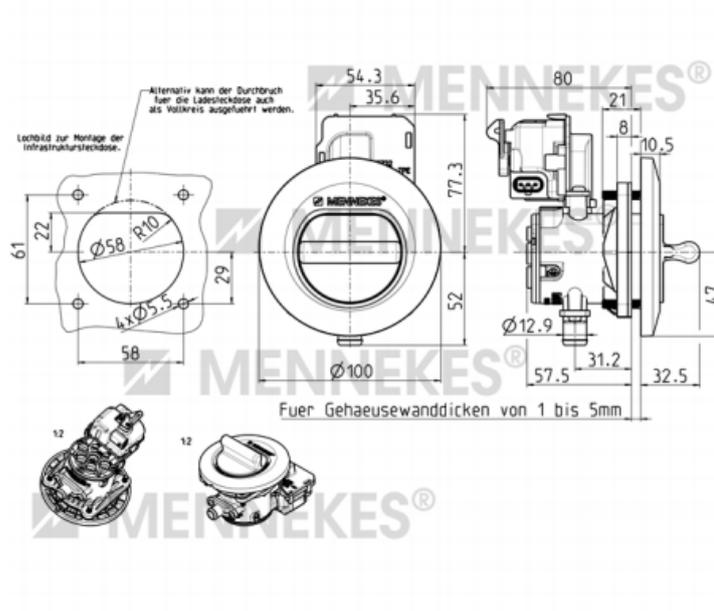
 **MENNEKES®**

Plugs for the world

### Ladesteckdose Typ 2 mit Montagering mit Schutzkappe am Band bis 32A 3p+N+PE sowie PP + CP - Bestellnr.024



- Netzspannung 1p / N / PE / 50Hz 230V AC, 3p / N / PE / 50Hz 400V AC
- Ladeleistung bis max. 22 kW
- Stromstärke max. 32A
- Spritzwasserschutz IP 44 (nur in Verbindung mit separater Mechanik an der Ladestation)
- Mechanischer Berührungsschutz IP XXB
- Anschlüsse: Energiekontakte L1, L2, L3, N, PE 2,5 - 6,0 mm<sup>2</sup>, Signalkontakte CP, PP 0,75 - 2,5 mm<sup>2</sup>, Verriegelungsaktuator 2 x 5 x 50 mm<sup>2</sup>
- Umgebungstemperatur -30 °C bis +40 °C, Ø nicht mehr als 24h über 35 °C
- Lagertemperatur -30 °C bis +40 °C
- Relative Feuchte 5% bis 95% nicht kondensierend
- Abmessung H x B x T 158,3 x 117 x 109,5 mm
- VDE geprüft



HMI

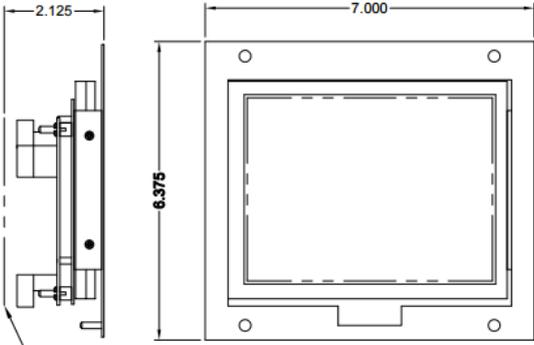


C.E. Electronics, Inc.  
 2107 Industrial Drive  
 Bryan, OH 43506  
 PH (419) 636-5705 FX (419) 636-2516  
 www.celectronics.com

## EMN65T-BHX

Ver. 2 Rel. 9/29/2014

MINI PI™



CLEARANCE FOR CONNECTIONS

### 6.5" Touch Screen

This touch screen is a flexible input which can be customized for any building or corporation. This customization can reflect architectural elements, color schemes, and corporate identity. Within this customization, information can be presented to passengers regarding floor input selection or handicap mode with a bank directory. Because of memory constraints screens and WAV files have limitations.

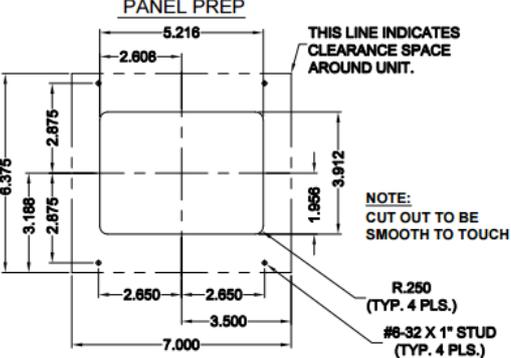
Typical Applications

- Lobby & Floor Inputs
- Security

Features:

- Low cost
- Low profile
- Voice capable (WAV 16KHZ mono)
- 256 Color
- Audio / Image limited to shared 25 MB
- 80 x 80 x 70 x 60 viewing angle
- USB Update

PANEL PREP



THIS LINE INDICATES CLEARANCE SPACE AROUND UNIT.

NOTE: CUT OUT TO BE SMOOTH TO TOUCH

R.250 (TYP. 4 PLS.)

#8-32 X 1" STUD (TYP. 4 PLS.)

TO ORDER: - EMN65T - BHX

"C" = Factory Select  
 "M" = Factory Select  
 "O" = Factory Select  
 "T" = Factory Select

RELATED DRAWINGS	
DESCRIPTION	DRAWING NAME
PANEL PREP.	PP65-4
DETAIL DIM.	DD65-4

- Some features may not be available for your system. Please check with your manufacture or engineering for special features. -

## Poste



### Power Specifications (Each charging unit)

Input Power	208–240 Vac, 30 A, single phase, 60 Hz
Input Power Connection	Line 1, Line 2, and Ground
Feeder Circuit Breaker	2-pole, 40 A, non-GFCI type
Output Power	208–240 Vac, 30 A

### Physical Specifications

Enclosure Type	Type 3R	
Enclosure Dimensions	See dimensions on pages 11 and 12	
Enclosure Mounting	Wall or Pedestal	
Cable Management	Non-retractable, integral with the enclosure	
Unit Options / Shipping Weights	Single unit (Wall-mount)	42 kg
	Single unit (Pedestal-mount)	70 kg

### Protection

Ground Fault Protection	Integral, GCID 20 mA, auto reset
Ground Fault Protection System Test	Automatic test at the beginning of each charge cycle

### Environmental

Operating Temperature	-22°F to 131°F (-30°C to 55°C)
Electro-static Discharge	15 kV open air, 8 kV contact
Surge	6 kV
Radiated Immunity	20 V/m
Conducted Immunity	20 V
Electrical Fast Transient/Burst (EFTB)	2 kV
Emissions	FCC Class B

HUB

# Meshlium Xtreme

Meshlium Xtreme - Datasheet

## Specifications



<b>Processor</b>	500MHz (x86)	
<b>RAM memory</b>	256MB (DDR)	
<b>Disk memory</b>	8GB / 16GB / 32GB *	
<b>Power</b>	5W (18V)	
<b>Power Source</b>	POE (Power Over Ethernet)	
<b>Normal Current Consumption</b>	270mA	
<b>High Current Consumption</b>	450mA	
<b>Max Supply Current</b>	1'5A	
<b>Enclosure</b>	Material	Aluminium
	Dimensions	210x175x50mm
	Weight	1,2Kg
	External protection	IP65
<b>Temperature Range</b>	-20°C / 50°C	
<b>Response Time to ethernet ping</b>	60s	
<b>Time to have all the services running</b>	90s	
<b>Types of power supply ** for POE</b>	AC-220V	
	Battery – solar panel (DC-12V)	
	Car lighter (DC-12V)	
<b>System</b>	Linux, Debian. OLSR Mesh communication protocol. Madwifi Drivers.	
<b>Management software</b>	Meshlium Manager System (open source)	
<b>Security</b>	Authentication WEP, WPA-PSK, HTTPS and SSH access.	

Models	Wifi AP (2.4GHz)	Wifi Mesh (2.4GHz /5GHz)	3G/GPRS	ZigBee	Ethernet	GW
Meshlium ZigBee-Mesh-3G/GPRS-AP	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## Microcontrolador

ELÉCTRICO	
Voltaje de entrada	4,5-45 VDC
Voltaje interno	3,3 VDC
Consumo MCU On	50 mA
Consumo MCU stand-by	23 uA
Pila de botón	CR1225
Batería	Litio-ion 3,7V con sistema de carga inteligente

MECÁNICO	
Dimensiones	90 x 80 mm
Conectores	Zócalo de 22 pines para módulos de expansión
	Zócalo de doble hilera para módulos de expansión
	Conector JTAG de 8 pines
	Mini USB
	Conector de alimentación jack estándar
	3 pines macho encodados para batería recargable
	RJ45 (Ethernet)

COMPUTACIÓN	
Microcontrolador	STM de 32 bits con nucleo ARM Cortex-M3
Reloj	72 MHz
Memoria Flash MCU	256 KB
Memoria RAM MCU	64 KB
Tarjeta SD	Slot para microSD de hasta 2 TB
Interfaces serie	2 UART, 1 I2C, 2 SPI
Entradas / Salidas	Hasta 5 analógicas, hasta 41 digitales
Puertos de comunicaciones	Ethernet

MÓDULO EXPANSIÓN	
	ZigBee, Wi-Fi, IEEE802.15.4, GPRS, NFC/RFID, GPS, RS485, Sensores industriales

SOFTWARE EMBEBIDO	
	Protocolos TCP/IP, HTTP, Modbus
	Sistema operativo FreeRTOS
	Librerías software de TST

MEDIOAMBIENTAL	
Temperatura de funcionamiento	-20°C / +70°C
Temperatura de almacenaje	-40°C / +85°C
Certificaciones	CE, RoHS



## Contador principal y secundario

### *Características Técnicas Del CERM 1 Contador Monofásico Multifunción De Telegestión*

#### • METROLÓGICAS

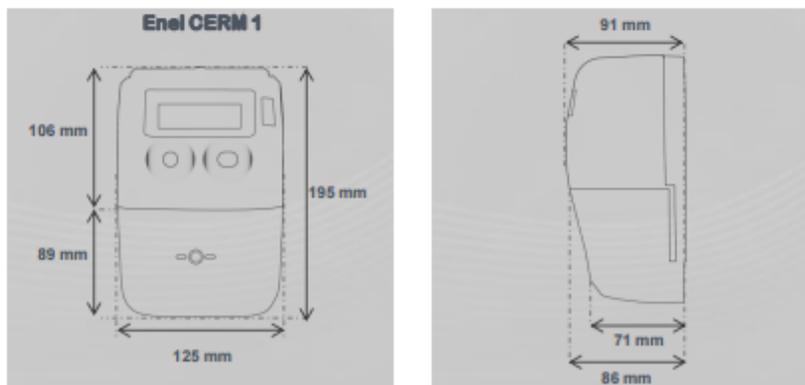
- Clase Activa B (según UNE-EN 50470-3)
- Clase Reactiva 2 (según UNE-EN 62053-23)
- $I_{m\acute{a}x}$  60 A
- $I_{m\acute{i}n}$  250 mA
- $I_{ref}$  5 A
- Rango de temperatura desde -25°C hasta +70°C
- Grado de protección IP 53 (según UNE-EN 60529)

#### • ELÉCTRICAS

- Tensión de referencia Certificado para 230V
- Tensión límite 440V (durante 6 horas)

#### • MECÁNICAS

- LED de verificación
- Puerto óptico de comunicaciones (según norma UNE EN 62056-21)
- Precinto de la tapa cubre-hilos con tornillo perforado y orificios.
- Pulsador de lectura
- Sensor que detecta la apertura y cierre de la tapa cubre hilos, incluso sin alimentación



Peso 1 000 gramos



**CERM 1**  
**Contador Monofásico Multifunción**  
**De Telegestión**

- **Medidas instantáneas**
  - Energía Activa: Absorbida / Cedida [ kWh ]
  - Energía Reactiva: Q1, Q2, Q3 y Q4 [ kVArh ]
  - Potencia Activa [ kW ]
  - Potencia Reactiva [ Kva. ]
  - Tensión eficaz [ V ]
  - Corriente eficaz [ A ]
  - Cos phi [ -1 a 1 ]
  - Potencia media cuarto horaria [ kW ]
- **Posibilidad de dos contratos**
- **Hasta 6 periodos tarifarios y 3 cierres**
- **Reloj/calendario (según IEC/EN 62054-21 Par 7.5.2.2)**
- **Cambio de hora estacional automático**
- **Curvas de carga y de medida programables**
- **Medidas sincronizadas: registro de medidas para una fecha y hora determinadas**
- **Incorpora elemento de corte no accesible**
- **Permite el control de potencia así como el corte y la reconexión remotos**
- **Mecanismo para reposición manual**
- **Comunicaciones PLC integradas (según norma EN 50065-1:2002 banda A) – Protocolo Meters and More**
- **Encriptación/Autenticación**
- **Control de la calidad de suministro (según normativa vigente en España y EN 50160)**
- **Registro de eventos y alarmas**

## Anexo VI. Pliego de condiciones para la legalización.

### 6.1 Condiciones técnicas carácter general

Como condiciones técnicas de carácter general se establecen las siguientes prescripciones [104]:

- El funcionamiento de cualquiera de los puntos de recarga, no deberá provocar en la red pública averías, disminuciones de las condiciones de seguridad, ni alteraciones superiores a las admitidas por los Reglamentos o Normativas en vigor y que afecten a los demás usuarios. El funcionamiento de estos puntos de recarga no dará origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.
- Si una línea de conexión se queda sin tensión, por trabajos de mantenimiento o por la actuación de las protecciones, las infraestructuras de recarga no deben alimentar tensión en la línea de distribución.

### 6.2 Componentes y materiales

Los componentes de la instalación se dividirán en los siguientes sistemas:

- Sistema eléctrico.
- Sistema de control.
- Sistema de comunicación.
- Sistema de gestión.
- Sistema constructivo del poste.

#### Sistema Eléctrico.

##### **1. Interruptor de control de potencia**

Todo circuito deberá estar controlado a través de un dispositivo eléctrico en el consumo de la potencia contratada. Por ello se deberá instalar el interruptor de control de potencia al principio de la instalación eléctrica.

Por otra parte, el dispositivo en particular, deberá ser suministrado e instalado por la empresa eléctrica suministradora.

##### **2. Interruptor magnetotérmico**

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos [105]. Todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

En este caso, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- El poder de corte del interruptor magnetotérmico ha de ser de 200 A.
- Deberá disponer como mínimo 3 polos.

- La capacidad de conexión máxima deberá de ser de al menos de 50  $\text{mm}^2$  de cable rígido
- El rango de sensibilidad tendrá que estar entre el intervalo de 100 mA y 300 mA.

### **3. Interruptor diferencial**

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones [Ibídem].

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados interruptores diferenciales, el cual tendrá que cumplir las siguientes condiciones:

- El poder de corte del interruptor diferencial debe de ser de 250 A.
- Deberá disponer como mínimo 3 polos.
- La capacidad de conexión máxima deberá de ser de al menos de 50  $\text{mm}^2$  de cable rígido
- El rango de sensibilidad tendrá que estar entre el intervalo de 30 mA y 300 mA.

### **4. Interruptor automático**

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación. [Ibídem].

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético. En este caso se deberán instalar interruptores automáticos en el comienzo de cada línea secundaria.

Para los interruptores automáticos de las líneas secundarias, cada uno deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- El poder de corte del interruptor diferencial ha de ser de 40 A.
- Deberá disponer únicamente de 1 polo más el neutro.
- La capacidad de conexión máxima deberá de ser de al menos de 25  $\text{mm}^2$  de cable flexible.

### 5. Contador eléctrico

Ambos tipos de contadores, el principal y el secundario, deben ser contadores inteligentes y cumplir según la UNE-EN 50470-3 la Clase Activa B.

Contador eléctrico principal: Estos contadores deberán cumplir con la reglamentación de metrología legal aplicable y con el reglamento unificado de puntos de medida. Como aspecto fundamental, aquellas magnitudes que tengan que medirse para facturar deberán realizarse con aparatos de medida homologados. El contador además debe disponer de discriminación horaria, es decir, debe contabilizar el consumo del cliente según la franja horaria. El contador debe reconocer y activar la franja horaria de manera automática. Debe tener capacidad de telegestión. Debe hacer curvas de carga y de medida programables.

Contador eléctrico secundario: Se deberá colocar uno en cada punto de recarga. Debe permitir la repercusión de los costes y la gestión de los consumos. Como aspecto fundamental, aquellas magnitudes que tengan que medirse para facturar deberán realizarse con aparatos de medida homologados. El contador además debe disponer de discriminación horaria, es decir, debe contabilizar el consumo del cliente según la franja horaria. El contador debe reconocer y activar la franja horaria de manera automática. Debe tener capacidad de telegestión. Debe hacer curvas de carga y de medida programables.

En la siguiente tabla; se muestra un resumen de las condiciones que deben cumplir ambos tipos de contadores:

Tipo de medida	Directa
Tensión de referencia	230 V
Intensidad de corriente	10 A
Intensidad Máxima	32 A
Clase de precisión	B

Tabla 32. Condiciones que deben cumplir todos los contadores

### 6. Cuadro de distribución

El cuadro eléctrico deberá tener un grado de protección IP5X y deberá obtener un grado de protección mínimo contra impactos mecánicos externos de IK10.

Por otra parte también deberá disponer de una capacidad mínima de instalación de 12 dispositivos de seguridad, para posibles ampliaciones de la instalación.

### 7. Conductores eléctricos

Línea principal: Las secciones de los conductores serán capaces de soportar sin sobrecalentamiento la potencia instalada, la potencia de cortocircuito sin superar los 250 °C en el tiempo de corte del interruptor automático que le protege, y no superar caídas de tensión que sobrepasen los permitidos por el Reglamento Vigente.

La sección de la línea principal ha de ser de 50  $\text{mm}^2$ , unipolares, con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

Para la identificación se marcaran de forma permanente el positivo de color Rojo y el negativo de color Amarillo.

Líneas secundarias: Los cables previstos serán en cobre, unipolares, de 6  $\text{mm}^2 \text{mm}^2$ , con un aislamiento XPLE. Su instalación será enterrada y puesta a tierra hasta los contadores secundarios.

Para la identificación de los conductores se marcaran de forma permanente el positivo de color Rojo y el negativo de color Amarillo.

### Sistema de control.

#### **1. Controlador**

Debe cumplir todas las funciones necesarias para recargas en modo 3 según la directiva IEC 61851, además soportar la conexión de tipo B.

Su diseño tiene que ser compacto. Debe ser un dispositivo autónomo. Con un alimentación entre 12 y 24 (V) y no consumir más de 2 (W) de potencia.

Dos requisitos a cumplir de vital importancia son que:

1. Cuando se produzca un corte durante el proceso de carga del VE, el dispositivo debe ser capaz de desbloquear automáticamente el enclavamiento del conector de carga.

2. Detección del cable de recarga, protección de la carga y enclavamiento del conector.

#### **2. Microcontrolador**

Tiene que colocarse un microcontrolador en cada poste. Debe ser de bajo consumo de 32 bits con un núcleo ARM Cortex-M3 a 72 MHz, debe tener un mínimo de 20 pines. Debe ser de 96 KB de memoria Flash, con módulos de comunicación ZigBee, GPRS y RFID. A través de sus E/S y sus puertos serie se deben poder conectar a él sensores, actuadores u otros dispositivos.

#### **3. Actuador para el control del cable**

El actuador para el control del cable debe ser del mismo fabricante que la del conector y de una longitud aproximada de 50 cm. Debe poder activar el enclavamiento de la toma del conector con el controlador.

## Sistema de comunicación

### **1. Lector RFID**

La implantación del sistema de lectura RFID debe tener un módulo RFID para Arduino de 125 KHz. Su máximo alcance debe ser de 3 centímetros. Para proceder a u identificación, el usuario debe disponer de una tarjeta con etiquetado RFID.

La información que se incluya en la tarjeta RFID deberá cumplir en todo momento con el articulado de la Ley Orgánica de Protección de Datos.

### **2. HMI**

Irán ubicados en los postes y deberá constituir un conjunto homogéneo con los existentes. Las prestaciones mínimas exigidas al material instalado en la actualidad son las siguientes:

Pulgadas de la pantalla	6.5 pulgadas
Colores	256
Táctil	Se debe cumplir
Actualización por USB	Se debe cumplir
Iluminación automática al anochecer	Se debe cumplir

Tabla 33. Prestaciones mínimas que deben cumplir los HMI de cada poste

Se podrá autorizar la instalación de otros tipos de displays de mejores prestaciones si resultan homologados de acuerdo con lo establecido en este Proyecto.

### **3. HUB**

Las condiciones que debe cumplir:

Comunicaciones con redes externas: Deben garantizar la comunicación con redes externas a través de Internet. En cuanto a las interfaces de comunicaciones con redes externas, debe soportar GPRS y ZigBee. Es importante que soporte la comunicación con redes externas a través de GPRS/3G, por lo que el hub debe estar colocado en un sitio con buena cobertura.

Capacidad de almacenamiento: Debe de tener una capacidad mínima de almacenamiento de 8 GB, ya que la capacidad de almacenamiento garantizará el registro de la información sin que pueda producirse una pérdida de los datos

Seguridad en las comunicaciones: El hub debe de tener un mecanismo de seguridad evitando el acceso no autorizado a sus datos.

Consumo, tamaño y peso: Debe ser un dispositivo de bajo consumo y tamaño reducido, no mayor de 250x200x75 mm. De peso menor de 1.5 Kg

Recuperación frente a fallos: Debe ser capaz de recuperarse frente a un inadecuado funcionamiento, volviendo al estado inicial.

### **4. Conector**

El conector debe permitir la conexión monofásica (230 V). Además debe cumplir la normativa IEC 62196 y soportar una intensidad de 32 (A). Debe ser de tipo B y soportar el modo 3.

Con el fin de ayudar a las personas minusválidas en el uso de los puntos de recarga, la altura del conector deberá satisfacer una altura determinada, situándose entre 0,7 m y 1,2 m sobre distancia al suelo.

### Sistema de gestión

Se hará uso de un software para la gestión administrativa e informática de cada punto de recarga. Los requisitos obligatorios a cumplimentar son para software que gestionara los vehículos eléctricos son:

- 1- Poder dar de alta y de baja a los usuarios, así como su gestión individualizada
- 2- Control de cada infraestructura de recarga en tiempo real para así conocer la disponibilidad de cada una.
- 3- Detección de fallos o mal funcionamiento de cualquiera de los elementos y realizar a su vez un aviso al sistema de gestión.
- 4- Permitir la gestión de los datos de cada infraestructura de recarga, como informes y estadísticas de uso por franjas horarias, potencia media, etc...
- 5- Acceso público a información de aspecto general como puntos disponibles, normas de uso, tiempo medio de recarga, etc
- 6- Deber tener la capacidad para la actualización y mantenimiento de la base de datos del sistema, incluida toda la información de cada usuario registrado: capacidad de gestionar permisos, altas, bajas y sistemas de bloqueo.

### Sistema constructivo del poste

El poste deberá situarse junto a la plaza a alimentar, e instalarse de forma fija en una envolvente.

Para evitar posibles actos vandálicos, el poste debe estar fabricado con un material resistente, capaz de soportarlos, como poliuretano o material metálico. Estas infraestructuras también deben estar cubiertas con pintura aislante eléctrica. También deberá estar protegido con una capa de gel antigraffiti.

El grado de protección de las infraestructuras de recarga deberán tener un grado de protección IP44 e IK10 según las normas UNE 20324 y UNE-EN 50102 respectivamente. En los cuales se establece que no puede una cantidad determinada de agua a presión (10 litros minuto a 90 KN/m<sup>2</sup>) y no pueden introducirse partículas que sean mayores a un milímetro.

Para ayudar a las personas con movilidad reducida, la altura de la instalación del conector al poste deberá satisfacer una altura concentra, entre 0,7 m y 1,2 m sobre el nivel del suelo. Además debe incluir el hueco específico para montar un conector Mennekes del tipo 31024.

La infraestructura también incluirá un sistema de protección del conector para evitar actos vandálicos y realice la desconexión de la red eléctrica ante fallos, golpes, o cuando la batería haya sido recargada [106].

Debe contener un kit formado por dos ventiladores y una fuente de alimentación de 300 W.

Los elementos del poste que vayan a estar en contacto directo con la mano del cliente deben estar obligatoriamente entre un intervalo de temperatura de 50°C a 65°C para una temperatura ambiente de 40°C.

El poste debe contar con espacio suficiente para la instalación de los diferentes elementos.

### 6.3 Puesta a tierra

La instalación de puesta a tierra se realizará de forma tal que la máxima resistencia de puesta a tierra a lo largo de la vida de la instalación, y en cualquier época del año, no pueda producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (estaciones de recarga, cuadros metálicos, etc.) [107].

Cada punto de recarga debe disponer de un borne puesta a tierra, conectado al circuito general de puesta a tierra de la instalación.

Los conductores de la red de tierra deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deber ser de cobre, desnudos, con una sección mínima de 35  $\text{mm}^2$ .
- Deben ser aislados, mediante cables con 450/750 V de tensión asignada, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima de 16  $\text{mm}^2$ . El conductor de protección conexasionado a cada punto de recarga con el electrodo, tiene que ser de cable unipolar aislado de cobre, de tensión 450/750 (V), de sección mínima de 16  $\text{mm}^2$  con recubrimiento de color verde-amarillo.

Todas las conexiones de los circuitos a tierra, ser realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra corrosión.

### 6.4 Identificación en cada infraestructura de recarga

Cada infraestructura, así como sus elementos, deben llevar señalizados por medio de un rótulo, las siguientes características;

- Fabricante.
- Número de referencia del equipo.
- Número de serie.
- Fecha de fabricación.
- Tensión asignada (V).
- Frecuencia asignada (Hz).

## 6.5 Criterios de selección de los elementos

La selección de los diferentes elementos para la infraestructura del punto de recarga, debe hacerse teniendo en cuenta estas tres pautas [108]:

1. Técnico y de calidad.
2. Económicos.
3. Estético ó decorativos.

Por orden de importancia, el primero será el de mayor importancia. El material debe de cumplir con todas las exigencias que la normativa vigente obliga y que éste pliego de condiciones impone, para lograr el nivel de calidad óptimo de ésta instalación. Por tanto, para aplicar con conocimiento de causa éste criterio, se deben conocer perfectamente todas las condiciones de trabajo y de funcionamiento del material y exigir al fabricante, las garantías suficientes para conseguir su fiabilidad y conocer la reglamentación que obliga a cada elemento a cumplir unas condiciones mínimas de seguridad y de funcionamiento, con las limitaciones que cada uno tenga.

De toda la información, es preciso destacar lo que son las características técnicas básicas del elemento de que se trate, y considerar sus valores en relación a las exigencias de la instalación.

El segundo criterio enunciado, el económico, es desgraciadamente uno de los más influyentes en la elección del material, lo que ocurre es que pocas veces es estudiado con poca visión de futuro, olvidando lo que puede ser una adquisición inicial económica, puede que no lo sea tanto al cabo del tiempo (por su poca durabilidad, exceso de mantenimiento y en definitiva vida corta), por ello, a la hora de aplicar éste criterio es muy importante hacer una valoración del mismo, en el que se tengan en cuenta no sólo el factor de importe de adquisición, sino su amortización en el plazo estipulado, los costes de mantenimiento y entretenimiento, los daños ocasionados por las averías que pueda producir, los costos de reposición y sustitución, etc.; lo que hace que predomine más la calidad del producto, que el costo de adquisición.

El tercer factor considerado (estético) no está reñido con los anteriores, pero de ninguna manera deberá prevalecer sobre el primero, ya que por lo general las características innovadoras del material eléctrico (visible) buscan en muchas ocasiones la justificación de un encarecimiento del mismo, por razones estéticas, olvidando las principales características que son las técnicas y del trabajo del mismo maniobra (interruptores, pulsadores, etc.).

No hay por qué olvidar el aspecto decorativo, el cual también tiene su importancia, pero siempre que no vaya en detrimento de las características técnicas del material en éste proyecto.

## 6.6 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

### -Mantenimiento

Se realizarán como mínimo de dos revisiones anuales completas de todos los elementos que componen cada infraestructura de recarga. El mantenimiento será realizado por una Empresa Instaladora que haya estado acreditada por IDAE para realizar y mantener este tipo de infraestructuras.

Independientemente de las anteriores labores de mantenimiento se realizarán los siguientes trabajos:

- Cuadro general de distribución: Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos contactos indirectos y directos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protege. [109]

- Instalación interior: Cada cinco años se comprobará la instalación interior, asegurándose que todo está en condiciones idóneas.

- Puesta a tierra: Cada dos años y en la época en que el terreno esté más seco, se medirá la resistencia tierra y se comprobará que no sobrepase el valor prefijado, así mismo se comprobará, mediante inspección visual, el estado frente a la corrosión de la conexión de la barra de puesta a tierra, con la arqueta y la continuidad de la línea que las une [110].

En cada uno de los tres puntos se reparan los defectos encontrados, haciéndose las comprobaciones específicas por instalador autorizado por la Consejería de Industria.

### -Seguridad

Durante la fase de realización de la instalación, así como durante el mantenimiento de la misma, los trabajos se efectuarán sin tensión en las líneas, verificándose esta circunstancia mediante un comprobador de tensión. En el lugar de trabajo se encontrarán siempre un mínimo de dos operarios, utilizándose herramientas aisladas y guantes aislantes. Cuando sea preciso el uso de aparatos o herramientas eléctricas, éstas deberán de estar dotadas de aislamiento clase II (como mínimo) [111].

Se cumplirán todas las disposiciones generales que le sean de aplicación de la legislación vigente.

## 6.7 Procesos de ejecución

### 1. Montaje del conector

Antes de montar el conector, asegúrese que no circula corriente y que está todo apagado. Abra el poste por la zona trasera y siga los siguientes pasos:

1. Conecte los diferentes cables al conector como viene indicado en la figura siguiente:

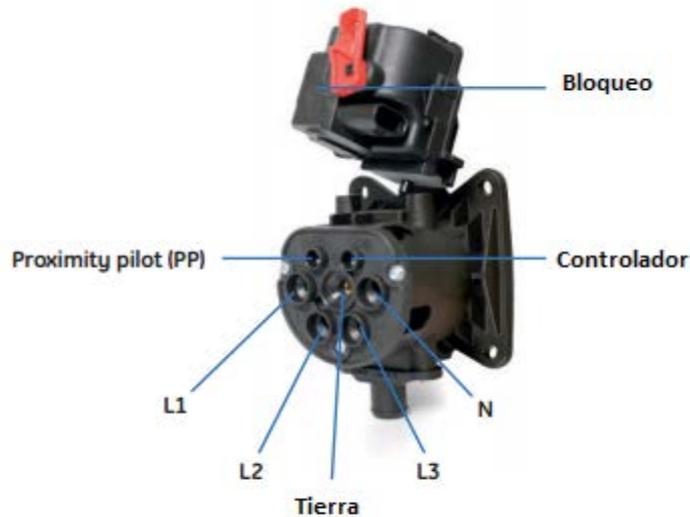


Figura 78. Diferentes conexiones del conector.

2. Ahora, enclave el conector dentro del poste, justo en la zona interna indicado para ello. Enrosque los dos tornillos como se indica en las siguientes imágenes.



Figura 79. Proceso de colocación del conector.

3. Ahora conecte el conector enroscando cuatro tornillos al poste como se indica en las siguientes imágenes.

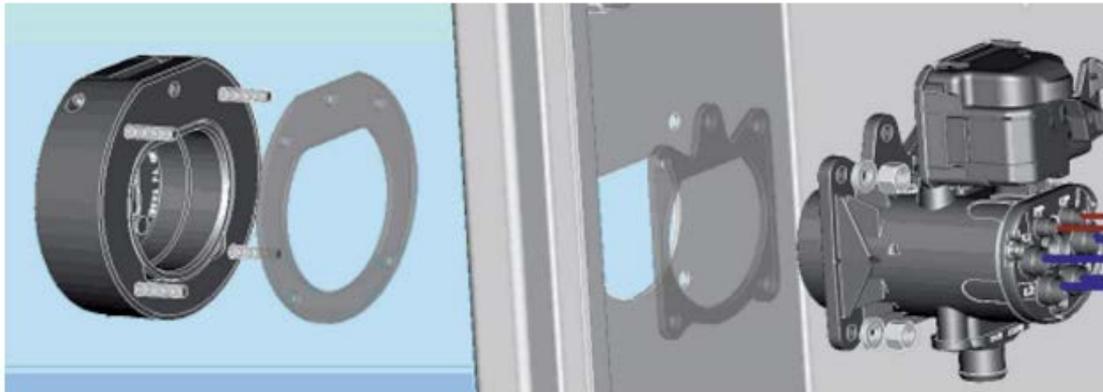


Figura 80. Proceso de colocación del conector en el poste.

## 2. Montaje del poste

1. Identificar el área horizontal indicada en el plano número 4, que corresponde a la ubicación de cada poste. Después crear una cavidad con las dimensiones mostradas a continuación.

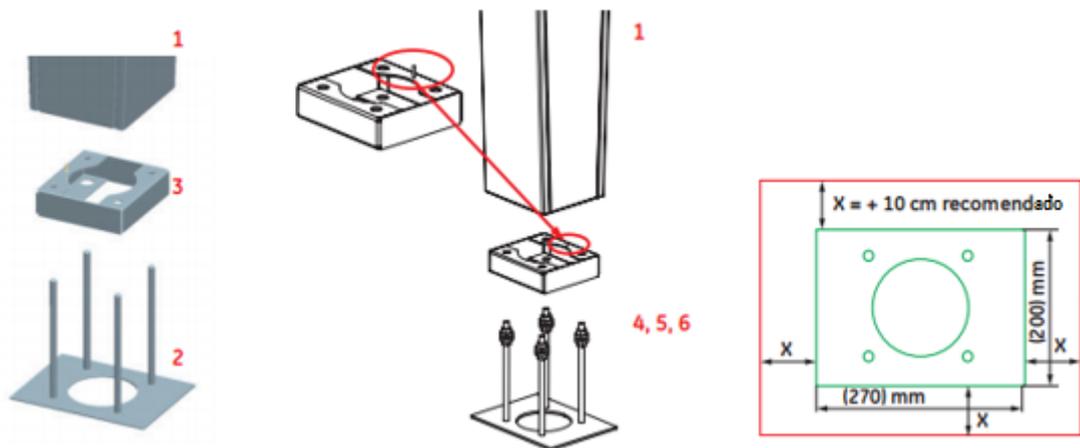


Figura 81. Proceso de colocación del poste sobre el área horizontal.

2. Coloque el conjunto de la placa base del poste (2) en la cavidad creada y ponga los conductores como indica el siguiente esquema:

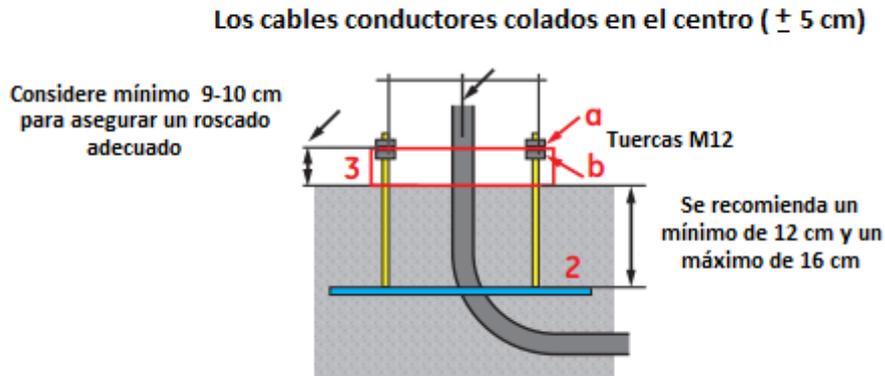


Figura 82. Detalle de cables conductores

3. Verifique que la superficie final es completamente lisa y horizontal. Y para el roscado, considere un mínimo de 9-10 cm como se muestra en la figura 28.

4. Atornille las cuatro tuercas y arandelas (b) en las barras, como se indica en la figura 28.

5. Insertar el poste (sin ningún componente, sólo el poste) sobre las varillas roscadas, asegurándose de que no hay contacto con las tuercas anteriores. Para hacer esto, abra la puerta trasera del poste y lentamente colóquelo bien sobre las varillas, asegurándose de que está correctamente alineado y que no se mueve.

6. Atornillar las tuercas y arandelas internas como se muestra en el siguiente esquema.

(a). Ajústelas y asegúrese que están bien alineadas.

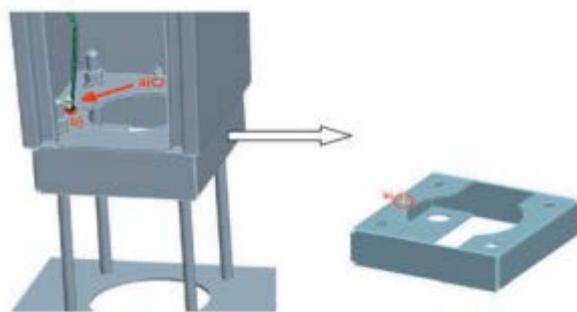


Figura 83. Detalle de inserción del poste.

7. Conecte los diferentes cables de alimentación al circuito de potencia. Conéctelos también a los bloques de terminales integrados, como se ilustra en el la siguiente figura. El cable de tierra del sistema es común para los dos circuitos y está conectado a un bloque de contactos preparado específicamente para la conexión de puesta a tierra.

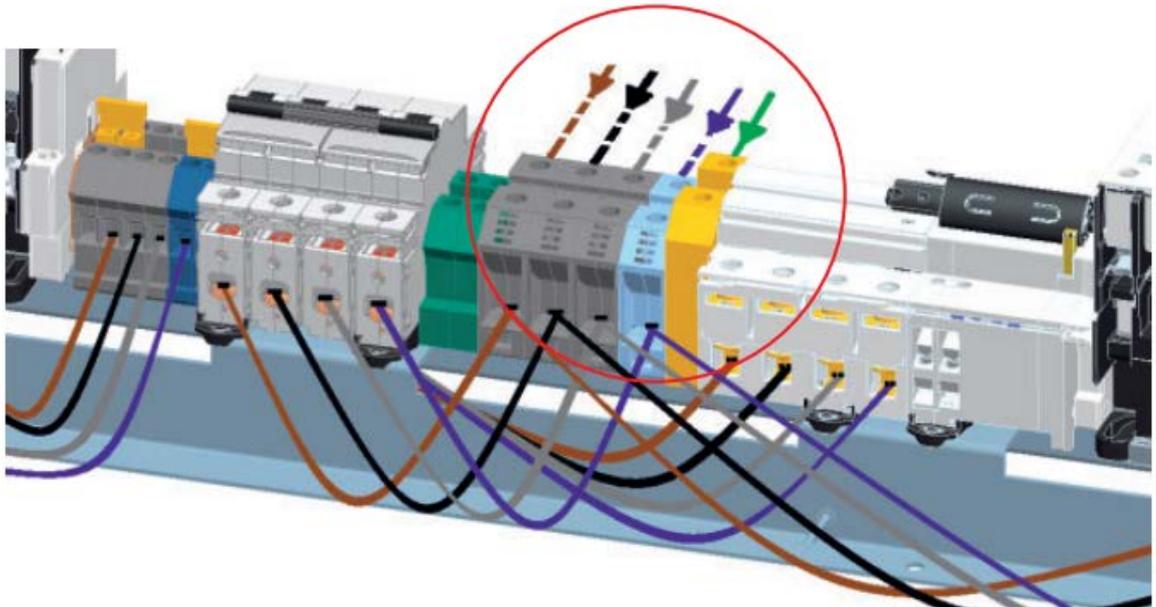


Figura 84. Detalle de conexión del cableado.

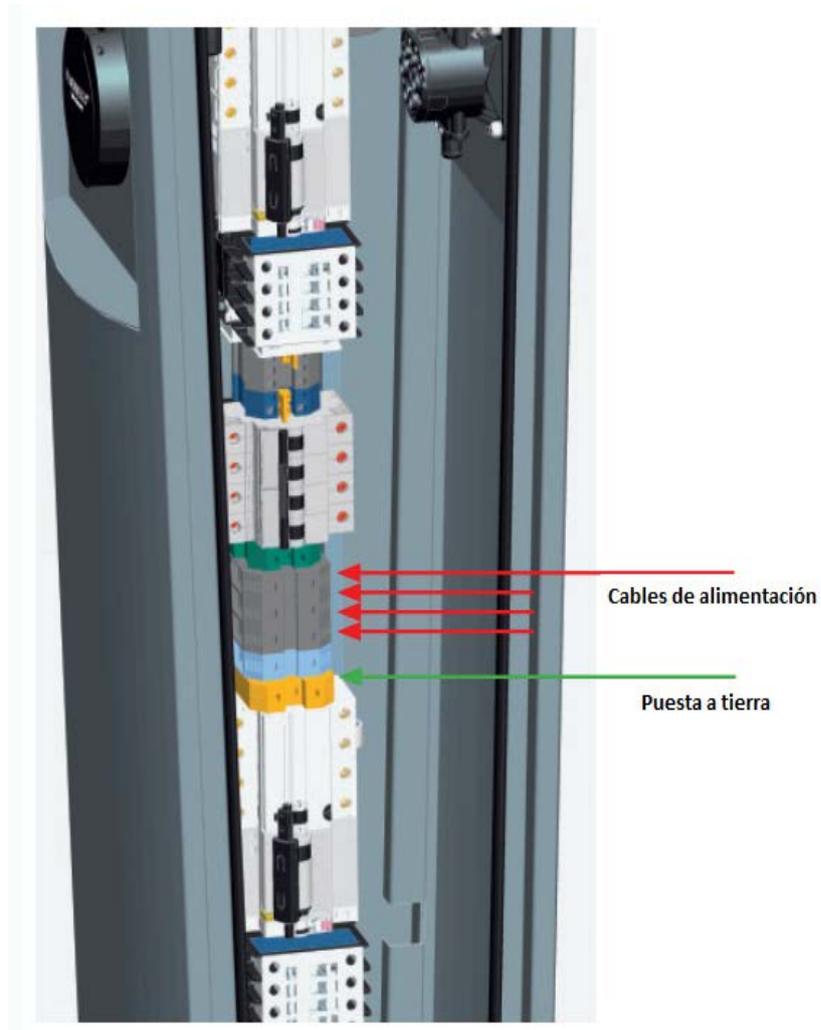


Figura 85. Detalle de cables conductores

### 3. Montaje sistema RFID

Antes de montar el sistema RFID asegúrese que no circula corriente y que está todo apagado. Abra el poste por la zona trasera y siga los siguientes pasos:

1. Fije el lector RFID en el poste como se indica a continuación, atornille los dos tornillos en el interior del recinto .

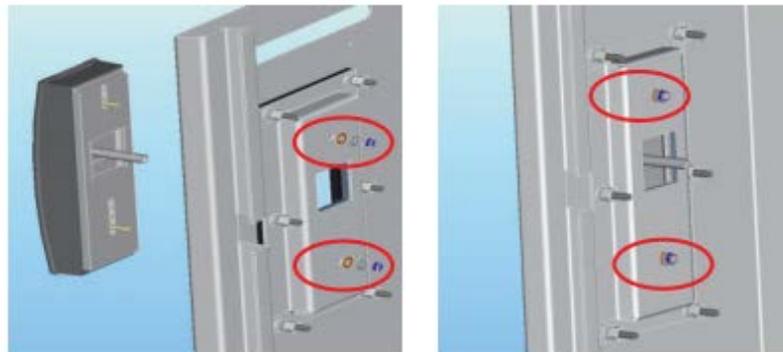


Figura 86. Detalle de colocación del lector RFID.

2. Conecte los cables del dispositivo RFID como se muestra en el siguiente esquema:

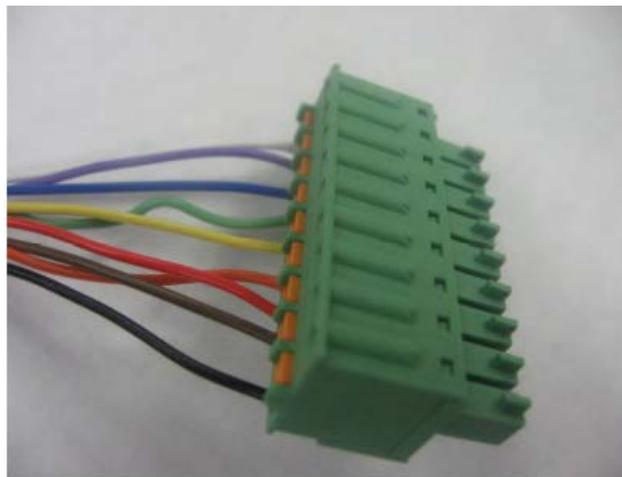


Figura 87. Cableado del lector RFID

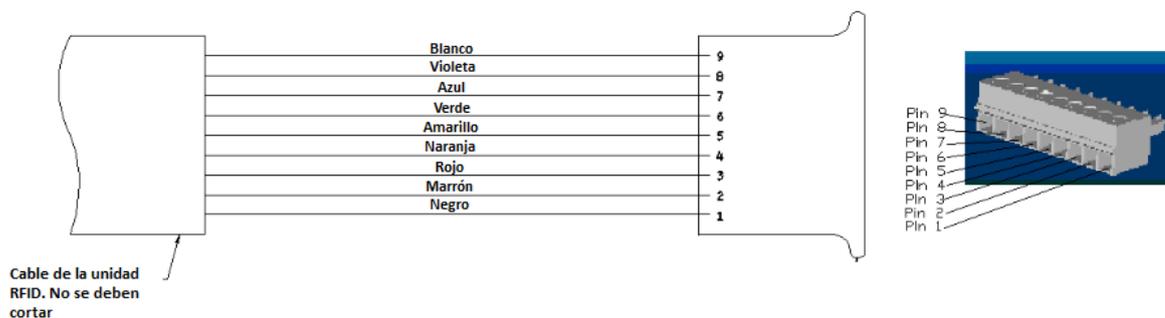


Figura 88. Conexión de los cables del lector RFID.

3. Ahora conecte los cables del lector RFID en el microcontrolador, en el lugar destinado para ello, como se muestra en el esquema siguiente:

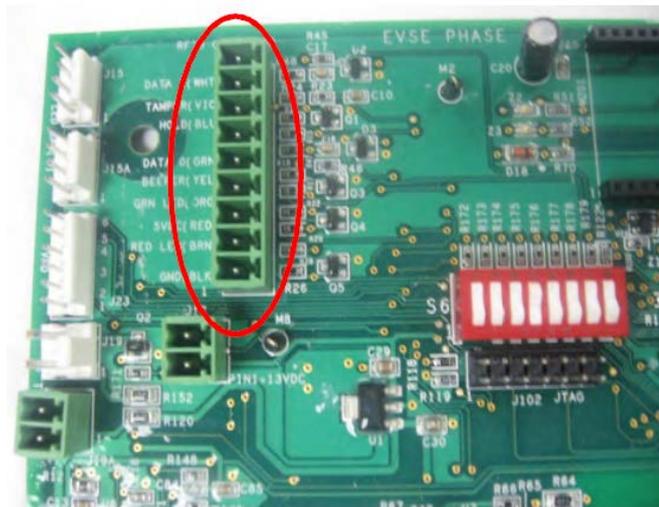


Figura 89. Localización del sistema RFID.

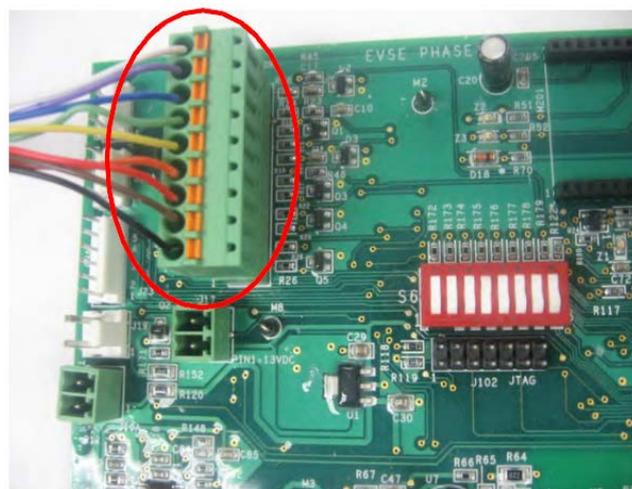


Figura 90. Conexión del sistema RFID.

4. Una vez que se ha procedido a la instalación del hardware, consulte la guía de instalación del software incluido en el disco de instalación del paquete de RFID.
5. Cierre el poste por la parte trasera.

## Anexo VII. Cálculos justificativos del punto de recarga

### Cálculo la energía total máxima en los postes destinados a las motocicletas:

Se va a hacer basándose en el peor de los casos, así que se ha realizado un estudio de consumo de las motocicletas eléctricas del mercado. Para realizar el cálculo de esta energía, necesitamos conocer la potencia máxima en el peor de los casos, así que tomaremos como potencia máxima 4000 (W)

Potencia máxima:

$$P_{max} = 4000 W$$

Tiempo de recarga medido:

$$t = 20 \text{ minutos} = 0.33 \text{ horas}$$

Energía:

$$E = \frac{P_{max}}{t} = \frac{4000 W}{0.33 h} = 12.000 Wh$$

La estación de recarga de motocicletas tiene un máximo de 3 motos para cargar, debido a la falta de espacio. Por lo tanto:

Numero de motocicletas:

$$n_{motocicletas} = 3 \text{ motos}$$

Energía máxima por carga:

$$E_{max} = E * n = 12.000 * 3 = 36.000 Wh = 36 kWh$$

Si el tiempo de recarga medio es de 20 minutos y el día está compuesto por 24h, habrá un máximo de cargas completas de 72.

$$N_{cargas} = 72 \text{ cargas}$$

$$E_{TOTAL} = E_{max} * N_{cargas} = 36.000 * 72 = 2592 \frac{kWh}{día}$$

## Cálculo la energía total máxima en los postes destinados a los vehículos:

Se va a hacer basándose para el peor de los casos, así que se ha realizado un estudio de consumo de los vehículos eléctricos del mercado. Para realizar el cálculo de esta energía, necesitamos conocer la potencia máxima en el peor de los casos, así que tomaremos como potencia máxima 15000 (W)

Potencia máxima:

$$P_{max} = 15.000 W$$

Tiempo de recarga medido:

$$t = 20 \text{ minutos} = 0.33 \text{ horas}$$

Energía:

$$E = \frac{P_{max}}{t} = \frac{15000 W}{0.33 h} = 45.000 Wh$$

La estación de recarga de vehículos tiene un máximo de 3 coches para cargar, debido a la falta de espacio. Por lo tanto:

Número de vehículos:

$$n_{vehículos} = 3 \text{ vehículos}$$

Energía máxima por carga:

$$E_{max} = E * n = 45.000 * 3 = 135.000 Wh = 135 kWh$$

Si el tiempo de recarga medio es de 20 minutos y el día está compuesto por 24h, habrá un máximo de cargas completas de 72.

$$N_{cargas} = 72 \text{ cargas}$$

$$E_{TOTAL} = E_{max} * N_{cargas} = 135.000 * 72 = 9720 \frac{kWh}{dia}$$

### Cálculo de la potencia total necesaria:

En primer lugar se realizará el cálculo de la potencia total necesaria para llevar a cabo del proyecto. Cabe destacar que se instalarán 3 puntos de carga para coches eléctricos, todos ellos de una potencia máxima de 7.3 kW, debido a que el usuario a través del controlador elegirá la potencia a entregar. También se instalarán otros 3 puntos de carga para motocicletas, con la misma distribución de cargas que en los vehículos.

**Carga semirápida:** Potencia de 7.3 kW                      Intensidad de 32 A

Por lo tanto, la potencia total necesaria a contratar será la siguiente:

$$P_{TOTAL} = P_1 \blacksquare (carga @ Vehículo 1) + P_1 \blacksquare (carga normal @ Vehículo 2) + P_1 \blacksquare (carga semirápida @ Vehículo$$

$$P_{TOTAL} = 7.3 \text{ kW} + 7.3 \text{ kW}$$

$$P_{TOTAL} = 43.8 \text{ kW}$$

### Cálculo de la sección nominal de la línea principal:

Una vez calculada la potencia necesaria, pasaremos a calcular la sección nominal de los cables de la acometida principal. En este proyecto se diseñará la instalación partiendo de la acometida de 230 V, es decir desde el punto A.

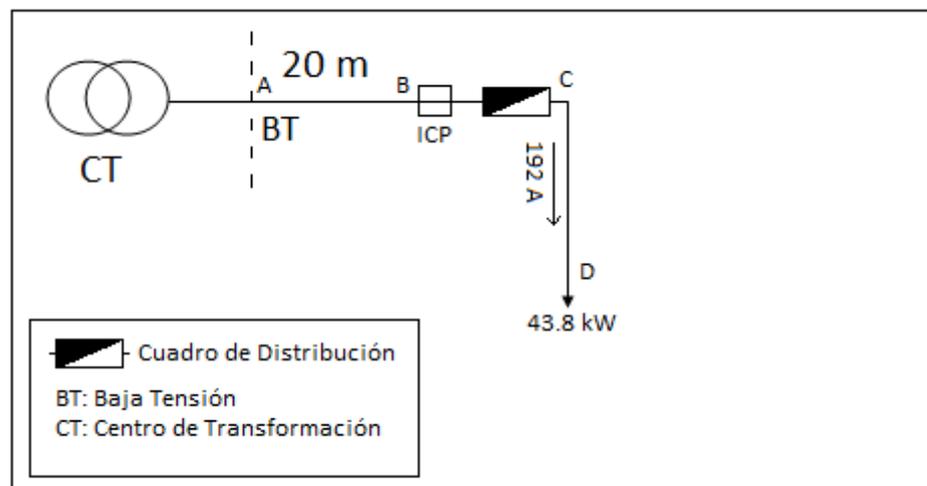


Figura 91. Esquema general de la instalación eléctrica

Como se puede ver en la figura anterior, la línea principal de acometida será la zona AB, partiendo de la acometida de 230 V proporcionados por la empresa eléctrica. La línea secundaria de derivación será la zona CD.

Teniendo en consideración la normativa ITC-BT-52 correspondiente al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, sabemos que la caída máxima en la línea debe ser del 5% de la tensión de alimentación, por lo tanto:

$$S = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * (\Delta V)_{max}} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

Donde:

S → Sección del cable

$\rho_{Cu}$  → Resistividad del cobre

$V_N$  → Tensión nominal

$(\Delta V)_{max}$  → Caída de Tensión

$P_i$  → Potencia

$L_i$  → Distancia hasta la carga

$$S = \frac{1/57 \Omega * \frac{mm^2}{m}}{230 * (0.05 * 230)} * (43.8 * 20) * 10^3$$

$$S = 5.8 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por la línea será de 192 A y teniendo en cuenta la normativa la sección nominal de la línea será:

$$S_N = 50 \text{ mm}^2$$

$$I_{max \text{ admisible}} = 250 \text{ A} > 192 \text{ A}$$

Por último comprobaremos si cumple el criterio de la caída de tensión.

$$(\Delta V)_{max} = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * S_N} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

$$(\Delta V)_{max} = \frac{1/57 \Omega * \frac{mm^2}{m}}{230 * 50 \text{ mm}^2} * (43.8 * 20) * 10^3 = 1.33 \text{ V}$$

$$(\Delta V)_{max} \% = \frac{1.33 \text{ V}}{230 \text{ V}} * 100 = 0.58 \% < 5\%$$

Al cumplir el criterio, podemos decir que la sección de la línea principal ha de ser de 50  $mm^2$ , con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tabla 34. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente). ITC-BT-07

### Cálculo de la sección nominal de la línea secundaria:

En la línea CD secundaria se distribuirán las diferentes cargas para la alimentación de los vehículos y motocicletas.

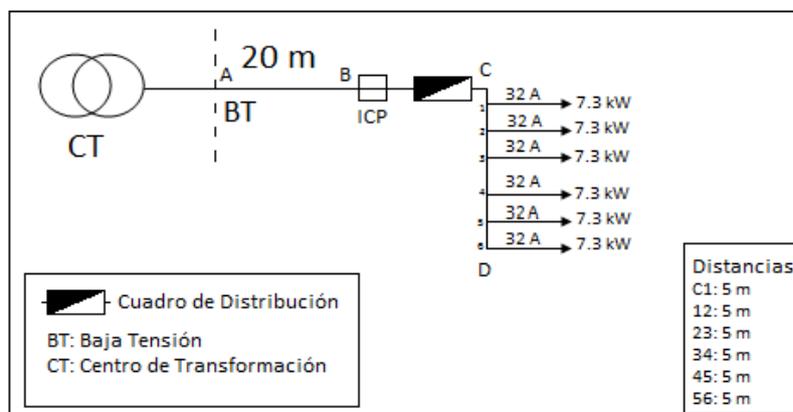


Figura 92. Esquema general de la instalación con la línea secundaria desglosada.

Teniendo en consideración la normativa ITC-BT-52 correspondiente al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se sabe que la caída máxima en la línea debe ser del 5% de la tensión de alimentación, por lo tanto:

$$S = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * (\Delta V)_{max}} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

Donde:

- S → Sección del cable  
 $\rho_{Cu}$  → Resistividad del cobre  
 $V_N$  → Tensión nominal  
 $(\Delta V)_{max}$  → Caída de Tensión  
 $P_i$  → Potencia  
 $L_i$  → Distancia hasta la carga

Para la línea 1 con una potencia de 7,3 kW y una intensidad máxima de 32 A, la sección será:

$$S = \frac{1/57 \Omega * \frac{mm^2}{m}}{230 * (0.05 * 230)} * (7.3 * 5) * 10^3$$

$$S = 0.24 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por la línea será de 32 A y teniendo en cuenta la normativa la sección nominal de la línea será:

$$S_N = 6 \text{ mm}^2$$

$$I_{max} \text{ admisible} = 72 \text{ A} > 32 \text{ A}$$

Por último comprobaremos si cumple el criterio de la caída de tensión.

$$(\Delta V)_{max} = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * S_N} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

$$(\Delta V)_{max} = \frac{1/57 \Omega * \frac{mm^2}{m}}{230 * 6mm^2} * (7.3 * 5) * 10^3 = 0.46 \text{ V}$$

$$(\Delta V)_{max} \% = \frac{0.46 \text{ V}}{230 \text{ V}} * 100 = 0.2 \% < 5\%$$

Al cumplir el criterio, podemos decir que la sección de la línea principal ha de ser de  $6 \text{ mm}^2$ , con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

Para la línea 2 con una potencia de 7.3 kW y una intensidad máxima de 32 A, la sección será:

$$S = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * (0.05 * 230)} * (7.3 * 10) * 10^3$$

$$S = 0.48 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por la línea será de 32 A y teniendo en cuenta la normativa la sección nominal de la línea será:

$$S_N = 6 \text{ mm}^2$$

$$I_{\text{max}} \text{ admisible} = 72 \text{ A} > 32 \text{ A}$$

Por último comprobaremos si cumple el criterio de la caída de tensión.

$$(\Delta V)_{\text{max}} = \frac{\rho_{\text{Cu}}}{V_N * S_N} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

$$(\Delta V)_{\text{max}} = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * 6 \text{ mm}^2} * (7.3 * 10) * 10^3 = 0.92 \text{ V}$$

$$(\Delta V)_{\text{max}} \% = \frac{0.92 \text{ V}}{230 \text{ V}} * 100 = 0.4 \% < 5\%$$

Al cumplir el criterio, podemos decir que la sección de la línea principal ha de ser de  $6 \text{ mm}^2$ , con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

Para la línea 3 con una potencia de 7.3 kW y una intensidad máxima de 32 A, la sección será:

$$S = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * (0.05 * 230)} * (7.3 * 15) * 10^3$$

$$S = 0.72 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por la línea será de 32 A y teniendo en cuenta la normativa la sección nominal de la línea será:

$$S_N = 6 \text{ mm}^2$$

$$I_{\max} \text{ admisible} = 72 \text{ A} > 32 \text{ A}$$

Por último comprobaremos si cumple el criterio de la caída de tensión.

$$(\Delta V)_{\max} = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * S_N} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

$$(\Delta V)_{\max} = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * 6 \text{ mm}^2} * (7.3 * 15) * 10^3 = 1.39 \text{ V}$$

$$(\Delta V)_{\max} \% = \frac{1.39 \text{ V}}{230 \text{ V}} * 100 = 0.6 \% < 5\%$$

Al cumplir el criterio, podemos decir que la sección de la línea principal ha de ser de  $6 \text{ mm}^2$ , con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

Para la línea 4 con una potencia de 7,3 kW y una intensidad máxima de 32 A, la sección será:

$$S = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * (0.05 * 230)} * (7.3 * 20) * 10^3$$

$$S = 0.96 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por la línea será de 32 A y teniendo en cuenta la normativa la sección nominal de la línea será:

$$S_N = 6 \text{ mm}^2$$

$$I_{\max} \text{ admisible} = 72 \text{ A} > 32 \text{ A}$$

Por último comprobaremos si cumple el criterio de la caída de tensión.

$$(\Delta V)_{\max} = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * S_N} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

$$(\Delta V)_{\max} = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * 6 \text{ mm}^2} * (7.3 * 20) * 10^3 = 1.85 \text{ V}$$

$$(\Delta V)_{max} \% = \frac{1.85 V}{230 V} * 100 = 0.8 \% < 5\%$$

Al cumplir el criterio, podemos decir que la sección de la línea principal ha de ser de  $6 \text{ mm}^2$ , con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

Para la línea 5 con una potencia de 7.3 kW y una intensidad máxima de 32 A, la sección será:

$$S = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * (0.05 * 230)} * (7.3 * 25) * 10^3$$

$$S = 1.21 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por la línea será de 32 A y teniendo en cuenta la normativa la sección nominal de la línea será:

$$S_N = 6 \text{ mm}^2$$

$$I_{max} \text{ admisible} = 72 \text{ A} > 32 \text{ A}$$

Por último comprobaremos si cumple el criterio de la caída de tensión.

$$(\Delta V)_{max} = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * S_N} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

$$(\Delta V)_{max} = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * 6 \text{ mm}^2} * (7.3 * 25) * 10^3 = 2.3 \text{ V}$$

$$(\Delta V)_{max} \% = \frac{2.3 V}{230 V} * 100 = 1 \% < 5\%$$

Al cumplir el criterio, podemos decir que la sección de la línea principal ha de ser de  $6 \text{ mm}^2$ , con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

Para la línea 6 con una potencia de 7.3 kW y una intensidad máxima de 32 A, la sección será:

$$S = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}{230 * (0.05 * 230)} * (7.3 * 30) * 10^3$$

$$S = 1.45 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por la línea será de 32 A y teniendo en cuenta la normativa la sección nominal de la línea será:

$$S_N = 6 \text{ mm}^2$$

$$I_{\max} \text{ admisible} = 72 \text{ A} > 32 \text{ A}$$

Por último comprobaremos si cumple el criterio de la caída de tensión.

$$(\Delta V)_{\max} = \frac{\rho_{Cu}}{V_N * S_N} \sum_{i=1}^n P_i * L_i$$

$$(\Delta V)_{\max} = \frac{1/57 \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\square}}{230 * 6 \text{ mm}^2} * (7.3 * 30) * 10^3 = 2.78 \text{ V}$$

$$(\Delta V)_{\max} \% = \frac{2.78 \text{ V}}{230 \text{ V}} * 100 = 1.21 \% < 5\%$$

Al cumplir el criterio, podemos decir que la sección de la línea principal ha de ser de  $6 \text{ mm}^2$ , con un aislamiento XPLE y conductor de cobre.

### Cálculo del interruptor magnetotérmico general:

En este apartado se va a calcular el poder de corte que tiene que tener el interruptor magnetotérmico general de nuestra instalación. Para ello me basaré en la siguiente expresión:

$$I_c(A) < I_N(\text{magnetotérmico}) < I_{\max}(\text{admisible})$$

Donde:

$I_c(A)$  → Corriente máxima que circulará por la instalación.

$I_N(\text{magnetotérmico})$  → Poder de corte del interruptor magnetotérmico.

$I_{\max}(\text{admisible})$  → Corriente máxima admisible por el conductor.

Sabiendo que la instalación funciona con una corriente máxima de 192 A y la corriente máxima admisible por nuestro conductor de  $50 \text{ mm}^2$  es de 250 A:

$$192 \text{ A} < I_N(\text{magnetotérmico}) < 250 \text{ A}$$

Por lo tanto, se va a elegir un interruptor magnetotérmico con un poder de corte de 200 A de 3 polos con una capacidad máxima de conexión de  $185 \text{ mm}^2$ , para posibles extensiones del proyecto.

$$I_N(\text{magnetotérmico}) = 200 \text{ A}$$

### Cálculo del interruptor diferencial principal:

En el caso de calcular el poder de corte de nuestro interruptor diferencial general, aplicaremos la misma fórmula empleada en el apartado anterior.

$$I_c(A) < I_N(\text{diferencial}) < I_{max}(\text{admisible})$$

Donde:

$I_c(A)$  → Corriente máxima que circulará por la instalación.

$I_N(\text{magnetotérmico})$  → Poder de corte del interruptor diferencial.

$I_{max}(\text{admisible})$  → Corriente máxima admisible por el conductor.

Sabiendo que nuestra instalación funciona con una corriente máxima de 192 A y la corriente máxima admisible por nuestro conductor de 50  $mm^2$  es de 250 A:

$$192 A < I_N(\text{diferencial}) < 250 A$$

Por lo tanto, elegiremos un interruptor diferencial con un poder de corte de 200 A de 4 polos con una capacidad máxima de conexión de 185  $mm^2$ , para posibles extensiones del proyecto.

$$I_N(\text{diferencial}) = 250 A$$

### Cálculo de los interruptores automáticos de línea secundaria:

Una vez calculados los dispositivos de seguridad eléctrica para la línea general, nos disponemos a calcular los interruptores necesarios para las líneas secundarias.

Poniéndonos en el caso más desfavorable, por cada rama circulará una corriente máxima de 32 A., por lo tanto, cada interruptor automático para cada línea secundaria será:

$$I_c(A) < I_N(\text{automático}) < I_{max}(\text{admisible})$$

Donde:

$I_c(A)$  → Corriente máxima que circulará por la instalación.

$I_N(\text{magnetotérmico})$  → Poder de corte del interruptor automático.

$I_{\max(\text{admisible})}$  → Corriente máxima admisible por el conductor.

Sabiendo que la instalación funciona con una corriente máxima de 32 A y la corriente máxima admisible por nuestro conductor de 6  $\text{mm}^2$  es de 72 A:

$$32 \text{ A} < I_N(\text{automática}) < 72 \text{ A}$$

Por lo tanto, se elegirá un interruptor automático con un poder de corte de 40 A de 2 polos con una capacidad máxima de conexión de 16  $\text{mm}^2$  para cable flexible.

$$I_N(\text{automática}) = 40 \text{ A}$$

## Anexo VIII. Planos

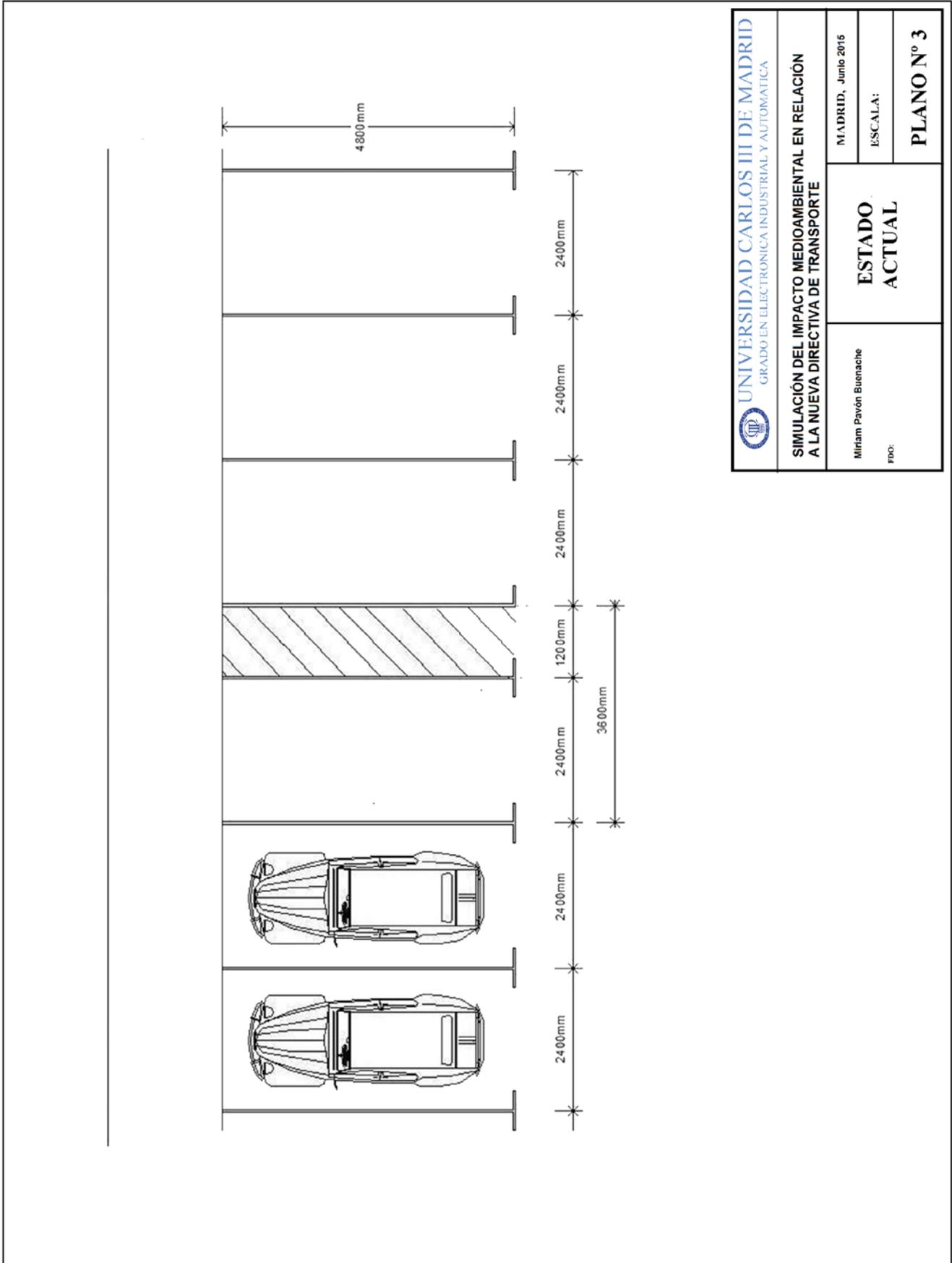
Estos son los planos relativos a la infraestructura de recarga:

1. Situación. Área de actuación.
2. Emplazamiento.
3. Estado actual.
4. Estado final.
5. Alimentación de los puntos de recarga.
6. Instalación eléctrica.
7. Disposición de los elementos.

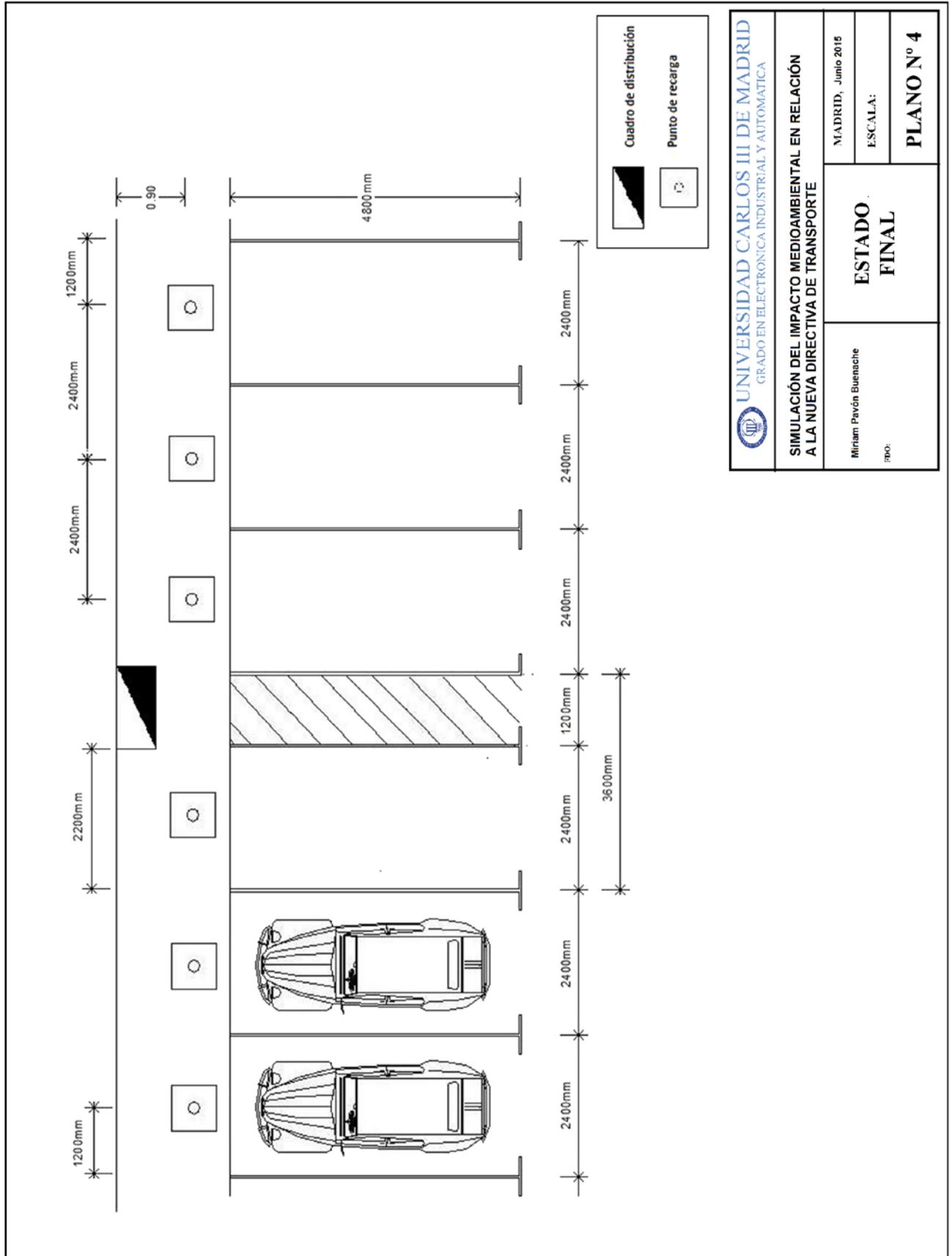




 <b>UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</b> GRADO EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA		MADRID, Junio 2015	
<b>SIMULACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN RELACIÓN                  A LA NUEVA DIRECTIVA DE TRANSPORTE</b>		<b>EMPLAZAMIENTO</b>	
Miriam Pavón Buenache F.D.O.:		ESCALA: <b>PLANO N.º 2</b>	

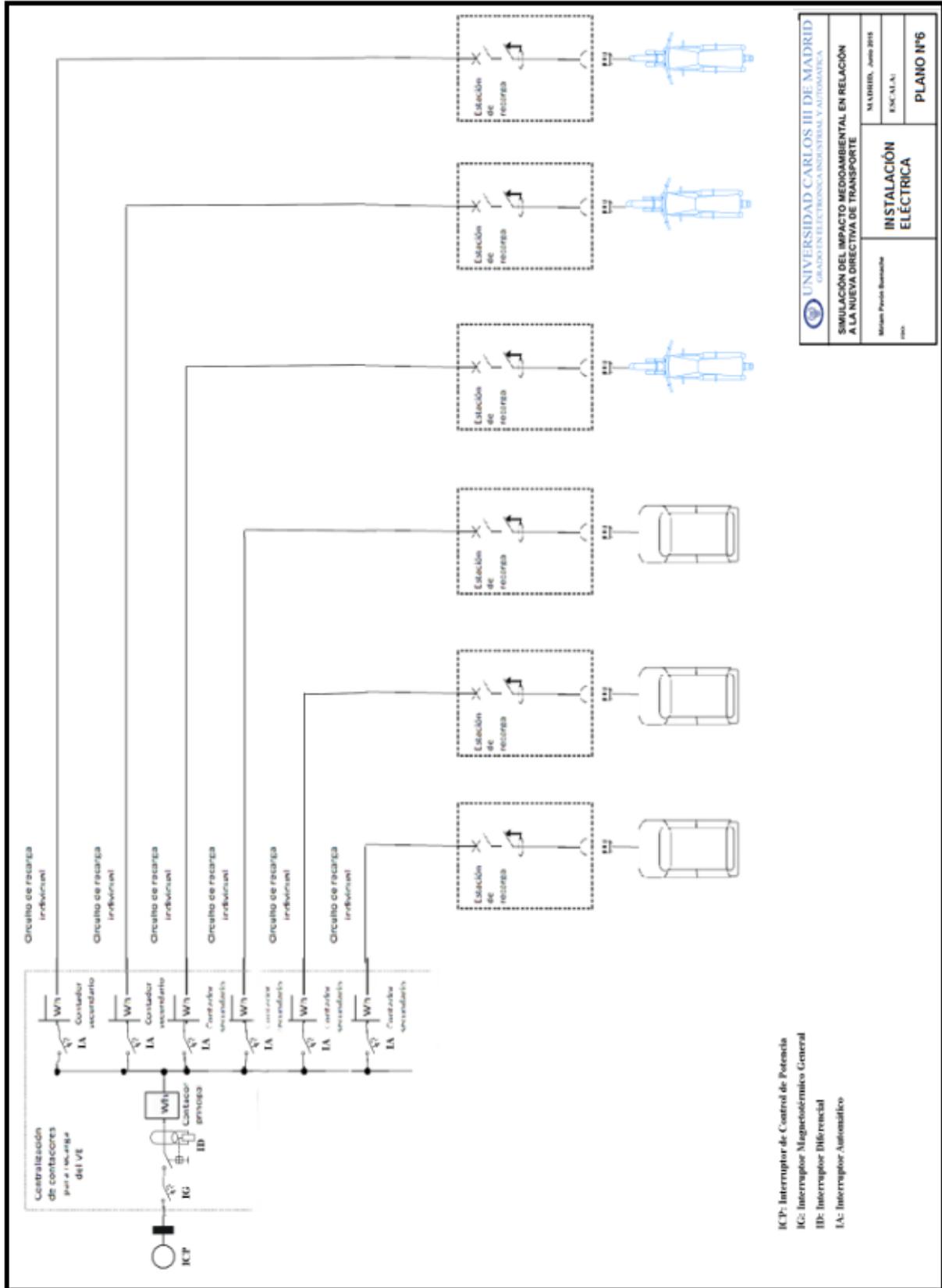


 <b>UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</b> GRADO EN ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA		MADRID, Junio 2015
<b>SIMULACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN RELACIÓN A LA NUEVA DIRECTIVA DE TRANSPORTE</b>		ESCALA:
Miriam Pavón Buenache FPO:	<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>PLANO N° 3</b>



 <b>UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</b> GRADO EN ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA	
<b>SIMULACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN RELACIÓN A LA NUEVA DIRECTIVA DE TRANSPORTE</b>	
Miriam Pavón Buenache no:	<b>ESTADO FINAL</b>
MADRID, Junio 2015	ESCALA:
<b>PLANO N° 4</b>	





UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID GRADUACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA	
SIMULACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN RELACIÓN A LA NUEVA DIRECTIVA DE TRANSPORTES	
Máster Pericó Berruete	MADRID, Junio 2018
1900	ENC-11-A1
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	
<b>PLANO N°6</b>	

