

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



Análisis técnico-económico del vehículo
eléctrico como alternativa al vehículo de
combustión interna

TRABAJO FIN DE GRADO

Junio - 2026

AUTOR: MIGUEL MANSILLA GARRO
DIRECTOR: SERGIO VALERO VERDU

Índice

ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ABREVIATURAS	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Aspectos técnicos del vehículo eléctrico	2
1.1.1. Historia del vehículo eléctrico	2
1.1.2. Componentes del vehículo eléctrico	6
1.1.2.1. Motor eléctrico	6
1.1.2.2. Sistema de baterías	11
1.1.2.3. Sistema de gestión de la batería (BMS)	19
1.1.2.4. Transmisión	20
1.1.2.5. Rectificador, convertidor y inversor	20
1.1.3. Tipos de vehículos	21
1.1.3.1. BEV	21
1.1.3.2. PHEV	25
1.1.3.3. HEV	26
1.1.3.4. EREV	28
1.1.3.5. FCEV	29
1.1.4. Comparación de los vehículos eléctricos frente a los vehículos de combustión interna	30
1.2. Mercado del VE	33
1.2.1. Situación actual en la producción y comercio de vehículos eléc- tricos	33
1.2.2. Ventas globales de VE	36
1.2.3. Ventas en España	38
1.3. Infraestructura de recarga	47
1.3.1. Recarga de un vehículo eléctrico	48
1.3.2. Modos de Recarga	52
1.3.2.1. Modo 1	52
1.3.2.2. Modo 2	52
1.3.2.3. Modo 3	52
1.3.2.4. Modo 4	57
1.3.3. Tipos de Conectores	57
1.3.3.1. SAE J1772 Tipo 1	60
1.3.3.2. IEC 62196-2 Tipo 2	60

1.3.3.3.	SAE J1772 CCS Combo 1	62
1.3.3.4.	IEC 62196 CCS Combo 2 o CCS2	62
1.3.3.5.	CHAdEMO	62
1.3.4.	Infraestructura de recarga en España	64
1.3.4.1.	Estado de los puntos de recarga en España	65
1.3.4.2.	Interoperabilidad de la recarga	72
1.4.	Papel de la red eléctrica	77
1.4.1.	Red eléctrica	77
1.4.1.1.	Generación de la electricidad	77
1.4.1.2.	Transporte	84
1.4.1.3.	Distribución	88
1.4.1.4.	Comercialización	90
1.4.2.	Implementación del VE en la red	94
1.4.2.1.	V2G	96
1.4.2.2.	Impacto en la integración de los VE en la red	100
1.5.	Marco Normativo en Movilidad Eléctrica	103
1.5.1.	Despliegue de la infraestructura de recarga	105
1.5.1.1.	Real Decreto-ley 29/2021	105
1.5.1.2.	Real Decreto 450/2022	106
1.5.2.	Regulación de las infraestructuras y su operación	107
1.5.2.1.	Real Decreto 184/2022	107
1.5.2.2.	Orden ITU/1475/2024	108
1.5.3.	Impulso económico a la electromovilidad	109
1.5.3.1.	Real Decreto-ley 3/2025	109
1.5.3.2.	Real Decreto-ley 4/2024	110
1.5.4.	Incentivos importantes en materia de electromovilidad	110
1.5.4.1.	Plan MOVES	110
1.5.4.2.	Zonas de bajas emisiones	112
1.5.4.3.	Descuentos en impuestos municipales	112
1.5.4.4.	Programa Auto+	114
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	116
2.1.	Coste de Adquisición	118
2.2.	Coste de la energía	119
2.2.1.	Kia EV3 Long Range - BEV	122
2.2.2.	Toyota C-HR Advance 220 - PHEV	123
2.2.3.	Toyota C-HR Advance 140 - HEV, Hyundai Tucson Gasolina/Diésel	125
2.2.4.	Comparativa de todos los escenarios planteados	127

2.3.	Costes relacionados con impuestos y tributos	130
2.4.	Coste de mantenimiento	133
2.4.1.	Mantenimiento programado	133
2.4.2.	Mantenimiento no programado y reparaciones	137
2.5.	Beneficios adicionales	143
2.5.1.	Plan MOVES	143
2.5.2.	Certificado de Ahorro Energético	146
2.5.3.	Incentivos fiscales	146
3.	RESULTADOS FINALES	147
3.1.	Discusión y análisis de resultados	147
3.1.1.	BEV	149
3.1.2.	PHEV	152
3.1.3.	HEV	152
3.1.4.	Gasolina	155
3.1.5.	Diésel	155
3.2.	Análisis DAFO	155
3.2.1.	Fortalezas	158
3.2.2.	Debilidades	158
3.2.3.	Oportunidades	159
3.2.4.	Amenazas	159
4.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	161
A.	Anexos	163
A.1.	Puntos de cruce	163
A.2.	Puntos de recarga	173
A.3.	Coste de Reparaciones	187
A.4.	Cálculo de puntos de corte	193
A.5.	Resumen de costes de escenarios	194
	Referencias	216

Índice de cuadros

1.1. Modelos de vehículos eléctricos (BEV) en 2025 con autonomía, capacidad, rendimiento, potencia máxima de carga y duración de la recarga [67]	51
1.2. Desglose de la potencia total instalada a 2025	85
1.3. Desglose de la generación de energía durante 2025	86
1.4. Lista de vehículos con servicios V2G habilitados	100
2.1. Variables de partida	117
2.2. Coste de adquisición de los vehículos elegidos(Elaboración Propia) . .	118
2.3. Precios medios por tipo de punto de recarga en la ciudad de Elche(Elaboración Propia)	120
2.4. Escenarios contemplados para la recarga eléctrica del BEV y el PHEV(Elaboración Propia)	121
2.5. Resultados de coste de energía total acumulado por año y escenario - BEV(Elaboración Propia)	122
2.6. Resultados de coste de energía total acumulado por año y escenario - PHEV(Elaboración Propia)	124
2.7. Resultados de coste de energía total acumulado por año y escenario - PHEV(Elaboración Propia)	126
2.8. Tarifas de turismos relacionadas con el impuesto de circulación en Elche	131
2.9. Cuota final del impuesto de circulación a lo largo de 20 años(Elaboración Propia)	132
2.10. Cuota final de la inspección técnica de vehículos (ITV) pasados los 20 años(Elaboración Propia)	132
2.11. Coste de mantenimiento previsto - BEV(Elaboración Propia)	135
2.12. Coste de mantenimiento previsto - PHEV(Elaboración Propia)	135
2.13. Coste de mantenimiento previsto - HEV(Elaboración Propia)	135
2.14. Coste de mantenimiento previsto - Gasolina(Elaboración Propia) . . .	136
2.15. Coste de mantenimiento previsto - Diésel(Elaboración Propia)	136
2.16. Costes de mantenimiento programados(Elaboración Propia)	137
2.17. Posibles elementos de reemplazo o sustitución en vehículos de combustión [132]	138
2.18. Coste de reemplazo de neumáticos(Elaboración Propia)	141
2.19. Costes de mantenimiento total(Elaboración Propia)	143
2.20. Plan MOVES aplicado a la adquisición del vehículo(Elaboración Propia)	144
3.1. Resumen de resultados por escenario, tipo de vehículo y coste(Elaboración Propia)	147

3.2. Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario más favorable del BEV frente a los demás(Elaboración Propia)	150
3.3. Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario menos favorable del BEV frente a los demás(Elaboración Propia)	151
3.4. Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario más favorable del PHEV frente a los demás(Elaboración Propia)	152
3.5. Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario menos favorable del PHEV frente a los demás(Elaboración Propia)	153
3.6. Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario del HEV frente a los demás(Elaboración Propia)	154
3.7. Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario del vehículo de Gasolina frente a los demás(Elaboración Propia)	156
3.8. Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario del vehículo de Diésel frente a los demás(Elaboración Propia)	157
A.1. Puntos de cruce entre escenarios	164
A.2. Puntos de recarga en Elche	174
A.3. Multiplicadores de coste por tipo de vehículo y motorización [98] . .	187
A.4. Kia EV3 Long Range - BEV - Coste de Reparaciones	188
A.5. Toyota C-HR Advance 220 PHEV - Coste de Reparaciones	189
A.6. Toyota C-HR Advance 140 HEV - Coste de Reparaciones	190
A.7. Hyundai Tucson Gasolina - Coste de Reparaciones	191
A.8. Hyundai Tucson Diésel - Coste de Reparaciones	192
A.9. Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 1 (Achatarra)	195
A.10.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 1 (No achatarra)	196
A.11.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	197
A.12.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 2 (Achatarra)	198
A.13.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 2 (No achatarra)	199
A.14.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	200
A.15.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 3 (Achatarra)	201
A.16.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 3 (No achatarra)	202
A.17.Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	203
A.18.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	204
A.19.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 1 (No achatarra) . . .	205
A.20.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	206
A.21.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	207
A.22.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 2 (No achatarra) . . .	208
A.23.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	209
A.24.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	210
A.25.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 3 (No achatarra) . . .	211

A.26.Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	212
A.27.Toyota C-HR Advance 140 - HEV	213
A.28.Hyundai Tucson - Gasolina	214
A.29.Hyundai Tucson - Diésel	215



Índice de figuras

1.1. Carro eléctrico fabricado por William Morrison a finales del siglo XIX	3
1.2. Vehículo eléctrico de principios del siglo XX	4
1.3. Primera generación de híbrido del Toyota Prius	5
1.4. Tesla Roadster, el primer model producido por Tesla	5
1.5. Configuración típica de un VE	7
1.6. Una corriente eléctrica produce un campo magnético	7
1.7. Interacción del campo magnético entre dos conductores	8
1.8. Elementos de un motor PMSM	9
1.9. Diferentes bobinas del estator	9
1.10. Elementos de un motor de inducción	10
1.11. Diferentes tipos de rotor en un motor de inducción	11
1.12. Proceso de carga y descarga de una batería	12
1.13. Modelado de la vida útil de una batería	14
1.14. Curva de recarga del Tesla Model Y Long Range 82 kWh	15
1.15. Curva de descarga de una batería de 12V LiFePO4	16
1.16. Baterías NMC con diferente composición	17
1.17. Batería NCA	17
1.18. Batería LFP	18
1.19. Batería de Ion de Sodio	18
1.20. Tabla comparativa con los diferentes tipos de baterías	19
1.21. Diagrama del BMS	20
1.22. Transmisiones de a) una velocidad, b) dos velocidades, c) tres veloci- dades, d) cuatro velocidades	21
1.23. Convertidor AC-DC	22
1.24. Convertidor DC-DC	22
1.25. Inversor DC-AC del Tesla Modelo S	23
1.26. Vehículo eléctrico de batería (BEV), que utiliza únicamente energía eléctrica almacenada en baterías recargables.	25
1.27. Vehículo eléctrico enchufable (PHEV), que utiliza una combinación de motor eléctrico y motor de combustión interna.	26
1.28. Vehículo eléctrico híbrido (HEV), que utiliza un motor de combustión interna y una batería que actúa de apoyo a la conducción.	27
1.29. Modos de operación de los vehículos híbridos (HEV).	28
1.30. Vehículo Eléctrico de Rango Extendido (EREV), que se propulsa con energía eléctrica y recarga las baterías con un motor de combustión interna o en una estación de recarga.	29

1.31. Vehículo Eléctrico de Pila de Hidrógeno (FCEV), que utiliza pilas de hidrógeno para generar electricidad a través de una reacción química con hidrogeno y oxígeno.	30
1.32. Producción de vehículos eléctricos y sede en China, 2021-2024	34
1.33. Producción de vehículos eléctricos y sedes de los fabricantes por región, 2021-2024	35
1.34. Vehículos eléctricos esperando ser exportados en China (2025)	37
1.35. Ventas de vehículos eléctricos en 2025 vs 2024[169]	37
1.36. Evolución de ventas globales de vehículos eléctricos por región y año[76]	38
1.37. Evolución de ventas de vehículos eléctricos por región, año y categoría[76]	39
1.38. Ventas globales de eléctricos frente a no eléctricos[164]	39
1.39. Porcentaje de vehículos vendidos que son eléctricos (2024)[164]	40
1.40. Cuota de mercado de vehículos según fuente de energía en España (2025)[117]	41
1.41. Datos mensuales de matriculaciones en España (2024-2025)[117] . . .	42
1.42. Encarecimiento de los vehículos eléctricos puros (BEV) respecto a los ICE[69]	43
1.43. Evolución mensual de matriculaciones del total del mercado[13] . . .	44
1.44. Top 5 matriculaciones BEV en España (2025)[13]	44
1.45. Top 5 matriculaciones PHEV en España (2025)[13]	45
1.46. Línea de tiempo con los modelos de vehículos que se esperan y el precio aproximado[69]	45
1.47. Estimación de los precios de las baterías hasta el año 2030[69]	46
1.48. Diagrama de refuerzo que muestra la retroalimentación que existe entre la infraestructura y la adopción de VE(Elaboración propia) . .	47
1.49. Configuración básica de un cargador “on-board”	49
1.50. Configuración básica de un cargador “off-board”	49
1.51. Estación de recarga Iberdrola/BP Pulse con 8 puntos de recarga con conectores CCS y CHAdeMO	50
1.52. Punto de recarga en parking comunitario	53
1.53. Tiempo medio de recarga de batería (10-80 %) para diferentes potencias[67]	54
1.54. Modos de recarga según la norma IEC 61851-1	55
1.55. Cable de carga Tipo 2 Regulable 8A - 16A 3.7kW	56
1.56. Wallbox Orbis Viaris para vivienda de 7.4 kW	58
1.57. Estación de recarga pública de alta potencia en Sevilla con punto rápido de 50 kW y ultrarrápido de 400 kW	59
1.58. Tipos de conectores en diferentes países	59

1.59. Conector SAE J1772 Tipo 1 para la recarga en AC	60
1.60. Conector IEC 62196-2 Tipo 2 para la recarga en AC	61
1.61. Conector SAE J1772 CCS Combo 1 para la recarga en DC	62
1.62. Conector IEC 62196 CCS Combo 2 o CCS2 para la recarga en DC . .	63
1.63. Conector CHAdeMO para la recarga en DC	64
1.64. Puntos de recarga por potencia y comunidad autónoma(Elaboración propia)	65
1.65. Número de puntos de recarga por potencia y operador(Elaboración propia)	67
1.66. Áreas urbanas designadas(Elaboración propia)	68
1.67. Red de Carreteras del Estado (RCE)(Elaboración propia)	69
1.68. Número de conectores urbanos y no urbanos(Elaboración propia) . .	69
1.69. Número de puntos de recarga en zonas urbanas y no urbanas(Elaboración propia)	70
1.70. Número de conectores en zonas urbanas y no urbanas en términos de potencia(Elaboración propia)	71
1.71. Mapa con el área de influencia de las vías y número de conectores que entran en ella(Elaboración propia)	72
1.72. Número de conectores por potencia en las principales vías(Elaboración propia)	73
1.73. Carreteras cubiertas por recarga(Elaboración propia)	74
1.74. Kilómetros de carretera cubiertos por puntos de recarga(Elaboración propia)	75
1.75. Kilómetros de carretera cubiertos por puntos de recarga de más de 150 kW de potencia (Elaboración propia)	76
1.76. Principales operadores de puntos de recarga [31]	76
1.77. Esquema básico de un sistema eléctrico	78
1.78. Mapa del sistema eléctrico ibérico con las diferentes líneas de transporte	78
1.79. Reactor de agua a presión (PWR)	80
1.80. Esquema del ciclo combinado	80
1.81. Central hidroeléctrica de embalse	81
1.82. Planta solar fotovoltaica en Extremadura	82
1.83. Planta termosolar de cilindros parabólicos	83
1.84. Parque eólico de Navarra	83
1.85. Potencia instalada nacional 2025 (MW)	84
1.86. Total energía (GWh) generada en el territorio nacional por tecnología - 2025	87
1.87. Regulación primaria, secundaria y terciaria del control de frecuencia .	89
1.88. Mapa de distribuidoras de energía eléctrica en España	90

1.89. Curvas agregadas de oferta y demanda en el mercado diario para el 7/11/2025 en el periodo H12Q1	92
1.90. Precio del mercado diario para el 07/11/2025	93
1.91. Demanda de energía eléctrica para el 07/11/2025	94
1.92. Sesiones del mercado intradiario europeo	94
1.93. Precio medio horario final del día 07/11/2025 (precio medio suma de componentes en azul; precio del mercado diario en rosa)	95
1.94. Diferentes tipos de recarga inteligente	96
1.95. Servicios de V2G	97
1.96. Proyección de degradación de batería en base a uso de consumidores [58]	98
1.97. Punto de recarga V2X en Alcorcón	99
1.98. Variación de frecuencia con diferente número de VE en la red	102
1.99. Justificación eléctrica de los puntos de recarga	107
1.100 Mapa con las zonas de bajas emisiones en España	113
1.101 Vehículo con etiqueta ECO	114
2.1. Coste de adquisición inicial por vehículo(Elaboración Propia)	119
2.2. Precio del término de energía activa en el periodo valle - 2025 (PVPC 2.0TD) (Elaboración Propia)	120
2.3. Coste de energía total por año y escenario - BEV(Elaboración Propia)	123
2.4. Coste de energía total por año y escenario - PHEV(Elaboración Propia)	125
2.5. Coste de energía total por año y tipo de vehículo - HEV, Gasolina y Diésel(Elaboración Propia)	127
2.6. Coste de energía acumulado con todos los escenarios y tipos de vehículos(Elaboración Propia)	128
2.7. Coste de energía al final de vida en cada tipo de escenario y vehículo(Elaboración Propia)	128
2.8. Ahorro de coste energético de los VE frente a los ICE(Elaboración Propia)	129
2.9. Umbral de precio a partir del cual el coste de energía del BEV iguala al de gasolina y diésel(Elaboración Propia)	130
2.10. Mantenimiento programado del Hyundai Tucson [81]	133
2.11. Causas más comunes de avería en Alemania durante el 2024 [8]	139
2.12. Ratio de averías de vehículos registrados entre 2020 y 2022 [8]	140
2.13. Ratio de averías por grupo de elementos en 2022 [8]	141
2.14. Modelos de puntos de recarga ofrecidos en la web de Iberdrola	144
2.15. Especificaciones técnicas del punto de recarga Pulsar Max[141]	145
3.1. Coste acumulado a 20 años por tipo de vehículo, escenario y año(Elaboración Propia)	148

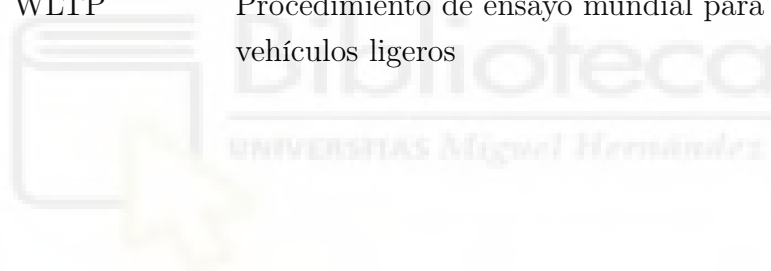
3.2. Mapa de calor de coste acumulado ordenado de menor a mayor coste total de propiedad(Elaboración Propia)	148
3.3. Cruces de coste respecto al escenario BEV - Escenario 1 (Achatarra)(Elaboración Propia)	150
3.4. Cruces de coste respecto al escenario BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)(Elaboración Propia)	151
3.5. Cruces de coste respecto al escenario PHEV - Escenario 1 (Achatarra)(Elaboración Propia)	153
3.6. Cruces de coste respecto al escenario PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)(Elaboración Propia)	154
3.7. Cruces de coste acumulado respecto al HEV(Elaboración Propia) . .	155
3.8. Cruces de coste acumulado respecto al vehículo de Gasolina(Elaboración Propia)	156
3.9. Cruces de coste acumulado respecto al vehículo de Diésel (Elaboración Propia)	157



ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
AC	Corriente alterna
AEDIVE	Asociación empresarial para el desarrollo e impulso de la movilidad eléctrica
ANFAC	Asociación española de fabricantes de automóviles y camiones
BEV	Vehículo eléctrico de batería
BMS	Sistema de gestión de batería
CECOEL	Centro de control eléctrico
CECRE	Centro de control de energías renovables
CPO	Operador del punto de recarga
CTE	Código técnico de edificación
DC	Corriente continua
DGT	Dirección general de tráfico
DOD	Profundidad de descarga
EREV	Vehículo eléctrico de rango extendido
FCEV	Vehículo eléctrico de pila de combustible
GEI	Gases de efecto invernadero
GLP	Gas licuado del petróleo
GNC	Gas natural comprimido
HEV	Vehículo híbrido
ICE/V	Vehículo de combustión interna
IEC	Comisión electrotécnica internacional
IRVE	Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos
ISO	Organización internacional de estándares
IVTM	Impuesto sobre vehículos de tracción mecánica
LFP	Batería de litio ferrofosfato
MITECO	Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico
NCA	Batería de litio (níquel, cobalto y aluminio)
NMC	Batería de litio (níquel, manganeso y cobalto)

Abreviatura	Significado
OMIE	Operador del mercado ibérico de energía
PHEV	Vehículo híbrido enchufable
PMSM	Motor síncrono de imanes permanentes
PNIEC	Plan nacional integrado de energía y clima
PVPC	Precio voluntario para el pequeño consumidor
REBT	Reglamento electrotécnico de baja tensión
REE	Red eléctrica de España
REVE	Red eléctrica de vehículos eléctricos
SoC	Estado de carga de la batería
SSB	Batería de estado sólido
V2G	Vehículo a red
VE	Vehículo eléctrico
WLTP	Procedimiento de ensayo mundial para vehículos ligeros



1. INTRODUCCIÓN

El sector del transporte y la movilidad son una parte muy importante en la vida de las personas. Gracias a ellos podemos mover bienes, servicios y personas libremente de un lugar a otro, y nos permite acceder a numerosas oportunidades económicas, laborales y sociales. Sin embargo, estas acciones demandan una gran cantidad de energía que repercuten negativamente en nuestro medio ambiente.

En Europa, uno de los principales sectores generadores de gases nocivos para nuestro planeta es el transporte. A datos de 2022 [78], es el sector que más toneladas de CO₂ emite a la atmósfera por detrás de productores de electricidad y calor, y muy por encima de otros como industria, construcción, etc.

Estos gases nocivos son los conocidos como gases de efecto invernadero (GEI), los cuáles son generados por la quema incontrolada de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón, o el gas, y, generalmente, están compuestos por partículas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), vapor de agua (H₂O), ozono (O₃) y óxido nitroso (N₂O) (GasEfectoInvernadero2025).

En condiciones planetarias normales, los GEI forman parte de la atmósfera terrestre creando un efecto invernadero natural que mantiene una temperatura media de unos 15°C [3]. Por eso, a menudo se denomina a la Tierra como planeta “Ricitos de Oro” [130], ya que sus condiciones son perfectas para la vida. Sin embargo, entre el siglo XX y el primer cuarto del siglo XXI, las actividades humanas han causado la liberación incontrolada a la atmósfera y océanos de estos GEI, alterando el equilibrio energético de la Tierra y provocando el llamado “Efecto Invernadero”.

El efecto invernadero provoca que los GEI antropogénicos [53], en especial el CO₂, que tienen la capacidad de absorber y emitir radiación en el rango infrarrojo, actúen como una gran pantalla protectora. Es decir, esta pantalla provoca que la luz solar que atraviesa la atmósfera y calienta la superficie terrestre, no pueda volver a escapar en forma de calor. Este proceso es la razón por la cuál las temperaturas globales están registrando nuevas subidas cada año y se espera que aumente por encima de los 2.5°C en este siglo si no se actúa con rapidez[33].

Con los datos de emisiones que existen desde la era pre industrial [51] se puede apreciar que la actividad del hombre ha contribuido exponencialmente a aumentar los niveles de CO₂ y otros gases, llevando al mundo a un calentamiento global sin precedentes en nuestra sociedad.

Una de las soluciones de esta crisis climática pasa por la descarbonización del trans-

porte. Un transporte dependiente en el uso de energías no renovables a través del uso de motores de combustión interna. Del total de emisiones en esta área, más de 70 % provienen del uso de vehículos en carretera, seguido del transporte marítimo y la aviación[36].

Si queremos conseguir los objetivos climáticos y energéticos impuestos, deberemos optar por alternativas limpias de transporte, que no emitan carbono, como pueden ser los vehículos eléctricos o incluso los vehículos de hidrógeno.

Hay estudios que confirman que el uso masivo de movilidad eléctrica en nuestra sociedad podría reducir las emisiones globales de CO₂ hasta 1.5 gigatonnes al año, el equivalente al total de emisiones actual de Rusia[92].

Pero esta transición al eléctrico presenta retos complicados en 2026, como son los costes de adquisición altos, la falta de una adecuada infraestructura de recarga y el desconocimiento de la población respecto a la tecnología.

En lo que respecta a este trabajo, el objetivo principal es estudiar si el vehículo eléctrico es realmente una alternativa viable y futura, que permite que la movilidad eléctrica sea el futuro del transporte, o si por el contrario presenta unas barreras que actualmente son difíciles de superar.

En este sentido, la elaboración del trabajo se centra en tres partes. Primeramente, se analizan y se exponen perspectivas clave que sustentan o debilitan su posición frente al vehículo de combustión interna tradicional. Se repasan aspectos técnicos y tecnológicos, evolución del mercado actual, la infraestructura de recarga, políticas y marco normativo, así como el papel de la red eléctrica.

Una vez descrita la base desde diferentes perspectivas y pilares fundamentales, se pasará a analizar económicamente la viabilidad del eléctrico frente a otros vehículos del mercado con distinta motorización. Este análisis económico nos ayudará para justificar y contrastar la posición que tiene el vehículo eléctrico en el sector del transporte a día de hoy, y que perspectivas futuras nos plantea.

1.1. Aspectos técnicos del vehículo eléctrico

1.1.1. Historia del vehículo eléctrico

Los vehículos eléctricos han existido desde principios del siglo XIX [170], pero por diferentes circunstancias no pudieron desarrollarse como si hicieron los motores de combustión. Numerosas mejoras en baterías y motores eléctricos llevaron al auge del vehículo eléctrico en aquellos años:

- El inventor húngaro Ányos Jedlik, creó en 1828 el primer motor eléctrico[170].
- Entre 1832 y 1839, el inventor escocés Robert Anderson mostró el primer vehículo eléctrico. Portaba baterías y viajaba a una velocidad de 12 km/h[170].
- En 1858, el científico francés Gaston Planté inventó las baterías de plomo-ácido recargables, lo que permitió el almacenamiento de energía[170].
- En 1890, William Morrison fabricó el primer vehículo eléctrico práctico. Se trataba de un carro con una batería que podía transportar a 6 personas a una velocidad de 22 km/h[170].

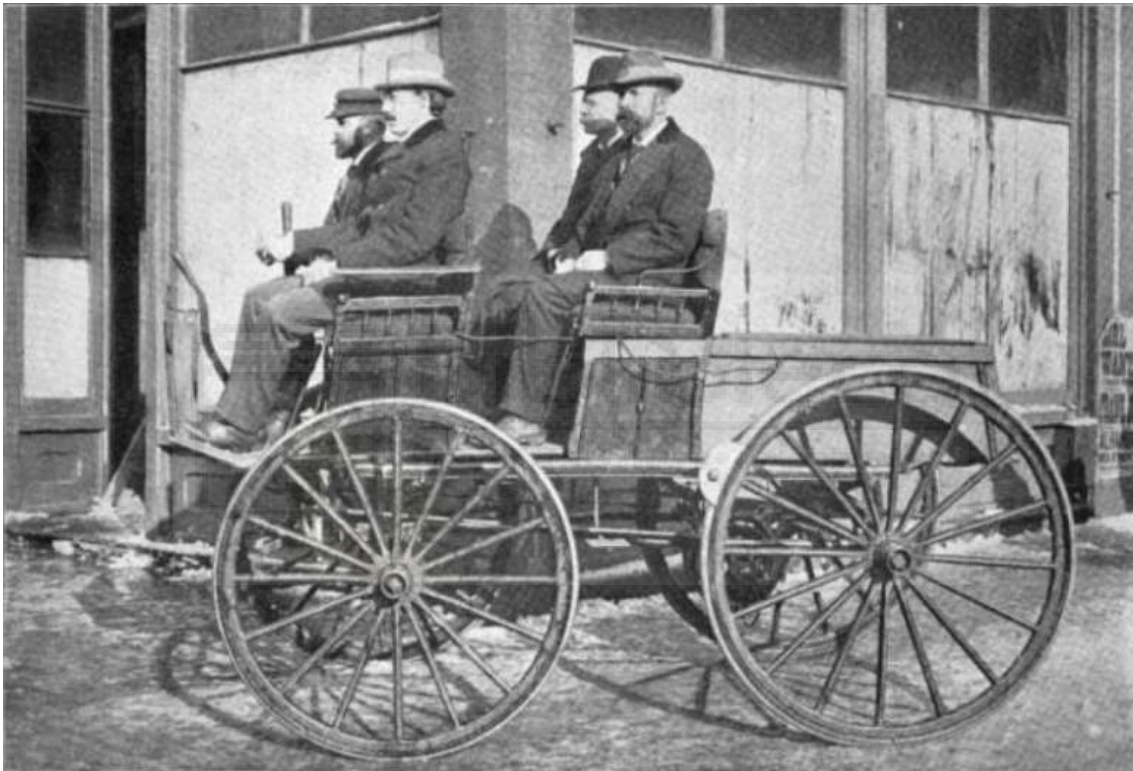


Figura 1.1: Carro eléctrico fabricado por William Morrison a finales del siglo XIX

A comienzos del siglo XX, el vehículo eléctrico era un éxito y su popularidad se extendió en las grandes ciudades, con flotas de hasta 60 taxis propulsados por electricidad. El VE llegó a ser el más usado, con casi el 40 % del parque automovilístico, seguido del vapor y la gasolina[170].

Los primeros vehículos de combustión interna eran muy ruidosos y echaban muchos humos. Por contra, el eléctrico era más silencioso y bastante más limpio. Pero esta popularidad de los eléctricos se esfumó de la noche a la mañana. Conforme se fueron expandiendo y construyendo más carreteras y gasolineras, la combustión interna comenzó a ser la mejor opción. Por otro lado, con el descubrimiento del petróleo en Estados Unidos, el precio de la gasolina comenzó a ser muy barato, y la electricidad



Figura 1.2: Vehículo eléctrico de principios del siglo XX

era bastante escasa fuera de los centros urbanos[170].

La producción en masa de vehículos de gasolina hizo que los precios se desplomasen y los hizo aún más atractivos. A finales de los años 40, ya no existían eléctricos en las calles[170].

Más tarde, la crisis del petróleo de los años 70 hizo que las compañías pensasen en nuevas formas de conducción[44]. Muchos fabricantes comenzaron a desarrollar diferentes prototipos, pero el problema de la autonomía continuaba sin resolverse. Estos prototipos apenas llegaban a los 80 km de autonomía[170].

En 1990, el gobierno de California aprobó un mandato que obligaba a los fabricantes a producir y vender vehículos de bajas emisiones. Estas nuevas regulaciones permitieron la aparición de híbridos, que eran muy baratos de producir. Uno de los primeros en salir al mercado fue el Toyota Prius[170].

Durante la primera década del siglo XXI, la investigación y el desarrollo de las baterías se disparó. Comenzaron a salir baterías con químicas que daban un gran rendimiento y capacidad. Fue finalmente la empresa Tesla la que aprovechó todos estos avances y la que puso la primera piedra en el resurgimiento de los eléctricos.

El Roadster de Tesla, lanzado en 2008, fue un modelo con una autonomía nunca antes vista, con más de 300 km. Estos vehículos ya hacían posible la conducción tanto en ciudades como en largas distancias[170].



Figura 1.3: Primera generación de híbrido del Toyota Prius



Figura 1.4: Tesla Roadster, el primer model producido por Tesla

Los avances en los diferentes componentes del VE han aumentado año a año, y se espera que el vehículo eléctrico termine siendo el principal medio de transporte.

1.1.2. Componentes del vehículo eléctrico

Se define un vehículo eléctrico como aquel vehículo que está propulsado por uno o varios motores eléctricos, que extraen energía eléctrica de una batería[57]. La batería está compuesta por una serie de células que permiten ofrecer gran capacidad de almacenamiento de energía. Este tipo de baterías es capaz de ofrecer 300 km de autonomía media en una sola carga.

Comparados con los vehículos de combustión interna, los VE son mucho más simples y agradables de conducir, gracias al menor número de piezas móviles y al efecto de tener un motor eléctrico que permite producir un par motor consistente a cualquier velocidad.

De forma básica, el VE consiste en[15]:

- Sistema de propulsión: se encarga de convertir la energía eléctrica, que extrae del sistema de almacenamiento, en energía mecánica para mover el vehículo. Su componente principal es el motor eléctrico[15].
- Sistema de transmisión: es el que transfiere la potencia del motor eléctrico a las ruedas, permitiendo una operación eficiente y con buen rendimiento[15].
- Sistema de almacenamiento: provee de energía eléctrica al motor y la recarga a través de convertidores y otros componentes de comunicación y seguridad[15].
- Electrónica de potencia: distribuye la energía entre todas las partes integrantes del vehículo eléctrico. Incluye inversores, convertidores y otras unidades de control y seguridad[15].

En los siguientes apartados se detallarán un poco más los componentes principales de los VE, así como los diferentes tipos que existen y sus características más destacables.

1.1.2.1. Motor eléctrico El motor eléctrico es una parte esencial de los VE, ya que permiten convertir la energía eléctrica proveniente del sistema de baterías en energía mecánica que mueve las ruedas. Su funcionamiento es similar entre los diferentes tipos que existen y está basado en principios básicos de electromagnetismo.

Cuando una corriente eléctrica fluye a través de un conductor, por aplicación de la ley de Ampere se genera un campo magnético alrededor de ese conductor[99].

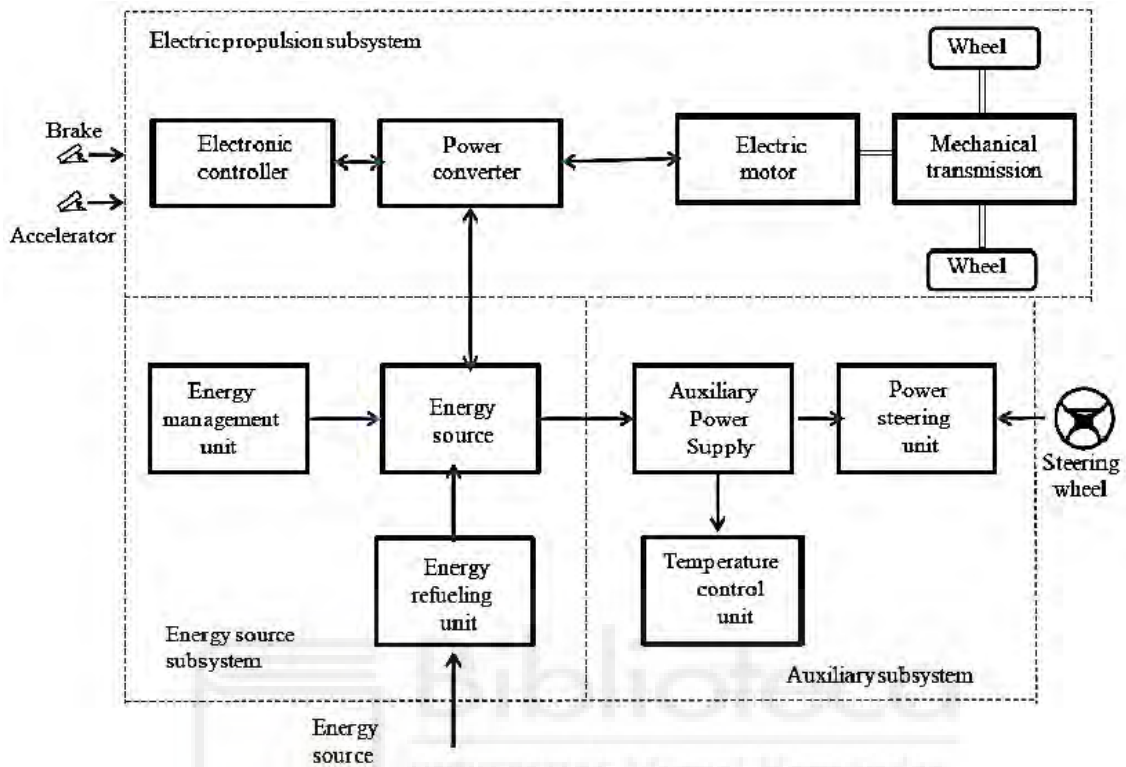


Figura 1.5: Configuración típica de un VE



Figura 1.6: Una corriente eléctrica produce un campo magnético

El campo magnético que se crea puede interactuar con otro campo magnético, de tal forma que se produzca un vector fuerza que permita generar un par[99].

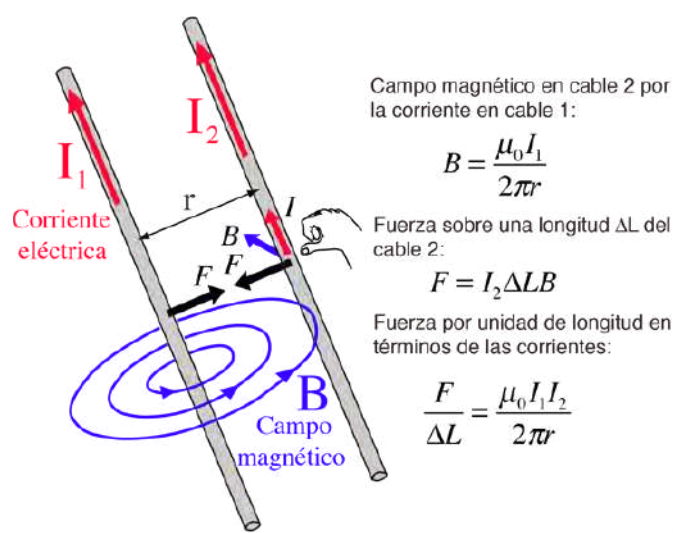


Figura 1.7: Interacción del campo magnético entre dos conductores

En definitiva, la generación del par se consigue a través de una corriente eléctrica, y esto lo podemos lograr de diferentes formas. Existen en la actualidad diferentes tipos de motores eléctricos, pero los más utilizados en los vehículos eléctricos son los PMSM o Motor Síncrono de Imanes Permanentes, y los de Inducción o Asíncronos.

PMSM o Motor Síncrono de Imanes Permanentes El motor síncrono de imanes permanentes tiene un rotor y un estator como partes principales. El rotor contiene imanes permanentes que se pueden disponer de diferentes formas. El estator contiene una serie de bobinados concéntricos o distribuidos. Este bobinado de cobre, alrededor de acero, nos permite crear un electroimán[177].

Al alimentar el estator con corriente alterna, se obtiene un campo magnético en movimiento que gira a la velocidad de la fuente de alimentación. Si introducimos el rotor con imanes permanentes, lo que ocurre es que esos imanes intentan seguir al campo magnético producido por el mismo estator y de esa forma conseguimos el par que necesitamos[177].

Este tipo de motores son los que más se utilizan en los vehículos eléctricos y son adecuados para la conducción en áreas urbanas, ya que generan un par alto a velocidades bajas. La desventaja que presentan es el coste de los imanes de neodimio, que suele ser alto[177].

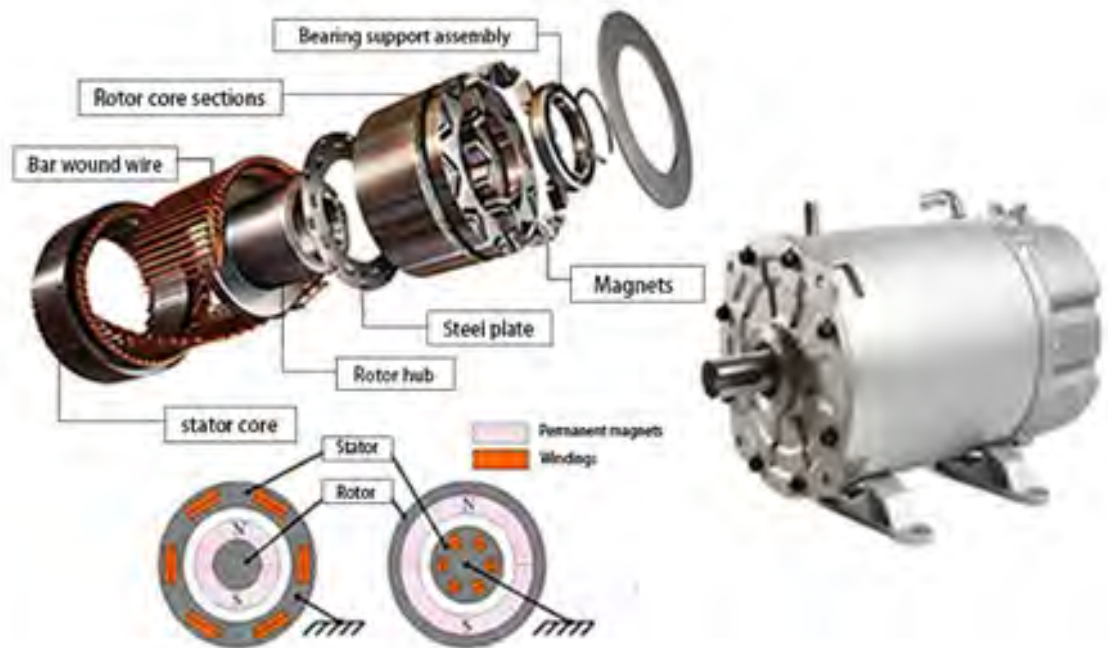


Figura 1.8: Elementos de un motor PMSM

Concentrated



Distributed



Figura 1.9: Diferentes bobinas del estator

Motor de inducción o Asíncrono El motor de inducción es muy similar al de imanes permanentes. El rotor puede ser de dos tipos: jaula de ardilla o anillo colector. El rotor de jaula de ardilla está compuesto por barras de aluminio o cobre que se disponen alrededor de dos anillos que cierran el circuito. El de anillo colector es parecido y se sustituyen las barras por bobinas[177].

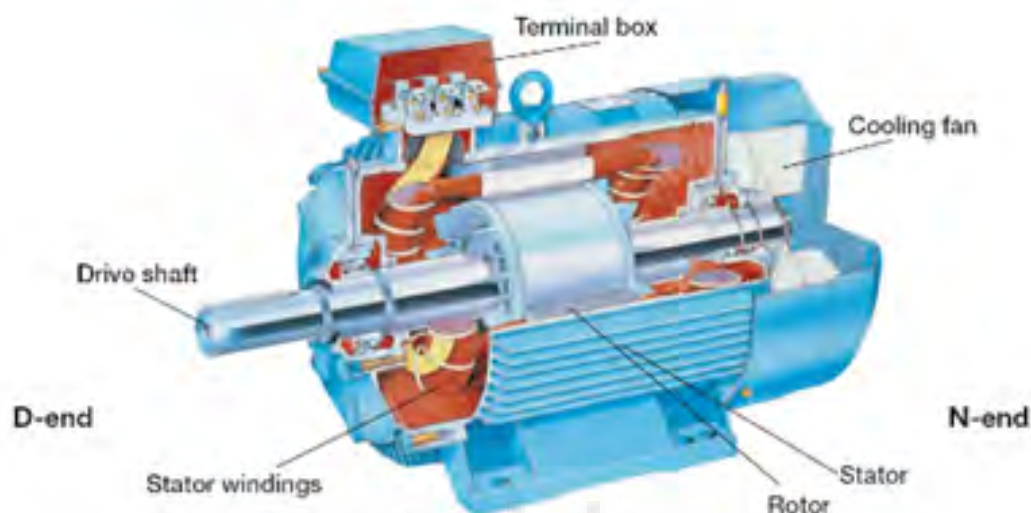


Figura 1.10: Elementos de un motor de inducción

El funcionamiento es muy similar al motor PMSM. Al alimentarlo con corriente alterna, se crea un campo magnético en el estator y comienza a girar a la velocidad de sincronismo. Ese campo que se genera interactúa con las barras del rotor y se crea una fuerza electromotriz. La fuerza en las barras cortocircuitadas induce una corriente, que genera su propio campo magnético que se opone al del estator. Esta interacción de campos genera un par en el rotor, lo que permite que gire en la dirección del estator[177].

La diferencia relativa entre la velocidad de sincronismo y la del rotor, también denominado deslizamiento, es lo que permite que gire el rotor. Si esa diferencia no existiese o mantuviesen la misma velocidad, no se generaría par alguno[177].

La ventaja que presentan estos motores es su bajo coste, debido al uso de aluminio o cobre en el rotor. Por otro lado, no es tan eficiente como el PMSM, ya que se pierde energía al generar el campo magnético en el rotor.

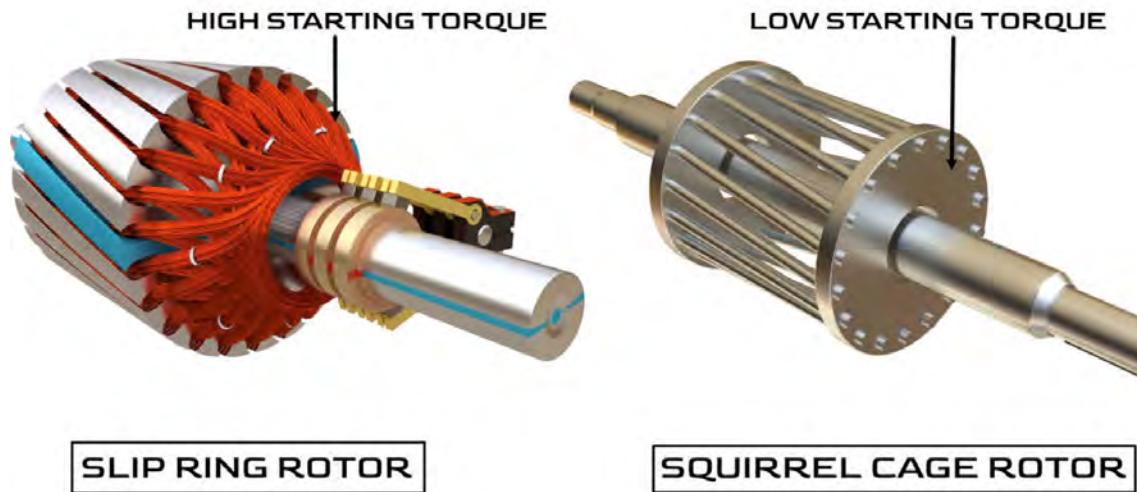


Figura 1.11: Diferentes tipos de rotor en un motor de inducción

1.1.2.2. Sistema de baterías La batería está formada por un grupo de células electroquímicas que almacenan energía en forma de energía potencial, que posteriormente es liberada en forma de corriente eléctrica[26]. Las células pueden estar dispuestas en serio o en paralelo, dependiendo de las características finales que necesitemos.

Funcionamiento de una batería De forma general, la célula presenta cuatro partes importantes[26]:

- El cátodo o terminal positivo que acepta electrones desde un circuito externo.
- El ánodo o terminal negativo que da electrones hacia el circuito externo.
- El electrolito que permite que fluyan los iones entre un terminal y otro de la célula.
- El separador permanece en medio de ambos terminales evitando los contactos entre ellos.

Poniendo el ejemplo de una batería de litio, el cátodo o terminal positivo suele estar compuesto por óxidos metálicos como el $LiCoO_2$ (óxido de litio y cobalto), y el ánodo o terminal negativo por capas de grafito, en una estructura donde se intercalan iones de litio.

Durante el proceso de descarga, los iones de litio (Li^+) se despegan de las capas

de grafito, viajando a través del electrolito, y se integran en el cátodo. Al mismo tiempo, los electrones liberados en el ánodo viajan por un circuito externo hacia el cátodo, completando la reacción que ha tenido lugar [26].

Durante la carga de la batería, el proceso se invierte. Los iones de litio regresan al ánodo, mientras que los electrones fluyen en sentido inverso por el circuito externo [26].

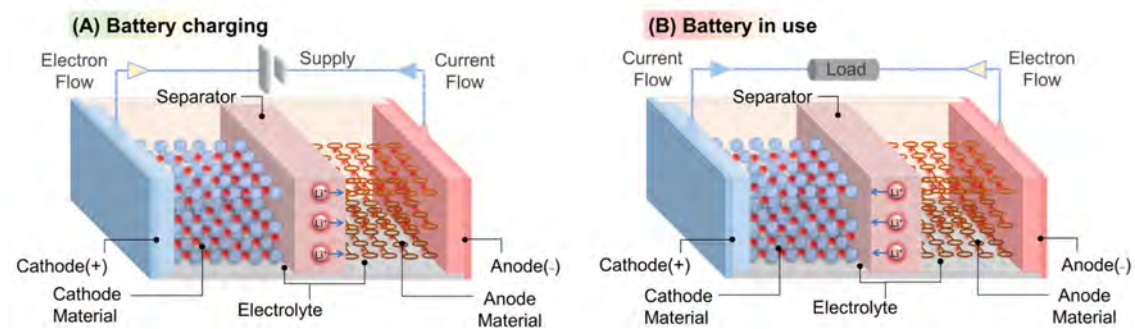


Figura 1.12: Proceso de carga y descarga de una batería

Características de una batería Las principales características de una batería son la corriente, el voltaje, la capacidad y la potencia.

Voltaje

El voltaje, también llamado potencial eléctrico, es la diferencia de potencial que existe entre dos puntos. Coloquialmente se puede explicar también como una fuerza que empuja los electrones a través de un circuito. Cuanto más alto es el voltaje, más energía habrá para mover esos mismos electrones. Se mide en voltios (V)[26].

Corriente

La corriente es el número de electrones que están atravesando cualquier punto de un circuito en cualquier momento. Se mide en amperios (A)[26].

Capacidad

La capacidad es la energía que puede entregar una batería. Si la batería tiene gran capacidad, significa que puede estar más tiempo alimentando la carga antes de quedarse sin corriente. En VE es muy importante ya que nos permite conocer la autonomía del vehículo. Se mide en Wh o kWh[26].

Potencia

La potencia es la energía por unidad de tiempo. A mayor potencia, más energía

puede entregar una batería por segundo[26].

Parámetros esenciales en la fabricación de baterías La densidad energética es uno de los parámetros más importantes a la hora de diseñar una batería para aplicación en VE, ya que está relacionado con el tamaño y el peso del vehículo. La densidad energética es la cantidad total de energía que puede entregar una batería en proporción a su peso o su volumen [26]. Se mide en Wh/kg o Wh/L.

En VE es de suma importancia que este parámetro sea el más alto posible, ya que una batería con densidad energética alta permitirá obtener una mayor autonomía con un menor peso o volumen añadido. Esto se traduce en menores costes de fabricación, y se libera espacio que puede ser utilizado para otros componentes de la máquina. También ahorramos en materiales, lo que reduce el impacto medioambiental asociado a la extracción y manejo de esos recursos[176].

La vida útil de una batería se mide en número de ciclos de carga y descarga antes de que la capacidad se degrade. Se considera que la batería ha llegado al final de su vida útil cuando se ven pérdidas de más del 20 % del total[176].

Este parámetro se ve afectado enormemente por varios factores como:

- Temperatura: afecta a las reacciones químicas que tienen lugar en las baterías.
- Corriente: un aumento en la corriente genera más calor que estresa la batería.
- Profundidad de descarga (DOD): se trata de un parámetro que nos indica cuanta energía podemos usar en cada ciclo de carga y descarga sin dañar la vida útil de la batería. En VE normalmente las baterías tienen una profundidad de descarga del 80 %, siempre reservando un 20 % para evitar realizar un ciclo completo de carga y descarga[176].

En la siguiente figura, se puede ver claramente como mantener la capacidad de una batería en un rango del 25 % al 75 % aumenta notablemente la vida útil de la misma[16].

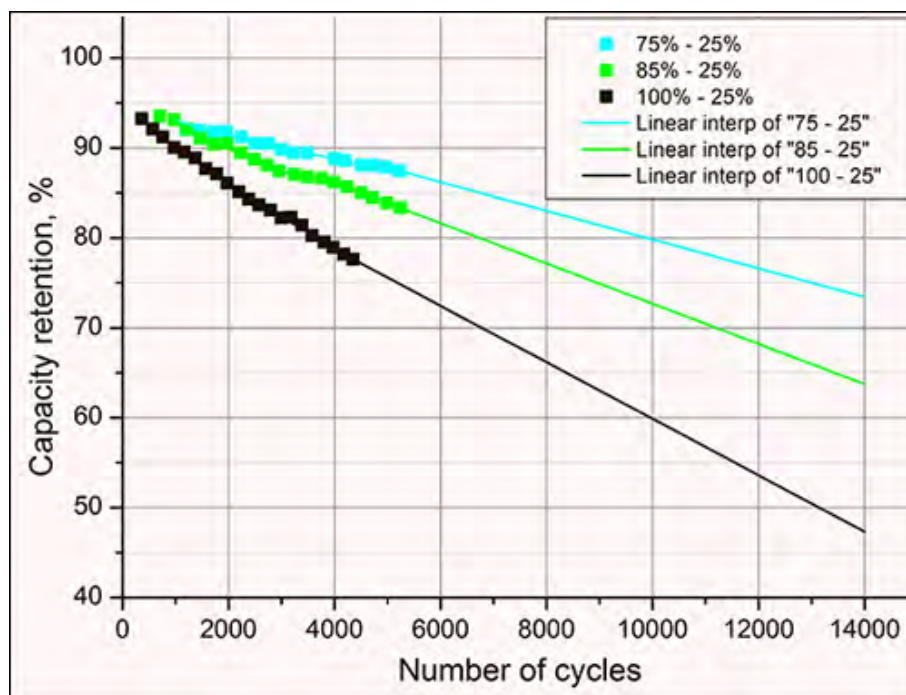


Figura 1.13: Modelado de la vida útil de una batería

El C-Rate es el ratio por la cuál una batería se carga o se descarga relativo a su capacidad máxima. Se trata de un factor importante a la hora de ajustar los parámetros relacionados con la recarga de las baterías. Si queremos carga rápida, se aumenta el ratio de carga y con ello reducimos el tiempo considerablemente. Si no necesitamos la carga rápida, podemos disminuir el ratio y con ello conseguimos cargar más lentamente, pero con una menor degradación de los componentes al generar menor calor[26].

El encargado de realizar estos cambios es el sistema de gestión de batería, una de los elementos más importantes de los vehículos eléctricos. En la siguiente figura podemos ver la curva de recarga del Tesla Model Y. Con un SoC de menos del 10 % el BMS permite corrientes máximas a un ratio de 2-3C, y conforme va completando el proceso de carga, disminuyen el ratio, para, como ya hemos comentado, evitar degradación y aumentos de temperatura inusuales de la batería.

La temperatura es otro de los parámetros más importantes ya que inciden en la seguridad de la batería y del propio vehículo. Generalmente, la temperatura óptima que permite el mejor rendimiento de una batería se encuentra entre los 20 y 30°C[27]. Dentro de este rango, las reacciones químicas que tienen lugar en la célula se desarrollan de forma adecuada.

Si superamos este rango, tanto por calor extremo como por frío extremo, puede producirse efectos perjudiciales.

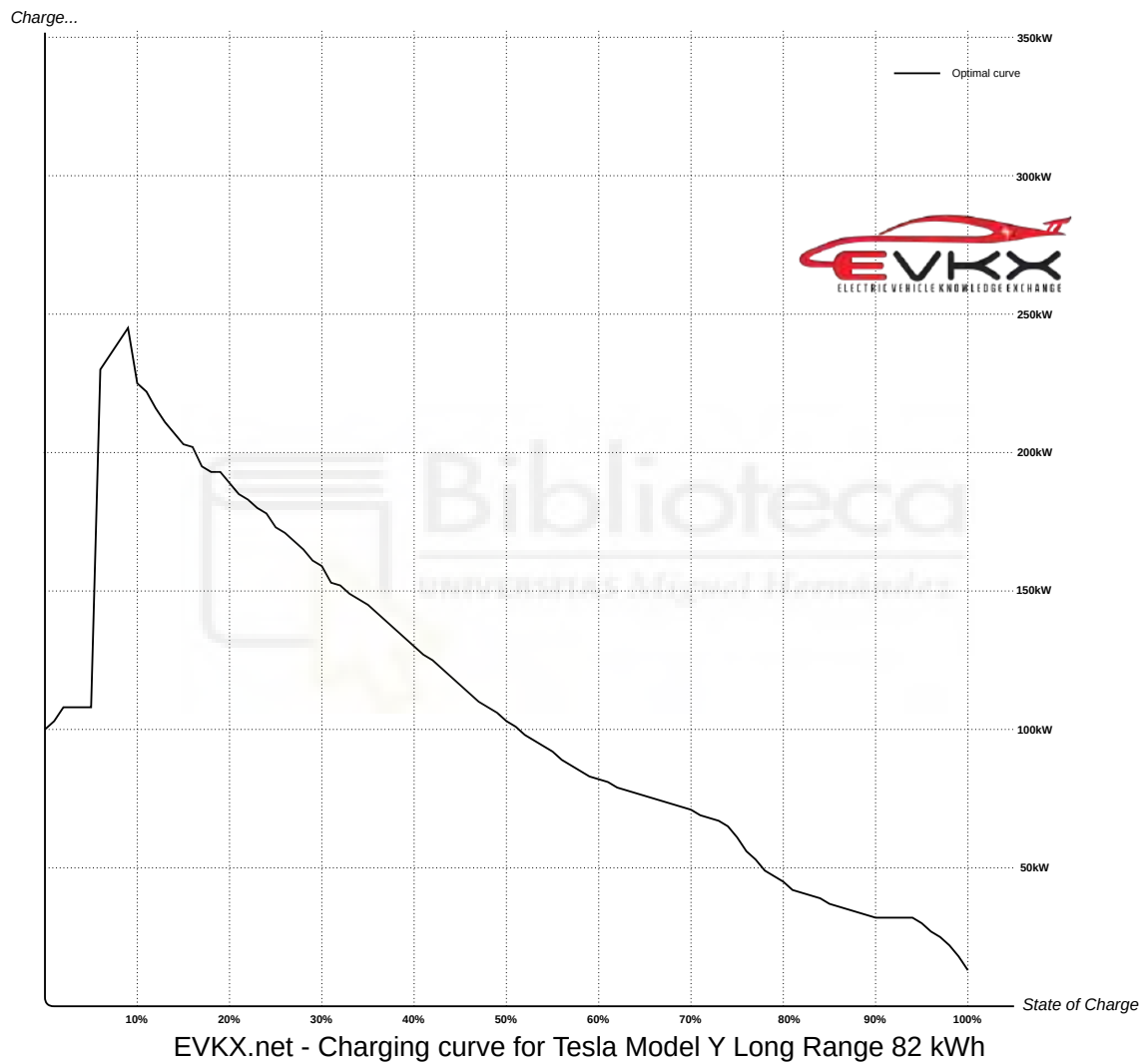


Figura 1.14: Curva de recarga del Tesla Model Y Long Range 82 kWh

Las temperaturas altas aumentan la degradación de la capacidad máxima de la batería y puede llegar a provocar explosiones. Por otro lado, las temperaturas bajas reducen la potencia que puede ofrecer la batería, al disminuir la velocidad de las reacciones. Esto se traduce en una menor autonomía, disminución de la aceleración, y tiempos de carga más lentos de lo habitual[27].

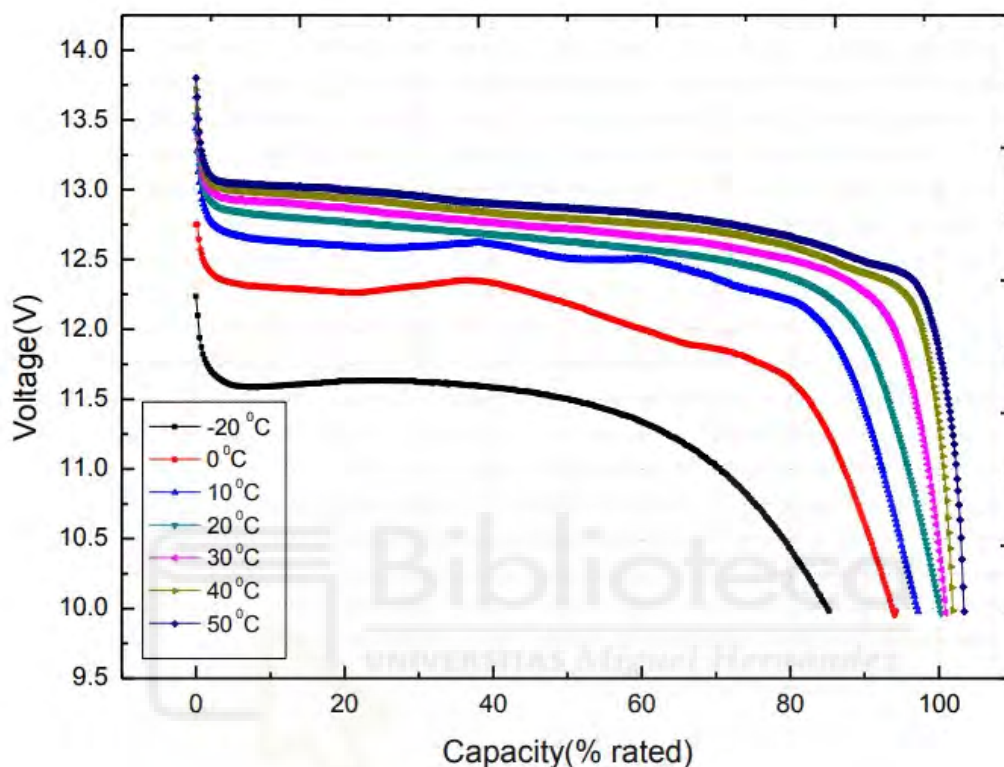


Figura 1.15: Curva de descarga de una batería de 12V LiFePO4

Tipos de baterías

NMC ($LiNiMnCoO_2$)

Las baterías NMC son un tipo de baterías de litio que contienen níquel, cobalto y manganeso. Su producción lleva muchos años asentada y ha sido utilizado en vehículos eléctricos gracias a su alta densidad energética, lo cual permite obtener mayor autonomía y ahorrar en peso y espacio. Por otro lado, su ciclo de vida es bajo en comparación con otros tipos como el LFP y presentan una mayor degradación[102].

El uso del cobalto, que es un metal raro y tóxico, hace que sean, junto a las baterías de NCA, las que más emisiones de carbono emiten.

NCA ($LiNiCoAlO_2$)

Este tipo de baterías también contienen litio y son muy similares a las NMC.

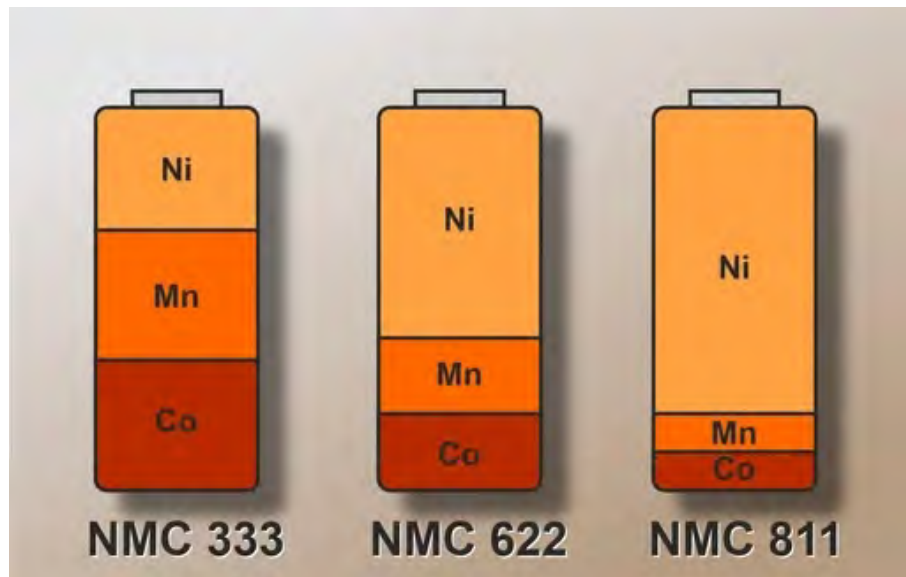


Figura 1.16: Baterías NMC con diferente composición

La diferencia radica en que las NCA utilizan una mayor composición de níquel, y eso les permite reducir el uso del cobalto. La densidad energética que obtenemos es muy alta, pero también tienen una baja estabilidad térmica que se traduce en una mayor degradación a temperaturas extremas. En este sentido, los fabricantes necesitan aumentar la seguridad de las células en comparación con otras[116].

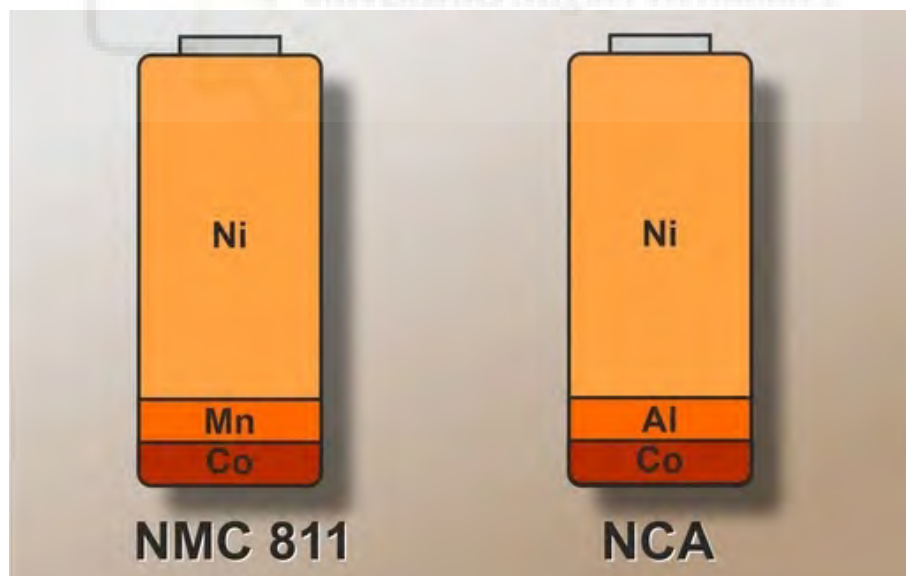


Figura 1.17: Batería NCA

LFP ($LiFePO_4$)

El uso de este tipo de química en baterías ha explotado en los últimos años gracias a los trabajos de investigación y desarrollo chinos, que se ha convertido en el productor mundial de este tipo de baterías. Utilizan una combinación de hierro y

fósforo, lo que les permite ser más seguras que otras composiciones. Presentan una densidad energética menor, por lo que pueden aumentar el peso del vehículo considerablemente. Pero también son más baratas, y su vida útil es muy superior a las demás[101].



Figura 1.18: Batería LFP

Ion-Sodio

Debido a que el sodio es el elemento más común que podemos encontrar en la tierra, con propiedades similares al litio, este tipo de baterías tienen el potencial de superar a las demás tanto en densidad energética como en vida útil. No contienen materiales críticos y su coste de producción a escala puede ser hasta un 30 % menor que los LFP[4]. Actualmente, la empresa de baterías CATL ya está produciendo baterías de sodio con una densidad energética de hasta 160 Wh/kg[93].

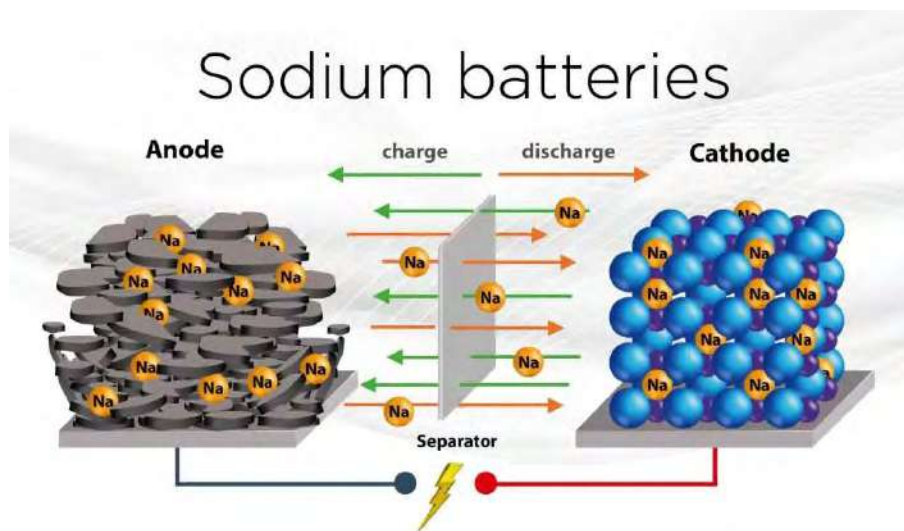


Figura 1.19: Batería de Ion de Sodio

SSB

Se trata de un tipo de batería que utiliza un material sólido como separador entre el cátodo y el ánodo. Existen numerosas configuraciones de material separador y medio en el que se sumergen, algunos aumentando la seguridad de la célula y otros disminuyéndola. La promesa de este tipo de baterías está en una superior densidad energética lo que permite autonomías de alrededor de 1000 km, y una reducción considerable del tiempo de recarga a tan solo 10 minutos[167].

Tipo	Densidad energética (Wh/kg)	Vida Útil (ciclos carga/descarga)	Coste	Ventaja
NMC	200-250	1000-3000	Alto	Densidad energética alta
NCA	230-260	1000-2000	Alto	Densidad energética alta
LFP	150-180	3000-5000	Bajo	Coste y vida útil
Ion de Sodio	160-200	>6000	Alto	No usa minerales críticos
SSB	600	2000-3000	Alto	Densidad energética alta

Figura 1.20: Tabla comparativa con los diferentes tipos de baterías

1.1.2.3. Sistema de gestión de la batería (BMS) El sistema de gestión de batería o “Battery Management System” es el sistema del VE responsable de asegurar que las células de la batería están operando de forma óptima y segura[94]. Está compuesto por diferentes sensores, controladores y actuadores que permiten realizar diferentes funciones como[94]:

- Monitorización de la corriente, el voltaje y la temperatura de las células[94].
- Control de la carga y la descarga, y protección frente a sobreintensidades[94].
- Estimación de la carga actual y diagnósticos[94].
- Recopilación de información y comunicación de las células[94].

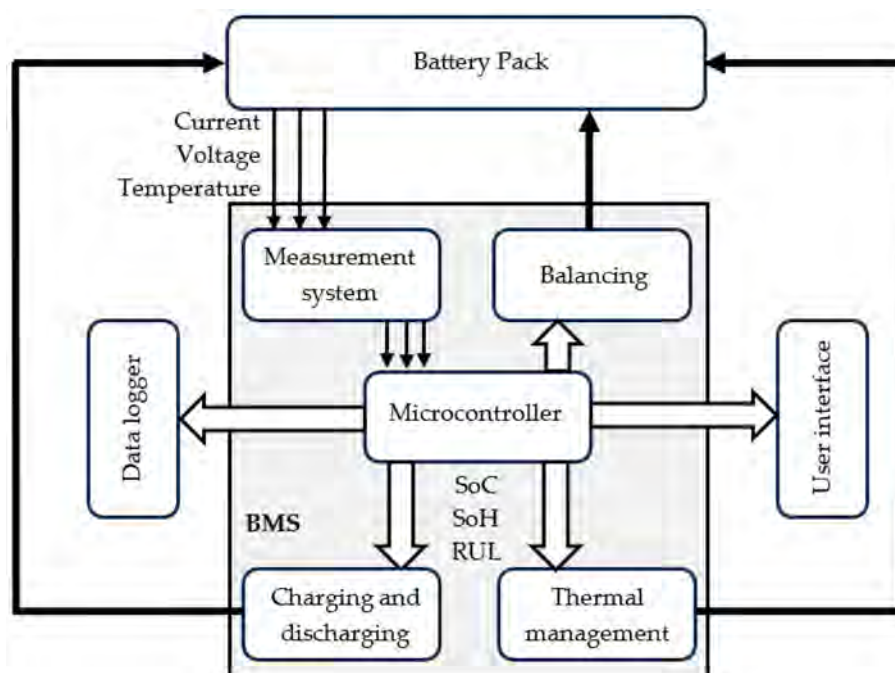


Figura 1.21: Diagrama del BMS

1.1.2.4. Transmisión La transmisión se define como la transferencia de energía del motor eléctrico a las ruedas del vehículo[134]. En los vehículos eléctricos predomina un tipo de transmisión que es la de una sola velocidad. La simplificación del sistema con respecto a los ICEV es propia de los motores eléctricos. Los motores eléctricos suministran un par motor constante a cualquier velocidad, por tanto las transmisiones de varias velocidades no son necesarias[134].

Ejemplos de vehículos con varias velocidades de transmisión existen, como es el Porsche Taycan o el Audi e-tron, y ofrecen mejores rendimientos, eficiencia y versatilidad. Aunque añade un factor más de complejidad, mantenimiento y coste.

1.1.2.5. Rectificador, convertidor y inversor Los vehículos eléctricos tienen tres sistemas para convertir la energía eléctrica entre los diferentes elementos: convertidor AC-DC, inversor DC-AC y convertidor DC-DC[41].

El convertidor AC-DC rectifica la corriente alterna proveniente de la red, y genera una salida en continua para almacenarlo en la batería. También permite la carga bidireccional, por lo que el vehículo puede devolver energía a la red (V2G o “Vehicle to Grid”)[41]. El inversor DC-AC convierte la corriente continua, suministrado por la batería, en corriente alterna para ser utilizada por el motor. Aseguramos con esto el control total de la velocidad y el par del moto[41]r. También hace posible la recuperación de energía a través de frenada regenerativa. El convertidor DC-DC transforma el alto voltaje del sistema de baterías a uno más bajo para poder

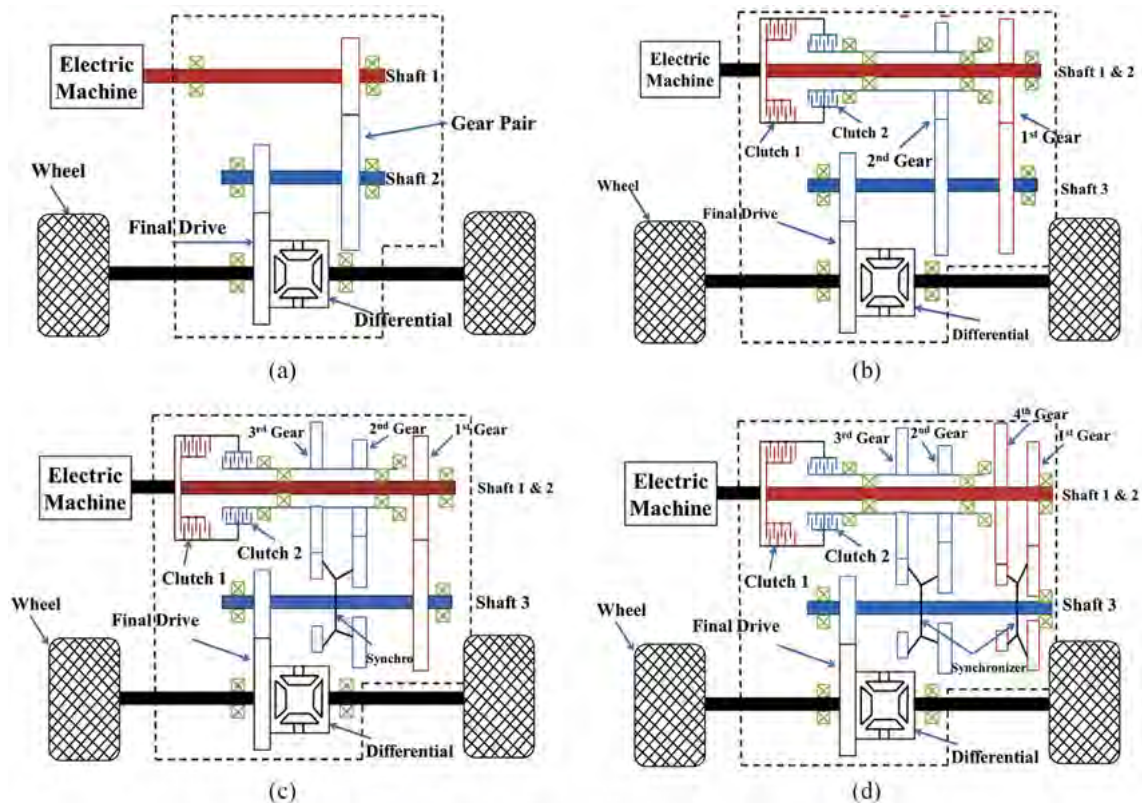


Figura 1.22: Transmisiones de a) una velocidad, b) dos velocidades, c) tres velocidades, d) cuatro velocidades

utilizarse en otras cargas auxiliares como el sistema de iluminación, instrumentación, audio, pequeños motores, etc[41].

1.1.3. Tipos de vehículos

Los vehículos eléctricos, por definición, son aquellos que utilizan la energía eléctrica para mejorar la eficiencia del vehículo[12]. Dentro de este grupo existen muchos tipos dependiendo de cómo se propulsan, y de donde obtienen la energía que necesitan. A continuación veremos los tipos más predominantes:

1.1.3.1. BEV Los BEV o “Battery Electric Vehicles” utilizan la energía eléctrica extraída del sistema de baterías para propulsar el motor. No presentan motor de combustión interna, por lo que no emiten ningún tipo de emisión a la atmósfera, lo que los hace ser la mejor solución para disminuir la gran dependencia de los combustibles fósiles y contribuir a la descarbonización del transporte.

Contiene los siguientes elementos principales[43]:

- Un motor que convierte la energía eléctrica que extrae de las baterías en energía mecánica para girar las ruedas.



Figura 1.23: Convertidor AC-DC



Figura 1.24: Convertidor DC-DC



Figura 1.25: Inversor DC-AC del Tesla Modelo S

- Un sistema de baterías donde se almacena la energía eléctrica necesaria para la propulsión. Hay diferentes tipos de baterías en función de las características o factores con los que trabaje el fabricante.
- Un inversor que convierte la corriente continua de las baterías en corriente alterna para ser utilizada por el motor eléctrico.
- Un sistema de control de potencia que se encarga de ajustar parámetros del vehículo en función de las necesidades del conductor en cada momento.

Las ventaja más reseñable de este tipo de vehículos es que no contaminan. Si es cierto que existe contaminación en el proceso de fabricación del propio vehículo, así como en el reciclaje de materiales relacionados con las baterías y otros elementos[43], pero en cuanto a la conducción, no emite ningún producto nocivo para el medio ambiente. Además, el uso de motores eléctricos hace que la conducción sea más satisfactoria, y eso también se nota en el mantenimiento. Al presentar un menor número de piezas móviles, se requiere menos mantenimiento que otros vehículos similares. Por otro lado, no emite ruido lo cual mejora doblemente la vida de las personas, tanto a nivel ambiental como sonoro[43].

Con todo, a pesar de ofrecer numerosos beneficios, sigue presentando una serie de obstáculos que debe superar para aumentar su adopción. La autonomía continúa siendo limitada, a pesar de que actualmente existen vehículos con un rango de conducción de hasta 600 km[43]. Eso todavía no se ha traducido en un vehículo que cualquier persona pueda adquirir, y es por ello que los precios continúan siendo altos. No así la recarga, que es más barata que el repostaje dependiendo de donde se produzca. Además, los tiempos de carga continúan siendo una de las mayores barreras de este tipo de vehículos, a pesar de contar ya con numerosos puntos de carga rápida y ultrarrápida.

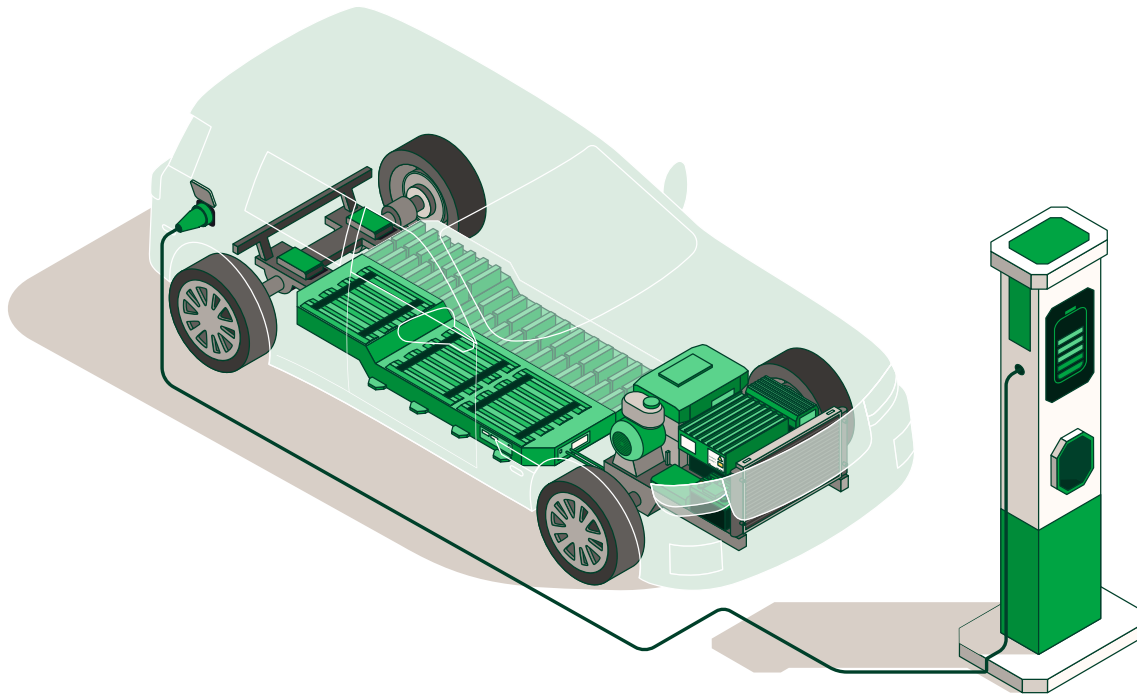


Figura 1.26: Vehículo eléctrico de batería (BEV), que utiliza únicamente energía eléctrica almacenada en baterías recargables.

1.1.3.2. PHEV Los PHEV o “Plug-In Hybrid Electric Vehicles” son híbridos enchufables que utilizan una combinación de motor eléctrico y motor de combustión interna. De forma diferente a otros híbridos, las baterías se pueden recargar a través de estaciones de recarga, aunque su autonomía es mucho menor que la de los BEV[43].

El vehículo tiene diferentes modos de operación, que cambian según las condiciones de conducción o las preferencias del conductor. Tiene un modo eléctrico que permite utilizar la energía de la batería en conjunción con el motor eléctrico hasta que se agota[43]. Es un modo ideal para entornos urbanos donde los viajes son cortos, con autonomías por debajo de los 100 km[43]. También tenemos el modo híbrido donde se utilizan ambos motores y se intercambian de forma eficiente dependiendo de la situación. Por último está el modo de combustión interna, que salta automáticamente cuando la batería está a punto de agotarse o se puede utilizar para viajes a larga distancia donde se requiera la máxima autonomía posible[43].

Se trata de una opción de vehículo eléctrico muy interesante, con una autonomía y recarga muy flexible y que no preocupa al conductor, además de que reduce el uso de combustibles fósiles en entornos urbanos donde el modo eléctrico tiene un uso positivo. No puede considerarse la mejor opción para la descarbonización del sector, pero es un punto intermedio necesario. Los precios de adquisición continúan siendo altos comparado con otras opciones. La batería es limitada y el mantenimiento

resulta complejo por el uso de dos tecnologías diferentes[43].

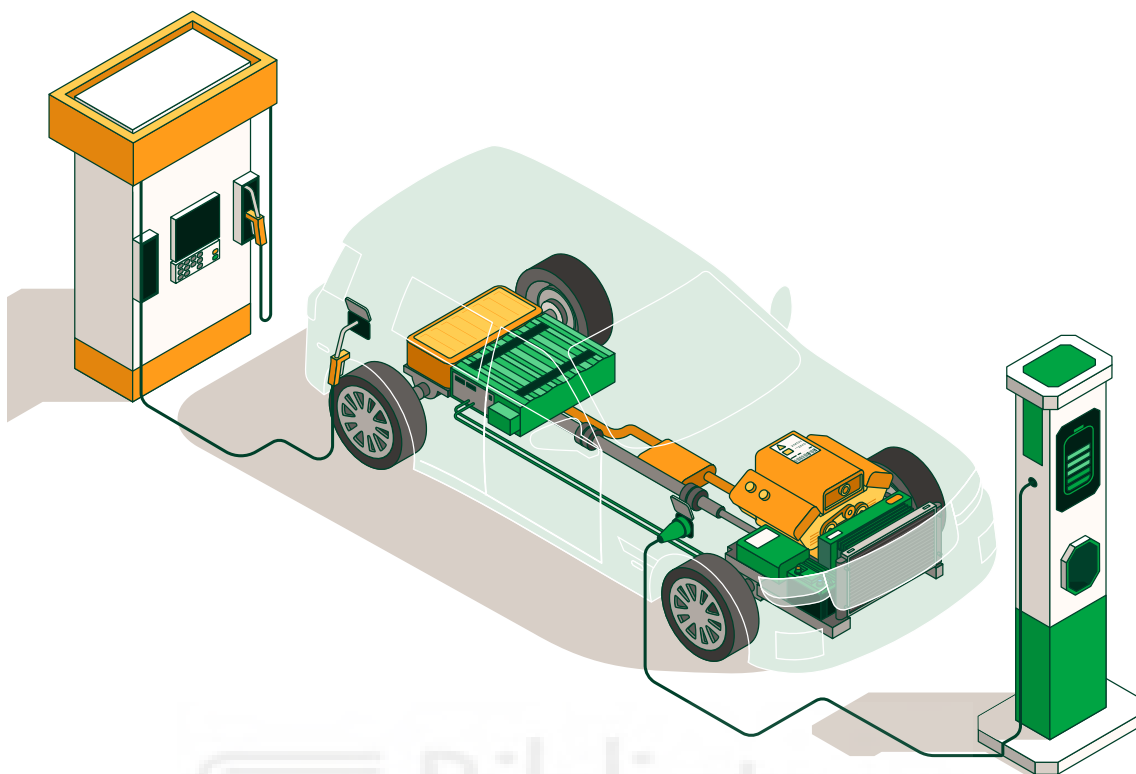


Figura 1.27: Vehículo eléctrico enchufable (PHEV), que utiliza una combinación de motor eléctrico y motor de combustión interna.

1.1.3.3. HEV HEV o “Hybrid Electric Vehicle” son vehículos que utilizan un motor de combustión interna, de gasolina o diésel, como motor principal y un motor eléctrico que actúa como generador. Diferente al PHEV, la batería que incorpora tiene mucha menor capacidad, y se recarga de forma automática a través de la energía generada por el motor de combustión o en las etapas de frenado (frenada regenerativa)[43].

Están diseñados de forma que utilicen el combustible de forma eficiente, y con ello reducen las emisiones en comparación con otros vehículos convencionales. De igual forma que los PHEV, presentan diferentes modos de operación, pero el trabajo que realiza el motor eléctrico está limitado[43]. Incluyen un sistema de arranque que se denomina START/STOP, donde activan el motor eléctrico en determinadas situaciones para mejorar la eficiencia de la conducción[43]. En la tabla se pueden ver en que momento se activa el motor eléctrico y el motor de combustión interna.

- El eléctrico se activa momentáneamente en el primer encendido durante un periodo corto de tiempo.
- Seguidamente pasa a comandar el motor de combustión, y el eléctrico solo se

activa para la recarga en momentos de velocidades constantes donde no existe aceleración.

- Si se necesita acelerar de nuevo, ambos motores trabajan conjuntamente.
- Por último, cuando estamos desacelerando, el eléctrico pasa a utilizar la frenada regenerativa y recarga la batería.

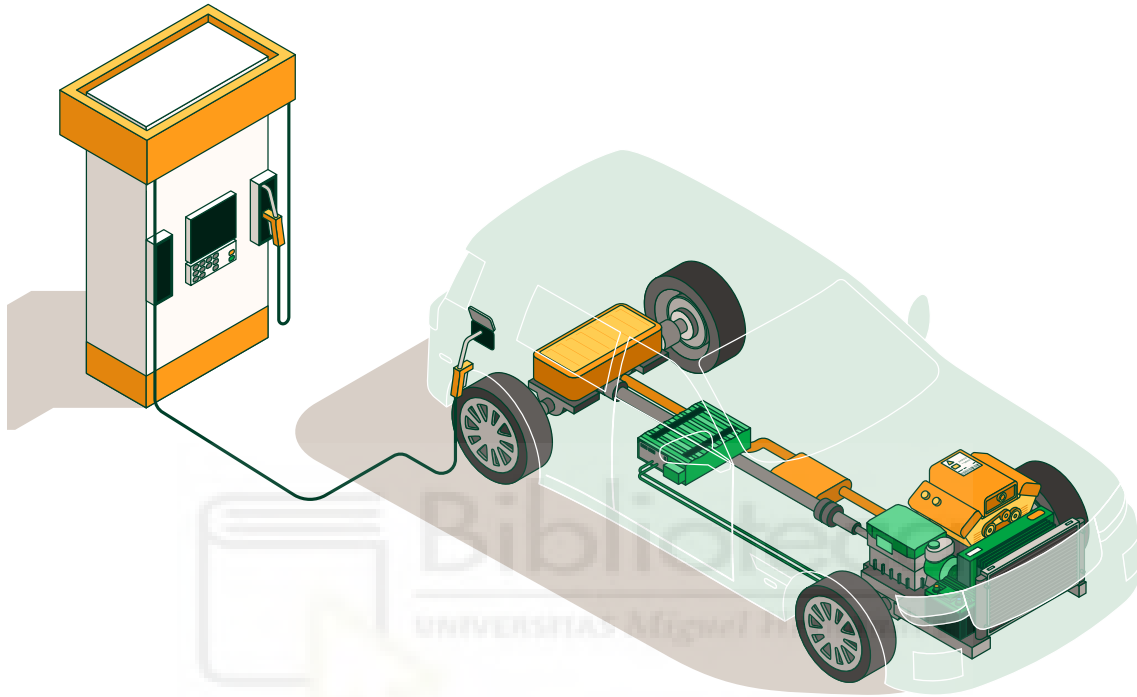


Figura 1.28: Vehículo eléctrico híbrido (HEV), que utiliza un motor de combustión interna y una batería que actúa de apoyo a la conducción.

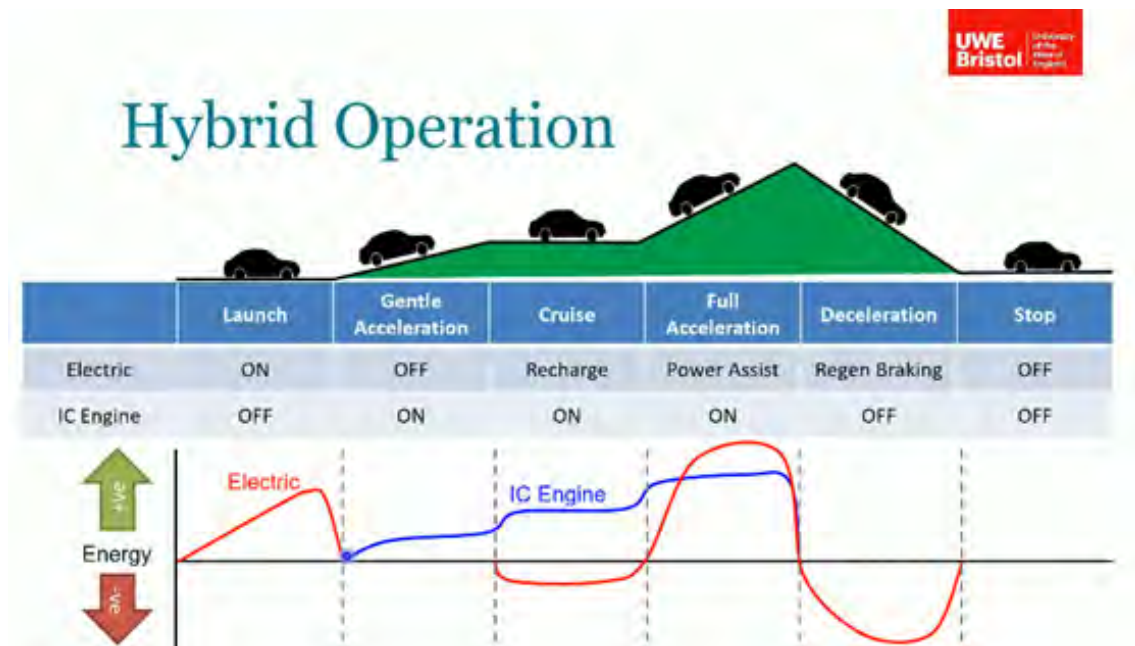


Figura 1.29: Modos de operación de los vehículos híbridos (HEV).

1.1.3.4. EREV EREV o “Extended Range Electric Vehicle” es un tipo de vehículo eléctrico que combina características del PHEV y del BEV. Se propulsa exclusivamente con energía eléctrica, que extrae de su sistema de baterías, y incorpora también un motor de combustión interna que se utiliza para recargar las baterías. Se trata de un híbrido donde la recarga de las baterías se puede realizar de dos formas diferentes: recargando directamente en un punto de recarga o con el motor de combustión[43].

La diferencia principal con otros híbridos, es que se utiliza el motor eléctrico de forma exclusiva para mover el vehículo y el motor de combustión se utiliza para extender la autonomía. Las ventajas de estos vehículos son la mayor autonomía, con una batería que se recarga sin mucha ansiedad para el conductor. El motor eléctrico es ideal para entornos urbanos, y el motor de combustión goza de una mayor vida ya que no se le somete a grandes esfuerzos[43]. Por otro lado, los precios no son competitivos, y el mantenimiento resulta complejo debido a las numerosas tecnologías que posee.

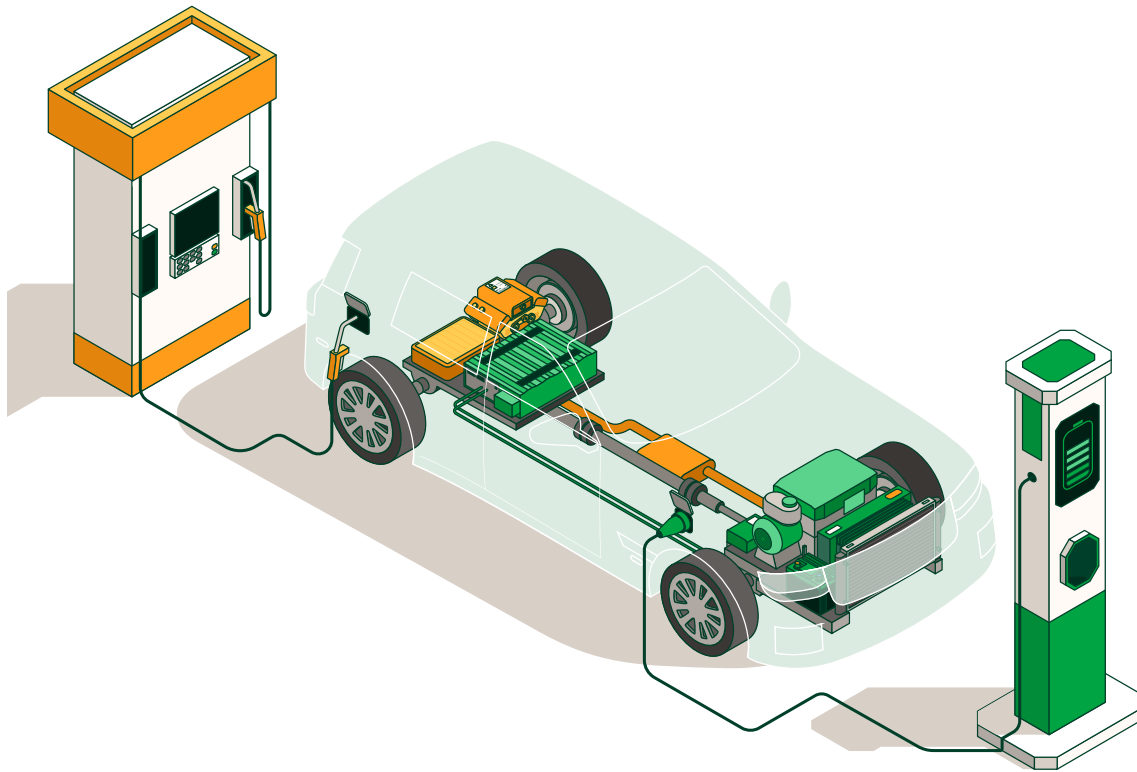


Figura 1.30: Vehículo Eléctrico de Rango Extendido (EREV), que se propulsa con energía eléctrica y recarga las baterías con un motor de combustión interna o en una estación de recarga.

1.1.3.5. FCEV FCEV o “Fuel Cell Electric Vehicle” es un tipo de eléctrico que utiliza una pila de hidrógeno para generar electricidad a través de una reacción química entre el hidrógeno contenido en varios tanques presurizados y oxígeno en el aire[43]. El proceso que realiza es el siguiente[43]:

- Se almacena hidrógeno comprimido en tanques presurizados que se instalan en el vehículo.
- Se produce energía haciendo reaccionar hidrógeno y oxígeno, dando como resultado electricidad, agua y calor.
- La electricidad resultante se envía al motor eléctrico para propulsar el vehículo, mientras que el agua se emite a la atmósfera en forma de vapor.
- Tiene también una batería que se utiliza como ayuda en la conducción.

Sobre el papel son el mejor vehículo para la descarbonización del transporte porque sólo emiten vapor de agua y hay hidrógeno en grandes cantidades en la naturaleza. Alcanza autonomías de entre 500-700 km y la recarga se efectúa de manera rápida de 3 a 5 minutos[43]. Pero la realidad es distinta, ya que no existe una infraestructura

adecuada para distribuir el hidrógeno y se necesitarían instalar numerosas hidrogeneras por todo el mapa para hacer esta tecnología viable. Por otro lado la producción de hidrógeno está ligada a los combustibles fósiles, por lo que no es positivo para el medio ambiente, a pesar de que se está desarrollando el hidrógeno verde.

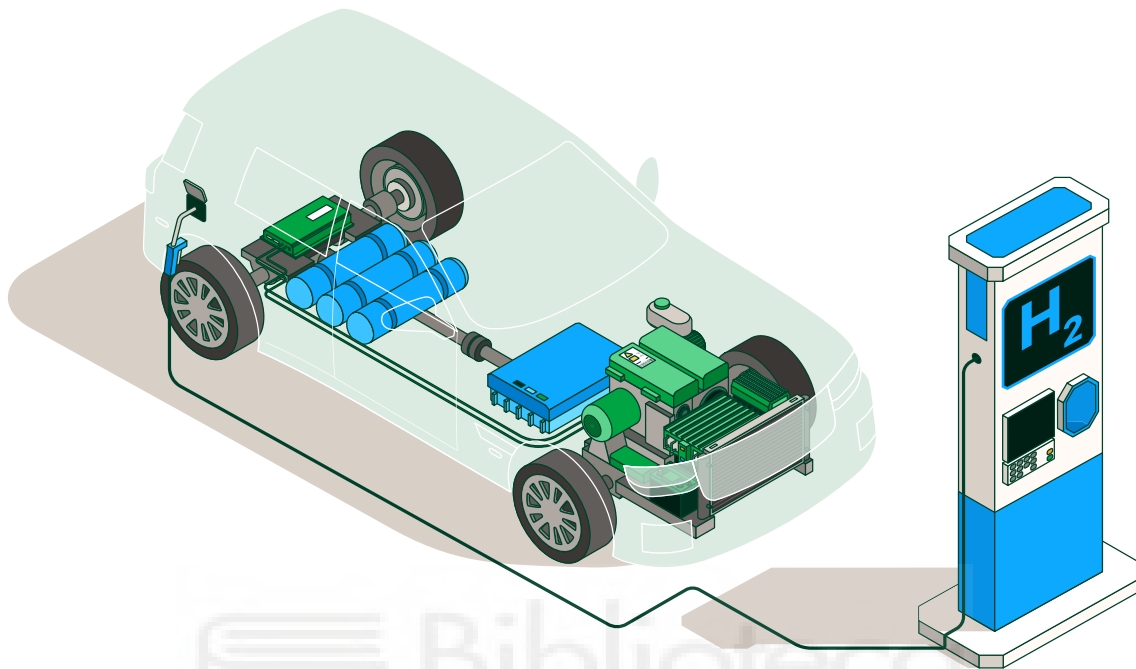


Figura 1.31: Vehículo Eléctrico de Pila de Hidrógeno (FCEV), que utiliza pilas de hidrógeno para generar electricidad a través de una reacción química con hidrógeno y oxígeno.

1.1.4. Comparación de los vehículos eléctricos frente a los vehículos de combustión interna

- **Combustible:** los motores de combustión interna pueden utilizar combustibles líquidos como la gasolina, el diésel, el etanol o el biodiésel, y gaseosos como el gas natural comprimido (GNC) o el gas licuado del petróleo (GLP). Por otro lado, los motores eléctricos aprovechan la energía eléctrica almacenada en sus baterías, que puede proceder total o parcialmente de generación renovable, lo cuál lo hace más atractivo desde el punto de vista medioambiental.
- **Densidad de energía:** los combustibles fósiles, como la gasolina, tienen una densidad de energía mucho mayor que las baterías. Por ejemplo, la densidad energética por peso de la gasolina es de unos 12,800 Wh/kg, mientras que una batería LFP actual ronda los 200 Wh/kg [61]. De este modo, los vehículos eléctricos necesitan instalar cientos de kilogramos de baterías para equipararse a la autonomía que ofrece un vehículo de combustión interna.
- **Emisiones:** los vehículos 100 % eléctricos no producen ningún tipo de gases

contaminantes en el uso personal, frente a vehículos diésel y gasolina, tanto dentro de los considerados eléctricos, como los que no. Si bien hay que destacar que si existen emisiones indirectas derivadas de la fabricación del vehículo y de la energía eléctrica que se suministra durante las recargas. Aún así, si se incluyen todas las emisiones durante el ciclo de vida completo, los datos revelan que los eléctricos producen hasta un 70 % [162] menos de emisiones comparados con los vehículos de gasolina y diésel. Se espera que esta diferencia sea mayor conforme pasen los años.

- **Rendimiento:** el rendimiento de un motor eléctrico se sitúa en un rango aproximado del 81-95 %, y un motor de combustión interna entre el 20-40 %. Si observamos las pérdidas desde la generación o producción del combustible hasta la conducción del mismo, el vehículo eléctrico utiliza hasta el 90 % de la energía origen, con pequeñas pérdidas en el convertidor, la entrada y salida de la batería, la transmisión y el motor. Mientras tanto, el motor de combustión aprovecha únicamente un 21 % del combustible de origen, con unas pérdidas considerables concentradas mayormente en el motor. Incluso con generación no renovable, el VE es más eficiente que otros [156].
- **Autonomía:** la autonomía es muy alta en los vehículos con motores de combustión. En este sentido, conforme más madura la tecnología de baterías más se equiparán los números. En 2026, de media los eléctricos están dando de media unos 300 km por carga.[54]
- **Tiempo de recarga de combustible:** mientras que rellenar el tanque de combustible puede tomar unos cuantos minutos, recargar las baterías de los eléctricos puede tomar entre minutos y horas. La duración depende de varios factores como la capacidad máxima y el estado de carga de la batería, el tipo de punto de recarga, el conector y la temperatura. Por un lado, cuanto más energía almacene la batería, mayores serán los tiempos de recarga. Es decir, una batería de 35 kWh se recargará antes que una de 80 kWh. Luego, dependiendo de la potencia del punto de recarga, tendrás diferentes opciones como carga estándar o rápida. El punto de recarga elegido también depende de la máxima potencia que admite tu vehículo. Si por ejemplo el vehículo solo acepta una potencia de carga de 100 kW y conectamos a un punto ultrarrápido de 250 kW, la potencia estará limitada a la del vehículo.
- **Peso:** los vehículos eléctricos por lo general son más pesados que el equivalente de combustión interna. Este extra de peso se debe principalmente a la batería, y afecta tanto al rendimiento como a la autonomía[157].

- **Mantenimiento:** los costes de mantenimiento son menores en los vehículos eléctricos, debido a que tienen menor número de elementos móviles, lo que implica menor desgaste mecánico. No necesitas realizar cambios de aceite, ni sustituir filtros de combustible o bujías, etc. Lo único que podría ser relevante es la batería, que dispararía los costes, aunque ya vienen con garantías del fabricante de hasta 8 años o 160,000 km que cubren el 70 % de capacidad de la batería.
- **Recuperación de energía:** en los vehículos eléctricos es posible recuperar una cantidad de energía durante las frenadas. Un motor y un generador eléctrico es lo mismo, sólo cambia la forma en la que se convierte la energía. En la frenada, el motor ya no consume corriente, sino que usamos la energía mecánica del vehículo en movimiento que trabaja “en contra” del campo magnético del motor, creando energía eléctrica y recargando las baterías. Una de las ventajas de esto es que los discos de frenos en los VE se gastan menos.
- **Complejidad:** un simple motor eléctrico tiene muy pocas partes móviles, a diferencia del motor de combustión que contiene válvulas, pistones, cigüeñal, árboles de levas, etc. Objetivamente, el vehículo eléctrico es más simple y requiere menos mantenimiento. Es cierto que el eléctrico va equipado con más electrónica, pero no dista mucho de la que llevan actualmente los demás vehículos.
- **Ruido:** los VE son mucho más silenciosos que los ICE, hasta el punto de que deben por ley generar algo de ruido para alertar a los peatones como medida de seguridad.
- **Infraestructura de recarga:** los ICE cuentan con muchas más gasolineras a su disposición con respecto a los puntos de recarga actualmente habilitados. Es uno de los problemas principales para la adopción masiva de los VE y algo en lo que se tiene que seguir trabajando.
- **Par motor:** los vehículos eléctricos tienen una curva de par motor plana, ya que los motores pueden producir par máximo a velocidades muy bajas. Esto permite conseguir aceleraciones muy suaves, ideal para entornos urbanos, y menores consumos de energía. Por otro lado, en un motor de combustión, el par máximo depende de la relación combustible-aire y el rendimiento volumétrico. Conseguir el punto exacto es más complicado, y suele darse en velocidades de rpm medias o altas.

1.2. Mercado del VE

El sector automovilístico continúa impulsando la electrificación de sus modelos de vehículos, conforme se avanza hacia la transición energética y se deja atrás la dependencia del petróleo como fuente principal de energía no renovable.

A pesar de los avances realizados en la primera década del presente siglo, la transformación a este nuevo mercado está siendo complicado para numerosas compañías, ancladas todavía con modelos de vehículos convencionales.

La presión económica, la adaptación al nuevo mercado, las regulaciones, los aranceles y la falta de infraestructura son muchas de las barreras a las que se enfrenta el sector del eléctrico. Por ello, resulta esencial observar el ritmo actual de producción y ventas, para así comprender hacia donde se dirige el sector.

1.2.1. Situación actual en la producción y comercio de vehículos eléctricos

La fabricación de los VE es muy similar a las de los vehículos de combustión interna, ya que comparten muchos elementos. La diferencia fundamental se encuentra en la cantidad de minerales que necesita el eléctrico para uso en baterías y motores.

En un escenario ideal donde las personas utilicen vehículos eléctricos, será necesario la fabricación de una enorme cantidad de sistemas de almacenamiento de energía, los cuáles van a necesitar de muchos y escasos materiales.

Estos materiales, raros muchos de ellos, se localizan en diferentes parte del mundo. En este tema, China goza de una posición privilegiada, ya que posee grandes yacimientos de diferentes elementos críticos para la fabricación de eléctricos y una infraestructura desarrollada y asentada desde hace más de una década.

En 2024, China fue capaz de producir más del 75 % de las baterías empleadas a nivel global[76]. Además, estas baterías son un 25 % más baratas de media, que las desarrolladas por empresas de Europa y del Norte de América[76].

Estos datos se traducen en una producción del 70 % de VE en 2024. En ese mismo año, se fabricaron alrededor de 17.3 millones de VE, gracias a los esfuerzos de los fabricantes asiáticos, que lideran la producción en su propio país en un 80 %[76].

Por otro lado, la producción en 2024 en la Unión Europea fue de 2.4 millones de vehículos[76]. De igual forma que los fabricantes chinos en su país, los europeos conformaron el 80 % de la producción local, con las empresas alemanas en cabeza. Stellantis y Renault han estado perdiendo producción con el tiempo. El 20 % restante

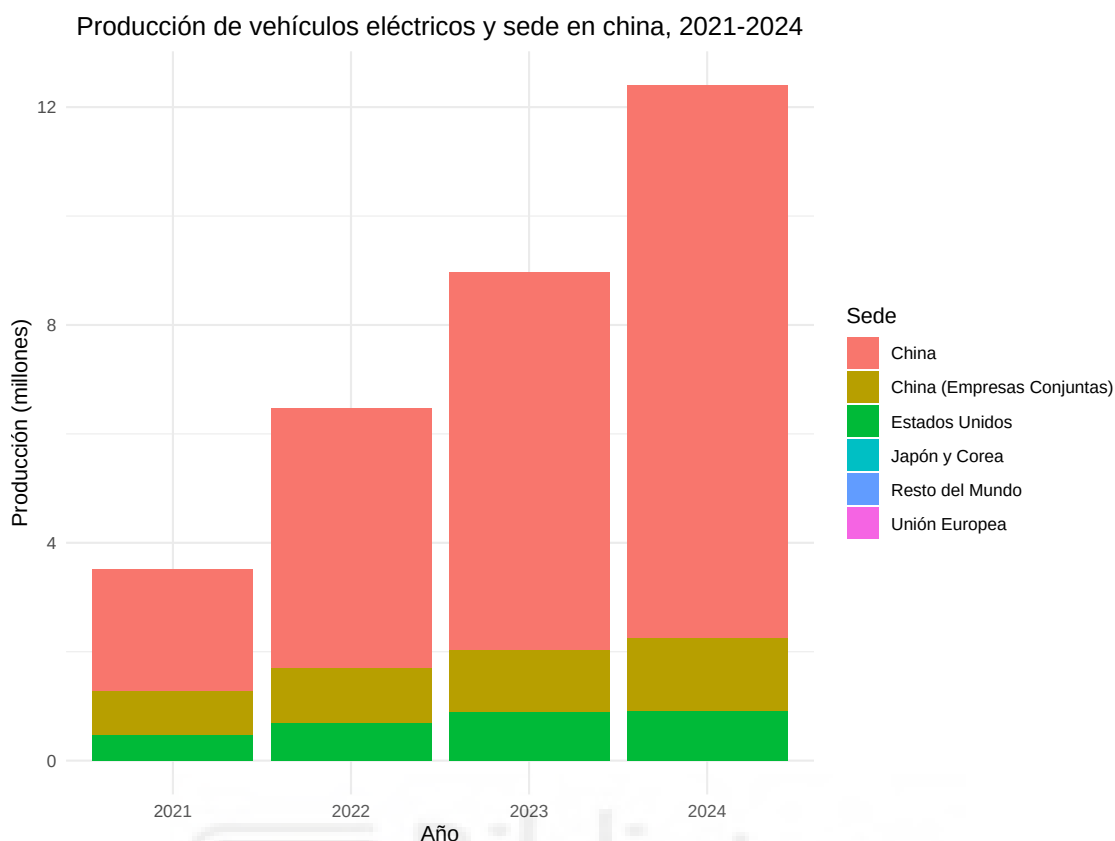


Figura 1.32: Producción de vehículos eléctricos y sede en China, 2021-2024

en la región recae en Ford y Tesla, fabricantes americanos[76].

La tercera gran región de productores de VE, América del Norte, ha mantenido su producción de forma mayoritaria con Tesla y Ford a la cabeza, seguido de los europeos. Mexico ha gozado de buenos números debido a unas condiciones laborales más asequibles[76].

La producción en Asia continúa creciendo año a año, con Toyota y Hyundai que tiene prácticamente la mayoría de la producción.

En cuanto a exportaciones, China es el mayor exportador, seguido de la Unión Europea y los Estados Unidos. Sin embargo, su impulso ha disminuido debido a subidas arancelarias en los mercados más importantes[76].

Estos aranceles se han impuesto debido al actual poder que tiene China en la cadena de producción. Controlan muchos de los materiales críticos que se necesitan para su fabricación y además lo consiguen a un precio mucho más asequible[128].

Otro de los puntos clave es la financiación extrema del sector por su propio gobierno, un tema que se tradujo en subidas arancelarias en la unión europea[65]. A finales

Producción de vehículos eléctricos y sedes de los fabricantes por región, 2021-2024

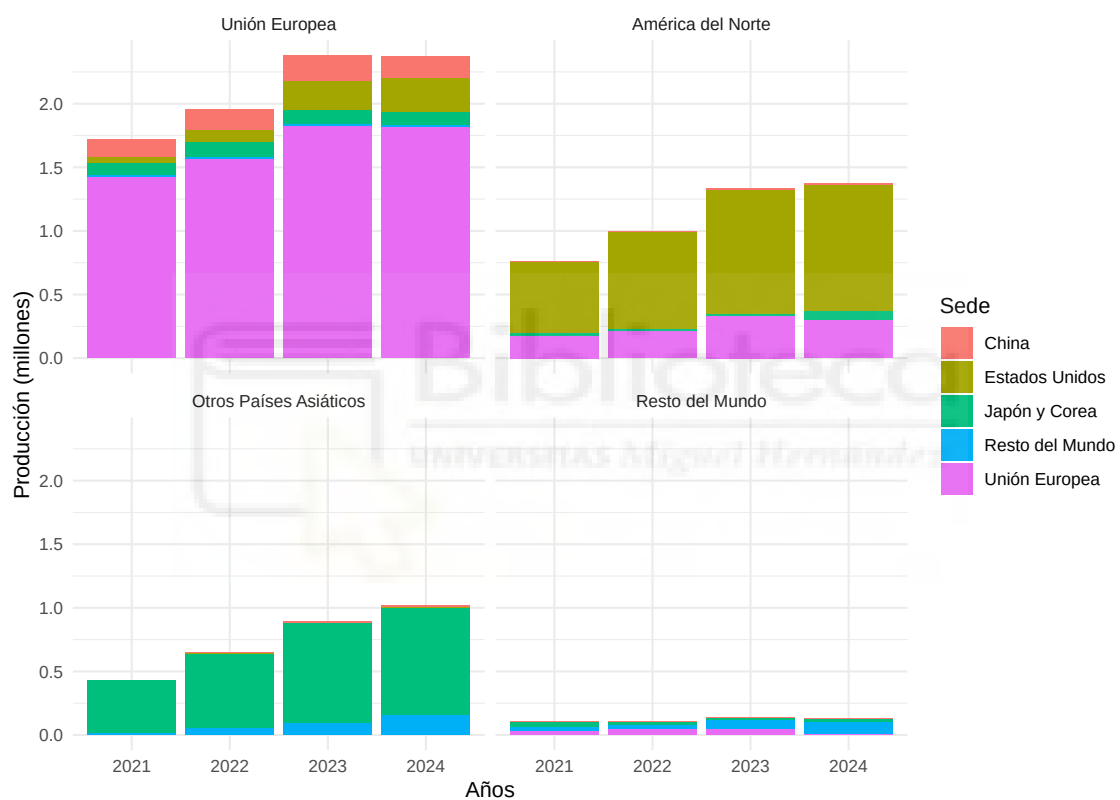


Figura 1.33: Producción de vehículos eléctricos y sedes de los fabricantes por región, 2021-2024

de 2024, la unión impuso aranceles de hasta el 45.3 %, como medida de protección del sector local[18]. La denuncia de la propia unión fueron las ayudas masivas que estaban recibiendo las compañías en China en forma de concesión de terrenos a coste bajo, alivios fiscales y abastecimiento de materiales a precios de derribo que les permitían producir vehículos muy baratos[65].

Durante el 2025, la posición de Europa ha cambiado en este sentido y para evitar una confrontación directa con China, su estrategia pasa por la implementación de un precio mínimo que si bien técnicamente limitará las ventas, también mejorará las condiciones del sector local y permitirá también a las compañías chinas añadir mejores características a los vehículos[35].

1.2.2. Ventas globales de VE

Durante el año 2025, las ventas de VE alcanzaron las 20.7 millones de unidades[169], un crecimiento del 20 % respecto al año anterior, que fueron 17 millones de unidades aproximadamente.

El grueso de ventas sigue concentrándose en China, que actualmente comercializa vehículos eléctricos nuevos como usados[70]. Esta situación se produce por presiones para conseguir los objetivos de crecimiento marcados. China invierte mucho en investigación y desarrollo, lo que da lugar a la creación de cientos de nuevas compañías que compiten por un mismo mercado. Para atraer nuevos clientes, las compañías bajan los precios continuamente, lo que reduce los márgenes de beneficio y les lleva a operar con pérdidas, todo apoyado por el gobierno central y local. Se habla de que el gobierno chino gasta hasta el 3 % de ingresos del gobierno en incentivar el sector eléctrico[73].

En cuanto a Europa, el crecimiento en 2025 fue de un 33 %[169]. El crecimiento del BEV fue específicamente del 31 %, mientras que el del PHEV fue de 38 %[169]. Es significativo destacar la importancia de los enchufables, que continúan gozando de una formidable salud. Se trata de una solución atractiva para el usuario, que no tiene que pensar donde recargar su vehículo, aunque negativa para el medioambiente.

Las ventas en Estados Unidos son pobres en comparación, con solo un 1 % de crecimiento, debido sobretudo a cambios de políticas en materia de créditos fiscales, reducción de estándares y eliminación de programas de electrificación[169]. Todo ello hace que este mercado vaya a reducirse en un 29 % en 2026[169]

Si echamos un vistazo a las ventas con respecto a vehículos de combustión interna, podemos comprobar como el sector eléctrico continúa abriéndose paso a pesar de la



Figura 1.34: Vehículos eléctricos esperando ser exportados en China (2025)

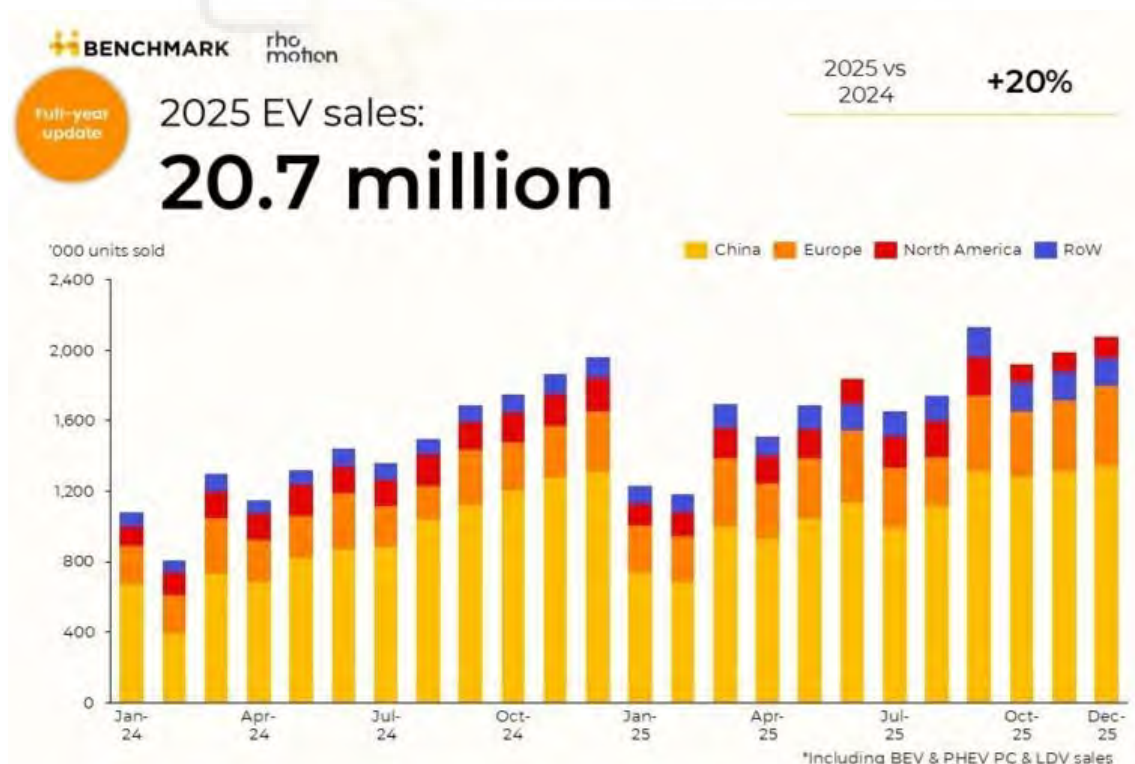


Figura 1.35: Ventas de vehículos eléctricos en 2025 vs 2024[169]

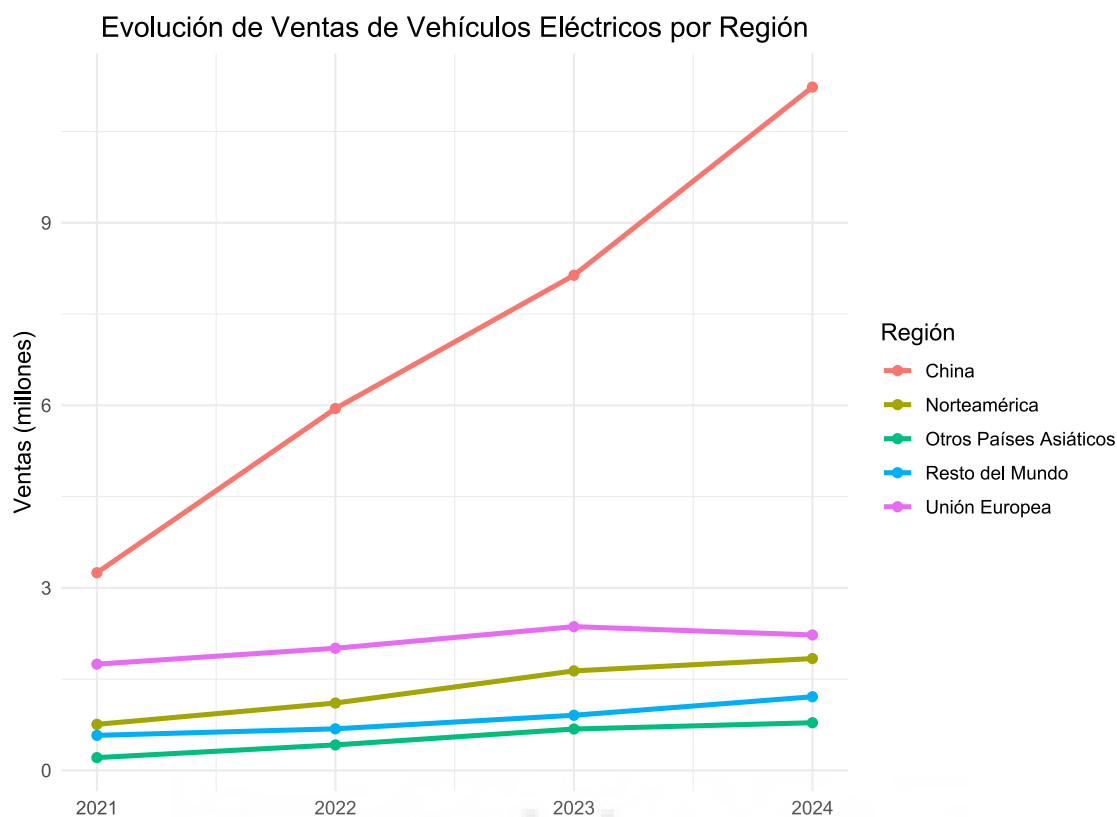


Figura 1.36: Evolución de ventas globales de vehículos eléctricos por región y año[76]

evidente brecha de ventas a favor de la combustión. Sin embargo, hay que destacar que los ICEV tuvieron su punto máximo de ventas en 2017-18 y han continuado disminuyendo año tras año.

Numerosos estudios confirman este declive y la situación va a ir a peor conforme avancemos hacia la mitad del siglo. Cabe señalar también que países como India todavía no han tocado ese techo y el declive dependerá en gran medida de las políticas que promuevan la adopción del VE[180]

1.2.3. Ventas en España

Los datos de ventas de vehículos eléctricos en España son bastante favorables. Según datos de ANFAC, las matriculaciones de vehículos de combustión interna continúan descendiendo a favor de vehículos electrificados como el BEV o el PHEV.

Durante el 2025, los vehículos de gasolina y diésel han visto reducidas sus ventas un 15.99 % y un 8.60 % respectivamente[13]. La bajada ha sido aún más pronunciada con los turismos. Estos datos, en la línea de Europa, confirman el declive de los vehículos de combustión interna puros, reemplazados por híbridos no enchufables más eficientes y menos contaminantes. El promedio de caída en ventas ha sido del

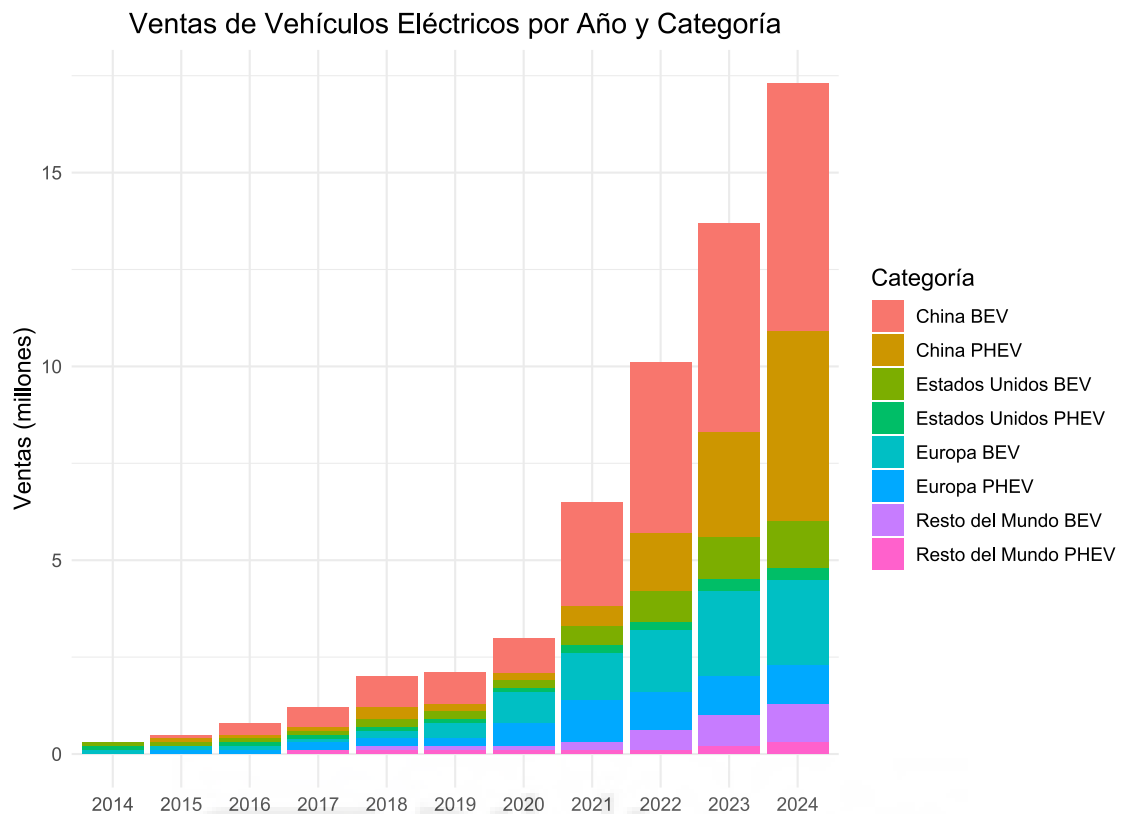


Figura 1.37: Evolución de ventas de vehículos eléctricos por región, año y categoría[76]

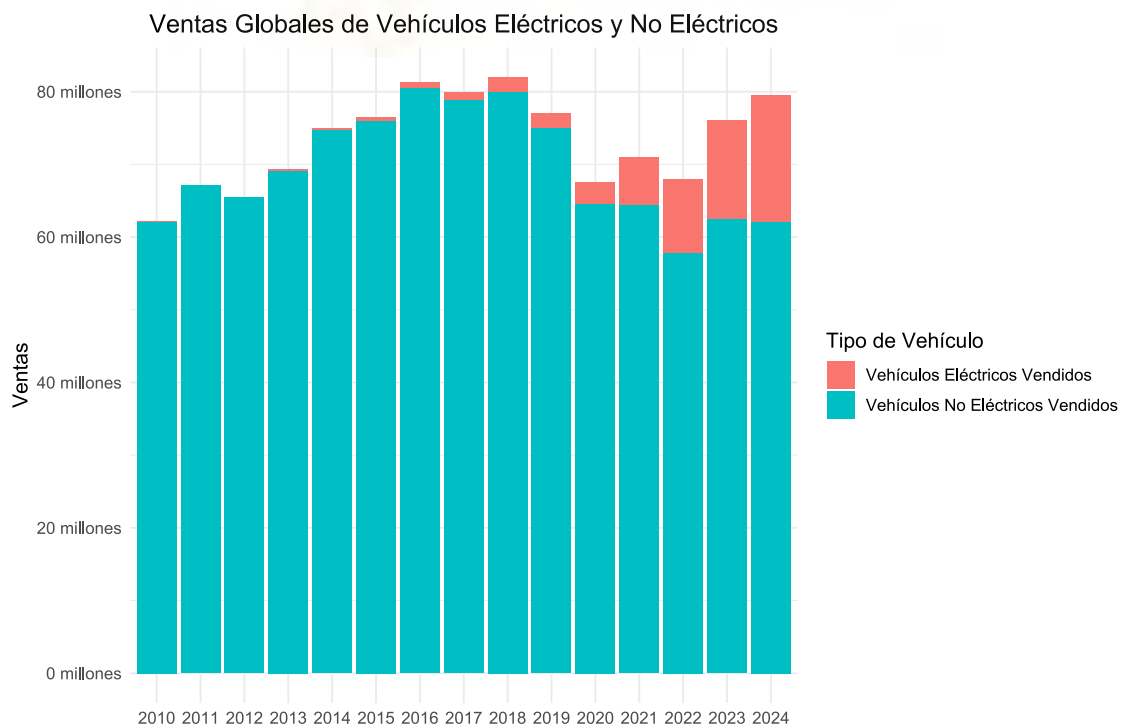


Figura 1.38: Ventas globales de eléctricos frente a no eléctricos[164]

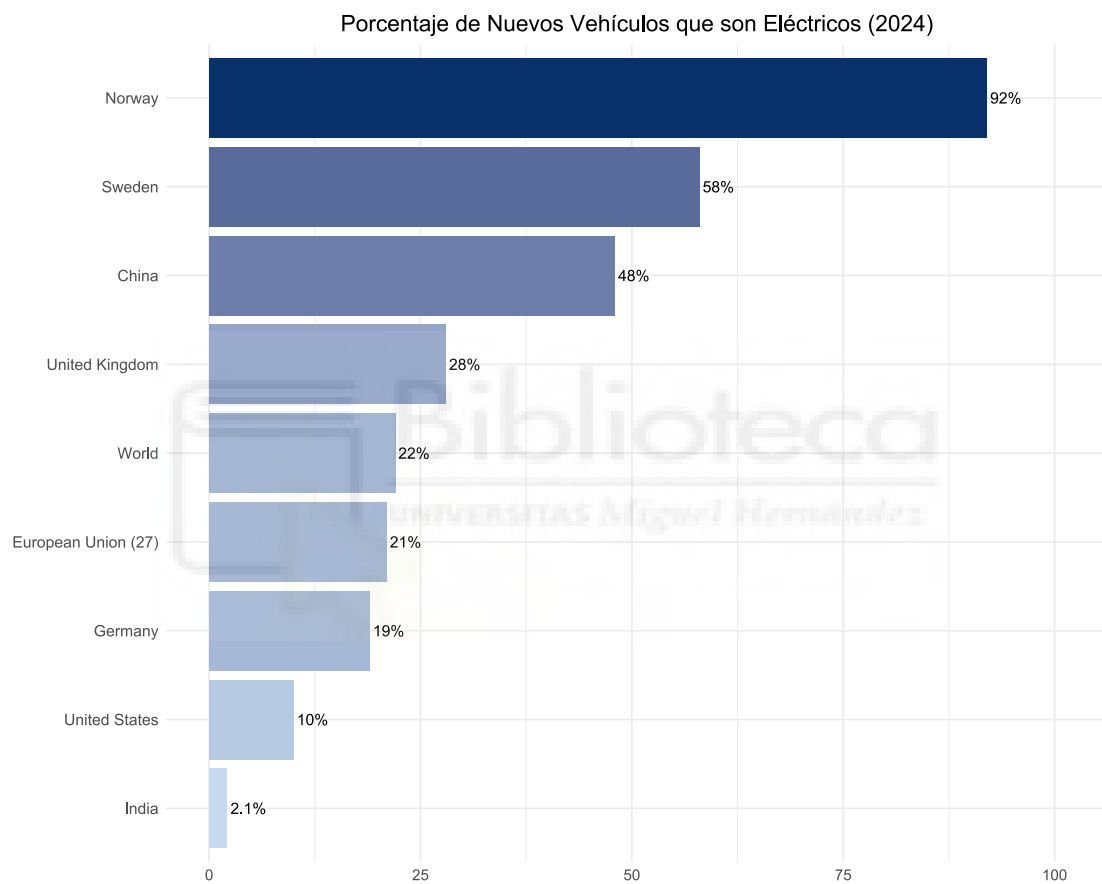


Figura 1.39: Porcentaje de vehículos vendidos que son eléctricos (2024)[164]

18.7 % en Europa, con Francia encabezando la bajada de ventas en un 32 %, seguido de Alemania, Italia y España[117].

Por lo que respecta a España, la cuota de turismos electrificados se sitúa en un 19.64 %[13], es decir uno de cada cinco vehículos vendidos fueron eléctricos. El eléctrico puro (BEV) ha colocado 115062 unidades matriculadas en lo que va de año, mientras que el híbrido enchufable (PHEV) y el extendido (EREV) han tenido un volumen de 130567 unidades matriculadas[13]. La subida con respecto al año anterior ha sido del 75.7 % y el 118.7 %, en ese orden[13].

Por otra parte, los híbridos no enchufables dominan el mercado con una cuota del 42 %, registrando volúmenes de ventas de 484416 unidades. Por último, el diésel y la gasolina representan una cuota del 33.2 % en conjunto[13].

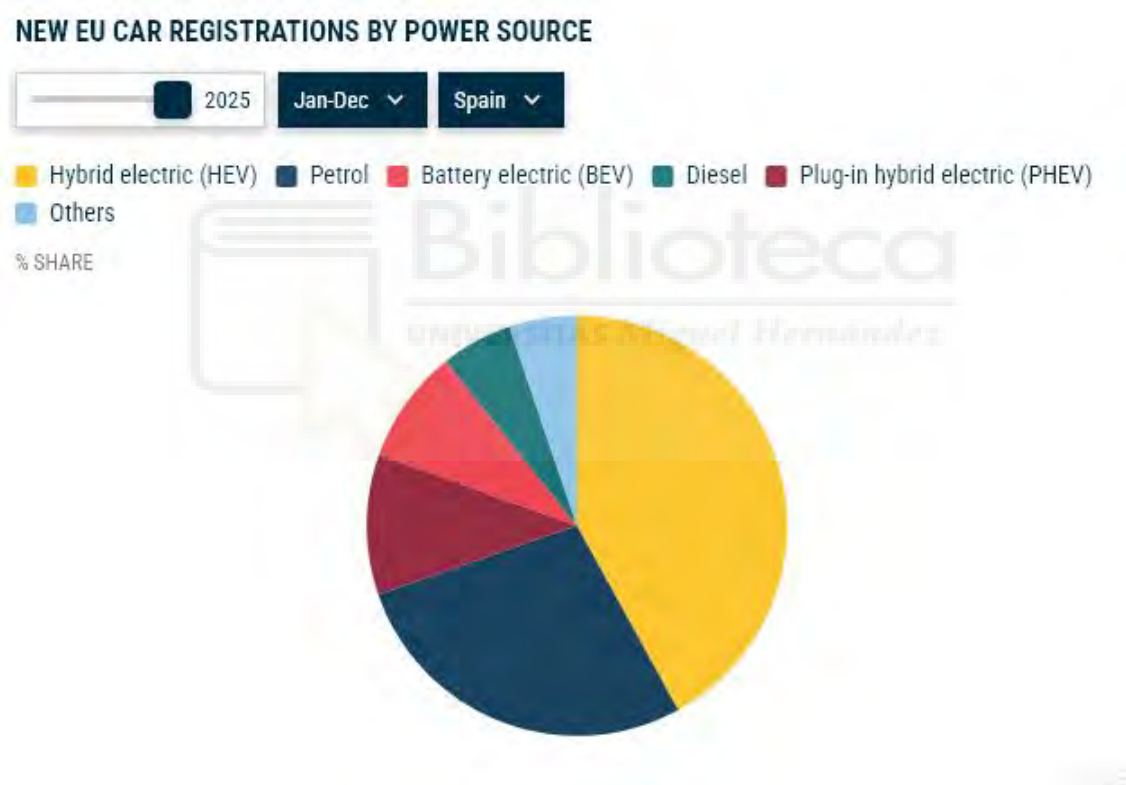


Figura 1.40: Cuota de mercado de vehículos según fuente de energía en España (2025)[117]

Con respecto al mercado europeo, España continúa con fuertes ventas de eléctricos y enchufables gracias a la reactivación del programa MOVES de ayudas en abril de 2025. El efecto fue bastante evidente y las ventas aumentaron considerablemente respecto al año anterior.

Aunque los datos son muy positivos y reflejan el crecimiento del sector eléctrico, siguen siendo insuficientes para el cumplimiento de los objetivos climáticos marcados

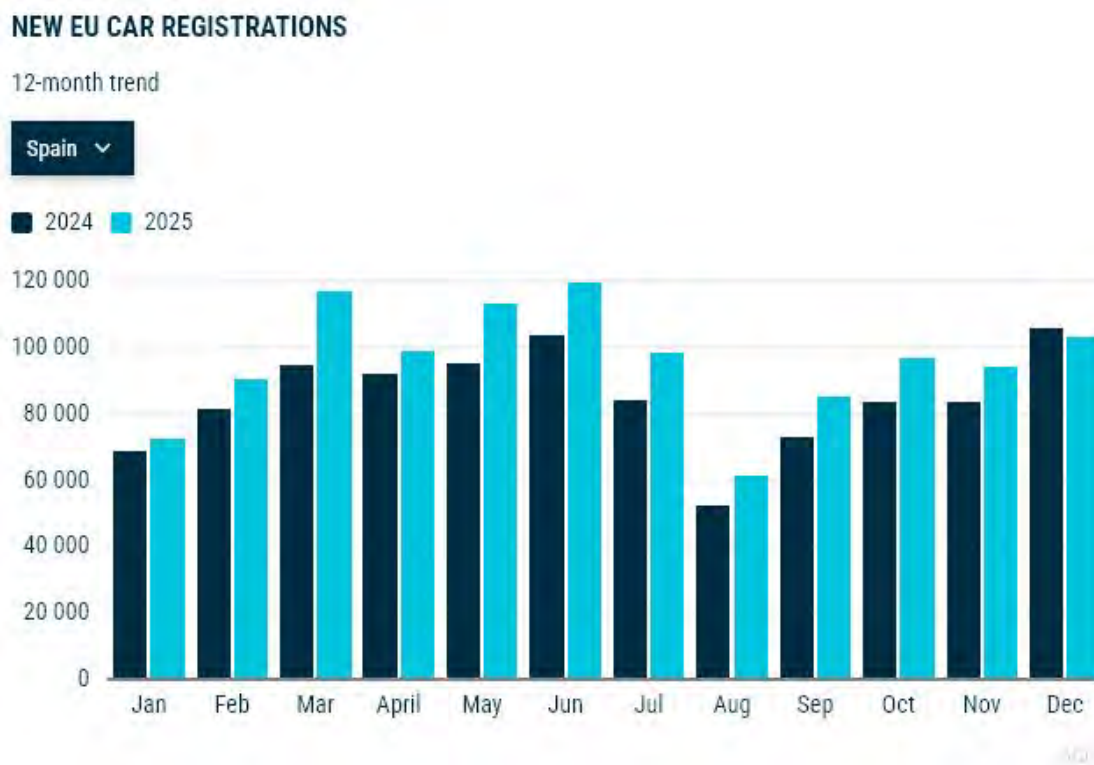


Figura 1.41: Datos mensuales de matriculaciones en España (2024-2025)[117]

para 2030. El PNIEC establece como meta alcanzar los 5.5 millones de vehículos eléctricos para ese año, algo que resulta irreal e inalcanzable si se mantiene el ritmo actual de matriculaciones.

Los datos ofrecidos por AEDIVE revelan que el parque de vehículos eléctricos a finales del 2024 se situaba en 559877 vehículos (BEV + PHEV)[161]. Dado que, de forma aproximada, se están vendiendo unos 200000 vehículos eléctricos anuales. Con la tasa de crecimiento actual no vamos a poder llegar a esos objetivos, ni siquiera duplicándolos todos los años. Eso sin tener en cuenta, que la cantidad de puntos de recarga debería también dispararse al mismo ritmo de adopción. Estamos en crecimiento si, pero se está dando todo de forma más lenta de lo que se preveía.

Respecto al top 10 de modelos eléctricos que actualmente se venden en el país, hay algunos datos que revelan una situación que necesita cambios. En primer lugar, vemos todavía muchos modelos caros, premium, con unos precios desorbitados de 40000 y 45000 euros, sin ayudas. Estos modelos cuentan con baterías de muy alta capacidad y permiten autonomías de hasta 550 km WLTP, lo cual es positivo. Pero son modelos que no todo el mundo se puede permitir y limitan la descarbonización del transporte.

Se necesitan modelos asequibles de verdad, con o sin ayudas, como el Renault R5,

el Citroen C3, o el BYD Dolphin Surf que ha entrado en el top 10, con un precio, sin ayudas, de 19000 euros, y una autonomía media de 310 km.

Las compañías han estado disminuyendo los precios para cumplir con los objetivos impuestos por la Unión Europea en materia de emisiones de CO₂[11] como se puede ver en la figura 3.11. Pero les concedieron una prórroga a mediados de este año, que deberán cumplir de forma más estricta en el futuro. Aún así, se observó que los precios volvieron a aumentar cuando se anunció la enmienda.

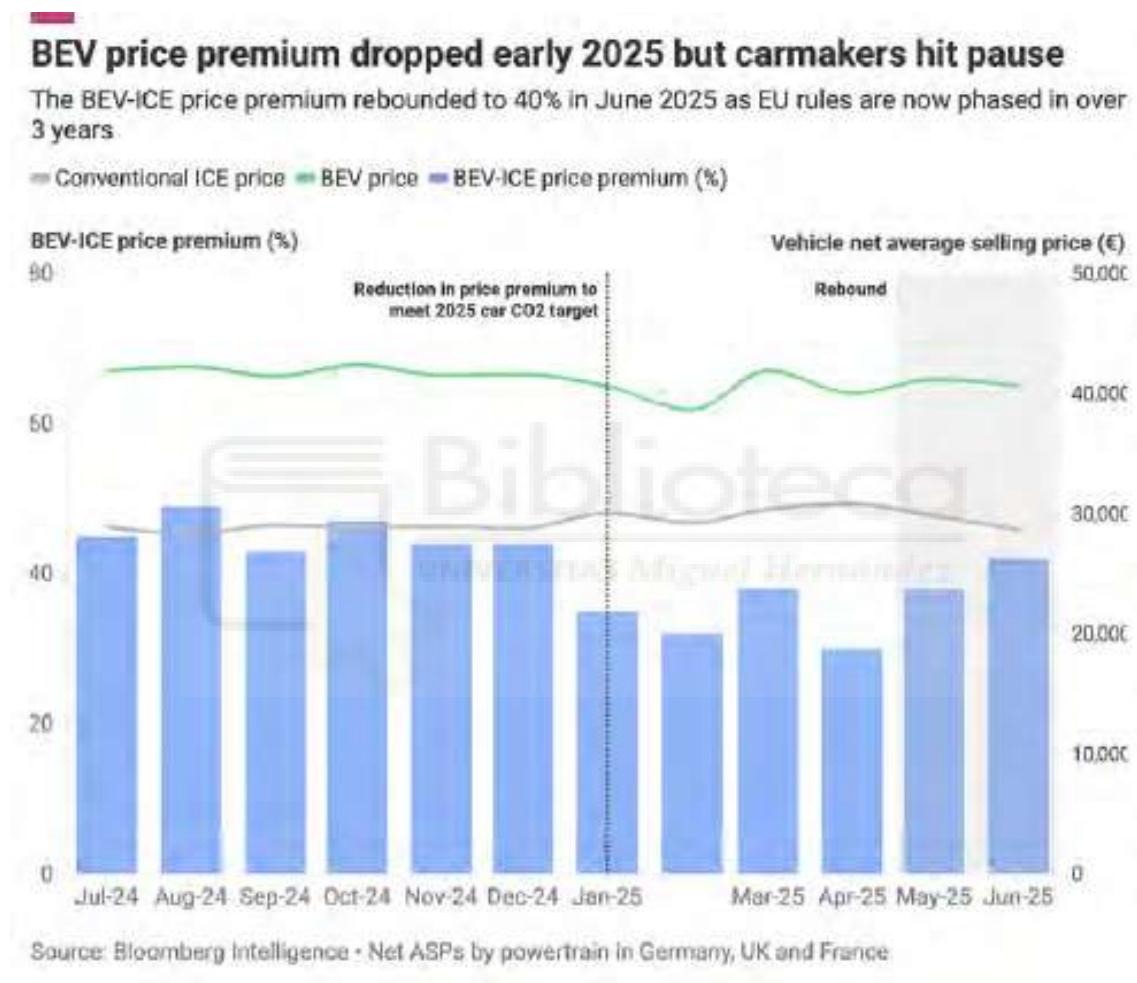


Figura 1.42: Encarecimiento de los vehículos eléctricos puros (BEV) respecto a los ICE[69]

Más vehículos están por llegar al mercado con un precio mucho más bajo debido a la disminución de precios de las baterías que se estiman que se reduzcan en un 46 % entre 2025 y 2030[69]. Se esperan modelos de Skoda, Opel y Renault entre 20 y 25 mil euros.

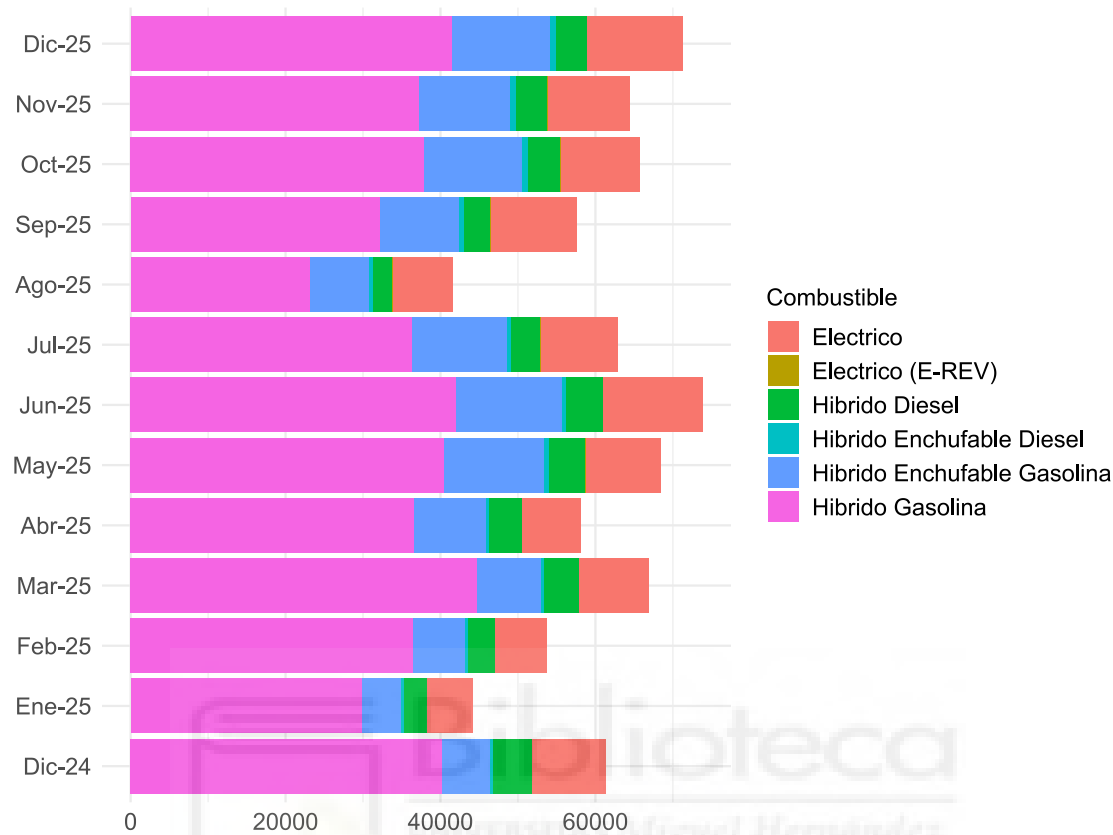


Figura 1.43: Evolución mensual de matriculaciones del total del mercado[13]

Modelos	Unidades
TESLA MODEL 3	9947
TESLA MODEL Y	6005
KIA EV3	5661
RENAULT R5	4123
BYD DOLPHIN SURF	4181

Figura 1.44: Top 5 matriculaciones BEV en España (2025)[13]

Modelos	Unidades
BYD SEAL U	9373
MG EHS	8417
TOYOTA C-HR	8409
FORD KUGA	6829
MERCEDES CLASE GLC	6519

Figura 1.45: Top 5 matriculaciones PHEV en España (2025)[13]

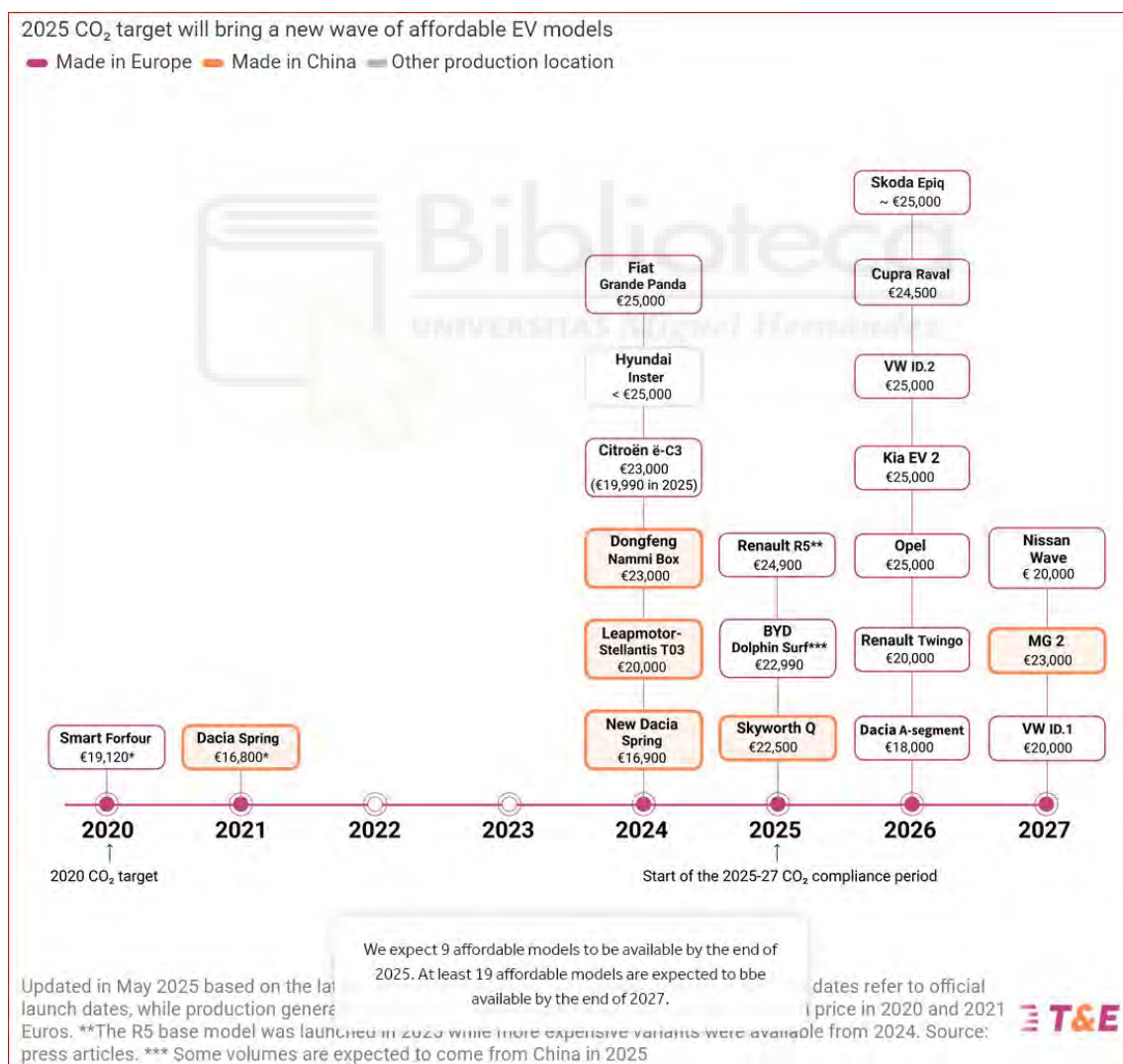


Figura 1.46: Línea de tiempo con los modelos de vehículos que se esperan y el precio aproximado[69]

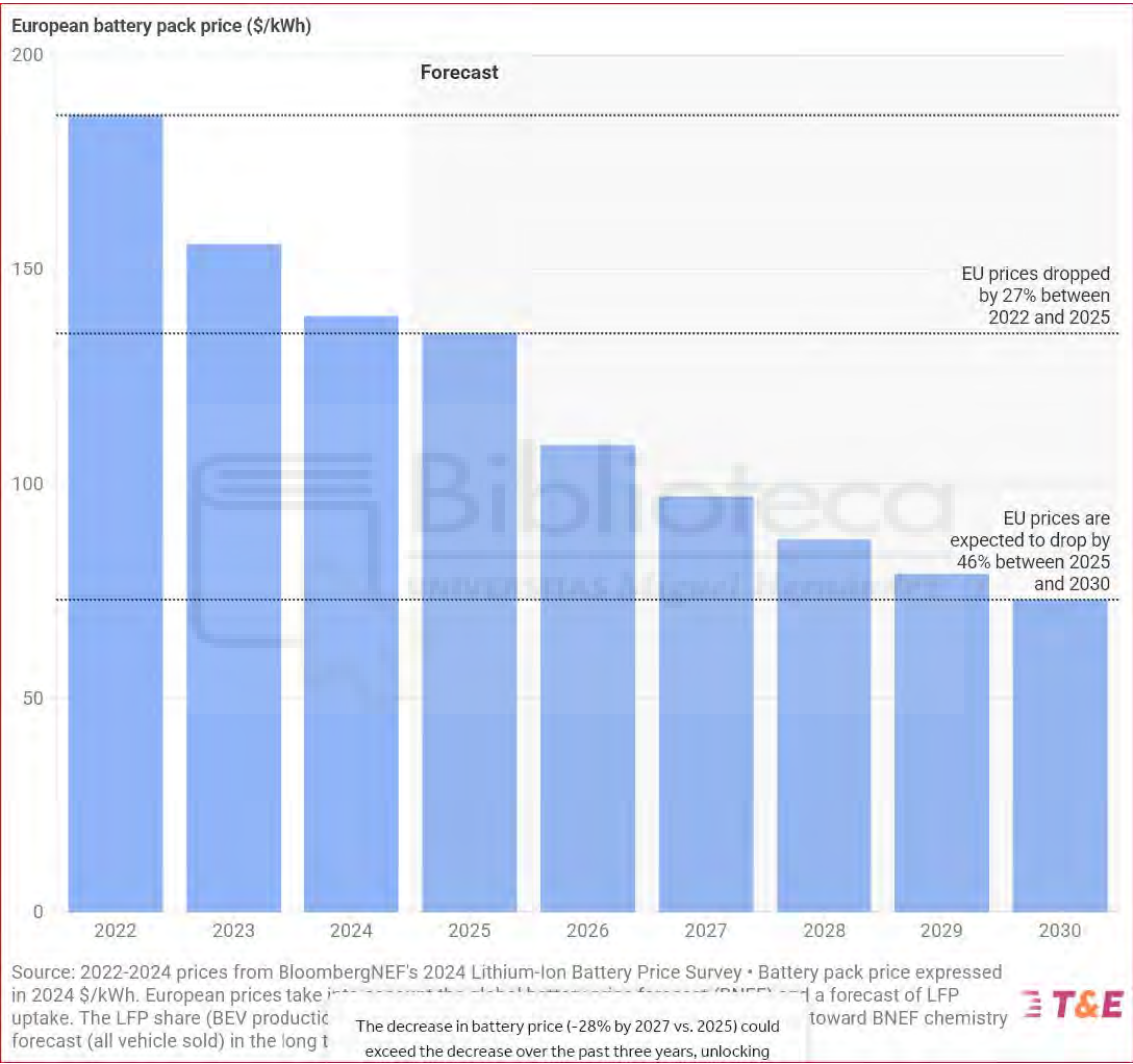


Figura 1.47: Estimación de los precios de las baterías hasta el año 2030[69]

1.3. Infraestructura de recarga

Una infraestructura de recarga bien desarrollada e implementa es crítica para la adopción masiva de los VE. Numerosos factores han contribuido a la expansión del vehículo de combustión interna, entre los que destacan:

- Coste bajo de la gasolina.
- Pocas alternativas de transporte personal mejores y más rápidas.
- Apoyo gubernamental para la construcción y el desarrollo de la infraestructura.
- Producción en masa de vehículos, dando pie a economías de escala.

Los VE se enfrenta a más de un siglo de progresos y desarrollos, lo cual hace que su crecimiento sea un verdadero reto. En este contexto, se sigue intentando resolver el problema del huevo y la gallina, en el sentido de que las personas interesadas en la adquisición de un vehículo personal, no compran un vehículo eléctrico por el temor de no encontrar puntos de recarga. De igual forma, sino se adquieren vehículos eléctricos, la infraestructura de recarga no puede planificarse ni instalarse, dado que no es viable económicamente para las empresas.

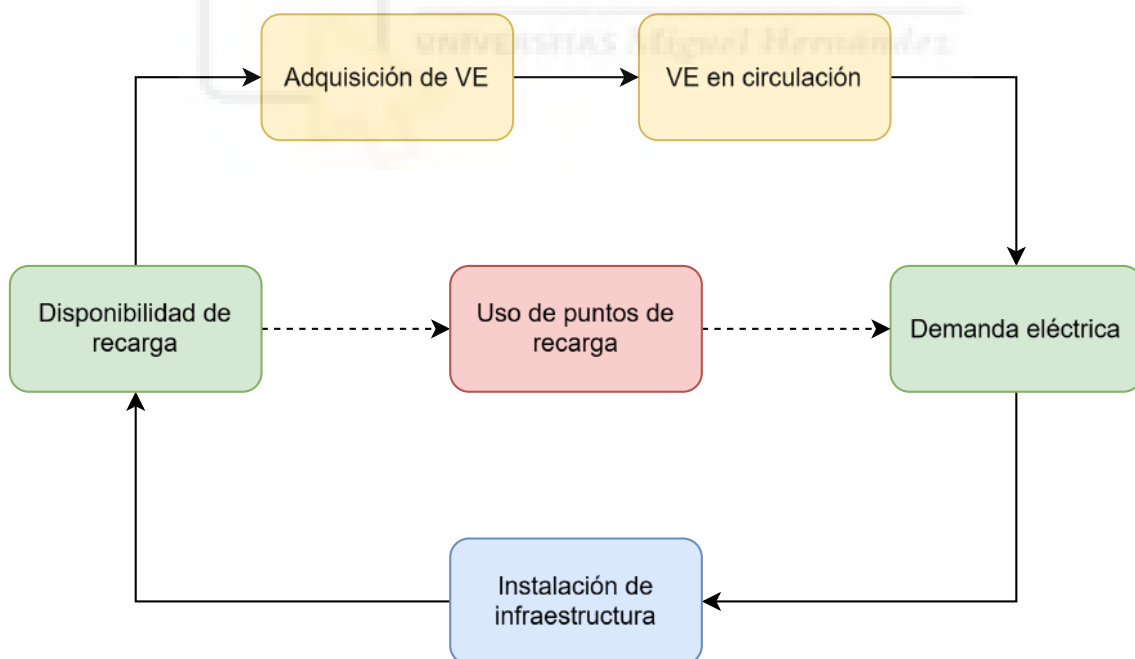


Figura 1.48: Diagrama de refuerzo que muestra la retroalimentación que existe entre la infraestructura y la adopción de VE(Elaboración propia)

Debido a esta coyuntura, la combinación de esfuerzos entre el sector privado (operadores, fabricantes) y el sector público (administraciones) son sumamente importantes para el despliegue de puntos de recarga a lo largo de las carreteras y otros destinos

de importancia para el usuario.

Antes de ahondar en el estado actual de la red de puntos de recarga, enfocándonos sobretodo en España, tenemos que conocer los elementos que componen esta infraestructura y de que forma podemos realizar la recarga del vehículo eléctrico.

1.3.1. Recarga de un vehículo eléctrico

La recarga de los VE se realiza a través de los puntos de recarga, también llamados IRVE. La definición básica de IRVE es la de una interfaz fija o móvil, con o sin conexión a la red, para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo eléctrico[153].

La energía eléctrica se transfiere al vehículo en forma de corriente alterna (AC) o corriente continua (DC) dependiendo de las características técnicas del punto de recarga y del propio vehículo.

De forma esencial, la recarga es similar a la de cualquier dispositivo eléctrico. La intención es extraer energía de la red y enviarla a un conjunto de baterías. Este proceso requiere transformar la electricidad, ya que las baterías acumulan y suministran energía en forma de corriente continua y la red eléctrica suministra en corriente alterna.

Esta transformación de energía de la red se realiza en el propio vehículo, “on-board”, o en el mismo punto de recarga “off-board”, mediante el uso de rectificadores AC/DC[125].

Dependiendo de la potencia del punto de recarga y las características del vehículo, será el mismo vehículo el que ejecute la conversión a continua o la propia estación de recarga. Una vez realizada la rectificación de la señal, se envía al convertidor DC/DC que, junto a otros parámetros del sistema de gestión de batería, controla la tensión que debe recibir en todo momento la batería[125].

Para facilitar la recarga rápida y ultrarrápida, se introduce la carga en continua, que se consigue rectificando la señal en el mismo punto de recarga y posteriormente enviando la energía directamente a las baterías[125].

Como puede observarse, todos los puntos de recarga son similares. Un cargador con un rectificador AC/DC, con protecciones a entrada y salida, y control de corriente y voltaje. Adicionalmente puede tener comunicación con la red y el operador de energía, que podrá ser capaz de leer diferente información en relación a la carga como: tiempo de carga, potencia extraída, energía, etc[125].

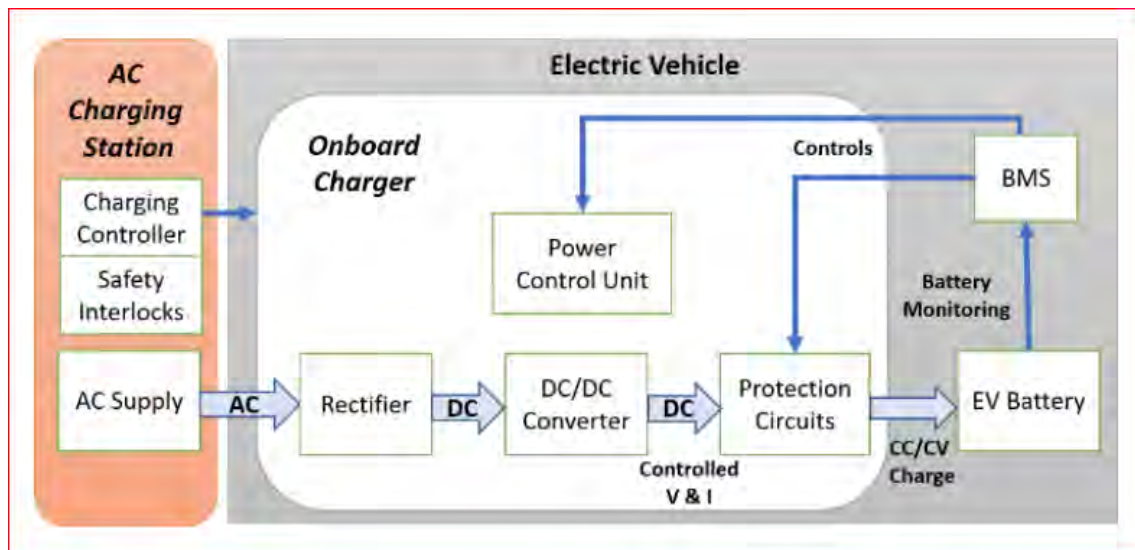


Figura 1.49: Configuración básica de un cargador "on-board"

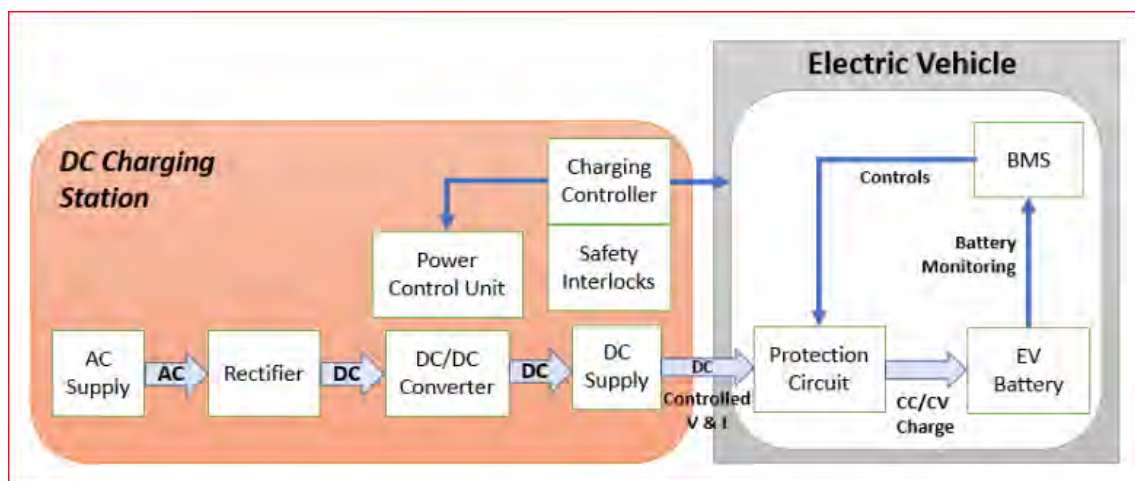


Figura 1.50: Configuración básica de un cargador "off-board"

Además, el punto podrá tener comunicación a dos bandas con el vehículo para controlar de forma constante la carga de la batería y que el proceso se realice de forma eficiente. Si hablamos de un punto de recarga público, podrá además tener un puerto adicional para realizar los pagos a través del móvil u otros métodos[125].

A continuación, se puede ver un ejemplo de estación de recarga pública de Iberdrola y BP Pulse, localizada en Torrellano, con 8 puntos de recarga 10 conectores en total.



Figura 1.51: Estación de recarga Iberdrola/BP Pulse con 8 puntos de recarga con conectores CCS y CHAdeMO

En la imagen se puede apreciar los elementos básicos como son los diferentes puntos de recarga, que coinciden con el número de plazas de aparcamiento, y los conectores, que están establecidos en cada punto de recarga.

No es extraño encontrar un punto de recarga con diferentes configuraciones para dar soporte a diferentes tipos de vehículos, ya que no existe un solo estándar de enchufes. Además, si bien es cierto que sólo se puede recargar un vehículo por punto de recarga, existe la posibilidad de recargar en un solo punto dos vehículos, cada uno en su aparcamiento correspondiente. Si se realiza de esta manera, el sistema divide la potencia disponible y se comparte entre ambos conectores.

Esto es positivo, ya que pueden encontrarse casos donde un punto de recarga esté fuera de servicio en ese momento, pero exista un cargador libre en otro. Al mismo tiempo, los vehículos no cargan siempre a su potencia nominal máxima, por lo tanto, esta opción de gestión de energía es muy eficiente.

Las personas se preguntan con frecuencia cuánto tiempo lleva recargar un vehículo eléctrico, ya que nadie quiere quedarse tirado en los viajes.

Si puedes cargar en tu vivienda, el proceso es bastante sencillo, aunque costoso. Si no tienes esa posibilidad, ni tampoco la opción de la carga en el trabajo, tendrás que apoyarte de los puntos públicos repartidos por el mapa. No es igual de cómodo, pero la experiencia de uso es similar si se usan cargadores rápidos.

De media, una recarga desde el 10 % hasta el 80 % de capacidad de batería suele tardar alrededor de media hora[158]. La siguiente lista de vehículos confirma este dato:

Modelo	Autonomía (km)	Capacidad de la batería (kWh)	Rendimiento (Wh/km)	Potencia máxima de carga (kW)	Duración recarga (10-80 %)
Hyundai Kona	385	64.8	168	94	41 min
BMW iX2 eDrive20	395	65.2	165	130	30 min
Ford Explorer	430	77	179	175	28 min
Opel Astra Electric	345	55.4	161	100	33 min
Volvo EX60 P12	610	112	184	370	21 min
Tesla Model 3 Standard	445	60	135	175	24 min
Nissan Leaf Extended	455	75	165	150	32 min

Cuadro 1.1: Modelos de vehículos eléctricos (BEV) en 2025 con autonomía, capacidad, rendimiento, potencia máxima de carga y duración de la recarga [67]

Se puede observar como los eléctricos más rápidos del mercado ya están cargando su batería casi al completo en apenas 20 minutos. La duración varía en función de la potencia máxima de carga que el vehículo soporte y del mismo punto.

Si existe la posibilidad de la recarga en casa, la recarga lenta es una alternativa viable y de bajo coste que te permite tener el vehículo al 100 % al día siguiente sin más preocupaciones. Para la opción del viaje largo, existe la opción de la recarga rápida.

En cualquier caso, no solo las características del vehículo afectan a la autonomía, sino también afecta las condiciones climáticas y la propia conducción del vehículo.

Uno de los problemas que existen en España es que más de la mitad de las viviendas no cuentan con plaza de garaje para poder instalar un sistema de recarga [168]. En lugares como Gipúzcoa o Barcelona, el porcentaje de viviendas con garaje es de apenas el 25-30 % [168].

Aún así, los datos de usuarios de VE revelan que la mayoría prefiere recargar en su domicilio, además de tener el cargador ya sea en casa unifamiliar como en parking comunitario [143].

1.3.2. Modos de Recarga

La norma internacional IEC 61851-1 detalla los diferentes modos de recarga que existen para extraer energía de la red y enviarla al vehículo[83].

1.3.2.1. Modo 1 El primer modo funciona conectando el vehículo eléctrico a una red de corriente alterna a través de una toma de corriente estándar, como es el Schuko que podemos encontrar en cualquier vivienda[83].

El cable y enchufe que se utilizan no disponen de las protecciones necesarias, ni tampoco permite la comunicación con el vehículo, por lo que la norma detalla que no es un modo que deba utilizarse para vehículos eléctricos. De hecho, está prohibido en muchos países del mundo. Se trata de un modo pensado más para micro movilidad eléctrica, como bicicletas, patinetes y otros vehículos más pequeños que no requieren conectarse un tiempo prolongado[83].

1.3.2.2. Modo 2 Este segundo modo es similar al primero, ya que seguimos conectando el vehículo a la red de alterna a través de una toma de corriente estándar, pero añadimos un elemento adicional que es el ICCB[83].

El ICCB es un dispositivo que va acoplado al cable, el cual conectamos al vehículo y provee funciones de protección y control para que la carga se realice de forma más segura[83].

De igual forma, se sigue recomendando la utilización de los modos 3 y 4 a través de puntos de recarga propiamente habilitados para vehículos eléctricos[83].

1.3.2.3. Modo 3 Se trata de un modo utilizado por puntos de recarga públicos o privados especialmente recomendados para la recarga de vehículos eléctricos. Realizan la recarga en corriente alterna monofásica o trifásica con potencias de hasta 22



Figura 1.52: Punto de recarga en parking comunitario

Capacidad (kWh)	22 kW	50 kW	150 kW	250 kW
10	21m	9m	3m	2m
15	32m	14m	5m	3m
20	42m	19m	6m	4m
25	53m	23m	8m	5m
30	64m	28m	9m	6m
35	74m	33m	11m	7m
40	85m	37m	12m	7m
45	95m	42m	14m	8m
50	106m	47m	16m	9m
55	117m	51m	17m	10m
60	127m	56m	19m	11m
65	138m	61m	20m	12m
70	148m	65m	22m	13m
75	159m	70m	23m	14m
80	170m	75m	25m	15m
85	180m	79m	26m	16m
90	191m	84m	28m	17m

Figura 1.53: Tiempo medio de recarga de batería (10-80 %) para diferentes potencias[67]

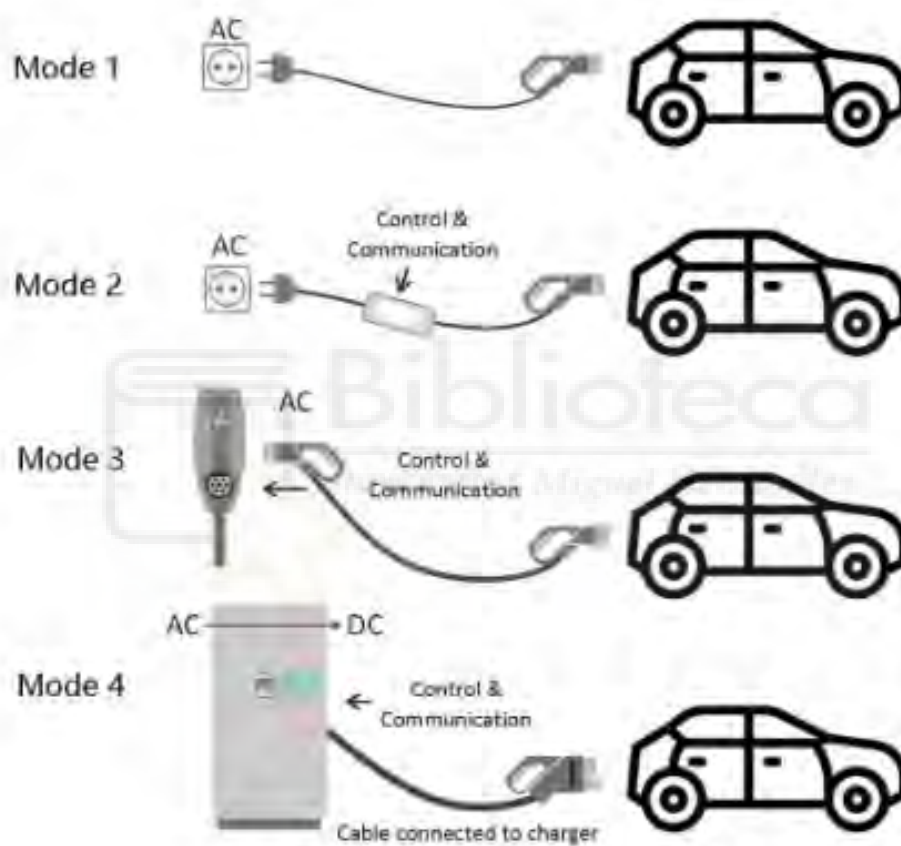


Figura 1.54: Modos de recarga según la norma IEC 61851-1



Figura 1.55: Cable de carga Tipo 2 | Regulable 8A - 16A | 3.7kW

kW. Aunque son considerados puntos de recarga lentos, cumplen con su propósito esencial para la recarga en viviendas[83].

Por otro lado, este modo permite una comunicación entre el vehículo y el punto de recarga, lo que permite controlar de forma eficaz la transferencia de energía durante todo el proceso de recarga. Controlando tanto los niveles de voltaje, como la corriente y la misma conexión física entre el cargador y el vehículo[83].

1.3.2.4. Modo 4 Este modo es el utilizado para la recarga rápida y ultrarrápida de los vehículos eléctricos. La conversión de corriente alterna a continua la realiza el propio punto de recarga y se envía la energía directamente a la batería del vehículo. Dado que la conversión se realiza fuera del vehículo, la transferencia de energía se maximiza y se reducen ostensiblemente los tiempos de recarga[83].

Dependiendo del vehículo y las características del punto, este modo puede proveer de 50 a 500 kW de potencia o incluso más.

Persisten las comunicaciones entre vehículo y punto que ya se encontraban en anteriores modos[83].

1.3.3. Tipos de Conectores

Los conectores de los vehículos eléctricos son muy variados y se han tenido que adaptar a diferentes estándares y normas de diferentes países conforme la industria se ha ido desarrollando con los años.

En Europa predomina el conector Tipo 2 para corriente alterna y el CCS2 para continua[172]. Por otro lado, en América utilizan los de Tesla para alterna y continua, el J1772 y su extensión como es el CCS o Combo 1[172]. China también tiene su propio estándar con el GB/T tanto para alterna como para continua[172]. Y Japón desarrolló el CHAdeMO que sirve para realizar cargas rápidas en corriente continua[172].

En los últimos años se está intentando unificar algunos estándares como el ChaoJi, que pretende combinar los conectores CHAdeMO y el GB/T en uno sólo[79].

Dado que cada mercado, independientemente de los conectores, comercializa vehículos con diferente normativa y estándares, la industria no ve tan necesario combinarlo todo en un sólo cable, aunque podría ser viable.

De forma concreta en España, los conectores más utilizados en puntos de recarga son el Mennekes o Tipo 2, seguido del CCS2 y del CHAdeMO.



Figura 1.56: Wallbox Orbis Viaris para vivienda de 7.4 kW



Figura 1.57: Estación de recarga pública de alta potencia en Sevilla con punto rápido de 50 kW y ultrarrápido de 400 kW

Type of Connector	China	North America	Europe	Japan	All Market Except EU
					
AC connector	GB/T 20234.2	SAE J1772 Type-1	IEC 62196-2 Type-2	SAE J1772 Type-1	SAE J3400 (NACS)
					
DC connector	GB/T 20234.3	SAE J1772 CCS Combo 1	IEC 62196 CCS Combo 2	IEC 62196 CHAdeMO	SAE J3400 (NACS)

Figura 1.58: Tipos de conectores en diferentes países

1.3.3.1. SAE J1772 Tipo 1 Se trata de un conector que se utiliza para la recarga en corriente alterna. Puede soportar potencias máximas de hasta 19.2 kW. Presenta cinco pines en su configuración base que representan: la fase, el neutro, la tierra, la comunicación y el control de la carga. Es un tipo de conector que se utiliza principalmente en América y Japón[172].



Figura 1.59: Conector SAE J1772 Tipo 1 para la recarga en AC

1.3.3.2. IEC 62196-2 Tipo 2 El IEC 62196-2 Tipo 2 es un conector utilizado principalmente en Europa para la recarga en corriente alterna. Se utiliza para la recarga en modo 2 o 3 con potencias que van desde los 7.4 kW hasta los 43.5 kW. El conector tiene 7 pines de contacto que representan: señal de proximidad, señal de control, tres fases, neutro y la tierra[172].



Figura 1.60: Conector IEC 62196-2 Tipo 2 para la recarga en AC

1.3.3.3. SAE J1772 CCS Combo 1 Es una extensión del SAE J1772 Tipo 1 que añade dos pines adicionales que habilitan la carga rápida en corriente continua. Se utiliza principalmente en América y permite cargas de hasta 360 kW[172].



Figura 1.61: Conector SAE J1772 CCS Combo 1 para la recarga en DC

1.3.3.4. IEC 62196 CCS Combo 2 o CCS2 Este conector se utiliza en Europa para la recarga rápida en corriente continua. De igual forma que el CCS americano, este combina el Tipo 2 con dos pines adicionales para la carga rápida. Permite cargas de hasta 400 kW[172].

1.3.3.5. CHAdeMO Se trata de un conector para carga rápida en corriente continua. Utilizado principalmente en Japón, y permite cargas de hasta 400 kW. La diferencia principal entre el CHAdeMO y el CCS, es que este último permite la carga en alterna y continua desde un mismo puerto. En cambio el CHAdeMO requiere un



Figura 1.62: Conector IEC 62196 CCS Combo 2 o CCS2 para la recarga en DC

puerto de carga adicional para alterna, como se pueden ver en modelos de vehículos japoneses y americanos[172].



Figura 1.63: Conector CHAdeMO para la recarga en DC

1.3.4. Infraestructura de recarga en España

España continúa avanzando en materia de electromovilidad, a pesar de los numerosos retos que aún necesita superar con objetivos marcados claramente ambiciosos y complicados de alcanzar.

El escenario planteado desde ANFAC, con objetivos a perseguir de los organismos europeos a través del reglamento AFIR[122], junto con los nacionales a través del PNIEC[129], es el de 300.000 puntos de recarga para el año 2030[14]. Las exigencias son cada vez mayores y las herramientas de acción deben actualizarse de forma apremiante.

Según datos de ANFAC[13], la infraestructura de red pública presentó a finales de 2025 unas cifras de 53.072 puntos de recarga. Adicionalmente, existen 16.340 puntos que se encuentran fuera de servicio. La mayoría de puntos se corresponden con cargadores lentos con una potencia máxima de 22 kW. Le siguen los de carga rápida y semirrápida.

La mayor parte de la red está localizada en las grandes ciudades, con Cataluña,

Madrid y Andalucía a la cabeza[13].

Hay un claro predominio de la recarga lenta, una situación que puede ser ideal para uso privado, pero cuestionable en entornos públicos debido al elevado tiempo de recarga.

A nivel de infraestructura, España se encuentra en la cola por detrás de Francia, Alemania, Portugal, Reino Unido, Noruega y Países Bajos. En el ámbito regional, Cataluña y Navarra tienen un equilibrio positivo entre infraestructura y vehículos electrificados. Por otro lado, Galicia, Murcia y Andalucía se quedan por debajo de la media, con Ceuta y Melilla presentando los peores resultados.

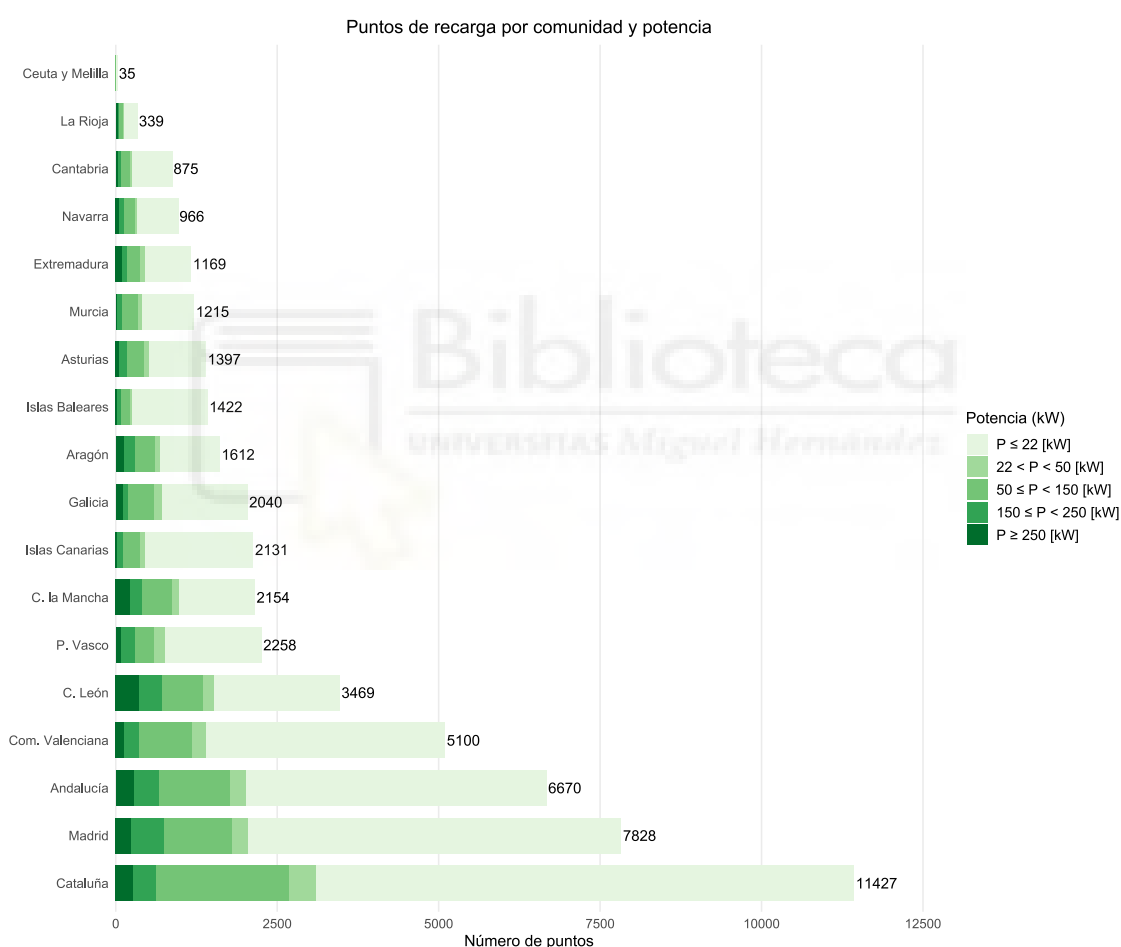


Figura 1.64: Puntos de recarga por potencia y comunidad autónoma(Elaboración propia)

1.3.4.1. Estado de los puntos de recarga en España Para validar los datos de ANFAC, se realizará un pequeño análisis de la infraestructura con datos oficiales del ministerio[155], con el objetivo de conocer el estado actual y comprobar si se están cumpliendo los objetivos marcados por los organismos europeos o si, por el contrario, es necesario enfocar los esfuerzos en otras estrategias.

Se ha de aclarar que el mapa oficial del ministerio, llamado REVE, no presenta la totalidad de puntos de recarga, aunque si incluye información respecto a la gran mayoría de ellos. Por el Real Decreto-ley 4/2024[23], los operadores de puntos están obligados a ofrecer información en tiempo real dinámico respecto a los puntos con una potencia igual o superior a 43 kW. Si bien, pueden ofrecer información de puntos lentos, pero no están obligados a ello.

Los puntos de recarga, como ya sabemos, son esenciales para el despegue del vehículo eléctrico. Su instalación se debe realizar de forma eficiente y no aleatoria. Al final, se busca que el punto se asemeje lo más posible en cuanto a funcionalidad, comodidad y servicio a una gasolinera convencional. Evidentemente, esto se consigue teniendo en cuenta factores como la localización y la potencia del punto. De nada sirve la instalación de puntos de alta potencia, por ejemplo, en vías secundarias, donde el tráfico, y por tanto su utilización, va a ser bastante menor.

En primer lugar, se vuelca el listado de puntos de recarga de la web oficial del ministerio. La información que se puede obtener de estos puntos está recogida en el siguiente listado:

- ID de localización.
- Nombre.
- Dirección.
- Código postal.
- País.
- Propietario.
- Latitud.
- Longitud.
- Tipo de conector.
- Estado del conector.
- Formato del conector.
- Potencia máxima soportada.
- Precio.

■ Disponibilidad.

Los datos que se utilizan están actualizados a 1 de Enero de 2026. Analizando la base de datos se comprueba que el número de puntos de recarga, o mejor dicho de conectores, asciende a 43672.

Respecto a los costes de la recarga, varían dependiendo de la potencia del punto, operador, región, ubicación, precio de la electricidad y modalidad de pago. Lo que podemos extraer de estos datos, es que el coste medio de la recarga es de unos 0.41 €/kWh para la recarga lenta, y de unos 0.58€/kWh para la recarga ultrarrápida. La recarga rápida en puntos públicos es un 41.26 % más cara que la lenta.

Iberdrola es el operador con mayor número de puntos de recarga, seguido de Endesa y Repsol. A destacar también el alto número de puntos ultrarrápidos de Tesla.

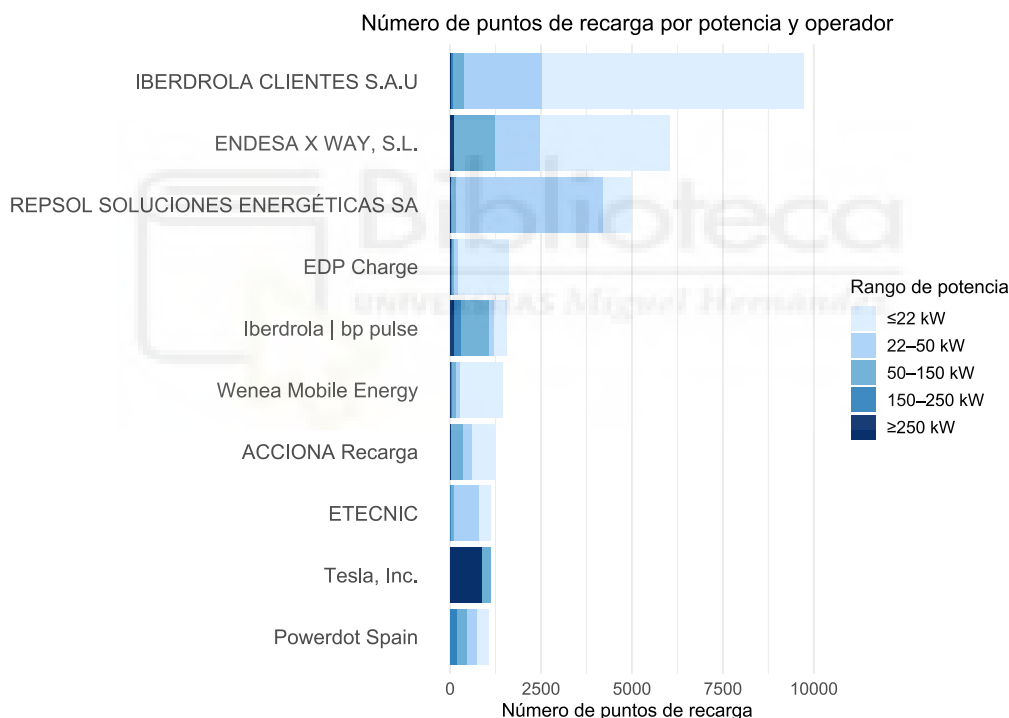


Figura 1.65: Número de puntos de recarga por potencia y operador(Elaboración propia)

Una vez tenemos los puntos, pasamos a definir las áreas urbanas y rurales del territorio. La delimitación de las áreas urbanas se realiza a través de datos provenientes del programa Copernicus[42] de observación de la Tierra, por el cuál podemos acceder a información satelital actualizada con las diferentes áreas de la península, que incluyen praderas, bosques, zonas marítimas, zonas verdes, tejido urbano, zonas industriales, etc. Se eligen como áreas urbanas las designadas como “Tejido urbano continuo”, “Tejido urbano discontinuo” y “Zonas industriales o comerciales.”



Figura 1.66: Áreas urbanas designadas(Elaboración propia)

Por último, utilizamos el mapa RCE de carreteras donde podemos visualizar las vías más importantes del territorio. Estos datos se han extraído del CNIG[74]. En el caso de Navarra[49] y el País Vasco[175], la información se ha recopilado de sus respectivas webs oficiales y se ha filtrado únicamente autovías y autopistas principales.

El número de puntos de recarga es de 6744, de los cuáles, 5622 corresponden a puntos en entornos urbanos y 1122 corresponden a zonas no urbanas. En cuanto al número de conectores, tenemos un total de 43542 puntos por todo el mapa y se verifica que las zonas urbanas presentan la mayor concentración con 34310, de los cuales 31276 corresponden con conectores con una potencia menor de 150 kW y 3034 correspondientes a una potencia mayor o igual de 150 kW. En el caso de las zonas no urbanas, tenemos un total de 9232 conectores, de los cuáles 7841 corresponden a baja potencia y 1391 a alta potencia.

Más de 8 de cada 10 puntos de recarga se encuentran localizados en áreas urbanas y de industria. Y 4 de 5 conectores también están concentrados en áreas urbanas. Hablamos de un 83.3% de puntos mayormente en ciudades y municipios, frente a un 16.7% que se encuentra en áreas rurales o interurbanas.

Estos datos reflejan que las grandes ciudades han sido los principales focos de expansión de la infraestructura de recarga, lo cual tiene sentido desde el punto de vista



Figura 1.67: Red de Carreteras del Estado (RCE)(Elaboración propia)

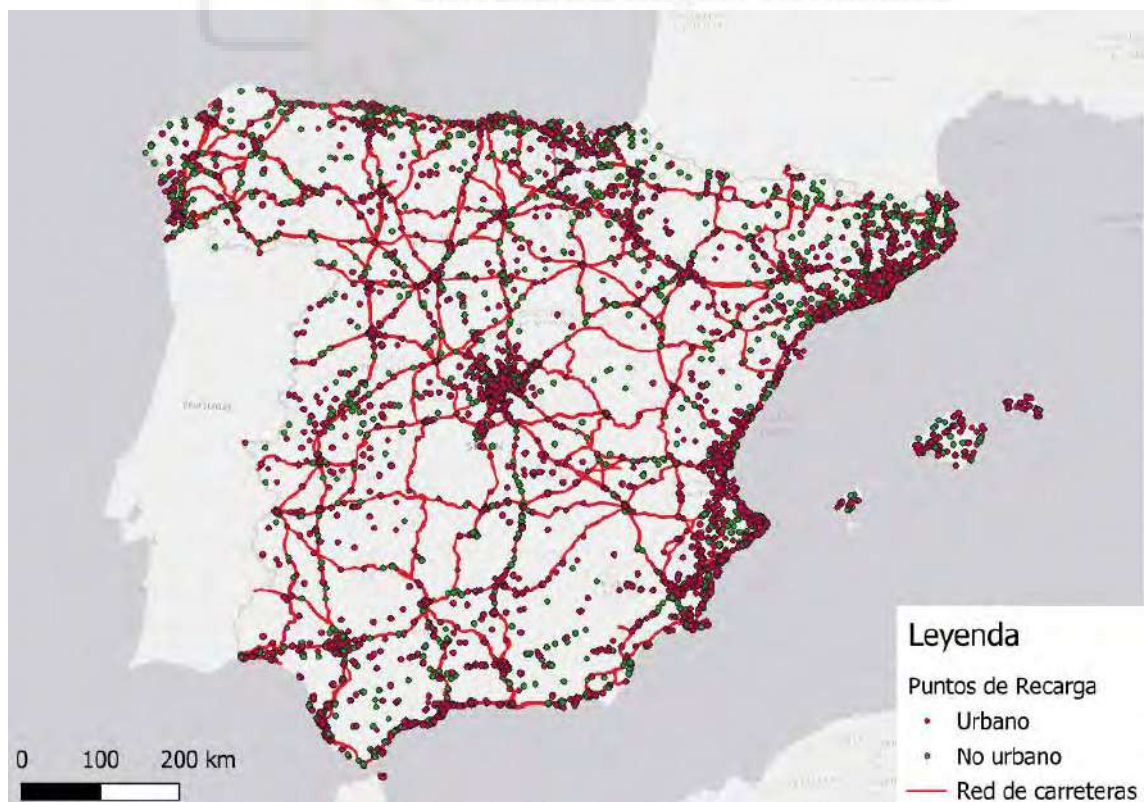


Figura 1.68: Número de conectores urbanos y no urbanos(Elaboración propia)

económico. Las ciudades presentan un mayor número de clientes potenciales, lo que hace que el punto se aproveche más y las empresas puedan recuperar la inversión. La misma infraestructura eléctrica de la ciudad también ayuda a la integración de nuevas conexiones y por supuesto el apoyo de los gobiernos regionales en forma de incentivos y otros acuerdos es clave para fomentar el VE.

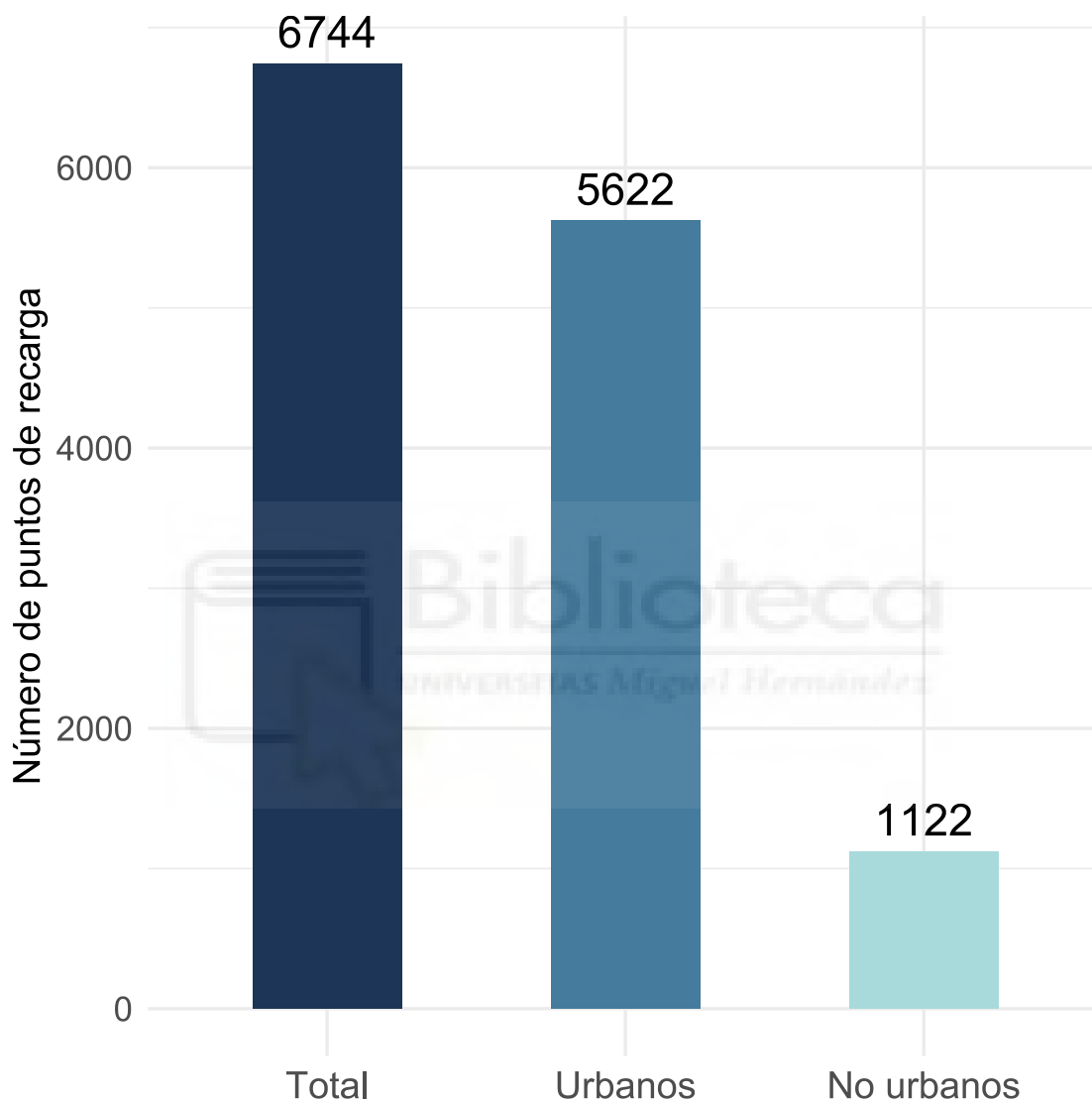


Figura 1.69: Número de puntos de recarga en zonas urbanas y no urbanas (Elaboración propia)

Respecto a la potencia de los conectores, aunque las zonas urbanas presentan el 78.8 % de conectores, la mayoría son puntos lentos y semirrápidos. De igual forma pasa lo mismo en las zonas no urbanas aunque en una proporción menor. Son datos bastante pobres que indican una falta alarmante de recarga rápida que se equipare al del vehículo convencional. La baja potencia es interesante en zonas urbanas para uso en zonas de servicio como centros comerciales, pero continúa siendo inaceptable si se quiere equiparar con las gasolineras.

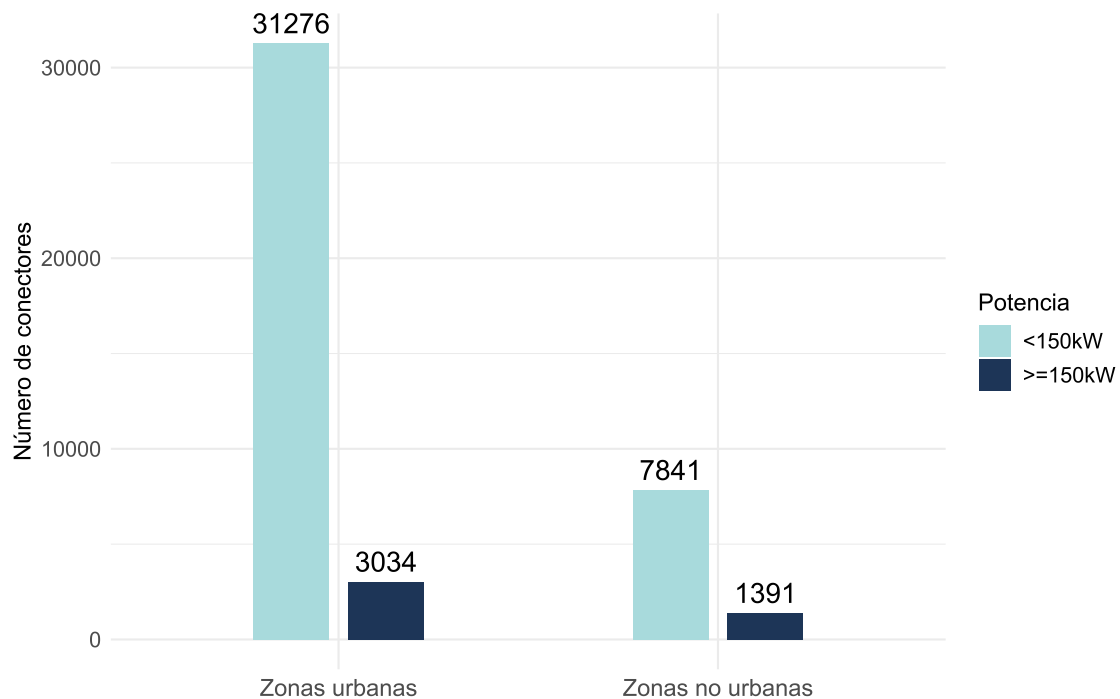


Figura 1.70: Número de conectores en zonas urbanas y no urbanas en términos de potencia(Elaboración propia)

Pasamos a comprobar la cantidad de conectores que se encuentran cercanos a las vías principales. Se aplica una zona de influencia a las vías de 1.5 km para conocer la cantidad de puntos que entran dentro de su área de influencia. Se elige 1.5 km pensando en la comodidad del usuario que no debe desviarse mucho de su ruta establecida. Una vez tenemos el área de influencia, se extraen los datos de los puntos.

Los datos revelan unos 20654 conectores con una potencia menor de 150 kW y 3544 conectores con una potencia mayor igual a 150 kW en las áreas de las vías y carreteras principales. Si observamos el mapa nos damos cuenta de la cantidad de corredores y vías donde faltan puntos. En viajes largos es fundamental que los tiempos de recarga sean cortos para no alargar de más los viajes. Si predominan puntos lentos, las paradas de los vehículos eléctricos van a ser eternas ya que esos puntos van a necesitar horas para unos pocos coches. Si tenemos que rellenar una batería de 50 kWh con un punto de baja potencia, vamos a ocupar la plaza del punto durante al menos una hora.

Además, la mayoría de estos conectores de alta potencia siguen posicionados en áreas urbanas, lo cual deja la red totalmente desbalanceada.

Otro dato revelador aparece cuando obtenemos los kilómetros de carreteras cubiertas por puntos de recarga. La red de carreteras está compuesta por 28625 km de vías. El 25.3 % está cubierto por puntos de recarga, mientras que el 74.6 % permanece sin

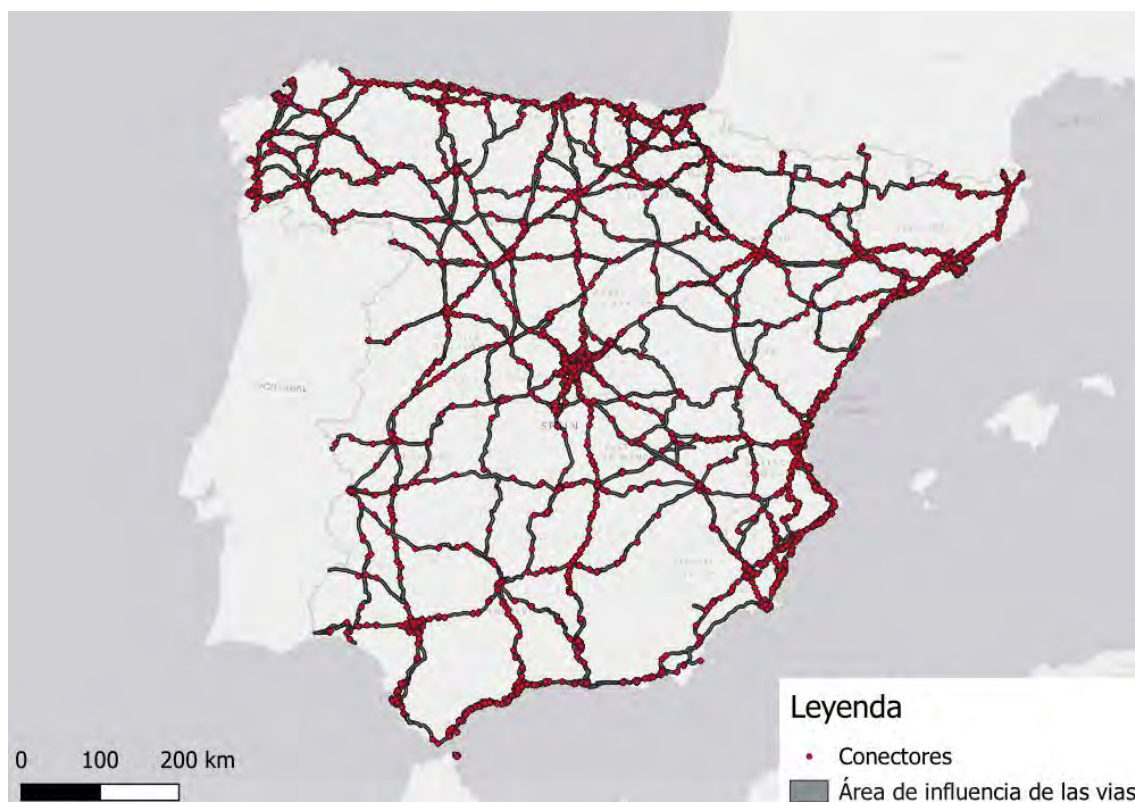


Figura 1.71: Mapa con el área de influencia de las vías y número de conectores que entran en ella (Elaboración propia)

cobertura. Si lo aplicamos únicamente con puntos de recarga rápida, solo 2293 km, o el 8 %, de las carreteras en España están cubiertas por puntos de alta potencia.

1.3.4.2. Interoperabilidad de la recarga El despliegue de la infraestructura de recarga en España es complejo y se encuentra con varios obstáculos que deben ser solucionadas para garantizar la viabilidad del eléctrico. Uno de los factores más reseñables, y que afectan directamente a los usuarios, es la interoperabilidad de la red de puntos y la gran cantidad de aplicaciones que hay que usar para planificar los viajes.

En los vehículos de combustión, la carga de combustible es tan sencilla como conducir hasta la gasolinera más cercana y abastecerse. El tiempo que lleva repostar el depósito no suele llevar más de unos minutos, incluyendo el pago que realizas con tarjeta o en efectivo. El precio de los hidrocarburos está señalizado en un poste y el usuario lo puede visualizar fácilmente.

Por el contrario, en los vehículos eléctricos hay que realizar más pasos para recargar el vehículo. Dependes de más variables entre las que se encuentran: punto de recarga, operador del punto de carga, ocupación del punto, coste del punto, disponibilidad de datáfono para pagar con tarjeta o no, aplicación específica, etc.

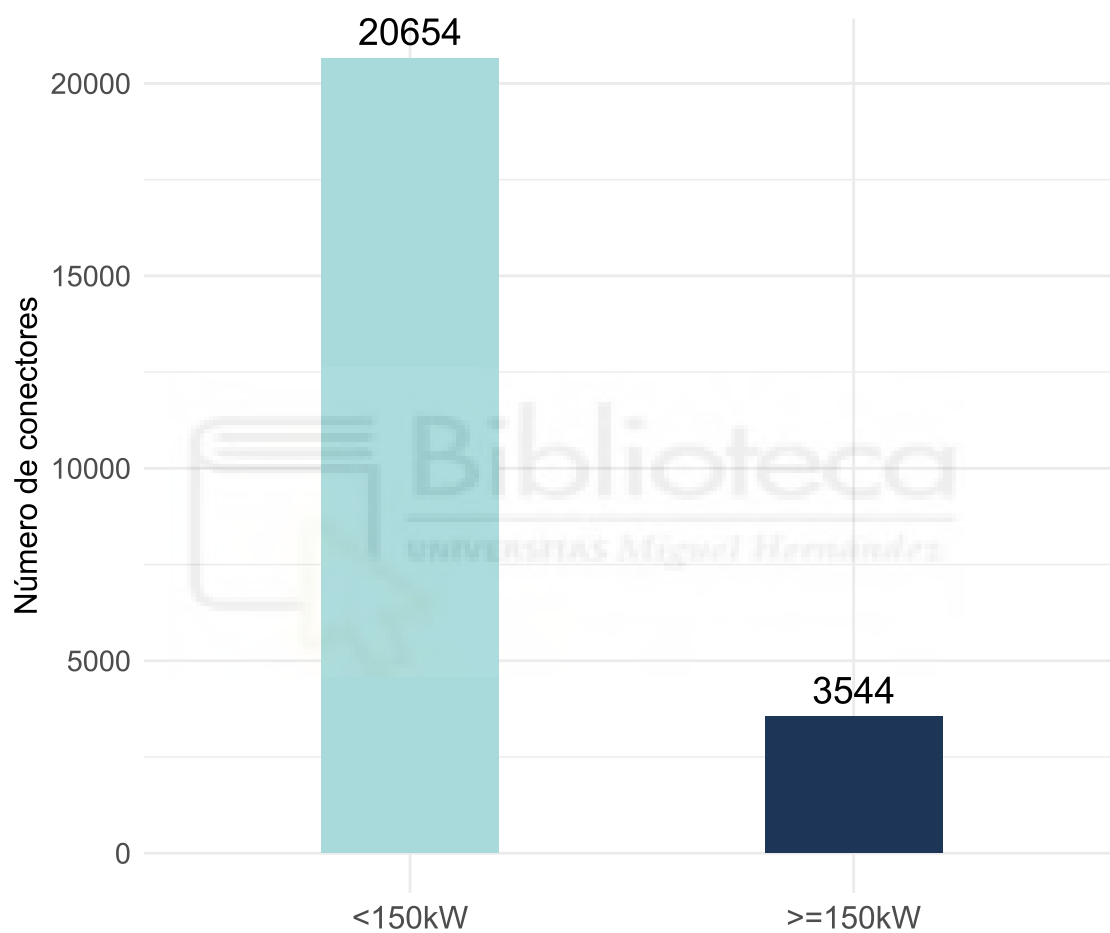


Figura 1.72: Número de conectores por potencia en las principales vías(Elaboración propia)



Figura 1.73: Carreteras cubiertas por recarga(Elaboración propia)

Para viajar, el usuario eléctrico está abocado a descargar múltiples aplicaciones móviles, y registrarse en ellas para poder cubrir la totalidad de la red de puntos de recarga.

Ahora mismo en España existen alrededor de 200 operadores de puntos de recarga o CPOs [155]. Si bien la mayoría de puntos están controlados por 20 grandes operadores [155], cada uno de ellos posee una aplicación móvil propia, cada una con sus propias tarifas, programas de fidelización, etc. Si bien existen acuerdos de interoperabilidad entre operadores, y empresas que proveen servicios de recarga, el usuario suele acabar pagando más por la recarga. Entre las aplicaciones más utilizadas en España se encuentran las siguientes: Electroverse, Tesla, Ionity, Zunder, EDP, Electra, Recarga Pública Iberdrola, Moeve, Endesa X Way.

Otro de los aspectos negativos es que dependes del teléfono. En un supuesto donde te quedes sin cobertura o hayas perdido el teléfono, la recarga ya resulta inviable, a no ser que aciertes en dar con un punto que esté disponible y acepte tarjeta sin registro obligatorio.

En este sentido, el reglamento AFIR [122] ya contempla la interoperabilidad, y los puntos de recarga públicos que se han estado instalando desde 2024 deben permitir el pago con tarjeta sin necesidad de tener suscripción con el proveedor de servicios [127].

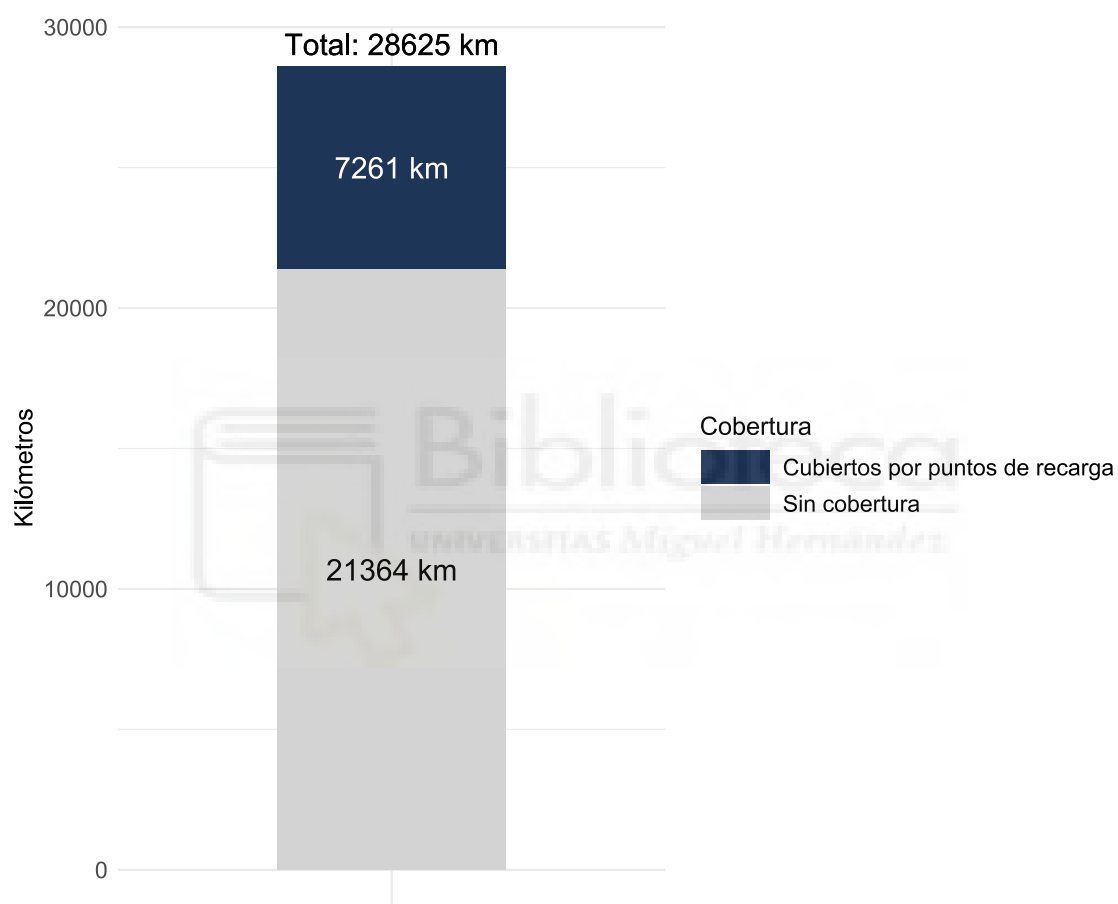


Figura 1.74: Kilómetros de carretera cubiertos por puntos de recarga(Elaboración propia)

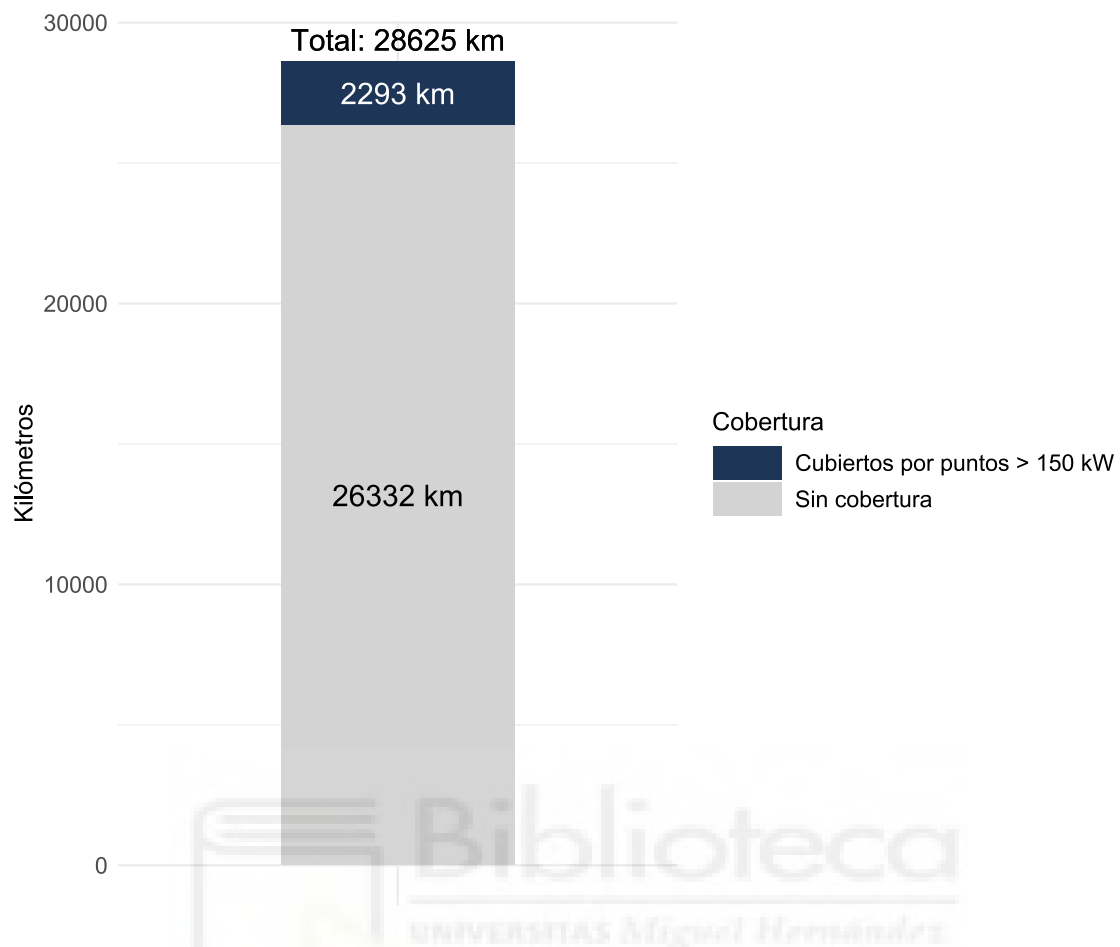


Figura 1.75: Kilómetros de carretera cubiertos por puntos de recarga de más de 150 kW de potencia (Elaboración propia)



Figura 1.76: Principales operadores de puntos de recarga [31]

Para puntos instalados antes de 2024, el límite para la actualización de sus servicios de pago comienza el 1 de Enero de 2027 [9]. Los operadores siguen retrasando la instalación dado que todavía no están obligados legalmente adaptarlos.

Por otro lado, la recarga automatizada ya está regulada por la norma ISO 15118 [9]. Esta norma regula la comunicación entre el vehículo eléctrico y el punto de recarga y es la que permite que haya comunicación automática en la recarga y se realice el pago sin que el usuario intervenga con apps o tarjetas.

Esta norma ya comienza a ser obligatoria para nuevas instalaciones, pero la función “Plug & Charge” que simplificaría enormemente la recarga no es obligatoria [9], a pesar de que sería lo ideal para que los usuarios puedan acceder a la red de forma satisfactoria.

1.4. Papel de la red eléctrica

1.4.1. Red eléctrica

El sistema eléctrico es un conjunto de componentes, elementos, dispositivos y circuitos que operan de manera organizada en un determinado lugar para la generación y distribución de la energía eléctrica para uso en industria, hogares y sectores que lo requieran [173].

Los elementos que constituyen la red eléctrica son los siguientes [59]:

- Plantas generadoras que producen electricidad a partir de diferentes fuentes como el gas, el carbón, el agua, el viento y el sol.
- Líneas de alta tensión que transportan la energía eléctrica a diferentes zonas y regiones del mapa.
- Subestaciones que reducen los niveles de tensión para la distribución a nivel local.
- Líneas de media y baja tensión que transportan la electricidad a hogares, comercios y diferentes puntos de consumo.
- Elementos de control, protección y regulación que aseguran el buen funcionamiento de la red.

1.4.1.1. Generación de la electricidad La generación de energía eléctrica consiste en la transformación de fuentes de energía primaria. Se entiende como fuente de energía primaria a fuentes que no han sufrido un proceso de transformación inicial.

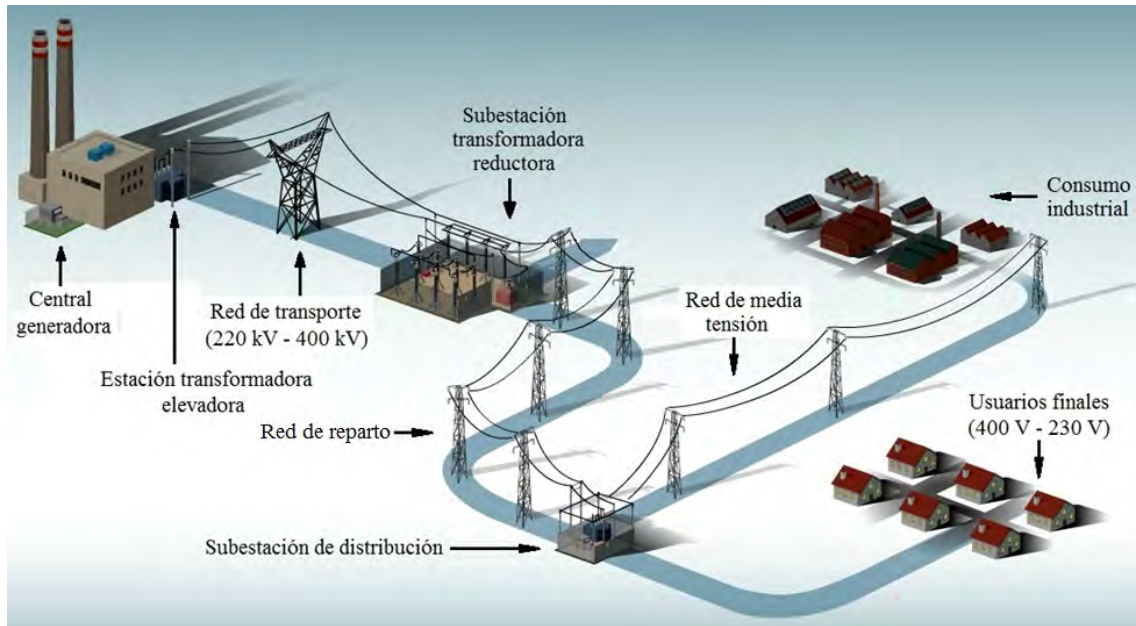


Figura 1.77: Esquema básico de un sistema eléctrico

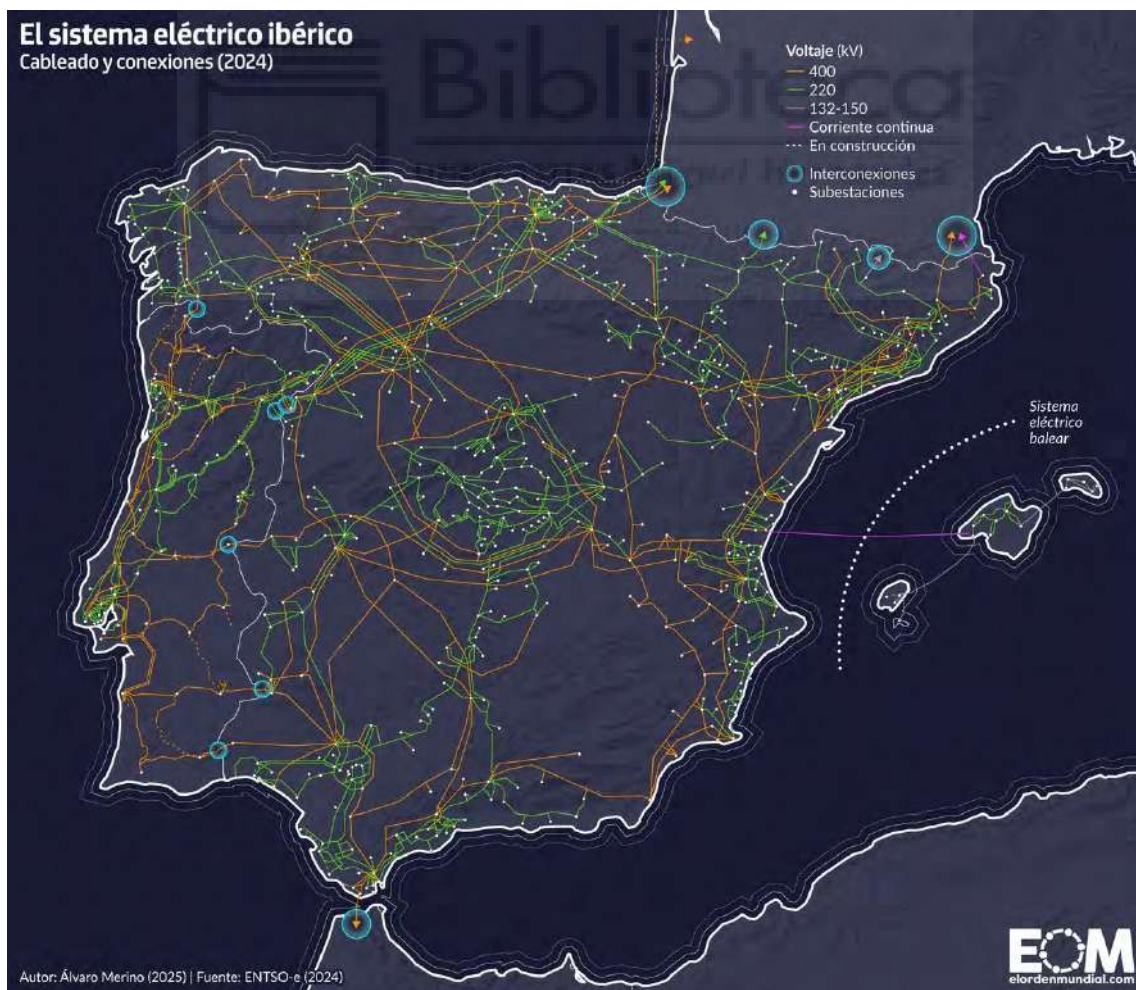


Figura 1.78: Mapa del sistema eléctrico ibérico con las diferentes líneas de transporte

Se distinguen dos tipos de fuentes primarias: renovables y no renovables. Las fuentes renovables son aquellas que no se pueden agotar como el sol, el viento, etc. Las no renovables son aquellas que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas. Las principales son el carbón, el petróleo y el gas [146].

Para realizar la transformación de energía primaria en energía útil final se utilizan las centrales de generación. Dependiendo de la fuente de energía a utilizar, existen diferentes tipos de centrales. Su localización dependerá principalmente del lugar donde se encuentra la fuente de energía que utilizan.

A continuación, se presentarán brevemente las centrales eléctricas de generación más importantes.

Tipos de centrales Las centrales nucleares generan la electricidad de forma similar a una planta térmica convencional. El calentamiento de gran cantidad de agua produce vapor de agua, que es enviado a una turbina que está conectada a un generador que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. El calor para realizar el calentamiento se produce por medio de reacciones de fisión nuclear [30].

El combustible, normalmente óxido de uranio, se comprime y se introduce en agua dentro del núcleo de un reactor con fuertes medidas de seguridad. Se bombardea el uranio con neutrones que provocan reacciones en cadena de más neutrones y se complementa con agua ligera para controlar la reacción[30].

En España existen dos tipos de centrales nucleares[30]:

- PWR o central con reactores de agua a presión.
- BWR o central con reactores de agua en ebullición.

La diferencia principal se encuentra en el proceso de generación del vapor. En la PWR, el vapor se genera a través de dos circuitos de agua primario y secundario. En el primer circuito el agua circula a alta presión., extrayendo calor del reactor. Este calor es transferido al circuito secundario calentando el agua de ésta y convirtiéndola en vapor. Posteriormente este vapor se envía a la turbina. Por otro lado en la BWR, el vapor se produce directamente calentando el refrigerante. Luego ese vapor se envía a las turbinas donde se transforma a energía eléctrica y se vuelve a recoger a través de un condensador el agua que pueda quedar[119].

Los ciclos combinados son plantas térmicas que combinan dos tipos de turbina: una de gas y una de vapor. Se quema el gas con una mezcla de aire, lo que hace girar la turbina que se transforma en energía eléctrica. A su vez, el calor de la combustión

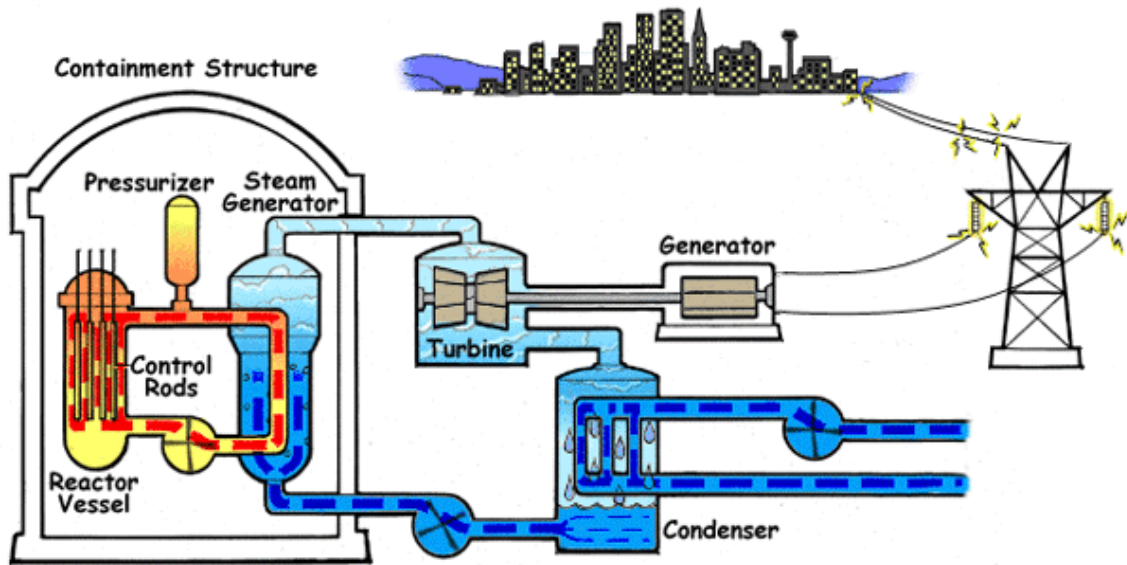


Figura 1.79: Reactor de agua a presión (PWR)

convierte agua en vapor, que mueve otra turbina de vapor. La energía mecánica se convierte en eléctrica en el generador. El vapor se enfría y se vuelve a convertir en agua para procesarlo de nuevo [34].

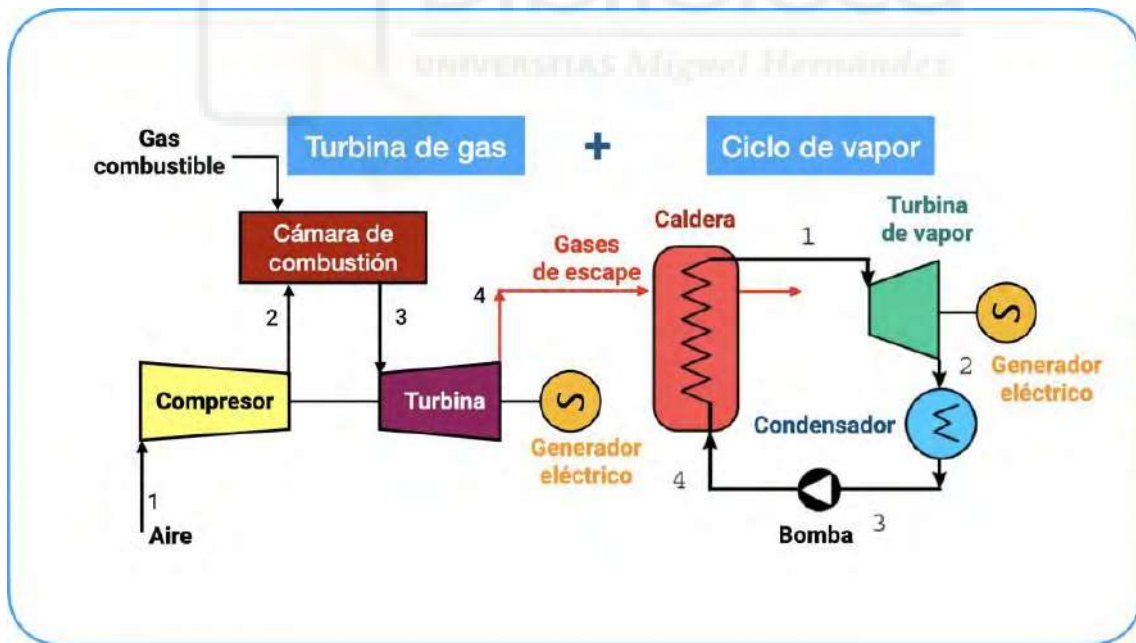


Figura 1.80: Esquema del ciclo combinado

Las centrales hidroeléctricas extraen la energía de un flujo de agua, ya sea un río o un embalse, que activa unas turbinas conectadas a alternadores, que convierten la energía mecánica en energía eléctrica[38]. Existen cuatro tipos de centrales hidráulicas [72]:

- Embalse: el agua es almacenada en embalses y la energía se extrae mediante desembalse y el movimiento de turbinas.
- De bombeo: son como las de embalse pero se incorporan bombas o turbinas reversibles que permiten, en momentos de baja demanda, elevar ese agua a un embalse superior, asegurando la demanda de futura.
- Agua fluyente: se aprovecha el agua de un río para mover las turbinas y generar electricidad.
- Canal de derivación: muy parecida a la fluyente donde se aprovecha el agua del río, pero ese flujo se hace pasar por un canal donde lleve esa agua a un mayor desnivel.

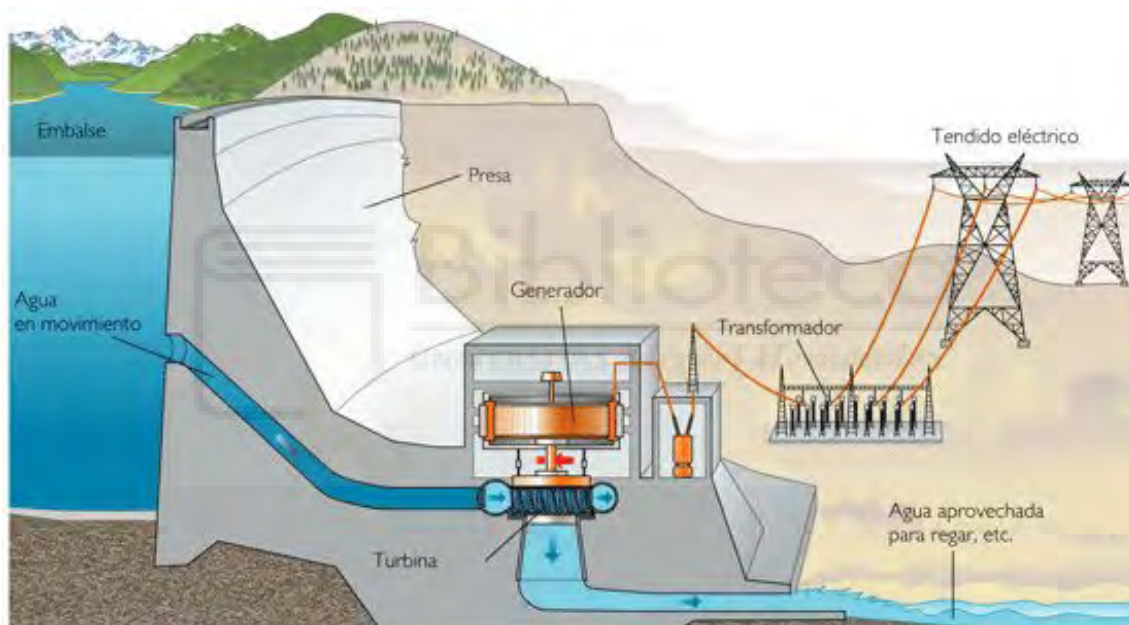


Figura 1.81: Central hidroeléctrica de embalse

Se distinguen dos tipos de centrales solares que aprovechan la energía del sol para generar energía eléctrica: solar fotovoltaica y termosolar.

La solar fotovoltaica utiliza paneles solares fotovoltaicos que están compuestos por células que convierten la luz solar en electricidad. Esta electricidad puede usarse directamente o almacenarse en baterías [45].

Por otro lado, la planta termosolar utiliza una serie de espejos colectores que capturan la luz del sol y la concentran en una superficie. El calor concentrado se transfiere a un fluido que es llevado a una turbina para la producción de electricidad[166]. Existen diferentes tipos de termosolar en función de donde concentran la luz solar. Las de cilindro-parabólicos reflejan la luz solar en un tubo que contiene el fluido



Figura 1.82: Planta solar fotovoltaica en Extremadura

(suele ser aceite), mientras que las de torre concentran la luz en un intercambiador de calor localizado en una torre. También existen las de disco-parabólicos que usan motores de combustión para producir electricidad, pero tienen un coste muy elevado [166].

Los parques eólicos producen energía eléctrica a través de aerogeneradores. El viento hace girar las palas del aerogenerador, que están conectadas a una turbina, y transforma la energía cinética en energía eléctrica. Luego un convertidor transforma la corriente continua en alterna y lo envía al transformador para elevarla y transportarla [46].

También existen dos tipos de parques eólicos:

- Eólica terrestre.
- Eólica marina.

Los parques marinos offshore, debido a su localización, ofrecen mayores velocidades de viento lo que se traduce en mayor potencia generada, sin embargo la logística de su transporte e implementación en alta mar hace que no sean tan rentables.

Mix de generación En los últimos años, el mix energético español ha estado dominado por energías renovables. En apenas dos décadas, la eólica y la solar han pasado de tener una participación mínima (5 %) a dominar la generación por encima de la nuclear, la hidráulica, los ciclos combinados, etc.



Figura 1.83: Planta termosolar de cilindros parabólicos



Figura 1.84: Parque eólico de Navarra

Según datos de Red Eléctrica de España (REE), la potencia instalada en 2025 se consolida alcanzando los 134665 MW, aumentando ligeramente respecto al año anterior respecto a la solar fotovoltaica y biomasa. La generación está liderada por la eólica (44940 GWh), seguida de la solar fotovoltaica (44025 GWh), la nuclear (42575 GWh) y los ciclos combinados (35394 GWh) [149].

En general, más del 55 % [149] de la generación proviene de fuentes renovables, lo que pone de manifiesto los grandes cambios que ha sufrido la red eléctrica española.

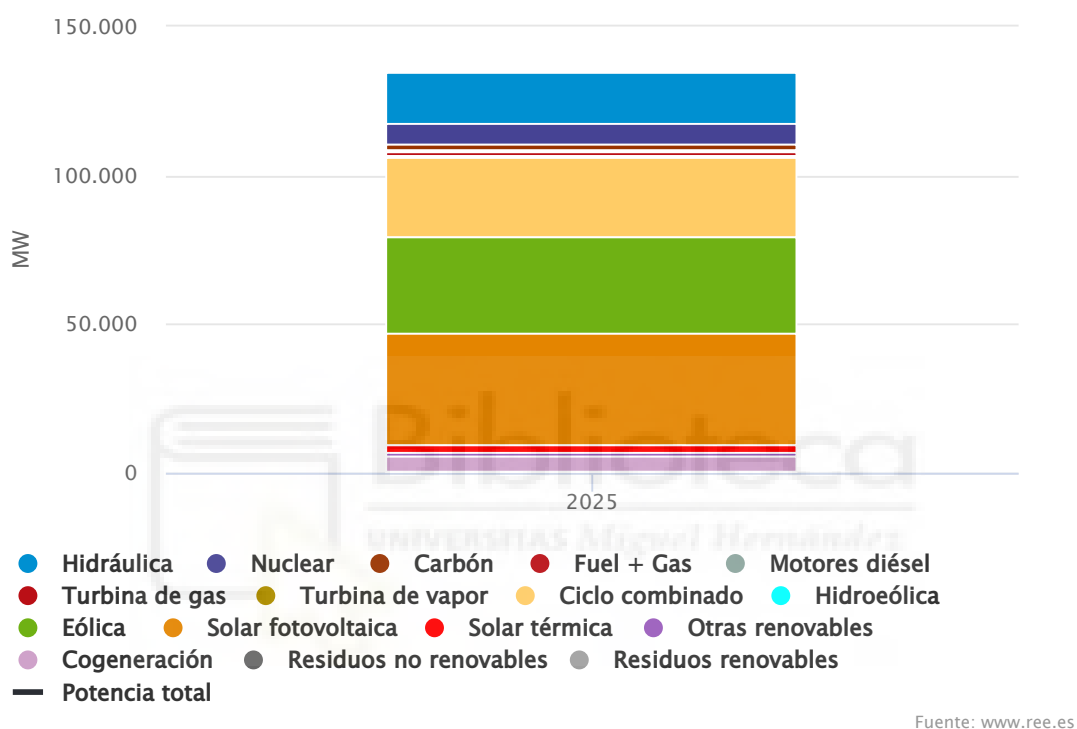


Figura 1.85: Potencia instalada nacional 2025 (MW)

1.4.1.2. Transporte La red de transporte está formada por un conjunto de líneas, transformadores y otros elementos que envían la energía desde las plantas generadoras hasta los centros de transformación. La red funciona a 400 kV y 220 kV en la Península, y a 220 kV, 132 kV y 66 kV en Canarias y Baleares [150].

Las funciones de la red de transporte son[150]:

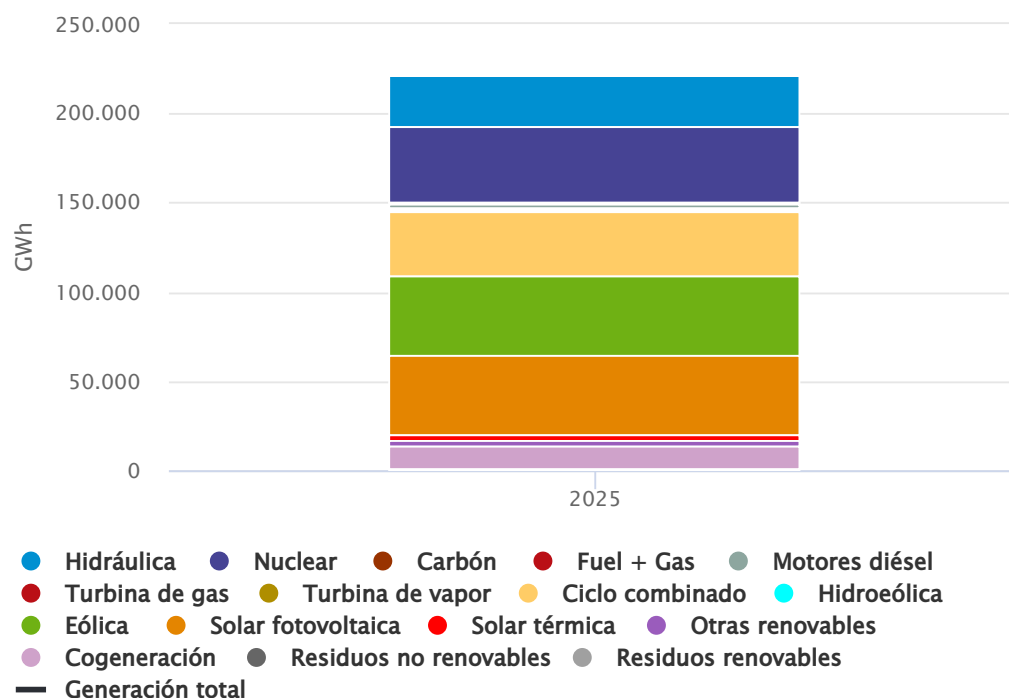
- Transferir la energía en la red de manera eficiente y segura.
- Mantener los parámetros básicos de la red como la tensión y la frecuencia dentro de los límites esperados.
- Minimizar las pérdidas.

	%
Hidráulica	12.7
Nuclear	5.3
Carbón	1.1
Fuel + Gas	-
Motores diésel	0.6
Turbina de gas	0.9
Turbina de vapor	0.8
Ciclo combinado	19.5
Hidroeólica	0.0
Eólica	24.3
Solar fotovoltaica	28.0
Solar térmica	1.7
Otras renovables	0.9
Cogeneración	3.9
Residuos no renovables	0.3
Residuos renovables	0.1
Potencia total	100

Cuadro 1.2: Desglose de la potencia total instalada a 2025

	GWh
Hidráulica	28008.25
Nuclear	42575.33
Carbón	1459.03
Fuel + Gas	0.00
Motores diésel	2093.76
Turbina de gas	561.96
Turbina de vapor	1594.88
Ciclo combinado	35394.77
Hidroeólica	19.28
Eólica	44940.19
Solar fotovoltaica	44025.05
Solar térmica	3509.79
Otras renovables	3169.36
Cogeneración	12436.82
Residuos no renovables	842.58
Residuos renovables	561.46
Generación total	221192.52

Cuadro 1.3: Desglose de la generación de energía durante 2025



Fuente: www.ree.es

Figura 1.86: Total energía (GWh) generada en el territorio nacional por tecnología - 2025

Red Eléctrica de España (REE) es el operador único del sistema y titular de las redes de transporte. Como operador del sistema, debe velar porque el consumo y la producción de energía coincidan en todo momento [150].

La energía no se puede almacenar en grandes cantidades para luego suministrarlas en momentos de gran demanda, por ello, el operador del sistema debe realizar previsiones de demanda para cada momento del día, y se coordinan con los productores y consumidores para intercambiar información y realizar los ajustes que sean precisos [95].

Esta gestión se realiza en el Centro de Control Eléctrico (CECOEL) y en el Centro de Control de energías renovables (CECRE).

El CECOEL[148] se encarga de toda la operación y coordina las instalaciones de generación y transporte, recibiendo en tiempo real toda la información y ajustando los datos en tiempo real. Por otro lado, el CECRE [147] se encarga de gestionar la energía producida por la generación renovable.

En un sistema eléctrico, la potencia generada debe equipararse en todo momento a la potencia que se consume [47]. Desequilibrios en este balance hacen que la frecuencia del sistema varíe. Un ejemplo análogo es el de la bicicleta, si pensamos que las ruedas

de la bicicleta son los generadores, y de repente se encuentran una cuesta (sube la demanda), la frecuencia de giro va a disminuir. Si se encuentra una pendiente (disminuye la demanda), la frecuencia de giro aumentará.

La frecuencia de la red, que en España es de 50 Hz, es la correspondiente a la velocidad de rotación de generadores síncronos. Si aumenta la demanda, la frecuencia disminuye. Si disminuye la demanda, la frecuencia aumentará. La desviación será mayor o menor en función de la inercia del sistema y la velocidad con la que se activen los diferentes controles que actúan sobre los desequilibrios [47].

Si tienes generadores síncronos, estos aportan mucha inercia mecánica que amortiguan las perturbaciones, por lo que las desviaciones serán pequeñas. Si hablamos de generación solar por ejemplo, tendrá desviaciones más grandes porque la inercia de estas es muy baja.

La regulación de la frecuencia presenta tres controles diferenciados [7]:

- Control o regulación primaria: se trata del margen de potencia por el cual los grupos generadores pueden modificar la potencia que generan de forma automática en ambos sentidos, mediante el regulador de velocidad, durante los primeros segundos para detener la alteración de la frecuencia. Actúa sin intervención alguna [7].
- Control o regulación secundaria: se define como el margen de variación de potencia en el que el regulador secundario puede actuar, en ambos sentidos, partiendo del punto de funcionamiento en que se encuentre en cada instante. Esta reserva secundaria de potencia se determina cada día para poder asegurar desequilibrios que pudieran producirse. La actuación de esta no debe demorarse más de 30 segundos y debe mantenerse durante 15 minutos hasta que entre la regulación terciaria [7].
- Control o regulación terciaria: se constituye por la variación máxima de potencia a aumentar o disminuir de los grupos generadores que puede ser movilizada en un tiempo no superior a 15 minutos y pudiendo mantenerse en un periodo de 2 horas consecutivas [7].

1.4.1.3. Distribución Las redes de distribución se encargan de transportar la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación, donde se transforma la alta tensión en media tensión, pasando por los centros de transformación, localizados en las zonas de consumo, que vuelven a reducir la tensión a baja para ser consumida por los usuarios finales[145]. Las líneas de baja tensión dispone de instalaciones

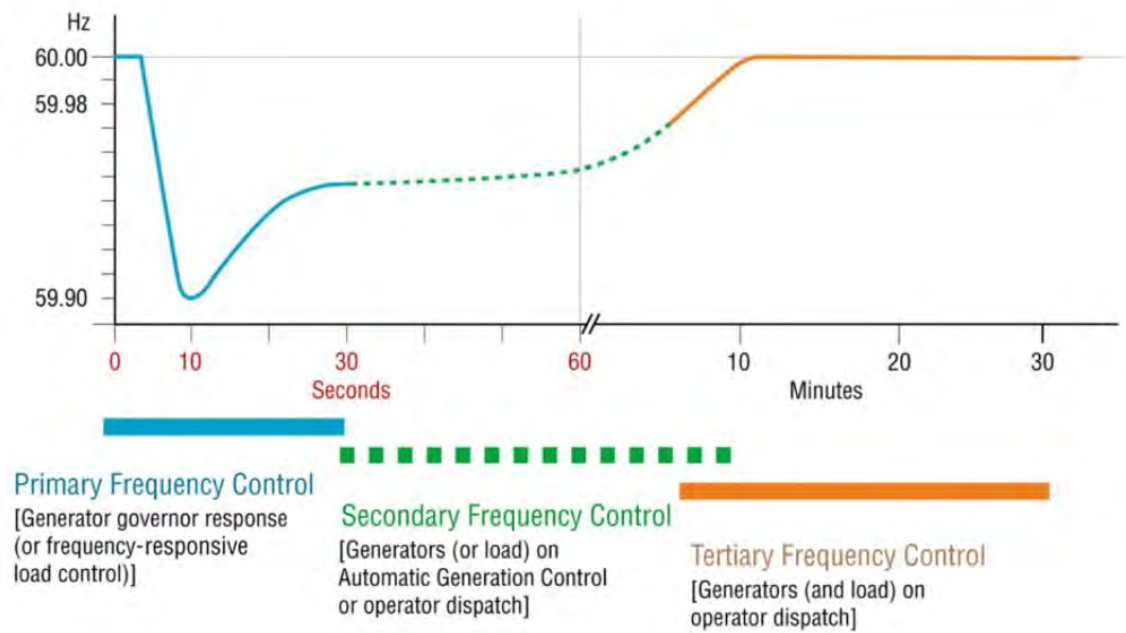


Figura 1.87: Regulación primaria, secundaria y terciaria del control de frecuencia

protegidas por diferenciales y interruptores que permiten la conexión de iluminación, electrodomésticos o cualquier otro aparato. En España, la tensión nominal es de 230 V en instalaciones monofásicas, y 400 V en trifásicas [145].

La mayor parte de la red pertenece a cinco grandes distribuidoras: I-De de Iberdrola, E-Distribución de Endesa, UFD Distribución de Naturgy, E-Redes de EDP y Viesgo distribución [151]. Aunque existen otras distribuidoras que operan en zonas concretas.

Las distribuidoras son las propietarias de la infraestructura de distribución y realizan varias funciones entre las que se encuentran [50]:

- Dar de alta nuevos suministros y gestionar el corte de la luz si la comercializadora le comunica impagos.
- Reparar averías que pueda presentar la infraestructura.
- Cobran un peaje de acceso a las comercializadoras por hacer uso de sus redes. Este importe está regulado y se destina a los costes de operación y mantenimiento de la infraestructura de distribución.
- Instalan contadores y realizan la lectura para que la comercializadora facture lo consumido.

En lo que respecta a la distribución, se están incorporando cada vez más nuevas



Figura 1.88: Mapa de distribuidoras de energía eléctrica en España

tecnologías relacionadas con las redes inteligentes o “smart grids”, que integran de forma inteligente los equipos físicos con sistemas de monitorización [52] que actúan a distancia y de forma instantánea sobre la red. Estos equipos son la clave para que los vehículos eléctricos se integren de manera satisfactoria en el entramado eléctrico del país y también para la mejora de la calidad del sistema eléctrico.

1.4.1.4. Comercialización La comercialización de la energía eléctrica en España permite que cualquier empresa pueda comprar y vender electricidad, independientemente de que sean también distribuidoras. Se da el caso de que una distribuidora presenta un segmento dentro de su empresa para comercializar la energía y facturarla. En el caso de Iberdrola por ejemplo, su rama de comercialización se denomina “Iberdrola Clientes”. Debido a la ley del sector eléctrico 54/1997 [19], la comercialización quedó separada de las actividades de distribución, transporte y generación.

España es única en ese sentido, ya que es el país con el mayor número de comercializadoras de electricidad de toda Europa [137]. Según datos de la CNMC, el número de comercializadoras en el mercado libre asciende a más de 800 [100].

Originalmente, el gobierno regulaba los precios de la electricidad para los consumidores finales a través de la tarifa del último recurso (TUR), pero a partir de 2009 se liberalizó el sector y se permitió que las comercializadoras pudieran establecer sus

propias tarifas. Desde entonces, el mercado está dividido en dos tipos:

- Mercado regulado (PVPC).
- Mercado libre.

El mercado regulado presenta un precio medio calculado del precio de la energía en mercados diarios e intradiarios durante el periodo de facturación. Dado que el precio cambia cada hora en función de la oferta y la demanda del momento, habrá momentos donde esté más cara la luz y momentos donde esté menos. Esta modalidad presenta un gran inconveniente y es que el usuario no va a poder conocer el precio por la energía que ha consumido hasta el momento de que le llegue la factura. Este tipo de tarifas reguladas no pueden realizarla todas las comercializadoras, sólo las denominadas como “de referencia” [136].

Por otro lado, en el mercado libre los consumidores pueden conocer diferentes ofertas de las distintas comercializadoras y realizar un contrato con ellas a un precio fijo durante el periodo establecido. La ventaja de este mercado es que el cliente puede elegir la tarifa que mejor se adapte a sus consumos para pagar lo mínimo posible. La mayoría de consumidores españoles están adheridos al mercado libre [2].

Agentes del mercado eléctrico Los agentes del mercado son personas físicas o jurídicas que intervienen en las transacciones que tienen lugar en el mercado de producción de la energía eléctrica [39].

- Productores de energía eléctrica: operan las centrales de producción y venden la energía.
- Comercializadores: compran la energía en el mercado para venderla a sus consumidores.
- Consumidores directos en el mercado: se trata de un consumidor final que compra directamente en el mercado sin intermediarios.
- Representantes: actúan en nombre de otro agente y llevan a cabo operaciones de compra y venta de energía.

Operación del mercado eléctrico El sistema de funcionamiento del mercado diario es el marginalista, en el que el precio final que se obtiene al final de la casación de la compra y venta de energía se aplica a todos los productores que han intervenido en ese momento. Es decir, la última central que entra es la que establece el precio final de la energía que se aplicará para todos [6].

Los productores y comercializadores deben enviar las ofertas de compra y venta al operador del mercado (OMIE) para todos los cuartos de hora del día siguiente. Anteriormente el mercado se negociaba cada hora, pero a partir del 1 de Octubre de 2025 cambió a intervalos de 15 minutos [71] como ocurre también con en el mercado intradiario. Esta mayor granularidad permite adaptar el consumo a tramos más económicos.

Una vez OMIE tiene todas las garantías de las ofertas que ha recibido, comienza a aplicar la casación. Las curvas agregadas de oferta y demanda se pueden consultar en su web oficial [124].

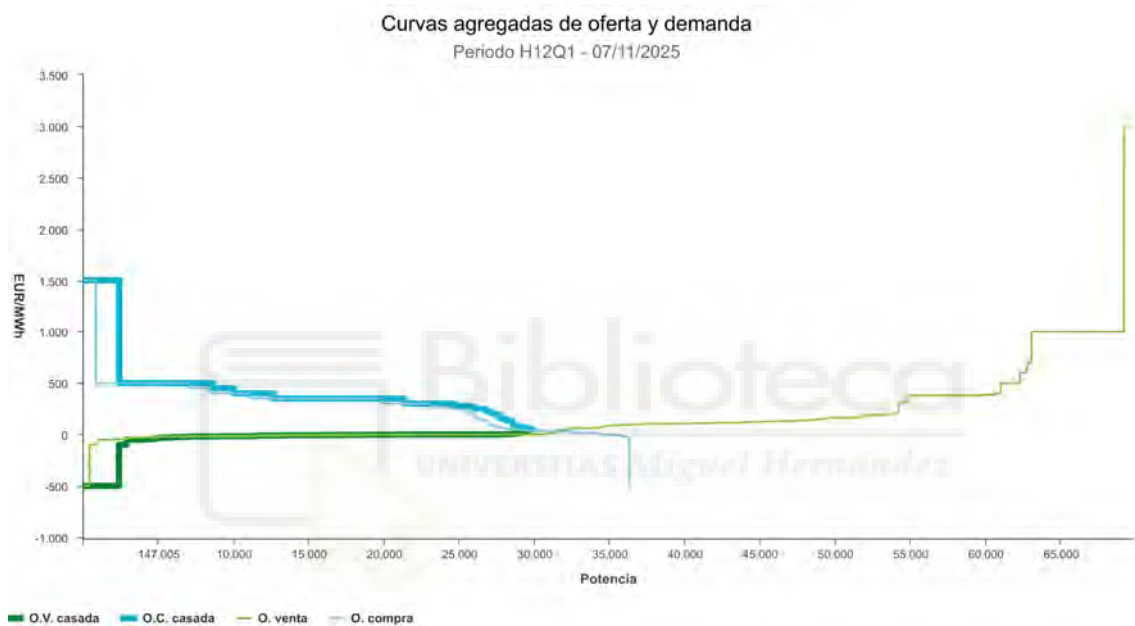


Figura 1.89: Curvas agregadas de oferta y demanda en el mercado diario para el 7/11/2025 en el periodo H12Q1

Como se puede ver en la figura, la curva de oferta (verde) comienza con precios bajos o incluso negativos. Las primeras que entran en el pool son las energías no gestionables, por la cual su producción no puede detenerse y tampoco es almacenable, así que el precio inicial es prácticamente gratis. Hablamos de renovables y nucleares. Más tarde van entrando las hidráulicas, la termosolar y los ciclos combinados. Por otro lado, la curva de demanda (azul) se ordena con precios máximos para consumidores que necesitan asegurar el suministro al precio que sea y va decreciendo paulatinamente.

El punto donde se cruza la curva de oferta y la curva de demanda es lo que se denomina como precio marginal. Si existe menos demanda, el punto de casación será menor. Si ese día se esperan condiciones meteorológicas adversas que hace que aumente el uso de combustibles fósiles, la curva de oferta crecerá antes, así que el

precio subirá.

Este no será el precio final de la energía, sino que habrá que tener en cuenta otras ofertas y operaciones más complejas. Estas operaciones se manejan mediante un algoritmo llamado Euphemia que maximiza las curvas de casación para obtener el mayor beneficio para compradores y vendedores [87].

Una vez realizada las casaciones para el total de 96 periodos del día, se publican los datos en la web de OMIE con toda la información relativa a precios, ofertas, demandas, flujos de interconexión, etc. Al mismo tiempo, el operador del sistema (REE) publica los datos de generación por tecnologías y precios. Estos datos se pueden consultar en la web e-sios [62].

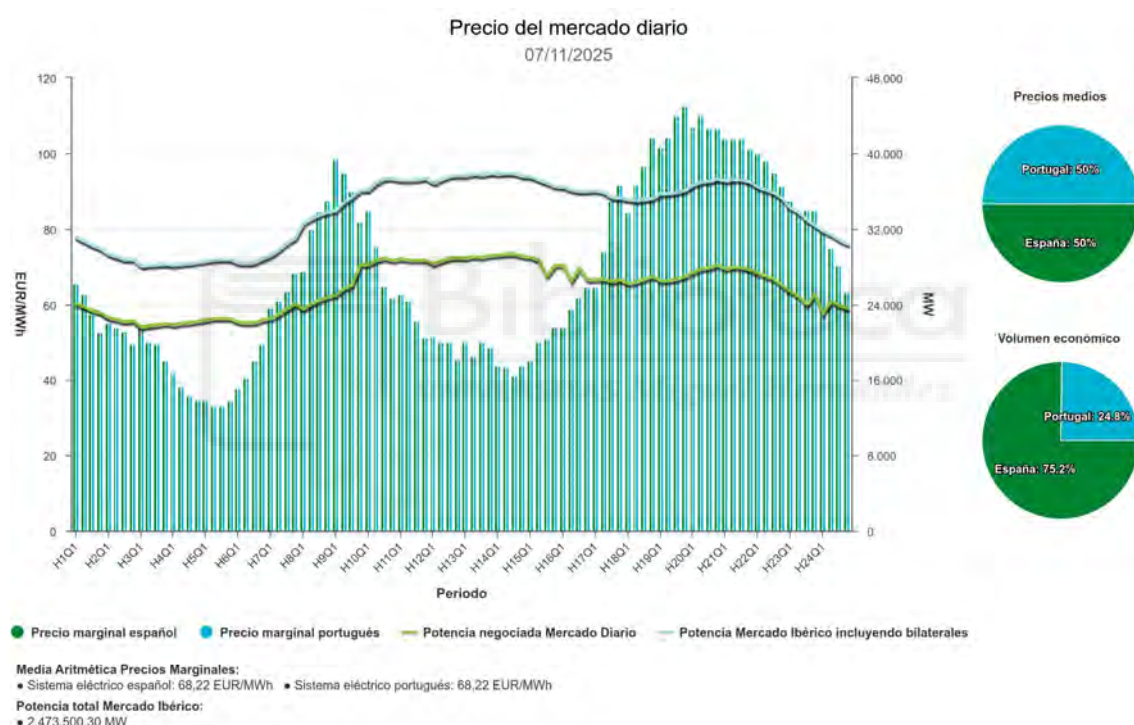


Figura 1.90: Precio del mercado diario para el 07/11/2025

A la vista de la gráfica podemos observar como los precios por la noche son más baratos que durante el día, con dos picos por la mañana y por la noche, y otro valle a mediodía correspondiente al uso de renovables como la solar y la eólica. La curva de precios del mercado tiene muchas similitudes con la de demanda, y es que si aumenta la demanda hay que meter más plantas para cubrir esa demanda y eso encarece el precio. El mercado diario se ve fuertemente afectado por la demanda, el clima, las conexiones con otros países, así como el mix de generación de renovables y no renovables y el precio de las materias primas.

Después del mercado diario, entra el mercado intradiario que se divide en intradiario

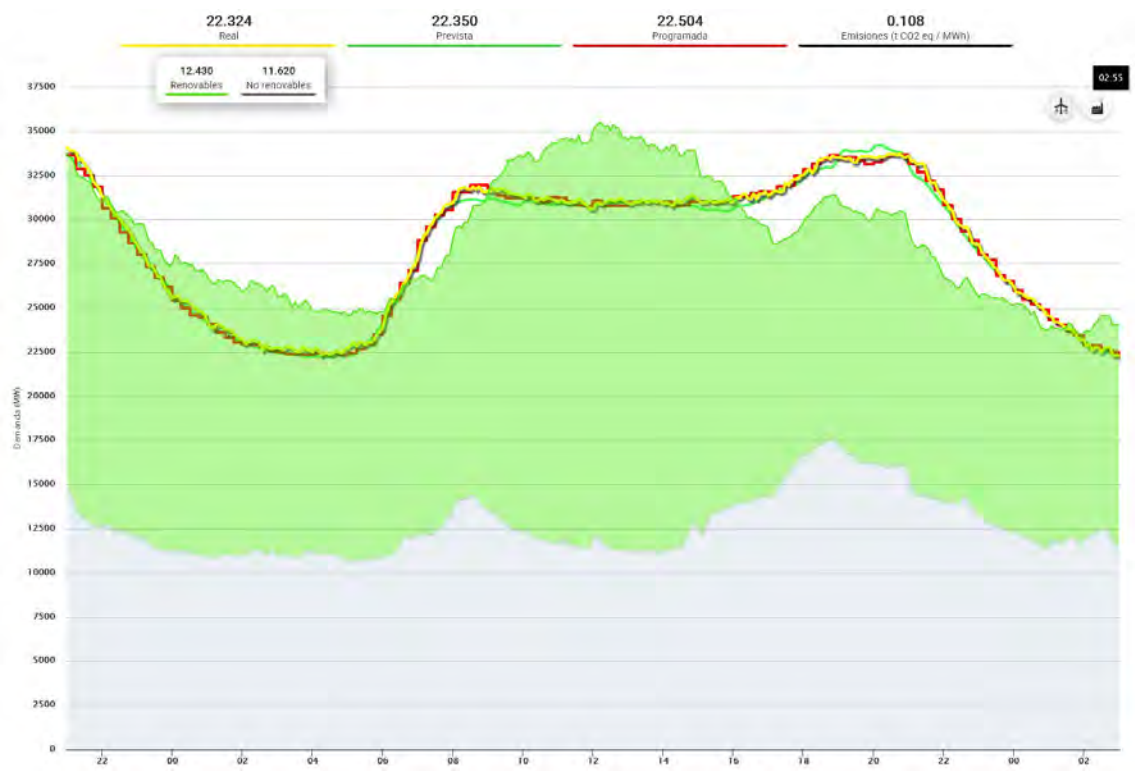


Figura 1.91: Demanda de energía eléctrica para el 07/11/2025

europeo y continuo. El europeo se divide en tres sesiones con diferentes horarios de apertura, cierre y horizonte de programación. El continuo también llamado acoplamiento único intradiario, tiene el mismo objetivo que es ajustar posibles desbalances de energía [107].

Posteriormente, los datos de las sesiones se envían al operador del sistema que las analiza y realiza sistemas de ajuste para garantizar la seguridad y calidad del suministro. Entran aquí tres mercados diferentes, que son el de gestión de desvios, el de restricciones técnicas y el de servicios complementarios [6].

Subastas Intradiarias Europeas	Sesión IDA 1	Sesión IDA 2	Sesión IDA 3
Apertura de la sesión	14:00	21:00	9:00
Cierre de la sesión	15:00	22:00	10:00
Casación y publicación	<15:20	<22:20	<10:20
Horario de los horizontes de Programación (Periodos cuarto-horarios)	96 periodos 1-96, H01Q1-H24Q4 D+1	96 periodos 1-96, H01Q1-H24Q4 D+1	48 periodos 49-96, H13Q1-H24Q4 D

Figura 1.92: Sesiones del mercado intradiario europeo

1.4.2. Implementación del VE en la red

La transición al vehículo eléctrico supondrá un aumento en la demanda energética, por lo que la red debe sufrir cambios significativos que permitan adecuarse a la integración paulatina, y en un futuro masiva, de nuevos consumos.

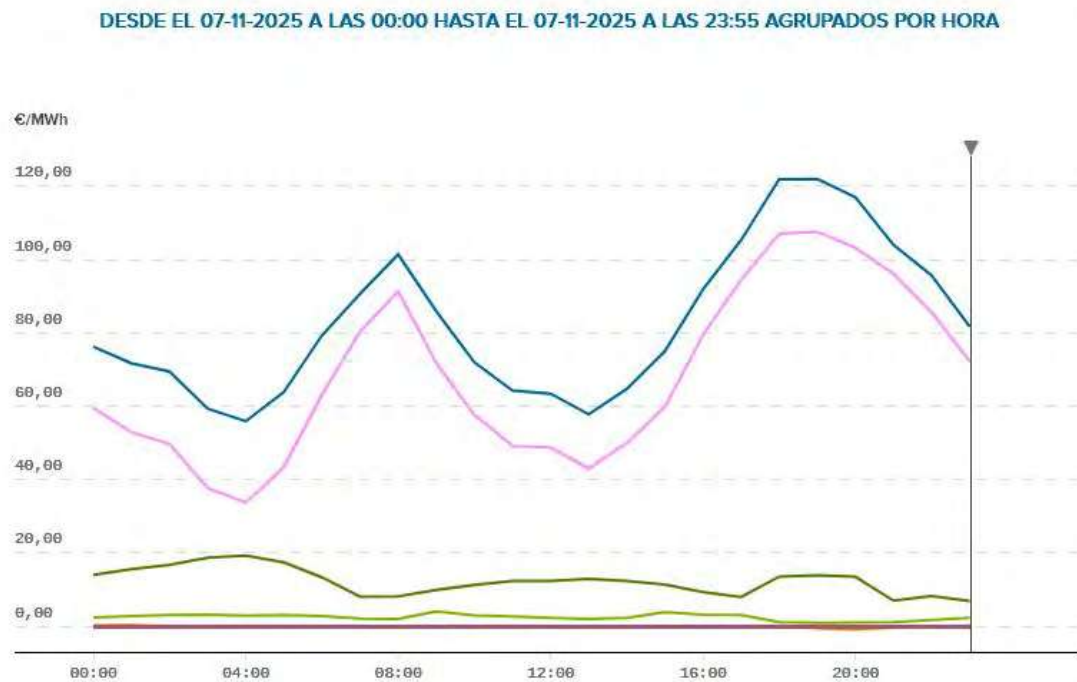


Figura 1.93: Precio medio horario final del día 07/11/2025 (precio medio suma de componentes en azul; precio del mercado diario en rosa)

La recarga en la vivienda continúa siendo la opción ideal y preferida por los consumidores de eléctricos, tanto por la comodidad como por los precios bajos que presentan[75]. El horario nocturno suele ser el ideal para la recarga del vehículo, ya que es el momento del día donde el coche va a descansar y va a poder estar conectado el tiempo suficiente para estar en plenas condiciones para su uso posterior.

Para aliviar esta carga extra que sufriría la red, lo fundamental es la optimización del proceso de carga. Aquí entra en juego la recarga inteligente y tecnologías como el V2G o “vehicle-to-grid” que convierten a los vehículos en dispositivos de almacenamiento móvil.

Si se presenta baja demanda en la red, se podría almacenar energía, y cuando es alta la demanda se podría enviar electricidad desde las baterías del vehículo a la red. En este sentido, la recarga automatizada e inteligente que permite que la corriente fluya en ambas direcciones puede ayudar a mantener el equilibrio del sistema eléctrico.

Todo esto además pasa por la mejora de los elementos del sistema de distribución como subestaciones y centros de transformación, que permitan una gestión automatizada y predictiva de la red.

Otro beneficio importante para el usuario respecto a la recarga inteligente, es la posibilidad de vender la electricidad extra para que se utilice en otros momentos del

día. En esta dirección, no solo existe el V1G y el V2G, sino que también existe el “vehículo a edificio” (V2B), “vehículo a todo” (V2X) y “vehículo a casa” (V2H) , que aprovechan la carga bidireccional para transferir la energía a diferentes [84].

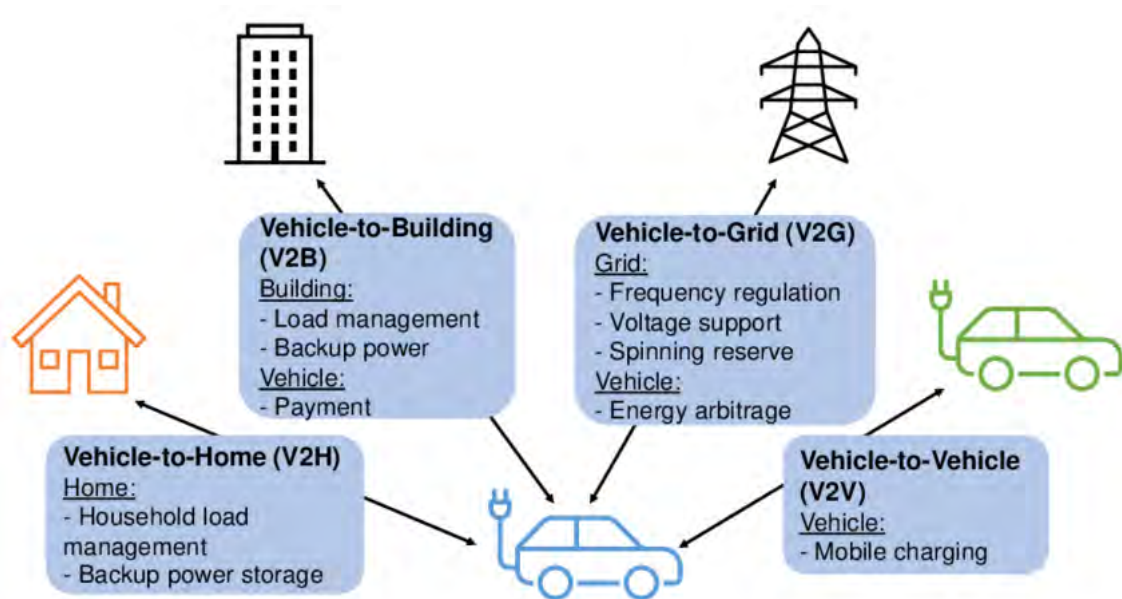


Figura 1.94: Diferentes tipos de recarga inteligente

1.4.2.1. V2G La integración de los vehículos eléctricos en el sistema va a necesitar soluciones que vayan dirigidas a paliar las consecuencias de la recarga masiva de vehículos. La tecnología más prometedora y efectiva es la llamada recarga inteligente.

La carga bidireccional o V2G (“vehicle-to-grid”) permite que el vehículo pueda almacenar energía eléctrica de la red y la devuelva a esta cuando se necesite [84]. En su forma más básica no es más que considerar a los vehículos eléctricos como un tipo de almacenamiento móvil que beneficia tanto a la red como al usuario.

Un vehículo eléctrico equipado con carga bidireccional presenta un punto de recarga habilitado para tales funciones, así como una aplicación que permite gestionar y visualizar toda la información de la recarga, el vehículo y la red [174].

Muchas de las funciones que podemos encontrar en esta aplicación son las siguientes [105]:

- Estado actual de la batería del vehículo.
- Autonomía restante.
- Establecimiento de horarios de recarga para el ahorro de energía.

- Limitación de la capacidad máxima de la batería como medida de conservación de la batería.
- Ver consumos de energía.
- Ver posibles beneficios económicos derivados del vertido de energía a la red.
- Visualizar las fuentes de energía utilizadas en la recarga del vehículo, así como las emisiones asociadas.

Una sesión de V2G puede comenzar con la configuración de los parámetros de recarga de la batería. Se puede establecer un límite inferior por el cual, aunque se esté inyectando energía a la red, el vehículo va a mantener una autonomía mínima que sea aceptable.

De igual forma, podemos fijar horarios de recarga flexibles que permitan disminuir el coste de la recarga. Por ejemplo, podemos limitarlo a recarga nocturna donde el precio de la luz suele ser más barato.

Este “micro-grid” que se forma, permite que el punto de recarga, la red, y el vehículo estén totalmente comunicados para el intercambio de energía con parámetros únicos del usuario y sesión.

Esta sesión está coordinada mediante los agregadores. Los agregadores son entidades que actúan como intermediarios entre la red y los usuarios. Recopilan información de los vehículos y organizan las recargas dependiendo de cada sesión y de la información en tiempo real que les llega de la red. Cuando la sesión finaliza, la aplicación te ofrece información del suministro a red y de la carga de la batería [66].

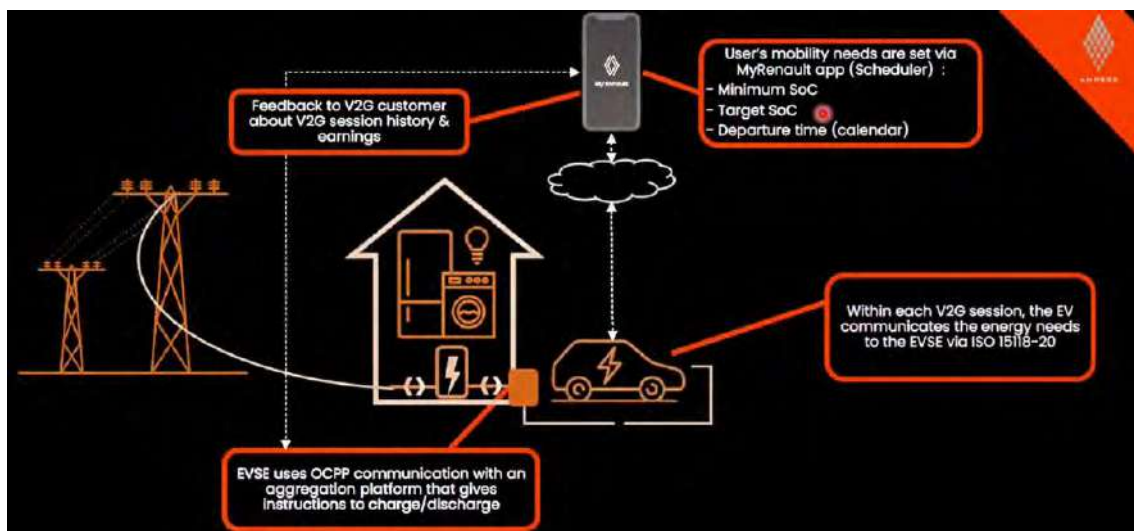


Figura 1.95: Servicios de V2G

La transferencia de energía entre el vehículo y la red puede llegar a degradar la batería, aunque numerosos estudios confirman que la retención de energía de la batería continúa siendo muy alta pasados los diez años [179].

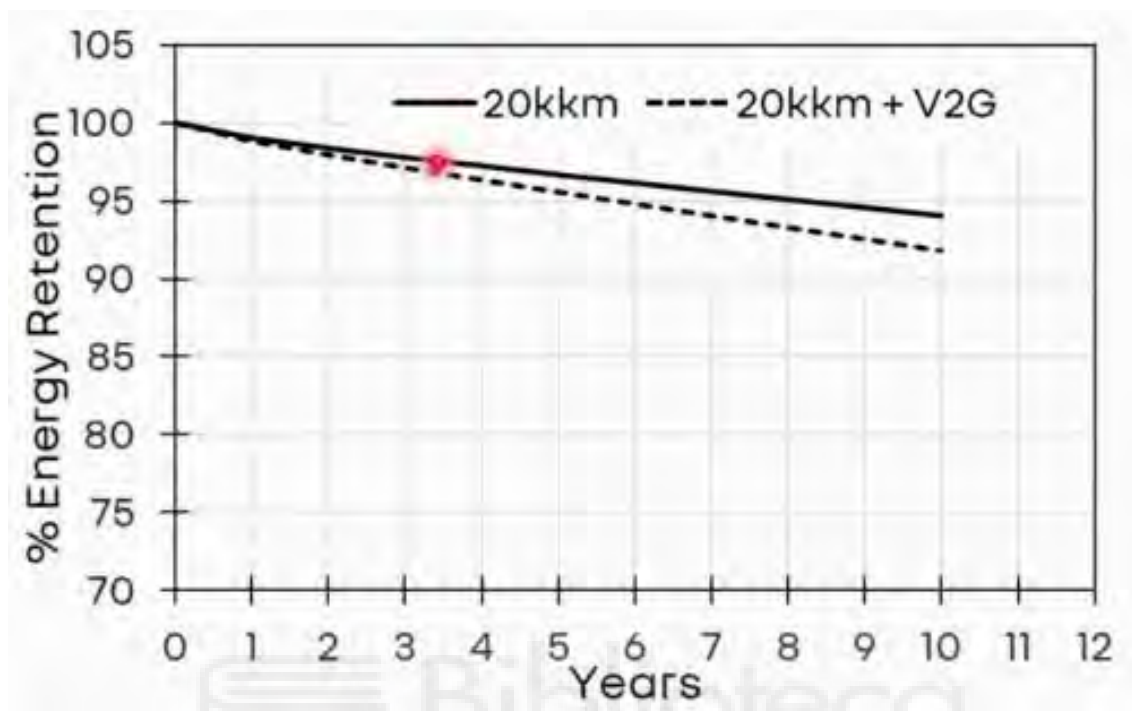


Figura 1.96: Proyección de degradación de batería en base a uso de consumidores [58]

A modo de ejemplo, véase la Figura 1.96 donde se puede visualizar la proyección en la degradación de una batería. Si se asumen 20000 km recorridos al año y un intercambio de energía con la red de 5 MWh/año (13.7 kWh/día), una batería de 50 kWh con una autonomía de 400 km realizaría unos 50 ciclos anuales asociados a la conducción y otros 100 ciclos al año dedicados a servicios V2G [58]. En 10 años, la batería habrá acumulado unos 1500 ciclos, lo que supondría una degradación adicional del 5 % respecto a un escenario sin V2G, sin tener en cuenta el posible rendimiento económico que podríamos haber extraído con la venta de la energía [58].

Incluso imaginando escenarios donde el vehículo apenas suministre 1 MWh de energía al año, aplicado a un millón de vehículos, llegaríamos a cifras de 1 TWh anual que no son desdeñables [58].

Aunque algún ejemplo puede ser extremo, se puede ver como el V2G tiene beneficios muy positivos, y si bien es perfecta para la correcta integración del VE en la red, su presencia sigue siendo mínima, con solo unos pocos vehículos habilitados para ello y una infraestructura que no está actualmente preparada.

La falta de V2G en la actualidad se debe principalmente a factores regulatorios y económicos. Los fabricantes tanto de los vehículos como de los puntos de recarga tienen numerosas soluciones que habilitan esta tecnología, pero falta desarrollar el marco legal del que se sustenten así como recursos económicos para su implementación.

Actualmente la mayoría de proyectos de V2G en Europa están en fase experimental. En España, una de las primeras redes de recarga bidireccional se puso en marcha en las Islas Baleares. Se trata del proyecto V2G Islas Baleares y contaba con 16 puntos de recarga habilitados para tal uso [138]. Más tarde, en 2024, la misma empresa, Acciona, incorporó un nuevo programa de V2G a la flota corporativa interna de Ikea en España [154].



Figura 1.97: Punto de recarga V2X en Alcorcón

Los modelos de vehículos actualmente en el mercado con capacidad de recarga bidireccional hacia la red son escasos, pero los fabricantes están comenzando a incorporarlos. Se pueden encontrar modelos de Audi, Kia, Renault y Nissan con capacidad V2G y V2L.

En cuanto a los modelos de puntos de recarga con capacidades bidireccionales, no existen muchos modelos y los pocos que hay todavía están en fase de testeo y experimentación. Wallbox ya presenta modelos como el Quasar 2 que lo permiten, pero el volcado de energía en la red es complejo hoy día, dado que no existe legislación

Fabricante	Modelo
Audi	Q4
BMW	IX3
BYD	Dolphin
Kia	EV9
Hyundai	Ioniq
Nissan	Leaf
Renault	5
Skoda	Enyaq
Volkswagen	ID
Volvo	EX90

Cuadro 1.4: Lista de vehículos con servicios V2G habilitados

específica para ello [142].

1.4.2.2. Impacto en la integración de los VE en la red La incorporación de los vehículos eléctricos en la red no es una tarea sencilla ya que existen numerosos factores que ponen en peligro la estabilidad del sistema. La inestabilidad y los problemas aparecen al añadir nuevas cargas, sobretodo si se realiza de forma descontrolada. El impacto se ve reflejado en características como la calidad de la energía, cambios en el voltaje, introducción de armónicos en la red y degradación de elementos encargados del correcto transporte de la energía.

A pesar de ello, estos problemas pueden ser mitigados con el uso de cargadores bidireccionales y una gestión inteligente de la energía. En lo que respecta a las ventajas de integrar el V2G en la red son muchas y muy variadas entre las que se encuentran: reducción de picos de carga, regulación de la frecuencia y compensación de reactiva.

Reducción de picos de carga Como se ha visto anteriormente en la curva de demanda de España, esta suele presentar dos picos en los que la demanda se incrementa. Dichos picos representan los dos momentos del día donde la población se encuentra en casa y está utilizando grandes cantidades de energía.

Dependiendo de la tarifa eléctrica contratada, la discriminación horaria permite establecer precios más bajos en el horario nocturno, cuando la demanda disminuye, y precios más altos a primeras horas del día o por la tarde, cuando la demanda aumenta. La idea es emplazar la recarga del vehículo eléctrico en un tramo del día

donde se aprovechen las horas más baratas. Al trasladar la recarga a las horas valle, la red sufre menos y se aprovecha capacidad que de otra forma no se emplearía [178].

Las soluciones de recarga inteligentes y coordinadas permiten controlar tanto el momento de carga como el de descarga, con información totalmente automatizada y sincronizada con la red eléctrica, que conoce en todo momento el estado de los microgrids.

Al final del día, el usuario no debe preocuparse ni estar pendiente del proceso de carga, ya que es la propia red, adecuándose a sus necesidades, la que programa las cargas y descargas en los momentos de menor demanda y menor coste.

Este mejor uso de la red reduce el número de inversiones en nuevas centrales eléctricas, lo que contribuye a que el sistema sea más rentable.

Para llevar a cabo esta recarga coordinada, es necesario la inclusión de contadores inteligentes que permitan registrar no solo la carga del vehículo, sino también la descarga hacia la red. Además de monitorizar los parámetros de uso y el tiempo de cada usuario, la integración del sistema pasa por la creación de un algoritmo que permita la optimización de la inyección de energía en red.

En definitiva, se trata de equilibrar el coste, el impacto en la red y la satisfacción del usuario.

Regulación de la frecuencia La frecuencia de la red eléctrica está determinada por el balance entre la oferta y la demanda de energía. Esta debe mantenerse en unos valores determinados. Cuando la oferta o la demanda varían de forma brusca, la frecuencia sufre fluctuaciones[63]. Para evitar fallos en el sistema, las desviaciones se corrigen rápidamente con la inyección o reducción de potencia, que se realiza a través de los reguladores de velocidad de las turbinas de las centrales eléctricas [63].

Los VE, a diferencia de las centrales eléctricas convencionales donde el ajuste de la generación puede requerir varios minutos, pueden actuar de forma muy rápida mediante la carga y descarga en la red[63]. Esta capacidad de actuación los convierte en buenos activos para la regulación de la frecuencia.

Los agregadores, que actúan de intermediarios entre el usuario y la red, gestionan grandes flotas de vehículos eléctricos que pueden ponerse a disposición del operador del sistema para este tipo de servicios.

Diferentes estudios sobre microgrids indican que el aumento de vehículos eléctricos conectados en la red, junto con la recarga bidireccional, contribuyen de manera

significativa a regular la frecuencia de la red [165].

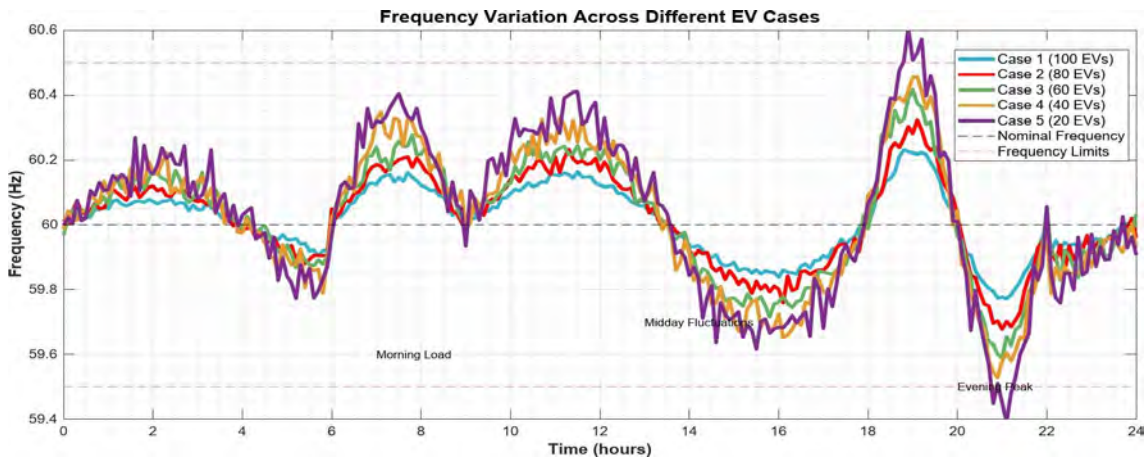


Figura 1.98: Variación de frecuencia con diferente número de VE en la red

Compensación de reactiva La potencia reactiva es la potencia eléctrica que fluye bidireccionalmente entre los conductores de fase y neutro de una red trifásica, pero no realiza un trabajo mecánico útil [133]. Se mide en VAR y es necesaria para mantener activos los campos eléctricos y magnéticos de motores y otras cargas [133].

Un exceso de potencia reactiva en el sistema puede provocar la saturación de cables y protecciones, así como un aumento de las pérdidas térmicas debido al efecto Joule [60]. Este exceso de reactiva hace que la energía fluya sin ser aprovechada, por lo que se pierde capacidad útil de la red.

La potencia reactiva aparece de forma natural en motores, transformadores, etc. La mayoría de cargas industriales consumen reactiva. Para compensarla, se utilizan bancos de condensadores que generan reactiva adelantada que pueden ser aprovechadas por cargas inductivas cercanas, disminuyendo la reactiva total[60]. La absorción o inyección de reactiva provoca además un cambio en la tensión: la absorción tiende a reducirla, mientras que la inyección tiende a aumentarla[60].

La compensación de reactiva se puede lograr con diferentes elementos [40]:

- Bancos de condensadores: inyectan reactiva adelantada, compensando la reactiva atrasada consumida por las cargas.
- Condensadores síncronos: ajustan su potencia reactiva mediante su excitación.
- Generadores estáticos.

De forma alternativa a los bancos de condensadores, se puede utilizar la carga y descarga de los vehículos eléctricos para inyectar o absorber potencia reactiva en la

red ajustando la fase de la corriente que le llega de la red manipulando el convertidor AC/DC [91].

1.5. Marco Normativo en Movilidad Eléctrica

La sociedad ha aumentado enormemente durante el último siglo, y el sector del transporte ha sido clave para su expansión y crecimiento. Ya sea a nivel económico, social o ambiental, el transporte siempre ha sido el impulsor del progreso. Pero el uso excesivo de estos modos de transporte ha llevado a la sociedad a aumentar sus necesidades energéticas. Este gasto energético conlleva un aumento en la contaminación y esta contaminación asiste en la aceleración del calentamiento global, un tema de sobra conocido, hacia el que avanzamos a pesar de las medidas adoptadas para reducir las emisiones contaminantes.

La consecución de los objetivos que se requieren para revertir los efectos del calentamiento global va a necesitar un esfuerzo tanto global como local. En este contexto, el acuerdo de París [171] puso la primera piedra en la lucha contra el cambio climático, estableciendo medidas de reducción de gases de efecto invernadero. Una década más tarde, el resultado es más que decepcionante dado que los niveles de CO₂ son mayores que en 2015 [48], año donde se celebró la convención. Por ello, se debe resaltar la importancia de un marco legislativo y normativo robusto, que acelere los procesos, sea transparente en su ejecución y promueva enfoques más efectivos que los hasta ahora ejecutados.

En el año 2020, España presentó la hoja de ruta climática y energética con el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) [129]. Se trata de una herramienta que le permite al gobierno cumplir con los objetivos marcados desde la Unión Europea con respecto a políticas de energía y clima, con la descarbonización como parte central [129]. El objetivo principal es la disminución drástica de las emisiones para alcanzar la neutralidad climática antes de 2050 [64]. Entre las medidas planteadas en el PNIEC, se persiguen los siguientes resultados [129]:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en un 55 % respecto a 2005.
- Contribución del 48 % de energías renovables en el consumo de energía final.
- Mejora en la eficiencia energética final del 43 %.
- Se reduce la dependencia energética al 50 % con fuentes locales.
- Mix de generación renovables del 81 %.

- Aumento de la potencia instalada de almacenamiento de energía y autoconsumo a 22.5 GW y 19 GW respectivamente.

La electrificación del parque de vehículos es clave para la consecución de estos objetivos. El plan detalla diferentes líneas de acción como [129]:

- Respecto a la línea de actuación de la Unión Europea de prohibir la venta de vehículos nuevos que emitan gases contaminantes, se planea la sustitución gradual de los vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos. Así mismo, se pone el objetivo de alrededor de 5 millones de vehículos eléctricos para 2030.
- Para acelerar la penetración de los VE en el mercado, se detallan reformas para impulsar la infraestructura de recarga y ayudas para la adquisición de VE. Además se deberá garantizar la interoperabilidad entre la red eléctrica, la infraestructura de recarga y diferentes vehículos.
- Otros mecanismos de actuación que incluyen:
 - RD 184/2022 [114] por el que se regula la actividad de prestación de servicios de recarga energética de vehículos eléctricos, estableciendo obligaciones a los agentes que participan
 - RD-ley 29/2021 [21] por el que se adoptan medidas en el ámbito energético de fomento de la movilidad eléctrica, autoconsumo y despliegue de energías renovables
 - RD 1052/2022 [110] por el que se regulan las zonas de bajas emisiones.
 - Real Decreto 450/2022 [111] por el que se obliga a instalar puntos de recarga en edificios nuevos.
 - Creación del grupo GTIRVE [106] para el despliegue de infraestructura de recarga en España.
 - Diferentes programas de apoyo público entre los que se encuentran:
 1. Programa MOVES [140] para incentivar los vehículos eléctricos y movilidad eléctrica.
 2. MOVES FLOTAS [139] para empresas que compren un gran número de vehículos eléctricos y operen como mínimo en 2 comunidades autónomas.

3. Programa de transformación de flotas de vehículos pesados [139].
 4. Flexibilización de peajes y cargos para recarga de VE, a través de la circular CNMC 3/2020 [20].
 5. Se permite a los ayuntamientos establecer bonificaciones fiscales a la recarga de vehículos.
- RD-ley 5/2023 [22] donde se pueden encontrar varias deducciones fiscales en el impuesto sobre la renta de las personas físicas para promover la compra de VE y la instalación de puntos de recarga.
 - Se plantea un registro nacional de puntos de recarga que ya está en funcionamiento [155].
 - Reglamento 2023/1804 de la Unión Europea, de 13 de septiembre de 2023, [25] relativo a la implantación de una infraestructura para combustibles alternativos con objetivos nacionales obligatorios.

Los pilares fundamentales del marco normativo actual respecto a la electromovilidad y la infraestructura de recarga son: RD-ley 29/2021 [21], RD-Ley 4/2024 [24] y el RD 184/2022 [115].

A continuación pasaremos a repasar estas y otras normativas importantes.

1.5.1. Despliegue de la infraestructura de recarga

1.5.1.1. Real Decreto-ley 29/2021 Por lo que se refiere al desarrollo e instalación de infraestructura de recarga en España, el real decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas para promover la movilidad eléctrica, ha sido la base para la agilización y simplificación de gestiones administrativas referentes a licencias de instalación de puntos, reglamentación de zonas de actividad, así como exigencias de instalación en edificios, gasolineras, etc. Entre las diferentes medidas para el despliegue de la movilidad eléctrica encontramos [21]:

- Se facilita la instalación de puntos de recarga en las principales vías de comunicación, siempre y cuando la actividad no afecte al uso y protecciones de la misma carretera[21].
- Instalación obligatoria de puntos de recarga de alta potencia a personas concesionarias que presenten gasolineras o estaciones de servicio, según el volumen anual de ventas de gasolina y gasóleo A. Si el volumen de ventas es igual o superior a 10 millones de litros, se instalará al menos una infraestructura de

recarga de potencia igual o superior a 150 kW en corriente continua. Si en cambio el volumen de ventas está entre 5 y 10 millones de litros, se instalará al menos una infraestructura de recarga de potencia igual o superior a 50 kW en corriente continua[21].

- De igual forma, si se realiza una reforma en una instalación que requiera una modificación del título administrativo, se deberá instalar una infraestructura de recarga de potencia igual o superior a 50 kW en corriente continua, independientemente del volumen anual de ventas de gasolina y gasóleo[21].
- Se aceleran los procesos administrativos, sustituyendo las licencias o autorizaciones previas por una simple declaración responsable que permite la instalación y puesta en servicio desde el día de su presentación[21].
- Dotaciones mínimas de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en edificios existentes de uso distinto al residencial privado que cuenten con un aparcamiento con más de 20 plazas, además de estacionamientos no adscritos a edificios con más de 20 plazas. Se establecerá una estación de recarga por cada 40 plazas de aparcamiento o fracción, y una estación de recarga más por cada 100 plazas adicionales o fracción[21].

1.5.1.2. Real Decreto 450/2022 A su vez, se modifica el Código Técnico de Edificación (CTE), con el real decreto 450/2022, para introducir nuevos requerimientos y secciones relacionadas con la infraestructura de recarga y generación de renovables, entre los que se encuentran [111][120]:

- Los edificios dispondrán de una infraestructura mínima que posibilite la recarga de vehículos eléctricos[120].
- De aplicación a aquellos que tengan una zona destinada a aparcamiento interior o exterior, de nueva construcción, o existentes donde se tenga que intervenir en la instalación eléctrica o a nivel estructural[120].
- Se excluyen de la aplicación:
 - Edificios de uso distinto al residencial privado con zona de aparcamiento de 10 plazas o menos[120].
 - Edificios existentes de uso distinto al residencial privado con zona de aparcamiento de 20 plazas o menos y edificios existentes de uso residencial privado justificado por el coste de la ampliación[120].

- Edificios protegidos[120].
- En los edificios de uso residencial privado se instalarán sistemas de conducción de cables para futuros suministros a infraestructura de recarga para todas las plazas de aparcamiento. Y en edificios distintos al residencial privado, se tendrá en cuenta para al menos el 20 % de plazas de aparcamiento[120].
- Se instalará una estación de recarga por cada 40 plazas de aparcamiento, o fracción, con diferentes criterios según el tipo de edificio y las plazas de aparcamiento disponibles[120].
- Como justificación de que el edificio cumple con las nuevas exigencias, el proyecto deberá incluir la siguiente información:
 - Esquema de conexión para el dimensionado de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja (REBT)[120].
 - Descripción de la conducción principal y canalizaciones dispuestas, indicando porcentajes de uso de los sistemas de conducción de los cables, tanto de lo instalado como del mínimo exigido[120].
 - Número de estaciones de recarga instaladas y número mínimo resultante de la exigencia[120].
 - La potencia y los tipos de estaciones de recarga utilizadas[120].

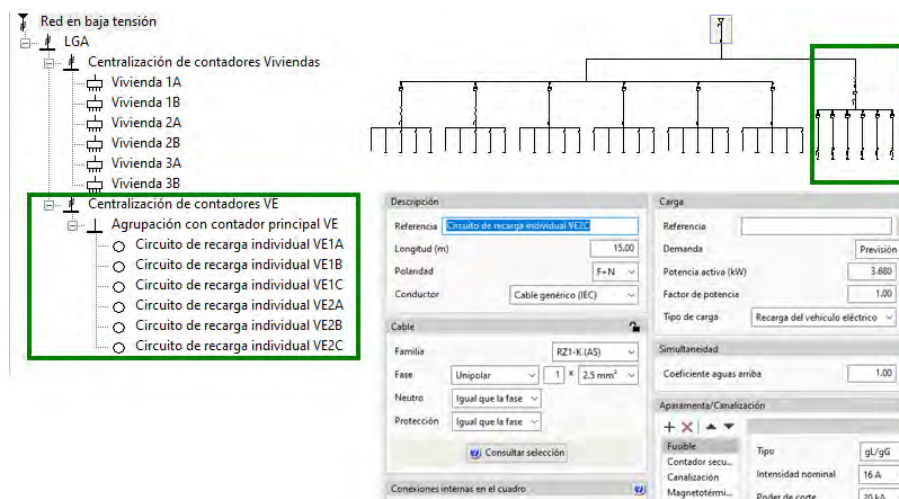


Figura 1.99: Justificación eléctrica de los puntos de recarga

1.5.2. Regulación de las infraestructuras y su operación

1.5.2.1. Real Decreto 184/2022 El real decreto 184/2022, de 8 de marzo, por el que se regulan los servicios de recarga energética de vehículos eléctricos, determina

una serie de criterios y obligaciones para garantizar la buena operación del servicio, así como ofrecer unas condiciones mínimas de servicio que sean del beneficio de los usuarios de vehículos eléctricos [114]. Entre las obligaciones y procedimientos que se deben cumplir destacan los siguientes [114]:

- El servicio de recarga debe garantizar la accesibilidad de sus infraestructuras de acceso público.
- Los precios del servicio de recarga deben ser fácilmente accesibles y visibles para el usuario.
- No puede aplicarse una diferencia de precios no justificada que impida la libre competencia.
- Se prestará el servicio de recarga a través de recarga puntual, mediante un contrato entre operador del punto y usuario, o a través de una empresa proveedora de servicios.
- Se permiten acuerdos de interoperabilidad entre el operador del punto de recarga y empresas proveedoras de servicios (terceros), en base a la transparencia y no discriminación entre los participantes en la prestación de servicios de recarga.
- El operador del punto de recarga tiene como obligación informar al usuario sobre el origen de la energía suministrada, así como su origen e impacto ambiental.
- El operador debe ofrecer un servicio de atención al cliente para gestionar todas las incidencias y reclamaciones que puedan existir.
- Obligación de remisión de datos e información sobre los servicios de recarga y su actividad al MITECO [112].

1.5.2.2. Orden ITU/1475/2024 A principios del año 2025, se introdujo la orden ITU/1475/2024 que buscaba mayor precisión y transparencia en los aparatos de medición de los puntos de recarga, todo ello para asegurar la correcta medida de la energía suministrada. Entre los muchos puntos de los que habla el texto, lo más relevante es lo siguiente [109]:

- Respecto a la transferencia de energía bidireccional o V2G, la estación de carga debe ser capaz de hacerlo con los requisitos establecidos en esta Orden, y ha de disponer un dispositivo de medida tanto para el ingreso de energía a la red,

como de la red al vehículo eléctrico.

- La estaciones actualmente en servicio tienen un plazo de 4 años para regularizar sus funciones conforme a esta nueva orden.
- La energía deberá indicarse claramente en Wh, kWh, MWh y GWh.
- Se deberá almacenar la información de las transacciones de energía durante al menos un año.
- La estación de carga debe cumplir con todas las normas correspondientes y ensayos técnicos conforme a la Guía 22 de la OIML (Organización Internacional de Metrología Legal).
- El fabricante deberá designar una clase a la estación respecto a la exactitud de los datos dispuestos, que será A (2 %), B (1 %), C (0.5 %).
- Debe llevar un indicador obligatorio que sea visible para el usuario y aparezcan todos los datos que legalmente se pueden mostrar. Entre los datos que deben aparecer tendremos el precio del kWh, las potencias de carga disponibles y tarifas horarias aplicables.

1.5.3. Impulso económico a la electromovilidad

1.5.3.1. Real Decreto-ley 3/2025 El real decreto-ley 3/2025, de 1 de abril, por el que se establece el programa de incentivos a la movilidad eléctrica para el año 2025 [89], se trata de una modificación de anteriores normativas, con el objetivo de continuar promoviendo el impulso de la industria de electromovilidad y todos los sectores asociados. Las medidas que se detallan son [89]:

- Se extiende el programa de vigencia hasta el 31 de diciembre de 2025.
- La dotación económica será de 400.000.000 de euros con fondos nacionales.
- La solicitud de ayudas desde el 1 de enero de 2025 tendrán carácter retroactivo, debiendo adaptar las convocatorias de ayudas las respectivas comunidades autónomas, y las ciudades de Ceuta y Melilla.
- Se podrán justificar las solicitudes presentadas en 2025 hasta el 31 de diciembre de 2026.
- Los beneficios fiscales relacionados con la compra de vehículos eléctricos también seguirán vigentes, y los contribuyentes se podrán deducir el 15 % del valor

de adquisición del vehículo nuevo dependiendo de diferentes criterios.

- También continúan los beneficios fiscales asociados a la instalación de infraestructura de recarga.

1.5.3.2. Real Decreto-ley 4/2024 El real decreto-ley 4/2024, de 26 de junio, por el que se adoptan medidas de urgencia en el ámbito fiscal, energética y social, trajo consigo programas y planes con subvenciones con mayor cuantía para reducir el coste de inversión en movilidad eléctrica y instalaciones, así como otros incentivos fiscales para la reducción de impuestos [24].

Entre muchas de las medidas, se encuentran [24]:

- Se adopta la libre amortización en la compra de vehículos eléctricos y la instalación de infraestructura de recarga lo que permite reducir los impuestos relacionados.
- Se amplía el programa MOVES III.
- Puesta en marcha de un sistema de información dinámica de puntos de recarga, con la obligación a las empresas prestadoras de servicios de recarga a remitir los datos, referentes a los puntos con una potencia superior o igual a 43 kW, al MITECO.

1.5.4. Incentivos importantes en materia de electromovilidad

1.5.4.1. Plan MOVES El plan MOVES se aprobó a través del Real Decreto 266/2021, de 13 de abril, donde se concedían ayudas públicas directamente a las comunidades autónomas para programas de incentivo relacionados con la movilidad eléctrica [113]. Estas ayudas no sólo han estado dirigidas a la mera adquisición de vehículos de bajas emisiones, sino también han tenido un foco importante en la instalación de puntos de recarga por todo el territorio.

El objetivo principal del programa ha sido y continúa siendo la incentivación del uso de vehículos que emiten menores gases nocivos, todo en pos a la descarbonización del sector del transporte que actualmente es uno de los grandes emisores de gases de efecto invernadero en el mundo.

El programa arrancó en 2019 con una dotación de 45 millones de euros y se ha ido ampliando año a año con nuevas convocatorias que han aumentado la cuantía hasta los 1.700 millones de euros [113]. La primera edición tuvo numerosas limitaciones que se subsanaron los siguientes años con modificaciones como un aumento

del presupuesto, incrementos en las ayudas máximas de achatarramiento y compra de turismos eléctricos, además de mayores subvenciones a la hora de instalar puntos de recarga.

Las condiciones del plan y las ayudas están detalladas en la web del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE)[140]. Los principales puntos a destacar del mismo son los siguientes [140]:

- Para particulares, autónomos, comunidad de propietarios y entidades sin actividad económica:
 - Vehículos PHEV, BEV, REEV, FCV, FCHV de categoría M1:
 - Ayuda de 4.500€ sin achatarrar o 7.000€ con achatarramiento, para vehículos de pila de combustible (FCV, FCHV).
 - Ayuda de 2.500€ sin achatarrar o 5.000€ con achatarramiento, para vehículos con una autonomía entre 30 y 90 km y un precio máximo de 45.000€ (sin IVA).
 - Ayuda de 4.500€ sin achatarrar o 7.000€ con achatarramiento, para vehículos con una autonomía mayor o igual a 90 km y un precio máximo de 45.000€ (sin IVA).
- En cuanto a puntos de recarga:
 - Para autónomos, particulares, comunidad de propietarios y administración sin actividad económica un 70 % de subvención de forma general y un 80 % para municipios de menos de 5000 habitantes.
 - Para empresas y entes públicos con actividad económica, dependiendo de la potencia a instalar, entre un 20 y un 50 % según el tamaño de la empresa.
 - Para PYMES acogidos a minimis, entre un 45 y un 60 % dependiendo del tamaño de la empresa.

El proceso de solicitud de ayudas lo establecen las comunidades autónomas de acuerdo al último Real Decreto-ley 3/2025, de 1 de abril por el que se rigen los incentivos relacionados con la movilidad para el año 2025 [89]. Cada comunidad autónoma, así como las ciudades de Ceuta y Melilla, se les concede una dotación conforme al Anexo V del Real Decreto 266/2021 [113].

Los pasos para pedir y que se concedan las subvenciones eran largos con este programa, pero eran aún más lentos en años anteriores. En este sentido, el nuevo programa Auto+ hará que los procesos administrativos sean mas cortos.

1.5.4.2. Zonas de bajas emisiones Las zonas de bajas emisiones son áreas, localizadas en municipios y ciudades, que limitan el acceso a vehículos con mayores niveles de emisiones contaminantes para mejorar el nivel de aire y la calidad de vida de la gente [96]. La ley del cambio climático y transición energética obligó a crear estas zonas a los municipios y ciudades de más de 50000 habitantes, y municipios de más 20000 si se superaba cierto límite de nivel de contaminación [96].

La regulación de estas zonas vino posteriormente con el RD 1052/2022 [110], que establecía los requisitos mínimos para la implementación de las ZBE.

La restricción de vehículos en estas zonas se basa en la clasificación de etiquetas ambientales de la Dirección General de Tráfico. Los vehículos se clasifican en cuatro categorías diferentes según su nivel de emisiones [85]:

- Etiqueta 0: lo pueden portar eléctricos de batería (BEV), eléctricos híbridos enchufables (PHEV) con autonomía de 40 km, eléctricos de autonomía extendida (EREV) o vehículos de pila de combustible.
- Etiqueta Eco: lo pueden portar eléctricos híbridos enchufables (PHEV) con autonomía inferior a 40 km, híbridos no enchufables (HEV), vehículos de gas natural y gas (GNC y GNL) o aquellos de gas licuado (GLP).
- Etiqueta C: lo pueden portar turismos y furgonetas ligeras de gasolina matriculadas desde 2006 y diésel desde septiembre de 2015.
- Etiqueta B: lo pueden portar turismos y furgonetas ligeras de gasolina matriculadas desde 2001 y diésel desde 2006.

La prohibición del acceso a estas zonas depende del municipio y la ordenanza que tengan implementada. Los vehículos con etiqueta CERO o ECO son los más beneficiados y no suelen tener ningún problema para el acceso y aparcamiento. Por otro lado, los vehículos con etiqueta C o B son los más penalizados, aunque en muchos sitios se permite la circulación, pero no el estacionamiento [181]. Las multas por infracción de estas zonas pueden suponer una sanción económica de hasta 200 euros [121].

1.5.4.3. Descuentos en impuestos municipales Dentro del marco de políticas relacionadas con la descarbonización y la promoción de movilidad sostenible, los

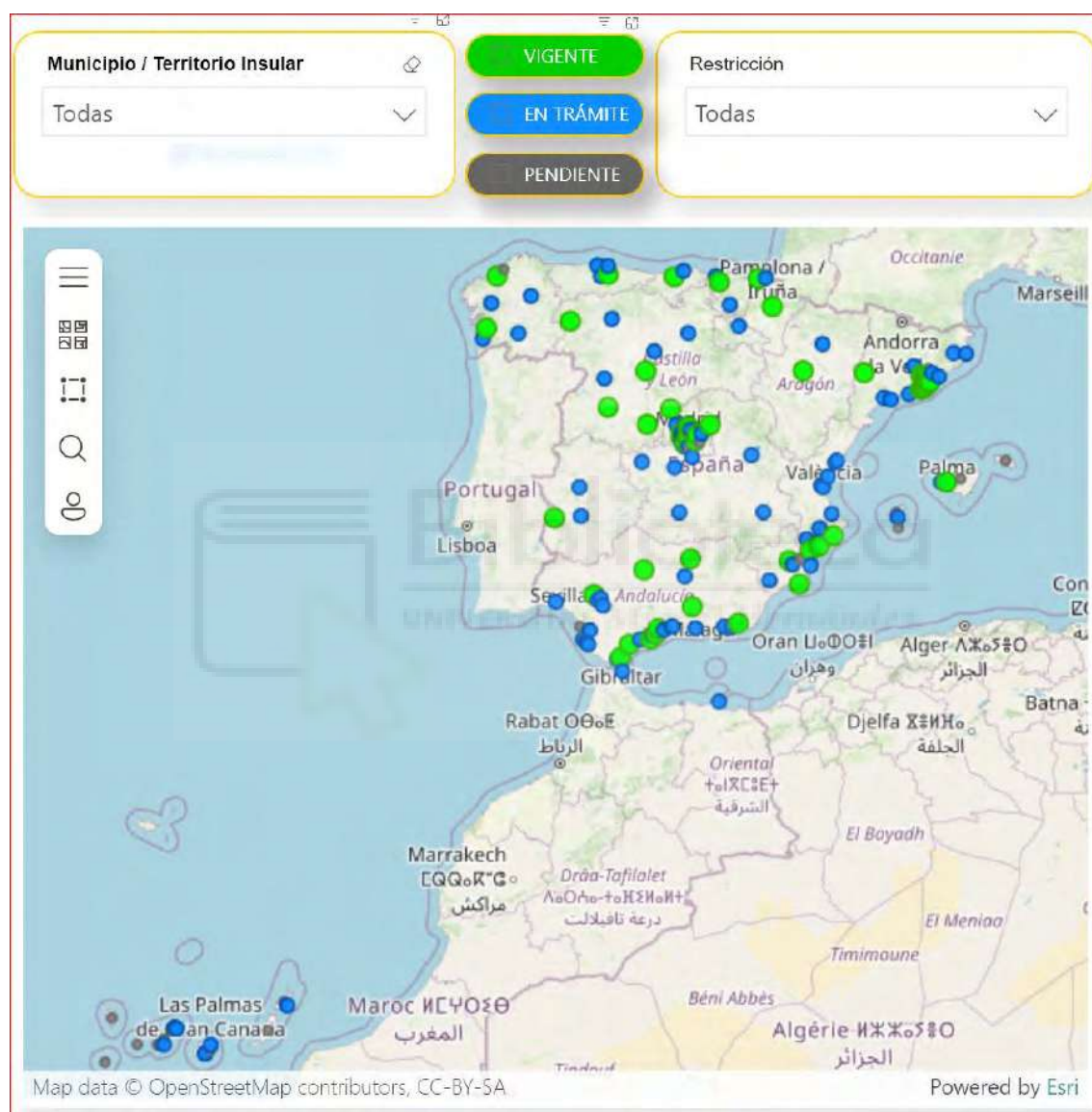


Figura 1.100: Mapa con las zonas de bajas emisiones en España

ayuntamientos de muchos municipios han establecido numerosos incentivos dirigidos a los vehículos eléctricos.

Una de las medidas que más ahorros presenta es la reducción en el impuesto de circulación o IVTM. Dependiendo del lugar, las bonificaciones pueden llegar al 75 % de la cuota base para vehículos 100 % eléctricos como el BEV, o del 50 % para vehículos híbridos enchufables como los PHEV [86]. De igual forma, puedes estar exento del pago del impuesto de matriculación si adquieres un vehículo con unas emisiones de CO₂ menores de 120 g/km [86].

Por otro lado, otra de las ventajas que tienen los vehículos de bajas emisiones se encuentra en el estacionamiento regulado (zona azul). Las tarifas y exenciones varían dependiendo del municipio, la tecnología del vehículo y los niveles de emisión. La exención que ofrecen muchos ayuntamientos se dirige a aquellos vehículos con la etiqueta ambiental de la DGT, tanto la de CERO emisiones, como la ECO [1]. Vehículos electrificados de cero emisiones que pueden beneficiarse de estacionamiento gratuito. Concretamente en Elche, el estacionamiento de un vehículo eléctrico en zona azul, durante las dos primeras horas, está exenta de pago [163].



Figura 1.101: Vehículo con etiqueta ECO

1.5.4.4. Programa Auto+ En el 2026, se puso en marcha el nuevo plan llamado Auto+, que sustituye al actual MOVES III para el fomento de la movilidad eléctrica. Este nuevo plan permite extender las ayudas para la compra de vehículos eléctricos y electrificados, además de simplificar los trámites y retrasos de las mismas[131].

A diferencia del MOVES III, donde el comprador no sabía exactamente cuando

iba a recibir la ayuda, en este caso se conocen desde el primer momento todas las condiciones. Es decir, el consumidor ya sabe en el momento de la compra si el vehículo es compatible y cuál será la cuantía que recibirá sin esperar a trámites administrativos que se hacen eternos. Además, los concesionarios pueden encargarse de la gestión e incluso adelantar la ayuda. No es un descuento inmediato, pero si un alivio que aporta seguridad a los compradores de vehículos eléctricos.

Las ayudas comenzaron a aplicarse a partir del 1 de enero, y son retroactivas. Se concederá a vehículos nuevos, matriculados en España por primera vez u otros vehículos que cumplan dos requisitos fundamentales: que presente la etiqueta cero y que no supere los límites de precio oficial sin IVA, que en turismos está en torno a los 45000 euros[131].

La cuantía que se podrá recibir dependiendo del tipo de vehículo será[131]:

- Turismos (categoría M1): máximo de 4500 euros.
- Vehículos comerciales ligeros (Categoría N1): máximo de 5000 euros.
- Motocicletas (categoría L3e, L4e y L5e): máximo de 1100 euros.
- Cuadriciclos (categoría L6e y L7e): máximo de 1500 euros.

A esto habrá que añadir un descuento mínimo adicional de 1000 euros para las categorías M1 y N1 que el concesionario deberá aplicar[131]. Además, se elimina la ayuda adicional de achatarramiento que el anterior plan si contemplaba, además del descuento en el IRPF que tampoco se contempla[131].

El importe final de la ayuda dependerá de tres factores principales: motorización, precio y lugar de fabricación. Se le da más valor a vehículos eléctricos puros que a vehículos eléctricos de autonomía extendida o enchufables. Además, si el vehículo o alguno de sus elementos está fabricado en la Unión Europea también se obtiene una mayor cuantía[131].

Un punto a destacar de este plan respecto al MOVES es la eliminación de las ayudas a puntos de carga que aquí no se contemplan.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente análisis se investiga el coste acumulado que presentan varios vehículos con diferente motorización a lo largo de un periodo determinado.

La metodología de este estudio se elaboró con la recopilación y tratamiento de diferentes fuentes. En este sentido, se han utilizado datos técnicos de fabricantes de vehículos, bases de datos con información técnica, artículos de carácter científico, así como mapas oficiales, y datos de fuentes gubernamentales.

El tratamiento de los datos obtenidos se realizó mediante diferentes herramientas, entre las que se encuentran: Excel, Python y RStudio. Éstas me permitieron extraer la información, realizar los cálculos pertinentes y representarlos de forma gráfica para su posterior análisis.

Inicialmente, se seleccionan los vehículos utilizados para la comparativa teniendo en cuenta los datos de ventas de vehículos proporcionados por la DGT y facilitados por ANFAC [13].

De forma concreta, se elige el Kia EV3 Long Range (BEV), el Toyota C-HR en dos versiones de híbrido enchufable (PHEV) y no enchufable (HEV) y el Hyundai Tucson igualmente en sus dos versiones de gasolina y diésel. Todos los modelos están contenidos dentro de la categoría de SUV.

Las variables de partida para la comparativa se resumen en la siguiente tabla 2.1.

Justificación de las variables elegidas para el análisis:

- **Vida útil del vehículo:** se establece un periodo objetivo de 20 años para todos los vehículos evaluados. Esta cifra está sustentada de acuerdo a fuentes recientes que sitúan el vehículo eléctrico con una vida útil media de 18.4 años [56].
- **Distancia anual recorrida:** se determinan 15000 km al año recorridos de media. Este valor se encuentra en el rango de kilometraje medio en España que se sitúa entre 15000 km y 18000 km [90].
- **Consumo energético:** se asignan los valores de los respectivos modelos y motorizaciones. Los datos provienen de las fichas técnicas de los fabricantes y con la base de datos de ev-database [68].
- **Precio del combustible:** se fija un precio medio de referencia del 2026 con datos facilitados por el portal diesलगasolina [135] con datos del ministerio de

Variables	Unidades	BEV	PHEV	HEV	Gasolina	Diésel
Vida útil	año	20	20	20	20	20
Distancia anual recorrida	km/año	15000	15000	15000	15000	15000
Consumo energético	Wh/km	171	173			
Consumo energético	l/100km		5.5	4.7	6.8	5.4
Precio del combustible*	€/kWh		1.482	1.482	1.482	1.362
Precio medio de la recarga (vivien-da)*	€/kWh	0.1128	0.1128			
Precio medio de la recarga (lenta)*	€/kWh	0.419	0.419			
Precio medio de la recarga (rápida)*	€/kWh	0.509				
Precio medio de la recarga (ultrarrá-pida)*	€/kWh	0.614				

Cuadro 2.1: Variables de partida

transición ecológica.

- **Precio medio de los puntos de recarga:** se han calculado los precios medios de la red de carga pública correspondientes al municipio de Elche. El desglose de estaciones y conectores se encuentra disponible en el Anexo.
- **Precio medio de la recarga en vivienda:** se toma como referencia el precio medio del término de energía activa de la tarifa regulada (PVPC), vinculado al peaje 2.0TD en el periodo valle con datos extraídos en la web oficial e-sios [17].

2.1. Coste de Adquisición

El coste de adquisición es el precio que pagas por adquirir el vehículo, que incluye el precio mismo del activo e impuestos adicionales como IVA, matriculación y otros cargos asociados. En la siguiente tabla se muestran los costes de los vehículos elegidos para el análisis:

Vehículo	Tipo	Coste Inicial (€)
Kia EV3 Long Range	BEV	41705
Toyota C-HR Advance 220	PHEV	36190
Toyota C-HR Advance 140	HEV	33690
Hyundai Tucson	Gasolina	33325
Hyundai Tucson	Diésel	35825

Cuadro 2.2: Coste de adquisición de los vehículos elegidos(Elaboración Propia)

El vehículo más barato del estudio es el Hyundai Tucson, seguido por el Toyota CH-R híbrido. Ambos con motores de gasolina y con un precio de alrededor de 33325 € y 33690 € respectivamente.

En el siguiente escalón de costes tenemos el Hyundai Tucson con motor diésel con un coste de 35825 €, seguido del Toyota híbrido enchufable a un precio de 36190 €.

Finalmente tenemos el BEV que se sitúa en primer lugar con un coste de 41705 €, bastante por encima de los demás modelos.

Los precios que aparecen no tienen en cuenta planes de financiación, dado que existen disparidad de ofertas entre diferentes empresas. Se ha buscado homogeneizar todos los modelos.

Además, se incluyen impuestos como el IVA, cargos relacionados con el transporte

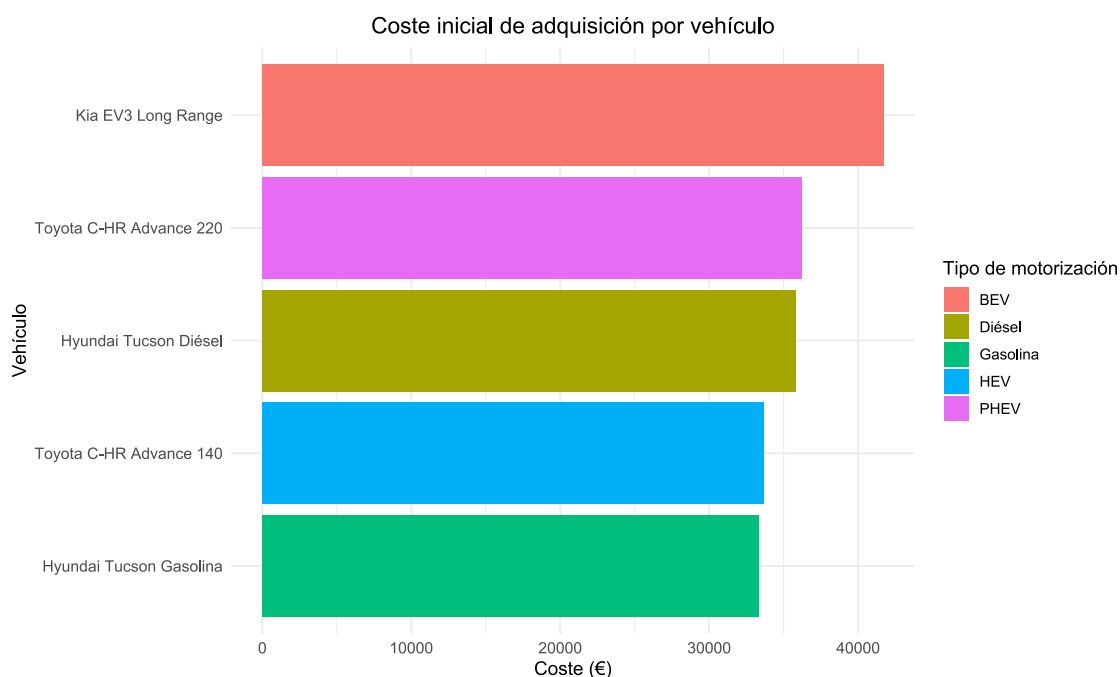


Figura 2.1: Coste de adquisición inicial por vehículo(Elaboración Propia)

del vehículo en la entrega y el impuesto de matriculación. Este impuesto suele rondar los 1000 euros y está incluido en el precio.

2.2. Coste de la energía

El coste de la energía varía en función del tipo de combustible empleado por cada modelo de vehículo. En el caso de los vehículos eléctricos, vamos a optar por la recarga en la vivienda con la instalación de un Wallbox [32] que permita realizar la recarga en horario nocturno. Para el cálculo, se toma como referencia el precio del kWh del PVPC con peaje 2.0TD en el periodo valle, tramos donde los cargos son ostensiblemente más baratos.

Este periodo se da de lunes a viernes de 00:00 a 08:00 de la mañana y los fines de semana y festivos nacionales. Dado que el precio varía día a día, se han extraído los datos todo el año 2025 y se ha derivado la media en los tramos valle.

El coste calculado es de 0.1128 €/kWh, que incluye la producción de energía, peajes por uso de la red y otros cargos [17]. Se asume que el usuario ya posee un punto de suministro que ya conlleva sus costes fijos, así el impacto que analizamos está concentrado en la recarga del eléctrico, descartando otros costes como puede ser el IVA, el impuesto de electricidad, etc.

Los precios medios para los puntos localizados en la ciudad de Elche están en la Tabla 2.3.

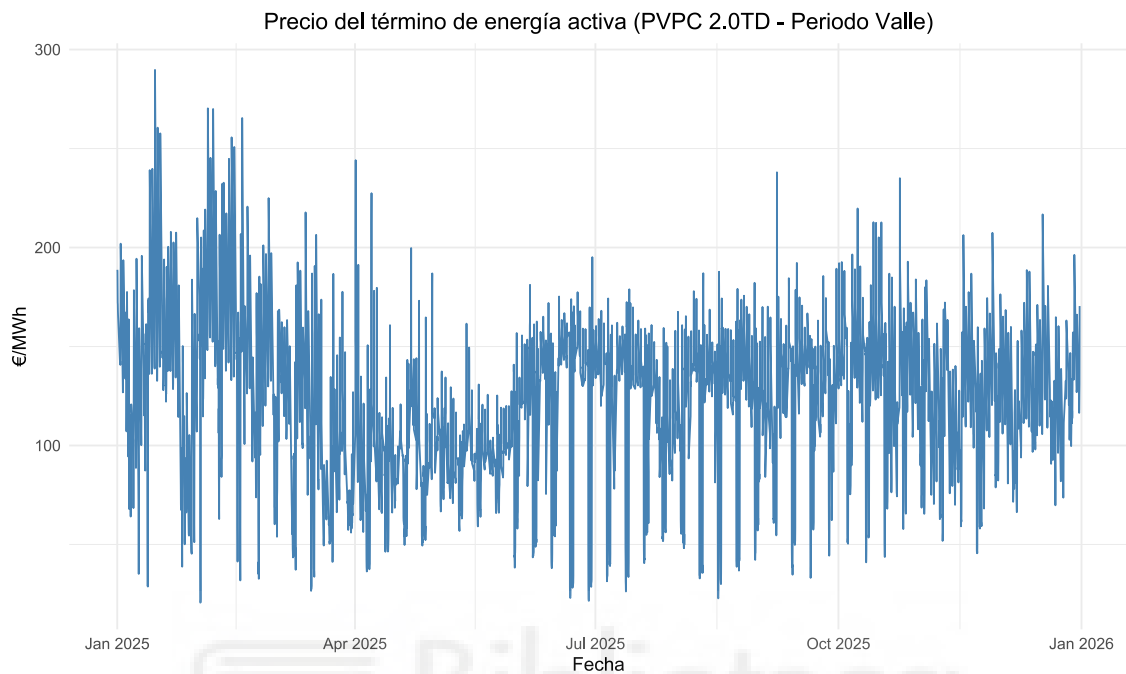


Figura 2.2: Precio del término de energía activa en el periodo valle - 2025 (PVPC 2.0TD) (Elaboración Propia)

Punto de recarga	Precio (€/kWh)
Lento	0.419
Rápido	0.509
Ultrarrápido	0.614

Cuadro 2.3: Precios medios por tipo de punto de recarga en la ciudad de Elche(Elaboración Propia)

Para el cálculo del coste de la energía de los vehículos con motor eléctrico autónomo, BEV y PHEV, se proponen tres escenarios diferentes.

- **Escenario 1:** la recarga del vehículo se realizará en un punto de recarga privado en vivienda de forma predominante.
- **Escenario 2:** la recarga del vehículo se realizará en un punto de recarga privado en vivienda y en puntos de recarga públicos en una proporción del 50 %.
- **Escenario 3:** la recarga del vehículo se realizará exclusivamente en puntos de recarga públicos.

El perfil de recarga pública utilizado (70 % puntos lentos, 20 % rápidos, 10 % ultrarrápidos) se justifica por la distribución de la infraestructura de recarga que hay disponible en la localidad de Elche, que es el entorno de este estudio.

Analizando el número de conectores disponibles en la zona ($n = 245$), se observa que la distribución está dividida en un 61.2 % de conectores lentos (AC), 30.6 % de conectores rápidos (DC) y un 8.2 % de conectores ultrarrápidos (DC).

Debido a la naturaleza de la recarga lenta, se asigna un peso del 70 % teniendo en cuenta que son puntos donde más tiempo se va a estar conectado. Por otro lado, se asigna del 30 % restante, un 20 % a la recarga rápida y un 10 % a la ultrarrápida, manteniendo la proporcionalidad por número de conectores.

Respecto al híbrido enchufable (PHEV), la recarga pública se realizará de forma exclusiva en puntos lentos (AC), debido a limitaciones propias del cargador de los vehículos, que están diseñados para limitar la potencia a rangos de hasta 7,4 kW.

Además, se asigna al vehículo híbrido enchufable (PHEV) un porcentaje de utilización del modo eléctrico del 47 %. Este dato está contrastado por datos de uso reales en Europa, los cuáles indican que el promedio de conducción del modo eléctrico de estos vehículos se encuentra en torno al 45-49 % [144].

Escenarios	% Hogar	% Pública	% Lento	% Rápido	% Ultra
1	80	20	70	20	10
2	50	50	70	20	10
3	0	100	70	20	10

Cuadro 2.4: Escenarios contemplados para la recarga eléctrica del BEV y el PHEV (Elaboración Propia)

2.2.1. Kia EV3 Long Range - BEV

Años	Escenario 1 (€)	Escenario 2 (€)	Escenario 3 (€)
1	465.6501	730.12725	1170.9225
2	931.3002	1460.2545	2341.845
3	1396.9503	2190.38175	3512.7675
4	1862.6004	2920.509	4683.69
5	2328.2505	3650.63625	5854.6125
6	2793.9006	4380.7635	7025.535
7	3259.5507	5110.89075	8196.4575
8	3725.2008	5841.018	9367.38
9	4190.8509	6571.14525	10538.3025
10	4656.501	7301.2725	11709.225
11	5122.1511	8031.39975	12880.1475
12	5587.8012	8761.527	14051.07
13	6053.4513	9491.65425	15221.9925
14	6519.1014	10221.7815	16392.915
15	6984.7515	10951.90875	17563.8375
16	7450.4016	11682.036	18734.76
17	7916.0517	12412.16325	19905.6825
18	8381.7018	13142.2905	21076.605
19	8847.3519	13872.41775	22247.5275
20	9313.002	14602.545	23418.45

Cuadro 2.5: Resultados de coste de energía total acumulado por año y escenario - BEV(Elaboración Propia)

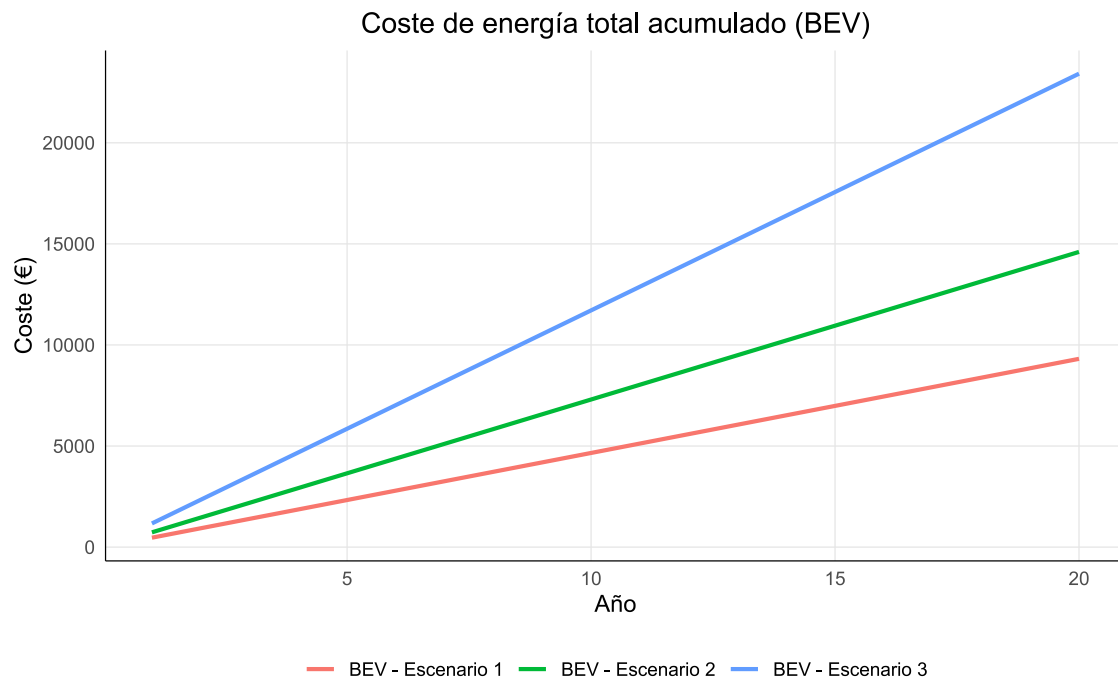


Figura 2.3: Coste de energía total por año y escenario - BEV(Elaboración Propia)

2.2.2. Toyota C-HR Advance 220 - PHEV

Años	Escenario 1 (€)	Escenario 2 (€)	Escenario 3 (€)
1	878.199636	990.236685	1176.9651
2	1756.399272	1980.47337	2353.9302
3	2634.598908	2970.710055	3530.8953
4	3512.798544	3960.94674	4707.8604
5	4390.99818	4951.183425	5884.8255
6	5269.197816	5941.42011	7061.7906
7	6147.397452	6931.656795	8238.7557
8	7025.597088	7921.89348	9415.7208
9	7903.796724	8912.130165	10592.6859
10	8781.99636	9902.36685	11769.651
11	9660.195996	10892.60354	12946.6161
12	10538.39563	11882.84022	14123.5812
13	11416.59527	12873.07691	15300.5463
14	12294.7949	13863.31359	16477.5114
15	13172.99454	14853.55028	17654.4765
16	14051.19418	15843.78696	18831.4416
17	14929.39381	16834.02365	20008.4067
18	15807.59345	17824.26033	21185.3718
19	16685.79308	18814.49702	22362.3369
20	17563.99272	19804.7337	23539.302

Cuadro 2.6: Resultados de coste de energía total acumulado por año y escenario - PHEV(Elaboración Propia)

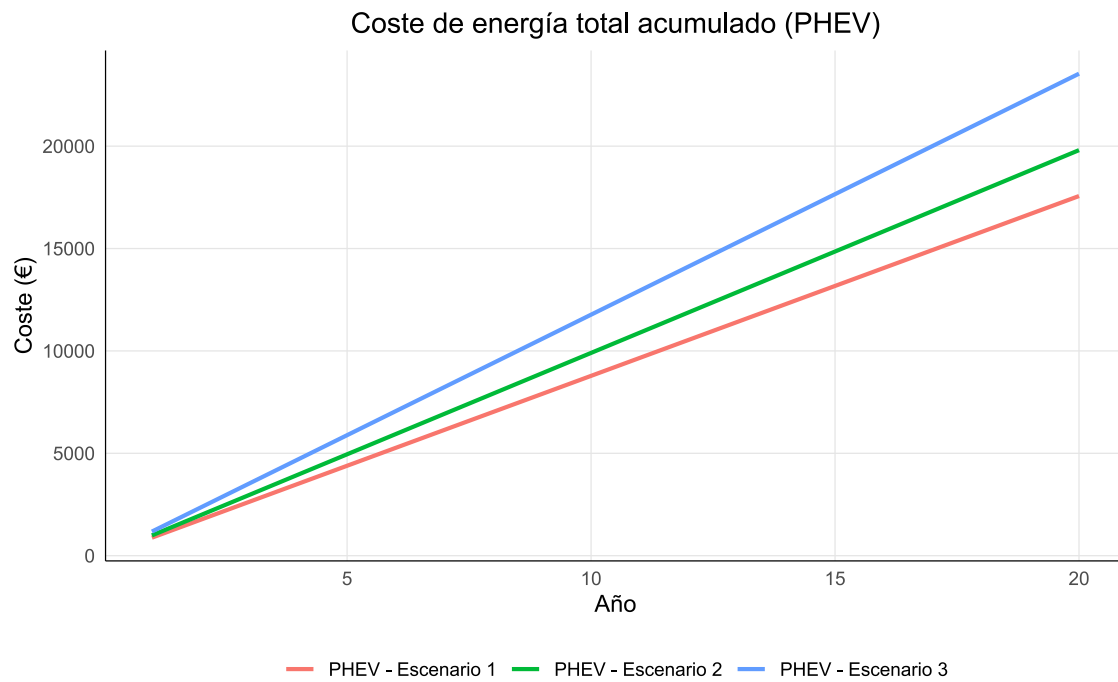


Figura 2.4: Coste de energía total por año y escenario - PHEV(Elaboración Propia)

2.2.3. Toyota C-HR Advance 140 - HEV, Hyundai Tucson Gasolina/- Diésel

Años	HEV	Gasolina	Diésel
1	1073.715	1553.46	1304.1
2	2147.43	3106.92	2608.2
3	3221.145	4660.38	3912.3
4	4294.86	6213.84	5216.4
5	5368.575	7767.3	6520.5
6	6442.29	9320.76	7824.6
7	7516.005	10874.22	9128.7
8	8589.72	12427.68	10432.8
9	9663.435	13981.14	11736.9
10	10737.15	15534.6	13041
11	11810.865	17088.06	14345.1
12	12884.58	18641.52	15649.2
13	13958.295	20194.98	16953.3
14	15032.01	21748.44	18257.4
15	16105.725	23301.9	19561.5
16	17179.44	24855.36	20865.6
17	18253.155	26408.82	22169.7
18	19326.87	27962.28	23473.8
19	20400.585	29515.74	24777.9
20	21474.3	31069.2	26082

Cuadro 2.7: Resultados de coste de energía total acumulado por año y escenario - PHEV(Elaboración Propia)

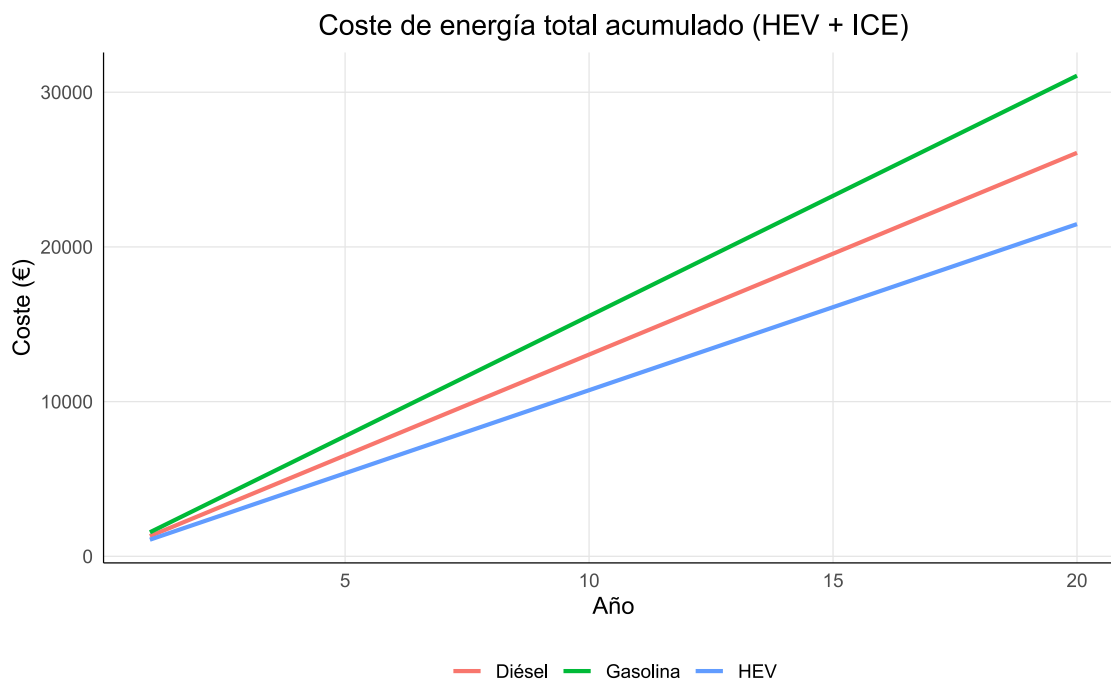


Figura 2.5: Coste de energía total por año y tipo de vehículo - HEV, Gasolina y Diésel(Elaboración Propia)

2.2.4. Comparativa de todos los escenarios planteados

En relación con los resultados obtenidos, el BEV es el vehículo que menores costes de energía tiene al final de su vida con 9313 €, en un primer escenario donde la recarga en el hogar es predominante en un 80 % y el 20 % restante se realizaba en puntos públicos. Le sigue el segundo escenario donde se planteaba una recarga mixta. El tercer escenario, mucho más pesimista, continúa siendo más barato que los modelos de diésel y gasolina, pero menos que algunos de PHEV y el HEV. Incluso en ausencia de punto de recarga privado, la recarga continúa siendo más barata utilizando los puntos públicos.

Los PHEV son los segundos más baratos, con un primer escenario que alcanza un coste de 17563.99€. Suponiendo utilizaciones muy bajas del modo eléctrico, incluso cercanas a 0, el PHEV seguiría siendo mejor económicamente con una diferencia con la gasolina de 5939.7 € y del diésel de 952.5 €, debido al mejor consumo del vehículo.

Por último, el vehículo híbrido HEV presenta un coste de energía total acumulado de 21474.3 €, seguido del diésel con 26082 € y el de gasolina con 31069.2 €. El diésel mejora al de gasolina debido a un motor mucho más eficiente.

En cuanto al porcentaje de ahorro, hablamos de hasta un 70 % en el caso del BEV

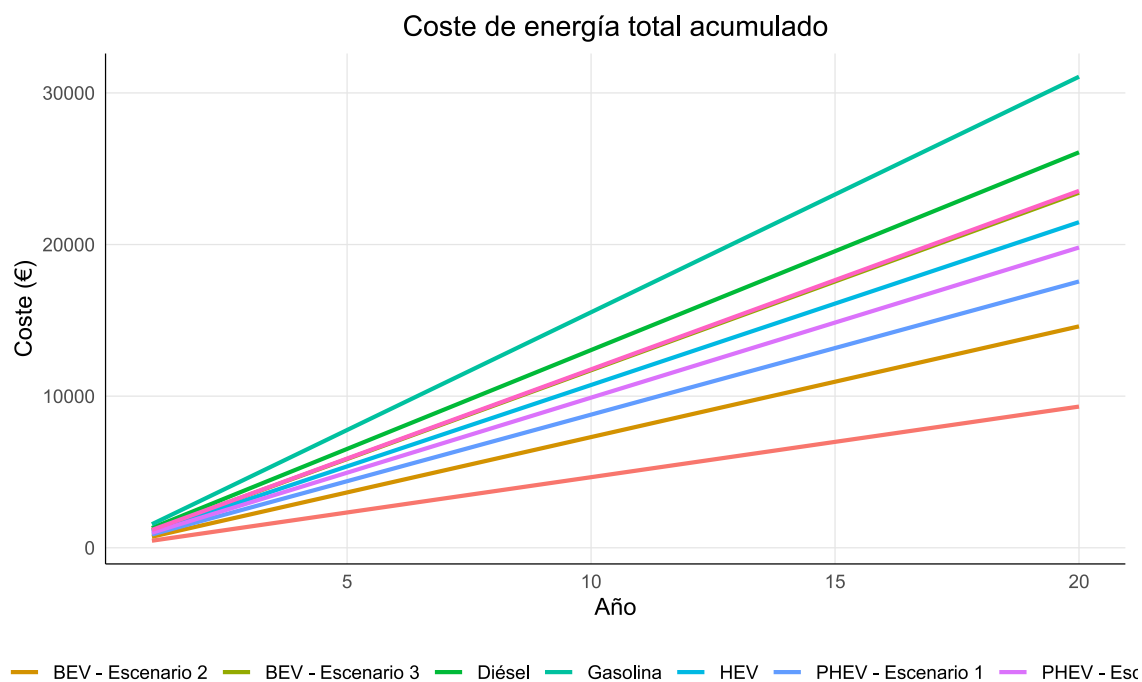


Figura 2.6: Coste de energía acumulado con todos los escenarios y tipos de vehículos (Elaboración Propia)

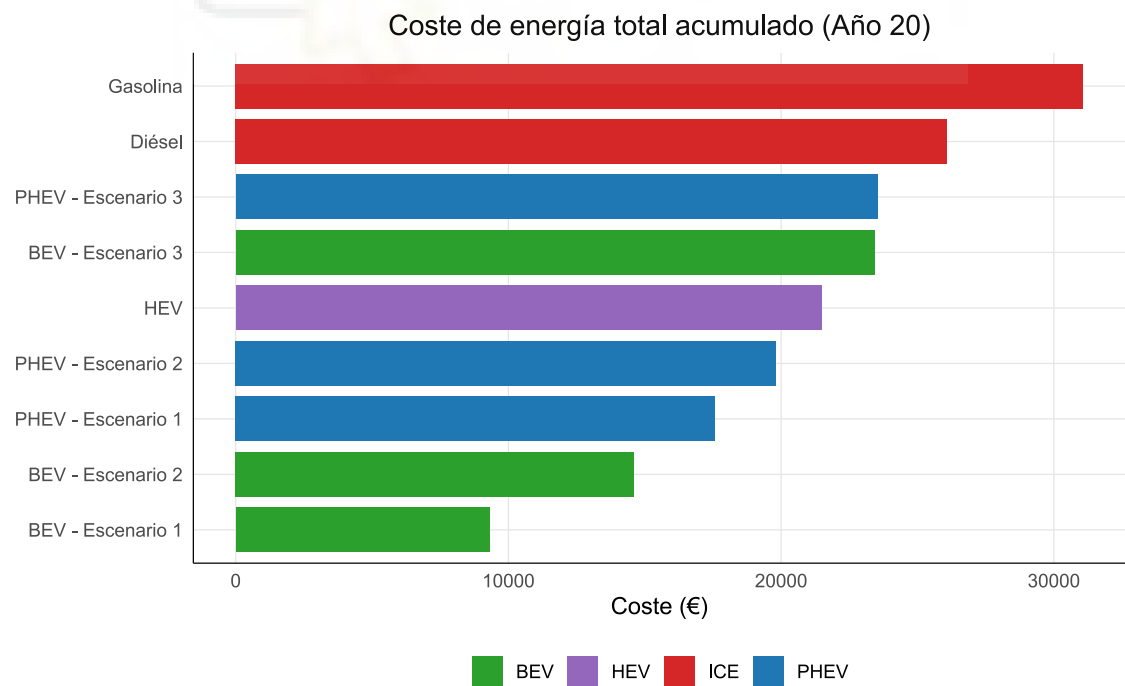


Figura 2.7: Coste de energía al final de vida en cada tipo de escenario y vehículo (Elaboración Propia)

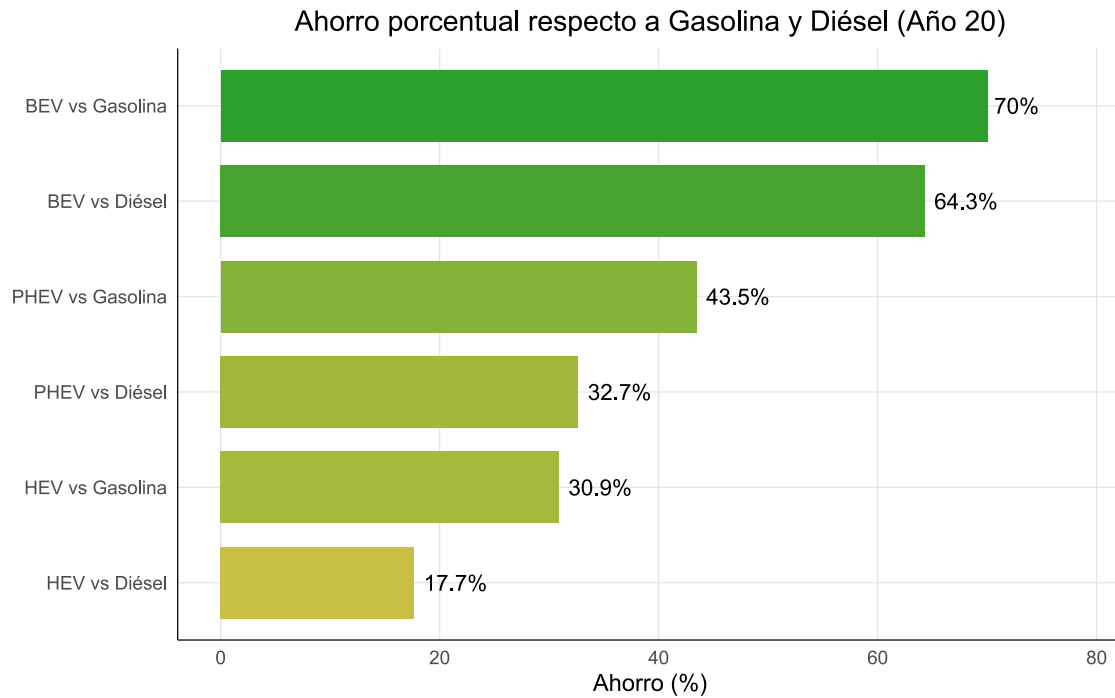


Figura 2.8: Ahorro de coste energético de los VE frente a los ICE(Elaboración Propia)

en escenarios más optimistas hacia la recarga en vivienda. Le sigue el PHEV con hasta un 43.5% de ahorro y finalmente el HEV con un 30.9%. La reducción del gasto energético es alta respecto a los vehículos de combustión interna.

Por otro lado, se ha determinado el umbral del precio eléctrico en vivienda a partir del cual los costes del BEV y los vehículos de combustión se igualan. Los datos se han obtenido mediante el análisis del punto de equilibrio utilizando la herramienta Solver de Excel.

Los resultados indican que el precio de la electricidad tendría que alcanzar un coste de hasta 0.643 €/kWh para igualar el gasto que se realiza con el vehículo de gasolina, y 0.521 €/kWh para hacerlo con el caso del diésel.

Por debajo de este umbral, el BEV presenta una ventaja económica y competitiva en términos del coste de la energía. Esto nos indica que el eléctrico se mantiene económicamente fuerte incluso en escenarios más pesimistas del mercado eléctrico.

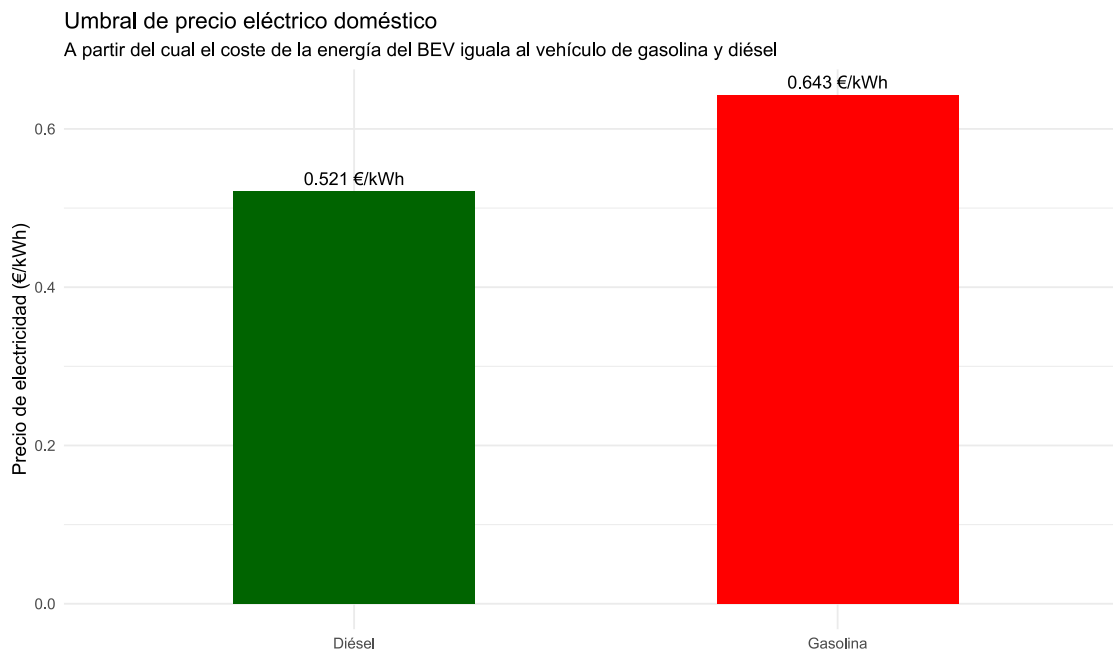


Figura 2.9: Umbral de precio a partir del cual el coste de energía del BEV iguala al de gasolina y diésel (Elaboración Propia)

2.3. Costes relacionados con impuestos y tributos

En primer lugar, tenemos el impuesto de matriculación que aplica a la matriculación de vehículos nuevos o usados. El pago se realiza al registrar el vehículo oficialmente por lo que suele ir dentro del coste de adquisición. Normalmente es el concesionario el que se encarga de realizar todos los trámites [10].

El montante a pagar se calcula en función del tipo de energía que utiliza el vehículo y el nivel de emisiones de CO₂ que emite. En el caso de los vehículos eléctricos puros, e híbridos enchufables que no superen unas emisiones de 120 g/km, están totalmente exentos del pago. Existen otros casos donde la base imponible se reduce, como ser familia numerosa o tener vehículos como “autocaravanas” y vehículos acondicionados para ser usados como vivienda [10].

En segundo lugar, existe también el impuesto de circulación, también conocido como IVTM o “Impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica”. Se trata de un impuesto obligatorio que aplica a todos los vehículos a motor, permitiéndoles la circulación por las vías públicas de todo el país [86].

Este impuesto se abona en el municipio donde el vehículo tenga su dirección fiscal y debe coincidir con el municipio de empadronamiento del titular. Dado que son los ayuntamientos los encargadas de recaudar este tributo, su cuantía varía de un sitio a otro.

En nuestro caso, nos remitimos a la ordenanza municipal de Elche [126]. Según este documento, las tarifas varían según la clase del vehículo y su potencia en caballos fiscales.

En el caso de los turismos, las tarifas son las siguientes:

Potencia y clase de vehículo	Cuota base (€)
Menos de 8 caballos fiscales	25.24
De 8 hasta 11.99 caballos fiscales	68.16
De 12 hasta 15.99 caballos fiscales	143.88
De 16 hasta 19.99 caballos fiscales	179.22
De 20 caballos fiscales en adelante	224

Cuadro 2.8: Tarifas de turismos relacionadas con el impuesto de circulación en Elche

Los vehículos híbridos y eléctricos poseen unas bonificaciones a las que pueden acogerse. En el caso de que el vehículo posea tecnología que emita emisiones nocivas o tecnología híbrida, siendo una de ellas contaminante, se bonificará el 50 % de las tarifas [126]. Aquí se acogerán los modelos híbridos.

En el caso de que el vehículo posea tecnología que no emita emisiones contaminantes, se bonificará el 75 % de las tarifas [126]. Aquí se acogerá el modelo BEV.

A la hora de realizar el cálculo de la potencia fiscal del vehículo, tenemos que acudir al Código de Reglamentación de Vehículos publicado por el BOE, el cual especifica, en su Anexo V, el cálculo de la potencia fiscal [152].

Para vehículos con motor de combustión interna tenemos una fórmula para averiguar los caballos fiscales. Necesitamos el diámetro del cilindro, el recorrido del pistón y el número de cilindros que tiene el motor.

Por otro lado, también existe una fórmula para los motores eléctricos, de la cual solo necesitaremos conocer el dato de potencia efectiva (kW). Esta potencia efectiva será la que determine el laboratorio oficial designado aplicando los ensayos pertinentes.

Hay cierta controversia en torno al cálculo de esta potencia, ya que a veces se designa la potencia máxima del motor, y otras veces se usa la potencia máxima por hora.

De igual forma, esta potencia fiscal se podrá encontrar en la tarjeta de inspección técnica o en el certificado de características del vehículo [37].

A lo largo de dos décadas, el BEV tendrá que abonar 378.6 €, mientras que los demás

Tipo	P. fiscal	Cuota base (€)	Descuento	Cuota final (€)
BEV	7.4	25.24	75 %	378.6
PHEV	13.3	143.88	50 %	1438.8
HEV	12.5	143.88	50 %	1438.8
Gasolina	11.21	68.16	0 %	1363.2
Diésel	11.21	68.16	0 %	1363.2

Cuadro 2.9: Cuota final del impuesto de circulación a lo largo de 20 años(Elaboración Propia)

tendrán que pagar cerca de 1500€. Es interesante ver que el Tucson, a pesar de no tener bonificaciones, en Elche se paga menos por este impuesto debido a la potencia fiscal y las condiciones tarifarias impuestas [126].

De igual forma, los vehículos deberán pasar la inspección técnica de vehículos [88]. Se trata de una inspección rutinaria que todo vehículo debe pasar para garantizar que funciona correctamente y no es un peligro para la seguridad. En términos generales, los turismos deberán realizar la primera inspección después de 4 años desde la primera fecha de matriculación, posteriormente será cada dos años, hasta que el vehículo tenga más de 10, que entonces pasa a ser anual[88]. En total, tendrán que pasar la inspección hasta 13 veces durante todo el periodo analizado.

Respecto a los del estudio, el importe varía dependiendo del tipo de motorización que presente. Los vehículos eléctricos puros tienen un descuento más considerable que los demás modelos.

Vehículo	Tipo	Cuota base (€)	Cuota final (€)
Kia EV3 Long Range	BEV	34.49	448.37
Toyota CH-R Advance 200H	PHEV	56.15	729.95
Toyota CH-R Advance 140H	HEV	56.15	729.95
Hyundai Tucson	Gasolina	41.47	539.11
Hyundai Tucson	Diésel	56.15	729.95

Cuadro 2.10: Cuota final de la inspección técnica de vehículos (ITV) pasados los 20 años(Elaboración Propia)

2.4. Coste de mantenimiento

2.4.1. Mantenimiento programado

El coste de mantenimiento es el coste asociado a la inspección y reemplazo de elementos del vehículo para extender su vida. Existen costes de mantenimiento de rutina o programados y costes inesperados o no programados.

En los manuales de propietario que vienen en cada vehículo tenemos explicados los costes programados. Cada fabricante tiene sus propias recomendaciones, pero, por lo general, aparecen elementos similares [81].

Normal maintenance schedule
 I: Inspect and if necessary, adjust, correct, clean or replace.
 R: Replace or change.

MAINTENANCE INTERVALS	Number of months or driving distance, whichever comes first													
	Months	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156
	Miles x 1,000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104
	Km x 1,000	13	26	39	52	65	78	91	104	117	130	143	156	169
MAINTENANCE ITEM														
Drive belts **		At first, inspect at 48,000 mi. (78,000 km) or 72 months. After that, inspect every 8,000 mi. (13,000 km) or 12 months												
Engine oil and engine oil filter **†		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Fuel additives **		Add every 8,000 mi. (13,000 km) or 12 months												
Air cleaner filter		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I
Air intake hose		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Figura 2.10: Mantenimiento programado del Hyundai Tucson [81]

Además de estos elementos, también aparece la frecuencia en la que debemos revisarlos, ya sea en meses, o en kilómetros recorridos. De igual forma se señala si el elemento necesita reemplazo o simplemente una inspección.

En los vehículos eléctricos puros (BEV), existen una menor cantidad de elementos que necesitan revisarse debido a la simplicidad de este tipo de tecnología y mecánica. Dentro de los que se suelen revisar se encuentran:

- Filtro de la cabina o habitáculo.
- Líquido de frenos.
- Líquido refrigerante del sistema de gestión de las baterías.

- Rotación de neumáticos.

Más allá de estos elementos, existen otros que se deben inspeccionar y revisar según el manual, pero no son dados a reemplazos de rutina. Entre ellos destacan la batería de 12V, que es necesaria una inspección manual anual, la transmisión, la suspensión, los discos y las pastillas de freno. Estas inspecciones son comunes a vehículos con motor de combustión interna al compartir elementos.

En el caso de los vehículos híbridos, tanto enchufables (PHEV), como no enchufables (HEV), se aumenta la complejidad del conjunto, al convivir diferentes tecnologías en una misma configuración. El programa de mantenimiento de estos vehículos incluyen habitualmente los siguientes elementos [29]:

- Aceite de motor.
- Bujías de encendido (gasolina)
- Filtro de aire del motor.
- Filtro de aceite.
- Filtro de habitáculo.
- Líquido de frenos.
- Líquido refrigerante del motor térmico.
- Líquido refrigerante del sistema de baterías.
- Rotación de neumáticos.

Por último, para los vehículos de combustión, tanto gasolina como diésel, los elementos de mantenimiento se mantienen por lo general, a excepción del líquido refrigerante para las baterías. También en el caso del vehículo de diésel, se añade un reemplazo periódico del filtro de combustible para ayudar al sistema frente a impurezas y agua.

Los costes asociados al mantenimiento anual y previsto de cada vehículo se pueden encontrar en la tablas 2.11-2.15.

Todos los costes de cada elemento de revisión y mantenimiento se han obtenido a partir de tarifas de talleres de servicio independiente como Norauto [118]. No obstante, conviene señalar que muchas de estas operaciones de mantenimiento son de baja dificultad y pueden ser llevadas a cabo de forma autónoma siguiendo las

Elementos	Frecuencia (km)	Cambios	Un(€)	Total(€)
Filtro de la cabina	30000	10	26	260
Líquido de frenos	30000	10	55	550
Líquido refrigerante	180000/30000	5	60	300
Rotación de neumáticos	15000	20	16	320

Cuadro 2.11: Coste de mantenimiento previsto - BEV(Elaboración Propia)

Elementos	Frecuencia (km)	Cambios	Un(€)	Total(€)
Aceite de motor y filtro	15000	20	90	1800
Bujías	156000	2	140	280
Filtro de aire del motor	45000	6	24	144
Filtro de la cabina	30000	10	26	260
Líquido de frenos	30000	10	55	550
Líquido refrigerante	180000/30000	5	60	300
Refrigerante del motor	180000/30000	5	52	260
Rotación de neumáticos	15000	20	16	320

Cuadro 2.12: Coste de mantenimiento previsto - PHEV(Elaboración Propia)

Elementos	Frecuencia (km)	Cambios	Un(€)	Total(€)
Aceite de motor y filtro	15000	20	90	1800
Bujías	156000	2	140	280
Filtro de aire del motor	45000	6	24	144
Filtro de la cabina	30000	10	26	260
Líquido de frenos	30000	10	55	550
Refrigerante del motor	180000/30000	5	52	260
Rotación de neumáticos	15000	20	16	320

Cuadro 2.13: Coste de mantenimiento previsto - HEV(Elaboración Propia)

Elementos	Frecuencia (km)	Cambios	Un(€)	Total(€)
Aceite del motor y filtro	15000	20	90	1800
Bujías	156000	2	140	280
Filtro de aire del motor	45000	6	24	144
Filtro de la cabina	30000	10	26	260
Filtro de combustible	60000	5	35	175
Líquido de frenos	30000	10	55	550
Refrigerante del motor	180000/30000	5	52	260
Rotación de neumáticos	15000	20	16	320

Cuadro 2.14: Coste de mantenimiento previsto - Gasolina(Elaboración Propia)



Elementos	Frecuencia (km)	Cambios	Un(€)	Total(€)
Aceite del motor y filtro	15000	20	90	1800
Filtro de aire del motor	45000	6	24	144
Filtro de la cabina	30000	10	26	260
Filtro de combustible	60000	5	35	175
Líquido de frenos	30000	10	55	550
Refrigerante del motor	180000/30000	5	52	260
Rotación de neumáticos	15000	20	16	320

Cuadro 2.15: Coste de mantenimiento previsto - Diésel(Elaboración Propia)

indicaciones del manual del propietario, con lo que se pueden ahorrar aún más los costes asociados.

La tabla de costes quedaría de la siguiente forma:

Modelo	Coste (€)
Kia EV3 Long Range (BEV)	1430
Toyota C-HR Advance 220 (PHEV)	3914
Toyota C-HR Advance 140 (HEV)	3614
Hyundai Tucson (Gasolina)	3789
Hyundai Tucson (Diésel)	3509

Cuadro 2.16: Costes de mantenimiento programados(Elaboración Propia)

Como se puede apreciar, los costes de mantenimiento previstos del BEV son muy bajos a lo largo de toda su vida en comparación con los demás. Destaca el caso del PHEV, que la complejidad de combinar dos sistemas de propulsión hace que los costes se incrementen, superando incluso a modelos de gasolina y diésel.

2.4.2. Mantenimiento no programado y reparaciones

Una vez analizados los costes asociados al mantenimiento programado, es necesario conocer el impacto económico que puede tener el mantenimiento no programado o inesperado que viene de desgaste de piezas y las reparaciones.

En la tabla 2.17 podemos encontrar el coste estimado de diferentes elementos de un ICE que tienden a requerir reemplazo o sustitución a lo largo de la vida útil.

Todos estos elementos exclusivos y característicos de motorización de combustión interna no se encuentran en los vehículos eléctricos. El eléctrico puro prescinde de esta cadena de componentes, reduciendo los puntos de avería considerablemente. Aún así, todo el riesgo del vehículo de combustión pasa a la parte eléctrica, con el componente principal del sistema de baterías.

Es razonable suponer que las baterías que montan los vehículos eléctricos sean uno de los elementos más complejos y costosos del vehículo. En nuestro caso analizado, el vehículo BEV está equipado con una batería con una capacidad de 81.4 kWh, la cual cuenta con una garantía oficial del fabricante de 150000 km [5]. Si revisamos el precio del pack de celdas destinadas a vehículos eléctricos en el mercado actual, la sustitución completa de este componente fuera de la garantía supondría, como mínimo, un desembolso de 99 \$/kWh que en total serían 7029.8 € al cambio[123].

Elemento	Coste estimado
Alternador	75 €
Árbol de levas de la admisión	464 €
Árbol de levas del escape	237 €
Bomba de combustible	640 €
Bomba de inyección	1.606 €
Bomba de vacío	632 €
Bujía	98 €
Cárter de aceite	413 €
Catalizador	1.778 €
Cigüeñal	1.434 €
Colector de admisión	513 €
Culata del motor	1.937 €
Depósito de combustible	634 €
Filtro de aire	1.937 €
Inyector	285 €
Motor de arranque	488 €
Silencioso principal	471 €
Turbo	1.785 €
Volante motor	435 €

Cuadro 2.17: Posibles elementos de reemplazo o sustitución en vehículos de combustión [132]

Para dar más contexto sobre los posibles elementos de reparación, es interesante acudir a fuentes que ofrezcan datos de fiabilidad. De acuerdo con un informe de la asociación automovilística alemana (ADAC), el volumen de averías en carretera asociadas al vehículo eléctrico se incrementó en un 46 % [8]. No obstante, este incremento señalan que no es resultado de una menor fiabilidad, sino de una consecuencia directa del crecimiento de propietarios de eléctricos en las carreteras. Esto se traduce en un mayor número de datos y mejor comparativa respecto al parque total.

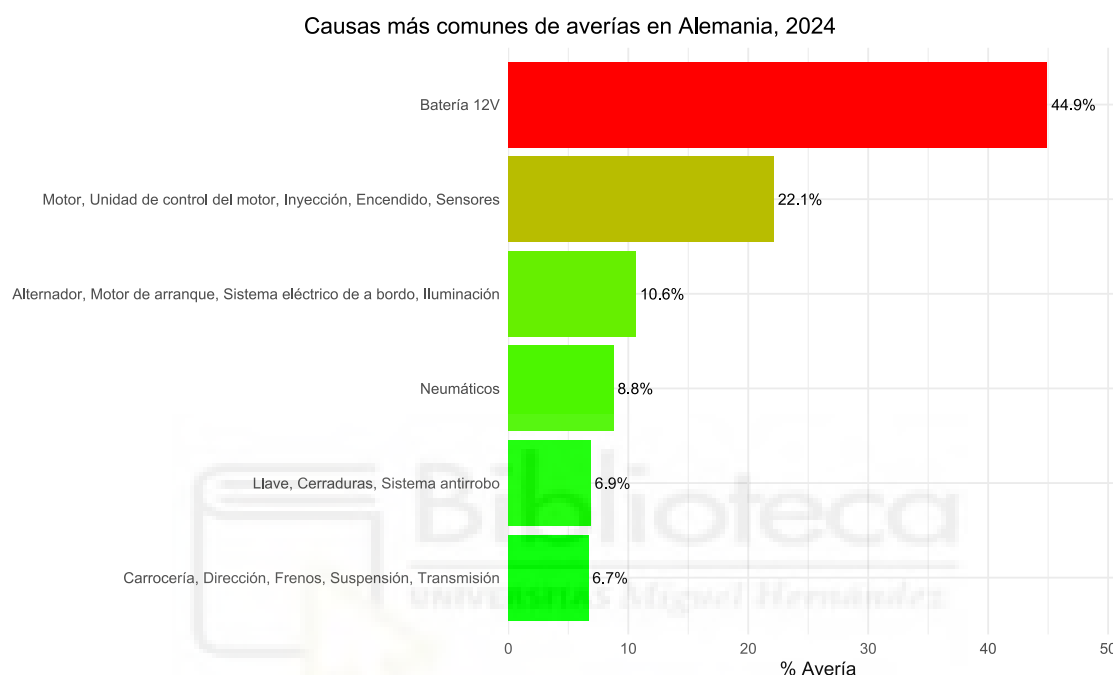


Figura 2.11: Causas más comunes de avería en Alemania durante el 2024 [8]

El informe detalla fallos mecánicos y electrónicos registrados durante el año 2024 que se pueden ver en la figura 2.11. Encabeza la lista por casi mayoría la batería auxiliar de 12 V.

Originalmente, estas baterías de baja tensión se destinaban a alimentar los sistemas de iluminación, el climatizador, los ventiladores y electrónica básica asociada al vehículo. En la actualidad, ofrecen también soporte a sistemas de seguridad activa, conectividad, etc. El fallo prematuro se intensifica debido a que los vehículos modernos nunca se encuentran desactivados, por el contrario demandan energía constante para sensores, alarmas, actualizaciones de software [108]. Eso conlleva a que sea el elemento más susceptible de averiarse.

Otros elementos susceptibles sería el motor, las unidades de control, la inyección, el sistema de encendido y los sensores. Con una menor incidencia, se registran averías en el alternador, el motor de arranque, la iluminación y otros sistemas.

Por otra parte, otro factor muy a tener en cuenta que impacta en mayor medida a los vehículos eléctricos son los neumáticos. Los vehículos eléctricos, por lo general, suelen presentar un peso superior debido al sistema de baterías. Por ejemplo, las baterías que montan los Tesla suelen pesar alrededor de 800 kg [55].

Este mayor peso ejerce más carga sobre el neumático, que se fabrica con materiales específicos para soportar todas la fuerzas sin comprometer la estructura del vehículo. Al peso, también hay que añadir otra característica que es el par motor. Dado que los eléctricos entregan par motor de forma instantánea, el neumático se somete rápidamente a roces entre el caucho y la superficie del terreno lo cual aumenta el desgaste [77].

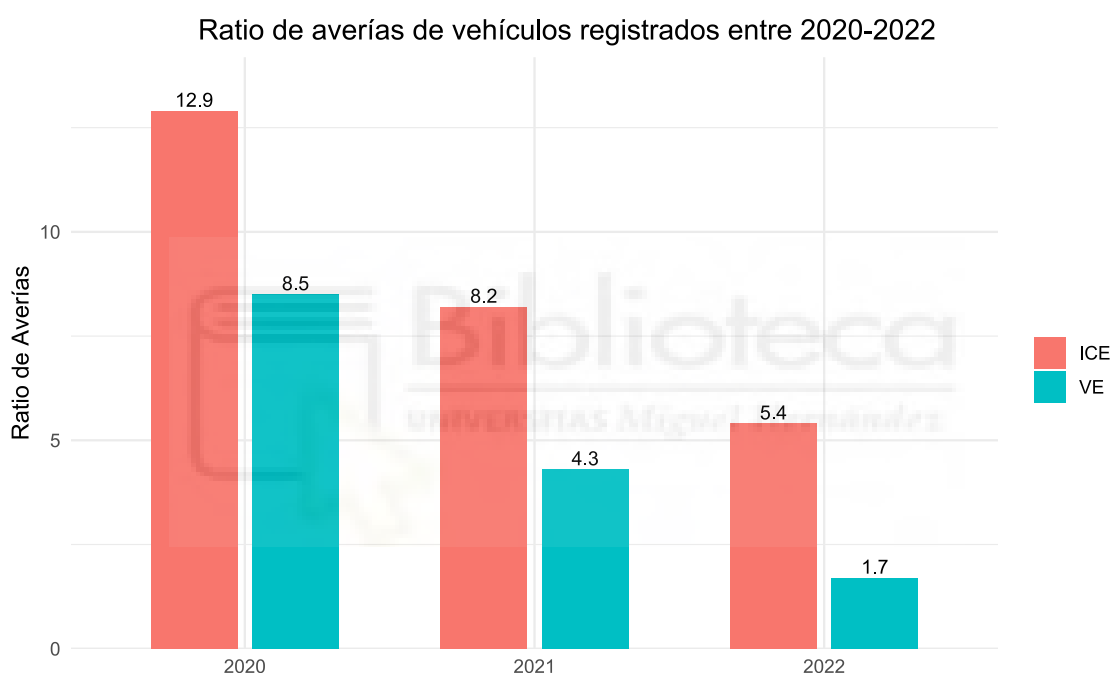


Figura 2.12: Ratio de averías de vehículos registrados entre 2020 y 2022 [8]

Los datos de 2024 muestran una media de 9,4 averías de vehículos con motor de combustión interna (ICE) por cada 1000 vehículos matriculados frente a 3,8 en vehículos eléctricos [8]. Esta tendencia favorable sugiere que los fabricantes están perfeccionando sus procesos de producción, con soluciones más eficaces a problemas de anteriores generaciones. Esto se traduce en una menor tasa de averías.

A la vista de estos datos, y dada la gran variabilidad de averías, se propone calcular el coste del mantenimiento no programado a través de costes relacionados con la sustitución de neumáticos dado el gran volumen de kilómetros que vamos a recorrer cada año y, por otro lado, calcularemos los costes relacionados con posibles averías que pueda ocurrir a través de un modelo matemático que tiene en cuenta el coste

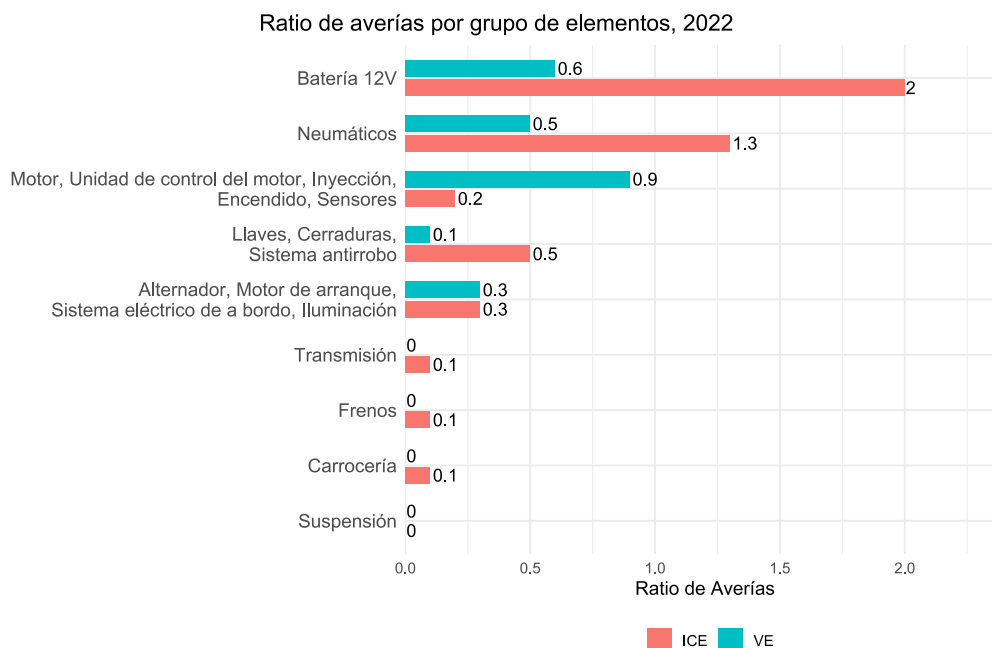


Figura 2.13: Ratio de averías por grupo de elementos en 2022 [8]

de adquisición y la edad del vehículo, entre diferentes factores.

En primer lugar, los neumáticos se reemplazarán en el caso de los BEV a los 28944 km, en los híbridos será de 39655 km y en los modelos de gasolina y diésel será a los 39163 km según datos de operadores de flotas [80]. Respecto a los precios, el coste medio del reemplazo en eléctricos es de 239 € y de vehículos de combustión es de 150 € [80].

Computando los 300000 km que vamos a recorrer en 20 años, los costes de neumáticos serán los de la siguiente tabla:

Tipos	Frecuencia (km)	Nº cambios	Un(€)	Total(€)
BEV	28944	10	239	2390
PHEV	39655	8	239	1912
HEV	39655	8	239	1912
Diésel	39163	8	150	1200
Gasolina	39163	8	150	1200

Cuadro 2.18: Coste de reemplazo de neumáticos(Elaboración Propia)

En cuanto a las reparaciones, empleamos la metodología y un modelo de simulación [28] que asume reparaciones imprevistas que pueden ocurrir fuera de la cobertura de la garantía oficial en función del coste de adquisición y la edad del vehículo. El

modelo se apoya en la idea de que el coste inicial del vehículo tiene una relación directa con el coste de los componentes integrados en el vehículo.

La parte teórica se fundamenta en la siguiente ecuación [28]:

$$Reparación_n = v \cdot p \cdot a_n \cdot e^{0,00002 \cdot C_{adq}}$$

- $Reparación_n$ representa el coste estimado de reparaciones imprevistas por milla y año.
- v representa un multiplicador del tipo de vehículo.
- p representa un multiplicador del tipo de propulsión.
- a_n representa un coeficiente de coste de reparación en cada año.
- C_{adq} representa el coste de adquisición del vehículo.

Los parámetros de ajuste de la fórmula se encuentran adjuntas en el anexo. El multiplicador del tipo de vehículo será más bajo cuanto más grande es el vehículo ya que una pieza puede costar lo mismo en los tres vehículos pero cuanto más grande es, mayor precio, y por tanto los márgenes de beneficio son más altos. Por otro lado, el multiplicador de propulsión será más bajo hacia la tecnología eléctrica, dado que la simplicidad de los componentes reduce la probabilidad de fallos [28].

El coeficiente de coste de reparación indica como aumenta el riesgo con el paso del tiempo y las garantías expiradas. Los dos primeros años se asume que es 0 y cualquier fallo está cubierto por la garantía, a partir del tercer año, el coeficiente aumenta para reflejar como se degradan los componentes. De esta forma, el coeficiente será 0 en los años 1 y 2, 0.00333 en el año 3, 0.010 en el año 4, y 0.0167 en el año 5. En posteriores años se aumenta en 0.00333 [28].

Los costes finales de mantenimiento para cada vehículo se encuentran en la tabla 2.19.

Al final de los 20 años, el BEV tendrá unos costes de mantenimiento de 12809.22 €, seguido del HEV con 15722.1 € y el PHEV con 15955.24 €. El peor parado es el diésel con 16470.51 €, seguido del vehículo de gasolina con 16174.4 €. A pesar de que el desgaste de los neumáticos en el eléctrico es superior, se mantiene como la opción económica debido a unos costes programados considerablemente menores y una menor tasa de averías por la particularidad de la tecnología eléctrica con menos puntos mecánicos que puedan poner en peligro la estabilidad del sistema.

Tipo	Progr.(€)	Neumáticos(€)	Reparac.(€)	Total(€)
BEV	1430	2477.2	8902.02	12809.22
PHEV	3914	1808.09	10233.15	15955.24
HEV	3614	1808.09	10300.01	15722.10
Gasolina	3789	1149.04	11236.36	16174.40
Diésel	3509	1149.04	11812.47	16470.51

Cuadro 2.19: Costes de mantenimiento total(Elaboración Propia)

2.5. Beneficios adicionales

Los beneficios adicional engloban las ayudas, subvenciones y posibles facilidades que nos ofrece la administración pública. El vehículo eléctrico se ve muy beneficiado por este tipo de incentivos, y resulta fundamental incorporarlos a la comparativa para reflejar el coste total.

Para el análisis se han considerado los beneficios que se podían adquirir durante el 2025, sobretodo los contemplados en el plan MOVES, así como otras bonificaciones fiscales, aplicados tanto a vehículos eléctricos como infraestructura de recarga.

Dado que el plan MOVES contemplaba más ayudas que el nuevo Plan Auto+ reciente, se han mantenido todos los beneficios que se podían aprovechar hasta el 2026, de esta forma evaluamos mejor el impacto de las ayudas públicas.

2.5.1. Plan MOVES

El plan MOVES es un paquete de ayudas y financiación a la adquisición de vehículos eléctricos, así como de infraestructura de recarga asociada. Este programa estaba vigente hasta finales del 2025. Las condiciones del plan y las ayudas se detallan en la web del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía [82].

Para la adquisición de un vehículo BEV o PHEV, con una autonomía mayor o igual a 90 km en modo de funcionamiento eléctrico, se otorgan ayudas de 4500€ o 7000€ si achatarramos otro vehículo. Si el PHEV tiene una autonomía mayor o igual a 30 km y menor de 90 km, entonces la cuantía disminuye a los 2500 y 5000 € respectivamente [82].

En nuestro caso, podemos obtener ayudas con el Kia EV3 Long Range (BEV) y el Toyota C-HR Advance 220 (PHEV). Dado que el PHEV presenta unos 70 km de autonomía en modo eléctrico, las ayudas en ese caso serán menores.

Se tendrán en cuenta ambas situaciones, tanto si se achatarra un vehículo, como sino lo hacemos.

Vehículo	Tipo	No achatarra (€)	Achatarra (€)
Kia EV3 Long Range	BEV	4500	7000
Toyota C-HR Advance 200	PHEV	2500	5000
Toyota C-HR Advance 140	HEV	0	0
Hyundai Tucson	Gasolina	0	0
Hyundai Tucson	Diésel	0	0

Cuadro 2.20: Plan MOVES aplicado a la adquisición del vehículo(Elaboración Propia)

De igual manera, aprovecharemos las ayudas que otorgan a la instalación de infraestructura de recarga. Al acceder a la web de Iberdrola [160], nos sugieren dos opciones de wallbox de instalación en vivienda. Un punto a 845.79€ y otro a 665€. Aprovechando el MOVES, los precios se vuelven muy competitivos.

Se elige el Pulsar Max, que ofrece mayor información de consumo y conectividad bluetooth y wi-fi para gestionarlo en una aplicación.



Figura 2.14: Modelos de puntos de recarga ofrecidos en la web de Iberdrola

El paso siguiente es elegir la ubicación de la instalación, ya sea en un garaje comunitario o en una vivienda unifamiliar. La opción del garaje es más cara, pero las características son similares entre ambas[141]:

- Instalación monofásica de 40 A.
- Montaje, conexionado y puesta a punto del servicio.

Especificaciones eléctricas			
Potencia de carga	7,4kW	11kW	22kW
Tensión nominal CA $\pm 10\%$	220-240V	380-400V	380-400V
Corriente nominal	32A (1P)	16A (3P)	32A (3P)
Tipo de conector (IEC 62196-2)	Tipo 1 / Tipo 2 / GBT	Tipo 2	Tipo 2
Sección del cable	hasta 13mm ²	hasta 13mm ²	hasta 13mm ²
Corriente configurable	de 6A a corriente nominal		
Frecuencia nominal	50Hz / 60Hz		
Índice de protección	IP55 / IK10		
Categoría de sobretensión	CAT III		
Detección de corriente residual	6mA CC		
RCCB	Se requiere un RCCB Tipo A externo		
Protecciones adicionales	Derivación externa opcional (desconexión de soldadura)		

Figura 2.15: Especificaciones técnicas del punto de recarga Pulsar Max[141]

- Se instala cuadro de mando y protección de 40 A con protecciones que incluyen:
 - Protección de sobretensiones transitorias y permanentes con rearme.
 - Diferencial tipo A y cerradura con llave.

La diferencia de precio con el MOVES es de alrededor de 70 euros entre ambas opciones. Si se realiza la instalación en un garaje comunitario, el gasto de la instalación corre a cargo de la persona que quiere instalar el punto de recarga.

Esto está establecido así en la Ley de Propiedad Horizontal [97], en su artículo 17.5, donde habla de la instalación de puntos de recarga de vehículos eléctricos para uso privado sólo requerirá la comunicación previa a la comunidad y el coste y consumo los asume el o los interesados [97].

En este caso no revisamos la potencia de la vivienda, pero es algo que se ha de tener en cuenta dependiendo de la instalación y localización del punto de recarga. Todo está contemplado en la ITC-BT-04 del reglamento electrotécnico de baja tensión [104].

El total a pagar asciende a 1691.58€, que con el plan MOVES se queda en 507.47€.

2.5.2. Certificado de Ahorro Energético

El CAE o “Certificado de Ahorro Energético” es un documento electrónico que asegura que se ha conseguido un ahorro final de energía final equivalente a 1 kWh [159]. En esencia, se trata de una ayuda que certifica que con la compra del vehículo eléctrico se ha conseguido un ahorro de energía final.

Los requisitos para esta ayuda son los siguientes [159]:

- El cambio del vehículo debe ser por uno eléctrico puro (BEV).
- El nuevo vehículo debe ser de la misma categoría que el antiguo.
- Adjuntar la ficha técnica del vehículo antiguo.
- Documento que certifique que has estado en propiedad del vehículo antiguo durante más de un año. Vale tanto el permiso de circulación como un recibo del último IVTM.
- Documento que acredita que el vehículo antiguo ya no es de tu propiedad. Podrá ser achatacado, cedido a un tercero o vendido.
- Factura de adquisición del nuevo vehículo.

Esta ayuda suelen aplicarla directamente en el concesionario en el momento de compra y la cuantía varía entorno a los 700-900€. Se puede complementar con otros incentivos como el MOVES.

2.5.3. Incentivos fiscales

Los vehículos eléctricos poseen beneficios fiscales en forma de deducción del 15 % en la próxima declaración de la renta [103]. Esta deducción es válida tanto si se adquiere un vehículo, como si se instala un punto de recarga en la vivienda.

Para la adquisición de un BEV o un PHEV, el ahorro fiscal sería de 3000 € y por la instalación de un punto de recarga de hasta 4000 €. Si el beneficiario ya se ha aprovechado del MOVES, se resta la cuantía del MOVES al precio total del vehículo, y se aplica el 15 % sobre ese valor.

Por tanto, para el BEV y PHEV tendremos una deducción de 3000 € y para el punto de recarga serán 76,12€.

3. RESULTADOS FINALES

3.1. Discusión y análisis de resultados

La tabla de resultados con todos los escenarios se puede ver en la tabla 3.1 y los gráficos junto al mapa de calor en la figura 3.1 y 3.2.

Escenario	Coste inicial (€)	10 años (€)	20 años (€)	€/km
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	32636.93	40985.36	54998.34	0.18
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	35136.93	43485.36	57498.34	0.19
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	32901.41	43630.14	60287.88	0.2
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	35401.41	46130.14	62787.88	0.21
PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	29677.49	43144.9	64413.25	0.21
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	43897.16	52245.59	66258.57	0.22
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	29789.53	44265.27	66653.99	0.22
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	32177.49	45644.9	66913.25	0.22
BEV - Escenario 3 (Achatarra)	32910.85	47606.74	68672.44	0.23
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	32289.53	46765.27	69153.99	0.23
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	29544.91	45701.2	69957.2	0.23
BEV - Escenario 3 (No achatarra)	35410.85	50106.74	71172.44	0.24
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	44161.64	54890.36	71548.11	0.24
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	32044.91	48201.2	72457.2	0.24
HEV	34941.65	50184.77	73159.06	0.24
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	38937.72	52405.13	73673.47	0.25
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	39049.76	53525.5	75914.21	0.25
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	37544.91	53701.2	77957.2	0.26
BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	42910.85	57606.74	78672.44	0.26
Diésel	37303.26	54612.36	80521.62	0.27
Gasolina	35052.62	54563.45	82521.87	0.28

Cuadro 3.1: Resumen de resultados por escenario, tipo de vehículo y coste (Elaboración Propia)

Para determinar el periodo en el que un escenario es más o menos rentable que otro, se evalúa la evolución del coste total de propiedad acumulado a lo largo de un periodo de 20 años. Los datos de costes correspondientes se recogen en el anexo

3. RESULTADOS FINALES

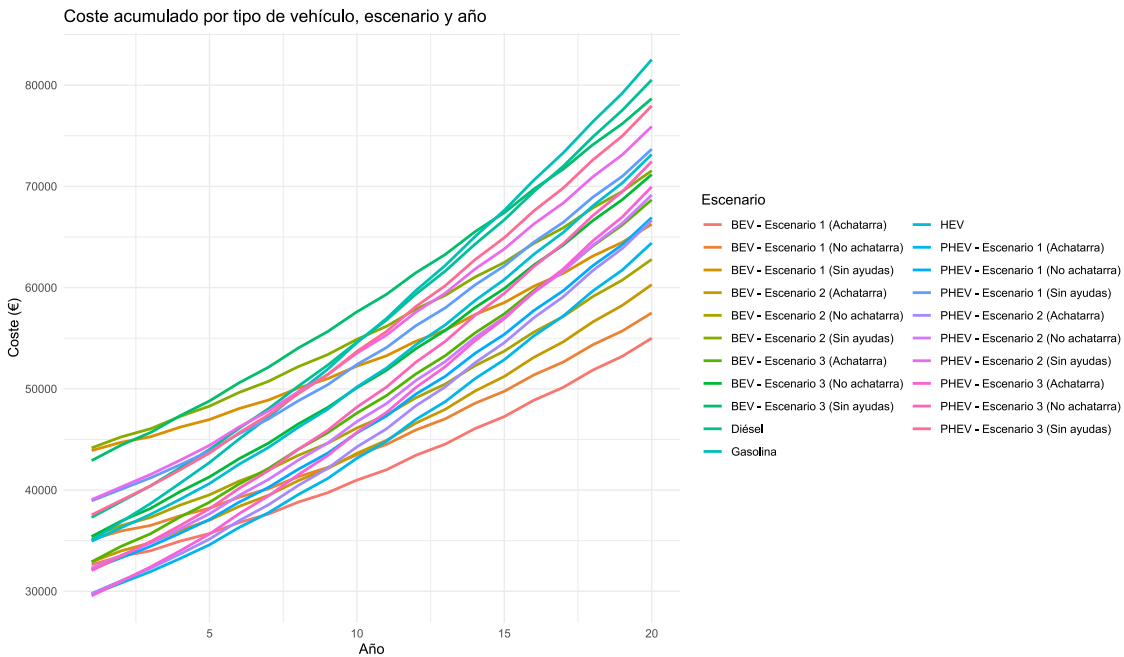


Figura 3.1: Coste acumulado a 20 años por tipo de vehículo, escenario y año(Elaboración Propia)

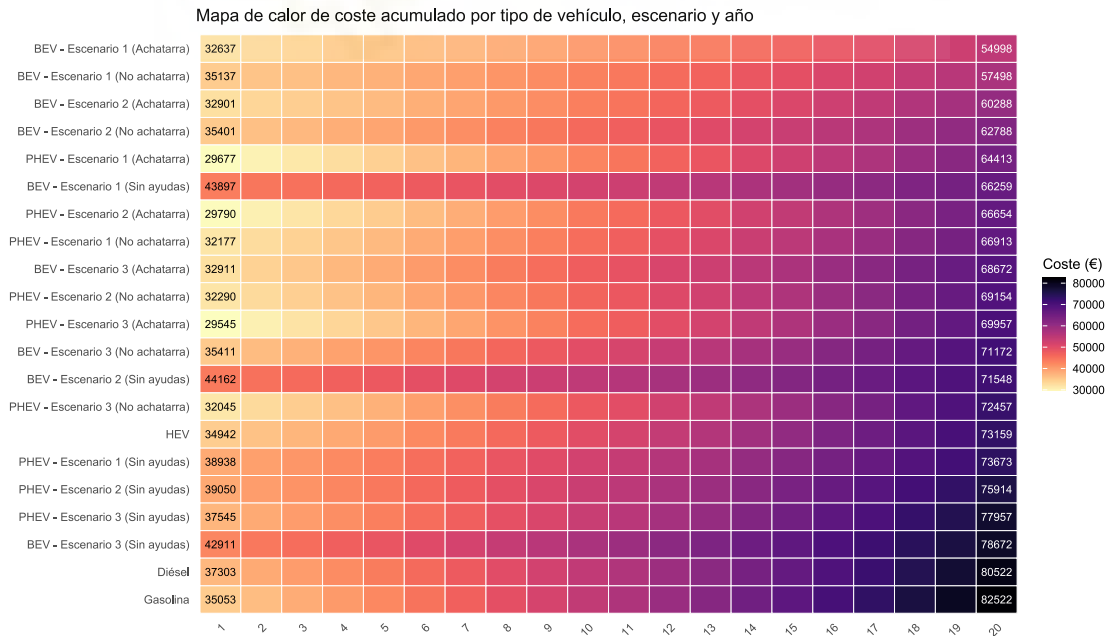


Figura 3.2: Mapa de calor de coste acumulado ordenado de menor a mayor coste total de propiedad(Elaboración Propia)

junto las demás variables calculadas.

Para la comparativa, se determinan los puntos de corte igualando las funciones de coste acumulado de cada par de escenarios utilizando el método de interpolación lineal [98].

Dados dos puntos (x_1, y_1) y (x_2, y_2) el valor de interpolación en cualquier punto x es [98]:

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1)$$

Si la diferencia de coste acumulado entre dos escenarios cambia de signo entre dos años consecutivos, entonces sabemos que existe un punto donde ambas rectas se cruzan. El cálculo de todas las intersecciones se realizó utilizando un script con el software estadístico R, el cuál se puede ver en el anexo con toda la descripción pertinente.

Una vez obtenidos los datos, pasamos a analizar cada vehículo y los puntos de cruce más reseñables.

3.1.1. BEV

El vehículo 100 % eléctrico presenta los costes más bajos al final de su vida en la gran mayoría de escenarios planteados, aunque no resulta competitivo los primeros años debido al elevado coste de adquisición.

Si observamos el escenario más favorable, que es el planteado por una recarga del 80 % en vivienda y mayor cantidad de ayudas otorgadas (Escenario 1 - Achatarra), nos damos cuenta de la gran diferencia de costes que existen respecto, no sólo a vehículos de combustión interna, sino con otros vehículos híbridos.

En comparación con el vehículo de gasolina, el modelo BEV en este escenario presenta una diferencia de precio de 27523.5 € a favor del eléctrico. Respecto al PHEV, la diferencia mínima es de 9414.91 € al final de su vida. Respecto al vehículo diésel, el coste al final de su vida es de 25523.3€ más, y el híbrido (HEV) presenta un coste superior de más de 18160.7€.

Si extraemos los datos del escenario más desfavorable del BEV, que sería la recarga 100 % en puntos públicos y sin ayudas de ningún tipo, vemos que al final de su vida, prácticamente todos los escenarios y tipos de vehículos son mejores económicamente.

3. RESULTADOS FINALES

La recarga exclusiva en puntos lentos, rápidos o ultrarrápidos hace que el coste ascienda a los 78672.44 €, por encima del híbrido (HEV), y prácticamente a la par del modelo de gasolina y diésel.

De hecho, el vehículo de gasolina presenta mejor rentabilidad hasta los 220171 km, prácticamente casi toda su vida. No sería viable depender de la recarga pública a estos precios.

Los datos nos muestra que las ayudas si bien son importantes, la recarga en vivienda es prácticamente indispensable para el mejor rendimiento económico del eléctrico.

Escenario comparado	Punto de cruce (km)	Punto de cruce (año)
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	27158	1.81
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	29432	1.96
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	33657	2.24
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	75790	5.05
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	86301	5.75
PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	101847	6.79

Cuadro 3.2: Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario más favorable del BEV frente a los demás(Elaboración Propia)

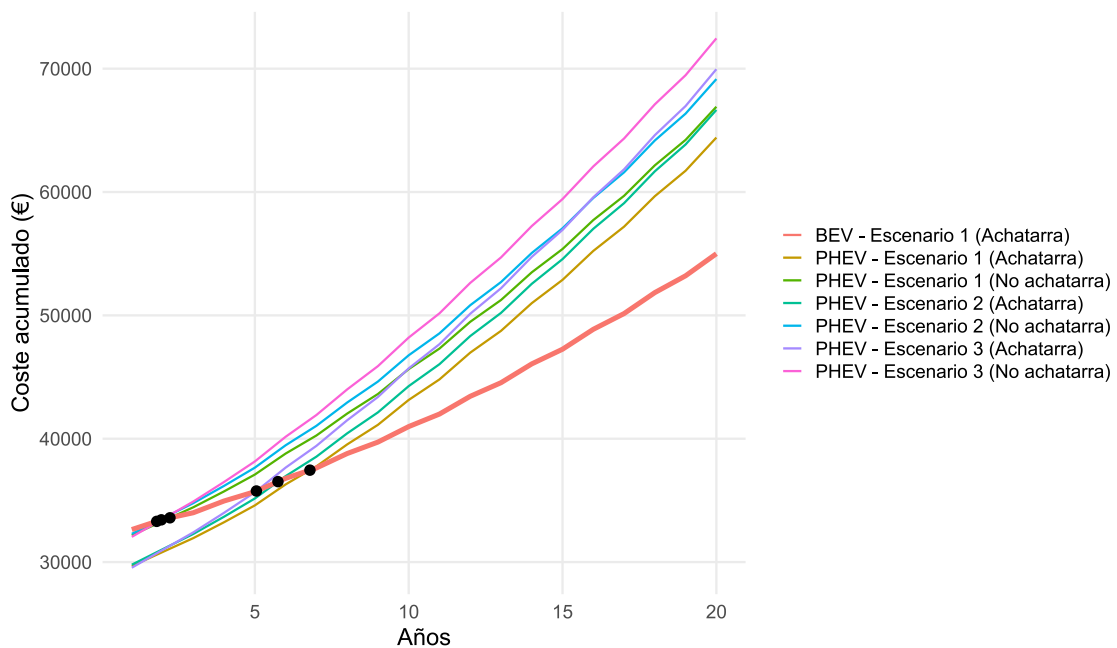


Figura 3.3: Cruces de coste respecto al escenario BEV - Escenario 1 (Achatarra)(Elaboración Propia)

Escenario comparado	Punto de cruce (km)	Punto de cruce (año)
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	35977	2.4
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	57563	3.84
Gasolina	220171	14.68
Diésel	246918	16.46

Cuadro 3.3: Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario menos favorable del BEV frente a los demás(Elaboración Propia)

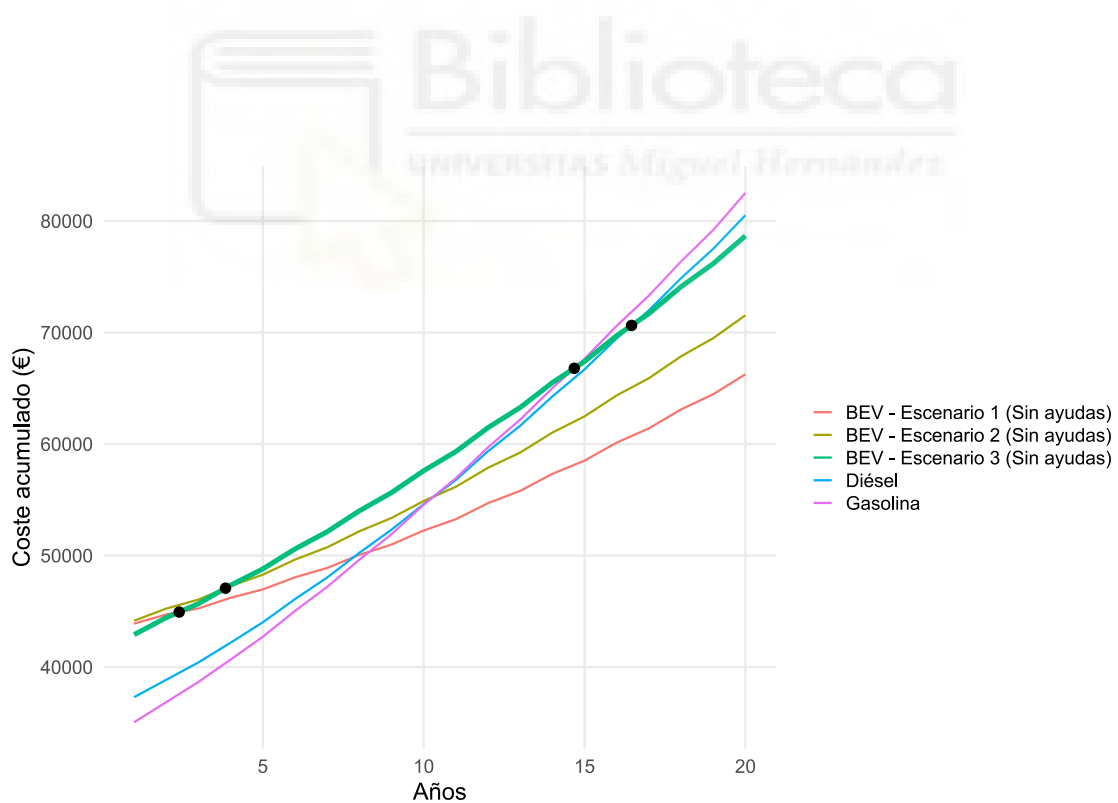


Figura 3.4: Cruces de coste respecto al escenario BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)(Elaboración Propia)

3.1.2. PHEV

El vehículo híbrido enchufable se coloca quinto en cuanto a costes al final de su vida, con 64413.25 € en el escenario más favorable en cuanto a recarga eléctrica y ayudas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el PHEV es más rentable que los vehículos híbrido (HEV), gasolina y diésel. La diferencia de precio con respecto a estos tres es la siguiente: 8745.81€, 18108.6€ y 16108.4€. También es mucho más rentable que otros escenarios de BEV y PHEV.

Durante los primeros 101847 km o 6.79 años, el PHEV se mantiene como la opción más barata frente al escenario más favorable del BEV, llegando hasta los 16.89 años donde el PHEV se sigue manteniendo muy fuerte, prácticamente durante toda su vida útil.

Por otro lado, en el escenario más desfavorable del PHEV, el Diésel es mejor opción los primeros 43536 km, y la gasolina también es mejor opción hasta los 114679 km.

Escenario comparado	Punto de cruce (km)	Punto de cruce (año)
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	21657	1.44
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	101847	6.79
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	157869	10.52
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	168234	11.22
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	253323	16.89

Cuadro 3.4: Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario más favorable del PHEV frente a los demás(Elaboración Propia)

3.1.3. HEV

El híbrido no enchufable (HEV) se mantiene con un coste acumulado al final de su vida de 73159.06 €. El dato más sorprendente es el de mantenerse competitivo económicamente frente al eléctrico puro hasta los 12.4 años en escenarios favorables de recarga en vivienda.

El bajo precio inicial ayuda mucho los primeros años, aunque luego caiga su competitividad con el tiempo.

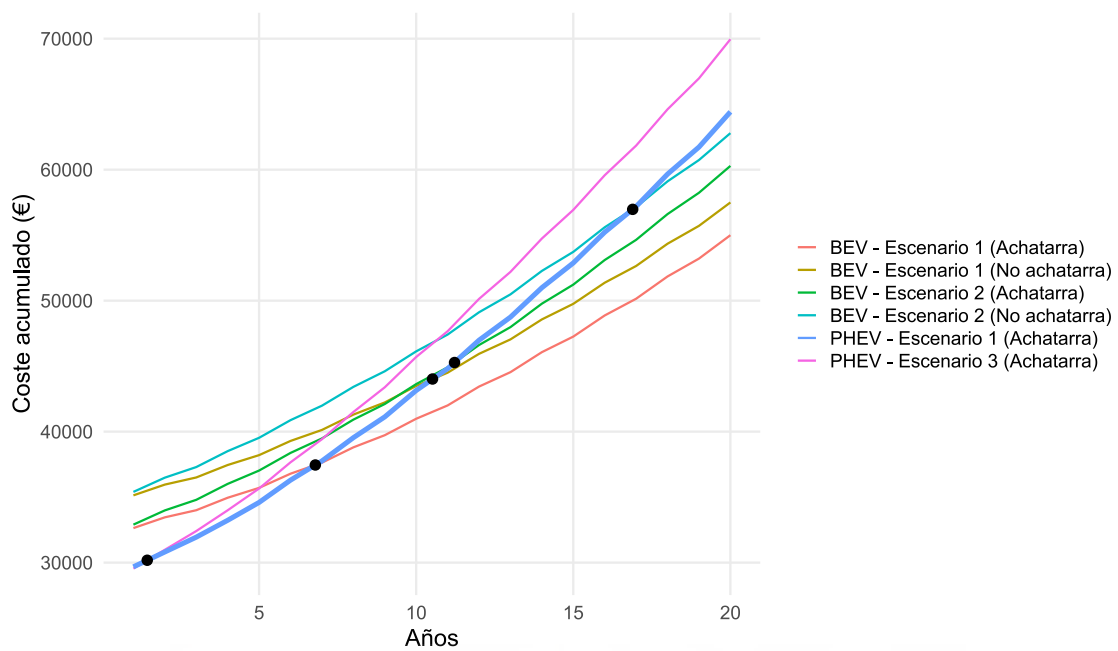


Figura 3.5: Cruces de coste respecto al escenario PHEV - Escenario 1 (Achatarra)(Elaboración Propia)

Escenario comparado	Punto de cruce (km)	Punto de cruce (año)
Diésel	43536	2.9
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	84928	5.66
Gasolina	114679	7.65
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	128804	8.59
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	135886	9.06
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	174908	11.66

Cuadro 3.5: Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario menos favorable del PHEV frente a los demás(Elaboración Propia)

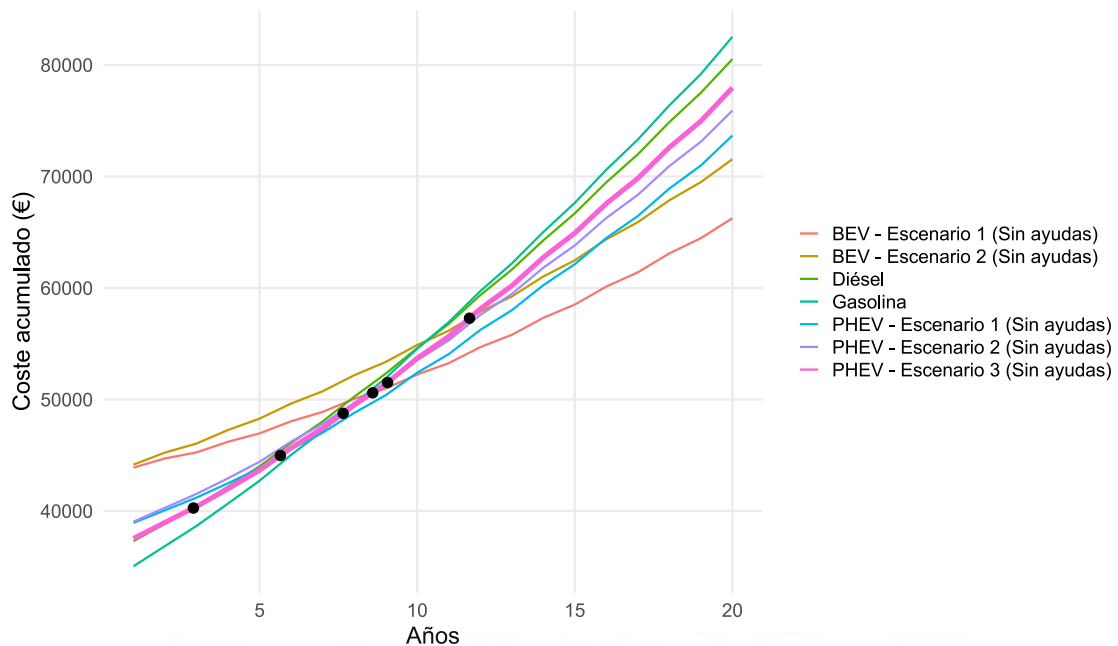


Figura 3.6: Cruces de coste respecto al escenario PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)(Elaboración Propia)

Escenario comparado	Punto de cruce (km)	Punto de cruce (año)
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	20720	1.38
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	36150	2.41
BEV - Escenario 3 (No achatarra)	145398	9.69
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	185948	12.4
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	265477	17.7

Cuadro 3.6: Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario del HEV frente a los demás(Elaboración Propia)

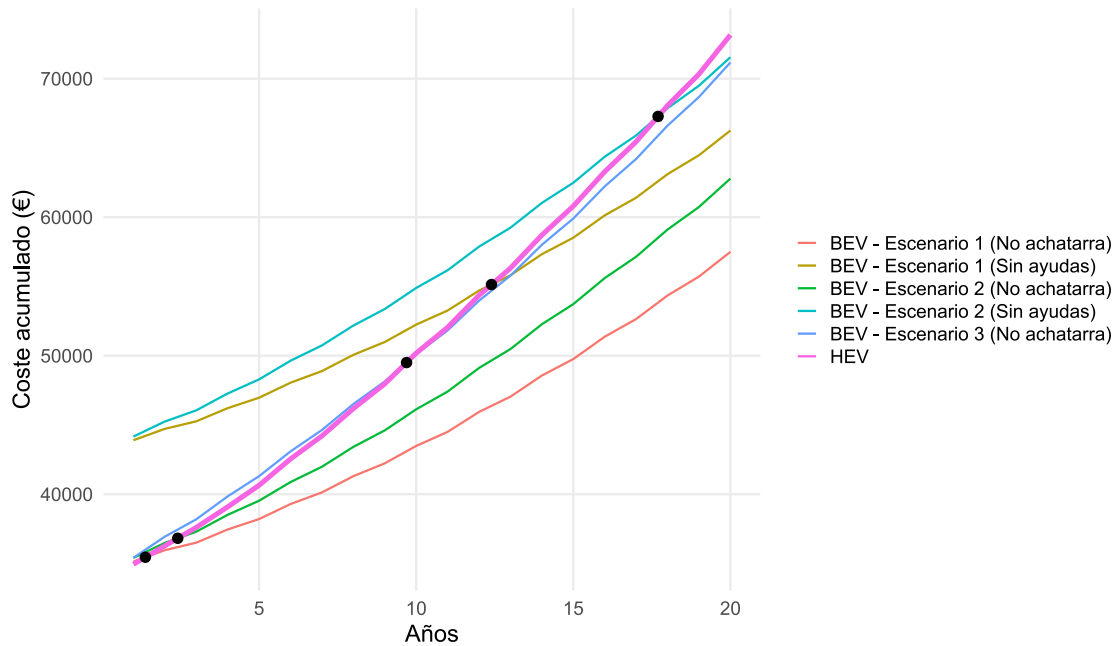


Figura 3.7: Cruces de coste acumulado respecto al HEV(Elaboración Propia)

3.1.4. Gasolina

El vehículo de gasolina presenta el peor escenario posible, alcanzando costes a final de su vida de 82521.87 €. Sin embargo, su bajo coste inicial de 35052.62 € el primer año le permite mantenerse en buenas posiciones los primeros años de vida por delante de varios escenarios del BEV.

Hasta los 14.68 años es más barato que el BEV sin recarga en vivienda y sin ayudas, incluso hasta los 10.3 sigue siendo más barato que escenario medio del BEV sin ayudas.

Respecto al PHEV, es una buena opción económica hasta casi la década de vida (8.12 para ser exactos).

3.1.5. Diésel

El diésel tiene uno de los mayores costes al final de su vida con 80521.62 €. Durante los 10.24 primeros años, el vehículo de gasolina es la opción más económica. Resulta destacable ver como se mantiene competitivo hasta los 10.31 años o incluso los 16.46 años frente a opciones de eléctrico puro más pésimas en cuanto a la recarga eléctrica.

3.2. Análisis DAFO

Una vez analizados los datos, es conveniente aplicar un análisis DAFO que permita visualizar e identificar las fortalezas y debilidades observadas en el presente estudio,

Escenario comparado	Punto de cruce (km)	Punto de cruce (año)
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	16280	1.09
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	22231	1.48
BEV - Escenario 3 (No achatarra)	32032	2.14
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	101339	6.76
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	114679	7.65
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	121801	8.12
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	124802	8.32
Diésel	153604	10.24
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	154477	10.3
BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	220171	14.68

Cuadro 3.7: Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario del vehículo de Gasolina frente a los demás (Elaboración Propia)

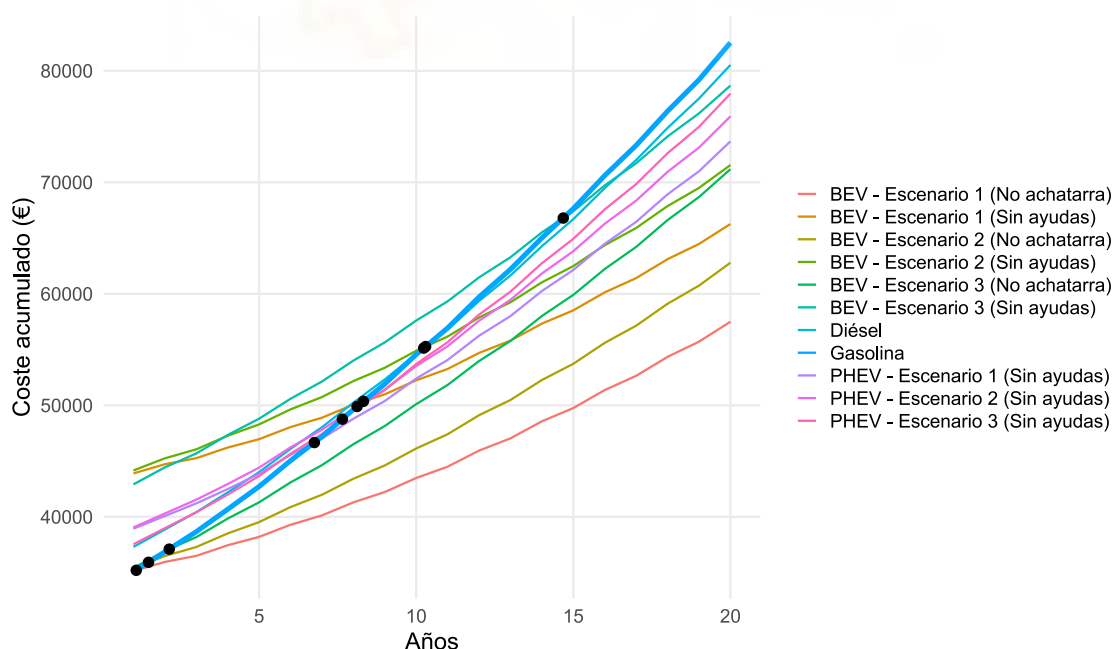


Figura 3.8: Cruces de coste acumulado respecto al vehículo de Gasolina (Elaboración Propia)

Escenario comparado	Punto de cruce (km)	Punto de cruce (año)
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	43536	2.9
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	69833	4.66
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	95510	6.37
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	117347	7.82
Gasolina	153604	10.24
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	154676	10.31
BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	246918	16.46

Cuadro 3.8: Puntos de cruce de coste acumulado entre el escenario del vehículo de Diésel frente a los demás(Elaboración Propia)

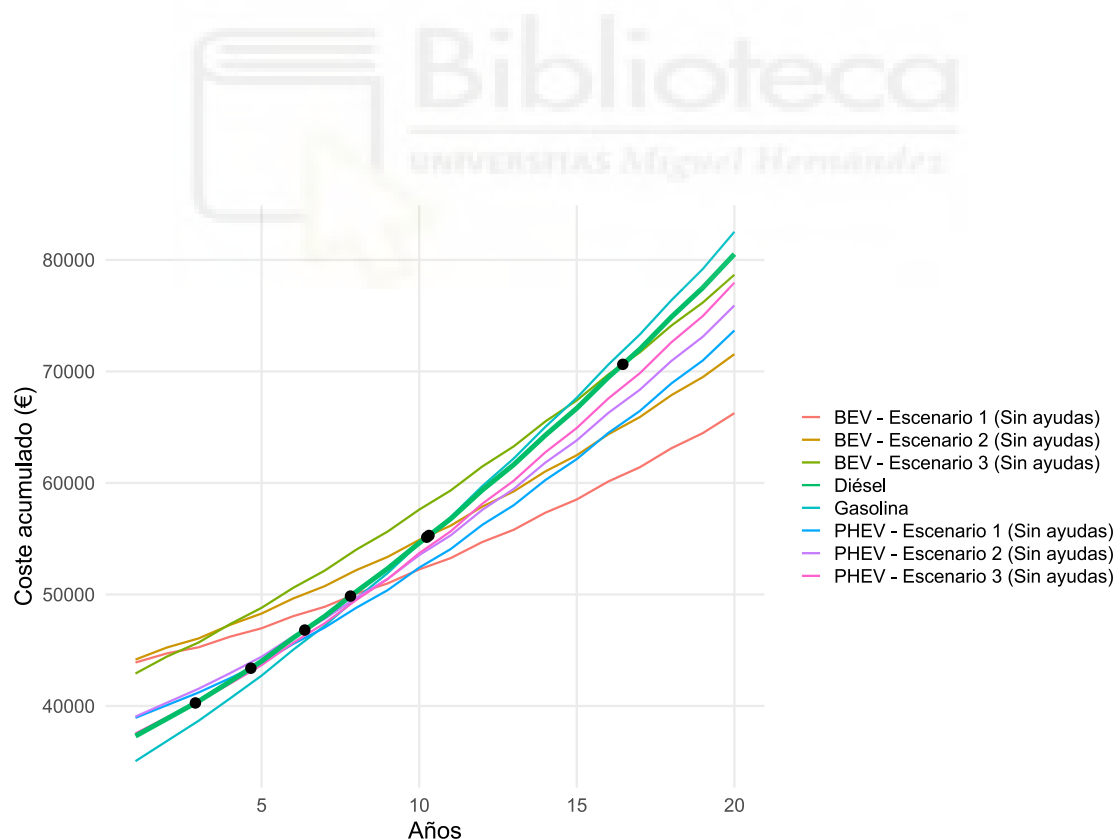


Figura 3.9: Cruces de coste acumulado respecto al vehículo de Diésel (Elaboración Propia)

y amenazas y oportunidades que se den. Además, nos permitirá explorar soluciones a problemas que persisten en la transición a la movilidad sostenible, así como determinar posibles cambios.

3.2.1. Fortalezas

- No emite gases contaminantes que ponen en riesgo la salud de las personas.
- No emite ruidos.
- Se tratan de vehículos más eficientes y con un mejor rendimiento que otros análogos.
- Los costes al final de su vida son menores.
- Almacenan energía para luego devolverla a la red o otros servicios que se requieran.
- Menor mantenimiento debido a componentes más simples y menor número de partes móviles.
- Gran potencial para la bajada de precios gracias a que las economías de escala todavía no han sido explotadas al máximo.
- Su uso permite a los usuarios beneficiarse de diferentes incentivos y normativas ligadas a la movilidad eléctrica y verde.

3.2.2. Debilidades

- Presenta una autonomía limitada, a pesar de que ya es un concepto que se está quedando atrás.
- La falta de infraestructura en muchos puntos dificulta su despegue.
- Si no posees recarga en casa, la ventaja económica disminuye ligeramente, además de la experiencia y comodidad del eléctrico.
- Los costes de adquisición siguen siendo altos, a pesar de que ya están llegando modelos más asequibles.
- El reemplazo de baterías puede ser costoso, aunque normalmente está cubierta por la garantía.
- La velocidad de recarga continúa siendo lenta y la falta de cargadores rápidos

no ayuda a cambiar esa percepción.

- Las aplicaciones de recarga son confusas y numerosas, falta de interoperabilidad y simplicidad.

3.2.3. Oportunidades

- La mejora en la infraestructura de recarga permitirá que los VE sean más accesibles.
- Simplicidad de la recarga y mayor transparencia de precios.
- El aumento en la conciencia medioambiental puede hacer que los usuarios se decanten por el vehículo electrificado.
- La mejora en tecnología de baterías puede suponer un aumento en la autonomía, tiempos de recarga más rápidos y precios más bajos.
- La buena sinergia con las energías renovables permite que la huella de carbono se reduzca fuertemente.
- Los intereses de los gobiernos en disminuir los gases de efecto invernadero como China o la India.
- Resulta complicado disminuir aún más las emisiones de los vehículos convencionales dado que es una industria madura con mejoras limitadas.
- Posibilidad de que gobiernos adopten e implemente políticas para mejorar la adopción y hagan más estrictos la circulación de vehículos que más contaminan.

3.2.4. Amenazas

- Grupos de presión del sector del petróleo pueden dificultar el despegue del eléctrico influyendo en gobiernos.
- Los materiales críticos utilizados para el desarrollo de los VE como la batería, están fuertemente controlados por unos pocos países, por lo que la seguridad en su fabricación es incierta, al igual que los precios.
- La mala planificación en la instalación de los puntos de recarga puede atrasar el despegue del eléctrico.
- Cambios en políticas y regulaciones, o más retrasos en ciertas prohibiciones,

puede hacer que la percepción del eléctrico sea negativa.

- La falta de información respecto al eléctrico sigue confundiendo a los posibles compradores.
- Escollos a nivel administrativo que debe navegar el posible comprador para beneficiarse de incentivos.
- Puede aparecer otra tecnología que sea mejor.
- Interés de compañías tradicionales de mantener su negocio de toda la vida frente a la innovación y el cambio que llega de otros países más avanzados.
- Subida del precio de la electricidad.



4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El presente trabajo ha permitido analizar el vehículo eléctrico desde diferentes perspectivas que han servido para identificar las principales ventajas e inconvenientes de éste frente a otros con diferente motorización. Se destaca el hecho de que los vehículos eléctricos puros presentan mayor simplicidad, mejor eficiencia y emiten menos gases de efecto invernadero. Dada la grave situación que vivimos con el aumento de las temperaturas globales y la necesidad de la descarbonización, resulta imprescindible explorar otras alternativas para un sector del transporte que es causa directa de una gran parte de los problemas que surgen día a día.

El pilar fundamental por la que se sustenta la movilidad eléctrica es la recarga y ésta desgraciadamente continúa siendo uno de sus principales puntos negros. A pesar de los grandes avances que existen en materia de sistema de baterías, donde la autonomía comienza ya a no ser un problema, existen otros retos como el de la infraestructura que son una barrera muy importante. De acuerdo a la información recopilada y analizada, la ausencia de infraestructura de recarga en muchos puntos críticos del mapa de carreteras de España hace que la expansión de éste se ralentice y evita pensar que en el futuro esta tecnología verdaderamente vaya a sustituir a los vehículos de combustión. No parece viable sustituir millones de vehículos que actualmente circulan por las carreteras ya que no hay servicio que lo apoye. Se necesita reevaluar la recarga, donde y como se instalan los puntos de recarga y la interoperabilidad entre ellas. Que la recarga no suponga para el usuario del eléctrico un problema, sino una fortaleza positiva.

El análisis económico que se ha realizado en este trabajo, donde hemos evaluado los costes acumulados del eléctrico puro frente a otros vehículos híbridos, de gasolina y diésel, ha permitido alcanzar diferentes conclusiones. En primer lugar, la cantidad de ayudas que presenta el eléctrico lo hacen muy atractivo a pesar de que el coste de adquisición es muy alto. Los costes de energía son baratos al igual que los costes en concepto de mantenimiento. El usuario con recarga en vivienda es el mayor ganador con una recarga barata, pero también es cierto que durante los primeros 10 años, hay escenarios con vehículos de combustión interna que resultan más rentables económicamente. Es interesante ver como el enchufable resulta muy atractivo y consigue ser más rentable que muchos escenarios de eléctrico puro.

Del análisis se saca en claro que no todo es positivo para el eléctrico, sino que su buena rentabilidad pasa por la recarga privada en vivienda. Adquirir un vehículo eléctrico puro sin recarga en vivienda no sería del todo recomendable dado el gasto energético que supondría si se tiene que realizar la recarga en puntos públicos donde

el precio por kWh es muy superior al de la vivienda. El punto positivo de los eléctricos hoy día, es que adquirirlos te da una serie de beneficios y bonificaciones que son interesantes económicamente. Los planes que permiten disminuir el precio de adquisición, la disminución de las tasas como impuesto de circulación, las menores tasas para pasar la ITV, la disminución de elementos de desgaste que minimiza el gasto en mantenimiento. A la vista de los resultados, incluso en escenarios extremos de recarga pública mayoritaria, el usuario gasta menos que el híbrido no enchufable, gasolina o diésel. En ese sentido, la apuesta por vehículos de combustión de un consumidor medio viene motivado principalmente por su precio de adquisición, aunque quizás desconozca que a largo plazo un híbrido enchufable o un eléctrico puro pueden ser una mejor opción.

La conclusión final a la que se llega es que los vehículos eléctricos han llegado para quedarse, quizás como el medio alternativo y sostenible por defecto, pero su expansión queda en entre dicho, debido a barreras difíciles de superar como la infraestructura de recarga en viviendas, la problemática de los tiempos de carga, así como la competitividad en el precio de adquisición. Si se solventan estos problemas en el futuro, el eléctrico es sin lugar a dudas la mejor alternativa al vehículo de combustión interna.

Como posibles líneas de investigación futuras me gustaría proponer un análisis de la infraestructura de recarga y la determinación de la localización óptima de puntos de recarga en función del parque de vehículos, el uso de las carreteras y otros indicadores relevantes. Creo que la infraestructura es un buen punto de estudio y es muy relevante para el vehículo eléctrico.

A. Anexos

A.1. Puntos de cruce



Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	27158	1.81
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	29432	1.96
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	33657	2.24
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	75790	5.05
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	86301	5.75
BEV - Escenario 1 (Achatarra)	PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	101847	6.79
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	Gasolina	16280	1.09
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	HEV	20720	1.38
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	BEV - Escenario 3 (Achatarra)	62345	4.16
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	75790	5.05
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	86301	5.75
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	101847	6.79
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	116732	7.78
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	136598	9.11
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (Achatarra)	141789	9.45
BEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	157869	10.52
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	35977	2.40
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	Diésel	117347	7.82
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	Gasolina	124802	8.32

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	127091	8.47
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	128804	8.59
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	146855	9.79
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	HEV	185948	12.40
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 3 (No achatarra)	195490	13.03
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	211296	14.09
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	248451	16.56
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 3 (Achatarra)	248661	16.58
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	251478	16.77
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	289085	19.27
BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	294137	19.61
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	42226	2.82
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	46153	3.08
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	72097	4.81
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	106411	7.09
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	134210	8.95
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	141789	9.45
BEV - Escenario 2 (Achatarra)	PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	168234	11.22

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	Gasolina	22231	1.48
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	HEV	36150	2.41
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	BEV - Escenario 3 (Achatarra)	99752	6.65
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	106411	7.09
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	134210	8.95
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	159416	10.63
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	168234	11.22
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	202382	13.49
BEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	253323	16.89
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	57563	3.84
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	Gasolina	154477	10.30
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	Diésel	154676	10.31
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	174908	11.66
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	188513	12.57
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	236044	15.74
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	HEV	265477	17.70
BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	285399	19.03
BEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	62345	4.16

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
BEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	99752	6.65
BEV - Escenario 3 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	120789	8.05
BEV - Escenario 3 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	247924	16.53
BEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	248661	16.58
BEV - Escenario 3 (Achatarra)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	264317	17.62
BEV - Escenario 3 (No achatarra)	Gasolina	32032	2.14
BEV - Escenario 3 (No achatarra)	HEV	145398	9.69
BEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	195490	13.03
BEV - Escenario 3 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	247924	16.53
BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	35977	2.40
BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	57563	3.84
BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	Gasolina	220171	14.68
BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	Diésel	246918	16.46
Diésel	PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	43536	2.90
Diésel	PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	69833	4.66
Diésel	PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	95510	6.37
Diésel	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	117347	7.82
Diésel	Gasolina	153604	10.24

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
Diésel	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	154676	10.31
Diésel	BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	246918	16.46
Gasolina	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	16280	1.09
Gasolina	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	22231	1.48
Gasolina	BEV - Escenario 3 (No achatarra)	32032	2.14
Gasolina	PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	101339	6.76
Gasolina	PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	114679	7.65
Gasolina	PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	121801	8.12
Gasolina	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	124802	8.32
Gasolina	Diésel	153604	10.24
Gasolina	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	154477	10.30
Gasolina	BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	220171	14.68
HEV	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	20720	1.38
HEV	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	36150	2.41
HEV	BEV - Escenario 3 (No achatarra)	145398	9.69
HEV	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	185948	12.40
HEV	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	265477	17.70
PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	21657	1.44

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (Achatarra)	101847	6.79
PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	157869	10.52
PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	BEV - Escenario 2 (Achatarra)	168234	11.22
PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	253323	16.89
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	21657	1.44
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (Achatarra)	33657	2.24
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (Achatarra)	72097	4.81
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	101847	6.79
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	147173	9.81
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	168234	11.22
PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	289085	19.27
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	Diésel	69833	4.66
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	84928	5.66
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	Gasolina	101339	6.76
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	146855	9.79
PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	236044	15.74
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	34651	2.31
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (Achatarra)	86301	5.75
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	BEV - Escenario 2 (Achatarra)	134210	8.95

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	136598	9.11
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	202382	13.49
PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	294137	19.61
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (Achatarra)	27158	1.81
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	34651	2.31
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (Achatarra)	46153	3.08
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	86301	5.75
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	134210	8.95
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	235477	15.70
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	251478	16.77
PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	BEV - Escenario 3 (Achatarra)	264317	17.62
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	Diésel	95510	6.37
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	Gasolina	121801	8.12
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	127091	8.47
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	135886	9.06
PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	188513	12.57
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	PHEV - Escenario 1 (Achatarra)	21657	1.44
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	PHEV - Escenario 2 (Achatarra)	34651	2.31

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (Achatarra)	75790	5.05
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 2 (Achatarra)	106411	7.09
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	116732	7.78
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	147173	9.81
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	159416	10.63
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	235477	15.70
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 3 (Achatarra)	247924	16.53
PHEV - Escenario 3 (Achatarra)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	248451	16.56
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	PHEV - Escenario 1 (No achatarra)	21657	1.44
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (Achatarra)	29432	1.96
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	PHEV - Escenario 2 (No achatarra)	34651	2.31
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (Achatarra)	42226	2.82
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (No achatarra)	75790	5.05
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (No achatarra)	106411	7.09
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 3 (Achatarra)	120789	8.05
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	211296	14.09
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 3 (No achatarra)	247924	16.53
PHEV - Escenario 3 (No achatarra)	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	285399	19.03

Cuadro A.1: Puntos de cruce entre escenarios (Continuación)

Escenario base	Escenario comparado	Km	Año
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	Diésel	43536	2.90
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	84928	5.66
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	Gasolina	114679	7.65
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)	128804	8.59
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	135886	9.06
PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)	BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)	174908	11.66

A.2. Puntos de recarga



Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
ELECTROMAPS SL	38.283208	-0.683332	50000	0.41
ENDESA X WAY, S.L.	38.272402	-0.668673	50000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.272402	-0.668673	50000	0.35
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	38.274884	-0.684929	22000	NA
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	38.274884	-0.684929	22000	NA
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	38.274884	-0.684929	22000	NA
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	38.274884	-0.684929	22000	NA
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271313	-0.709043	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271313	-0.709043	22000	0.47
ENDESA X WAY, S.L.	38.263583	-0.695571	6900	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.263583	-0.695571	6900	0.35
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.270295	-0.671596	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.270295	-0.671596	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.270295	-0.671596	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272267	-0.717689	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272267	-0.717689	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272267	-0.717689	22000	0.47
Eranovum E-Mobility	38.275974	-0.714627	7400	0.35
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.262740	-0.694490	22000	0.47

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.262740	-0.694490	22000	0.47
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.257900	-0.678280	50000	0.48
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.257900	-0.678280	50000	0.48
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.257900	-0.678280	50000	0.48
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.257900	-0.678280	50000	0.48
ELECTROMAPS SL	38.278875	-0.562892	22080	0.47
ELECTROMAPS SL	38.278875	-0.562892	22080	0.47
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	80000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	80000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	400000	0.67
Iberdrola bp pulse	38.307720	-0.605570	400000	0.67
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.292106	-0.591667	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.292106	-0.591667	50000	0.54
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.275878	-0.538824	50000	0.48

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.275878	-0.538824	50000	0.48
ENDESA X WAY, S.L.	38.279163	-0.719912	22000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.279163	-0.719912	22000	0.35
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.275921	-0.676438	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.275921	-0.676438	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.275921	-0.676438	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.275921	-0.676438	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259220	-0.711250	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259220	-0.711250	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.212734	-0.684059	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.212734	-0.684059	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.268784	-0.715019	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.268784	-0.715019	50000	0.54
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	50000	0.48
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.38
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	7590	0.34
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.53
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.53
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
Powerdot Spain	38.264097	-0.721607	120000	0.58
ENDESA X WAY, S.L.	38.289324	-0.609736	80000	0.35

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
ENDESA X WAY, S.L.	38.289324	-0.609736	80000	0.35
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.274215	-0.667331	22080	0.36
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.274215	-0.667331	22080	0.36
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.274215	-0.667331	22080	0.36
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.274215	-0.667331	22080	0.36
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.274215	-0.667331	22080	0.36
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.274215	-0.667331	22080	0.36
ENDESA X WAY, S.L.	38.282716	-0.712245	50000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.282716	-0.712245	50000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.282716	-0.712245	22000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.279346	-0.719688	50000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.279346	-0.719688	50000	0.35
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.297411	-0.612489	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.297411	-0.612489	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	22000	0.47

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.272536	-0.668533	50000	0.54
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	400000	0.67
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	80000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	80000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	200000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	400000	0.67
Iberdrola bp pulse	38.309870	-0.605645	200000	0.60
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.258910	-0.692970	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.258910	-0.692970	7400	0.42
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.177161	-0.702185	50000	0.48

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.177161	-0.702185	50000	0.48
Iberdrola bp pulse	38.261410	-0.712164	50000	0.45
Iberdrola bp pulse	38.261410	-0.712164	50000	0.45
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	38.277747	-0.691635	22000	NA
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	38.277747	-0.691635	22000	NA
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259014	-0.726308	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259014	-0.726308	50000	0.54
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259014	-0.726308	50000	0.54
ALDI	38.274455	-0.679352	150000	0.60
ALDI	38.274455	-0.679352	150000	0.60
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278909	-0.723604	7300	0.42
ENDESA X WAY, S.L.	38.289327	-0.609872	10000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.289327	-0.609872	10000	0.35
CENTROS COMERCIALES CARREFOUR SA	38.258402	-0.730293	50000	0.38
CENTROS COMERCIALES CARREFOUR SA	38.258402	-0.730293	50000	0.38
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.267180	-0.706782	22000	0.47
Iberdrola bp pulse	38.272591	-0.690474	120000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.272591	-0.690474	120000	0.60

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
Iberdrola bp pulse	38.272591	-0.690474	120000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.272591	-0.690474	120000	0.60
Eranovum E-Mobility	38.292530	-0.591708	7400	0.35
Eranovum E-Mobility	38.292530	-0.591708	60000	0.44
Eranovum E-Mobility	38.292530	-0.591708	60000	0.44
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.295002	-0.620630	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.295002	-0.620630	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.263750	-0.692220	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.263750	-0.692220	22000	0.47
ENDESA X WAY, S.L.	38.272402	-0.668673	50000	0.35
ENDESA X WAY, S.L.	38.272402	-0.668673	50000	0.35
COVES ENERGY SOLUTIONS SL	38.274807	-0.684985	22000	NA
COVES ENERGY SOLUTIONS SL	38.274807	-0.684985	22000	NA
Iberdrola bp pulse	38.264000	-0.692600	150000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.264000	-0.692600	80000	0.60
Iberdrola bp pulse	38.264000	-0.692600	150000	0.60
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.256810	-0.747799	50000	0.48
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.256810	-0.747799	50000	0.48
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.196049	-0.678616	50000	0.48
REPSOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS SA	38.196049	-0.678616	50000	0.48

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271623	-0.712734	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271623	-0.712734	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271623	-0.712734	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271623	-0.712734	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271623	-0.712734	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.271623	-0.712734	22000	0.47
ELECTROMAPS SL	38.257848	-0.731434	7360	0.26
ELECTROMAPS SL	38.257848	-0.731434	7360	0.26
ELECTROMAPS SL	38.257848	-0.731434	7360	0.26
ELECTROMAPS SL	38.257848	-0.731434	7360	0.26
ELECTROMAPS SL	38.257848	-0.731434	7360	0.26
ELECTROMAPS SL	38.257848	-0.731434	7360	0.26
ELECTROMAPS SL	38.257848	-0.731434	7360	0.26
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.256075	-0.707368	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.256075	-0.707368	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278440	-0.720920	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278440	-0.720920	22000	0.47
COVES ENERGY SOLUTIONS SL	38.277618	-0.691662	22000	NA
COVES ENERGY SOLUTIONS SL	38.277618	-0.691662	22000	NA
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.278405	-0.721213	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.261785	-0.708189	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.261785	-0.708189	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.294166	-0.623740	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.294166	-0.623740	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.294166	-0.623740	22000	0.47

Cuadro A.2: Puntos de recarga en Elche (*Continuación*)

Propietario	Latitud	Longitud	Potencia (W)	Coste (€/kWh)
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.294166	-0.623740	22000	0.47
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259622	-0.685025	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259622	-0.685025	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259622	-0.685025	7400	0.42
IBERDROLA CLIENTES S.A.U	38.259622	-0.685025	7400	0.42



A.3. Coste de Reparaciones

	Motorización	ICE	HEV	PHEV	BEV	FCEV
Tipo de vehículo	Multiplicadores	1	0.91	0.86	0.67	0.67
Vehículo estándar	1	1	0.91	0.86	0.67	0.67
SUV	0.91	0.91	0.83	0.78	0.61	0.61
Camioneta “pickup”	0.7	0.7	0.64	0.6	0.47	0.47

Cuadro A.3: Multiplicadores de coste por tipo de vehículo y motorización [98]



multiplicador p	Coef. Reparación	Coste Adquisición	€/mill.
-----------------	------------------	-------------------	---------

Años	Multiplicador v	Multiplicador p	Coef. Reparación	Coste Adquisición	€/milla	€/km	Coste Anual
1	0.91	0.67	0	41705	0	0	0.00
2	0.91	0.67	0	41705	0	0	0.00
3	0.91	0.67	0.00333	41705	0.00467526	0.00290569	43.59
4	0.91	0.67	0.01000	41705	0.01403981	0.00872580	130.89
5	0.91	0.67	0.01670	41705	0.02344648	0.01457208	218.58
6	0.91	0.67	0.02003	41705	0.02812174	0.01747777	262.17
7	0.91	0.67	0.02336	41705	0.03279700	0.02038347	305.75
8	0.91	0.67	0.02669	41705	0.03747225	0.02328916	349.34
9	0.91	0.67	0.03002	41705	0.04214751	0.02619485	392.92
10	0.91	0.67	0.03335	41705	0.04682277	0.02910054	436.51
11	0.91	0.67	0.03668	41705	0.05149802	0.03200623	480.09
12	0.91	0.67	0.04001	41705	0.05617328	0.03491192	523.68
13	0.91	0.67	0.04334	41705	0.06084854	0.03781761	567.26
14	0.91	0.67	0.04667	41705	0.06552379	0.04072330	610.85
15	0.91	0.67	0.05000	41705	0.07019905	0.04362899	654.43
16	0.91	0.67	0.05333	41705	0.07487431	0.04653468	698.02
17	0.91	0.67	0.05666	41705	0.07954956	0.04944037	741.61
18	0.91	0.67	0.05999	41705	0.08422482	0.05234607	785.19
19	0.91	0.67	0.06332	41705	0.08890008	0.05525176	828.78
20	0.91	0.67	0.06665	41705	0.09357533	0.05815745	872.36
Total							8902.02

Cuadro A.5: Toyota C-HR Advance 220 PHEV - Coste de Reparaciones

Años	Multiplicador v	Multiplicador p	Coef. Reparación	MSRP	€/milla	€/km	Coste Anual
1	0.91	0.86	0.00000	36190	0	0	0.00
2	0.91	0.86	0.00000	36190	0	0	0.00
3	0.91	0.86	0.00333	36190	0.00537436	0.00334018	50.10
4	0.91	0.86	0.01000	36190	0.01613921	0.01003058	150.46
5	0.91	0.86	0.01670	36190	0.02695248	0.01675107	251.27
6	0.91	0.86	0.02003	36190	0.03232683	0.02009126	301.37
7	0.91	0.86	0.02336	36190	0.03770119	0.02343144	351.47
8	0.91	0.86	0.02669	36190	0.04307554	0.02677162	401.57
9	0.91	0.86	0.03002	36190	0.04844990	0.03011181	451.68
10	0.91	0.86	0.03335	36190	0.05382426	0.03345199	501.78
11	0.91	0.86	0.03668	36190	0.05919861	0.03679218	551.88
12	0.91	0.86	0.04001	36190	0.06457297	0.04013236	601.99
13	0.91	0.86	0.04334	36190	0.06994732	0.04347254	652.09
14	0.91	0.86	0.04667	36190	0.07532168	0.04681273	702.19
15	0.91	0.86	0.05000	36190	0.08069603	0.05015291	752.29
16	0.91	0.86	0.05333	36190	0.08607039	0.05349310	802.40
17	0.91	0.86	0.05666	36190	0.09144475	0.05683328	852.50
18	0.91	0.86	0.05999	36190	0.09681910	0.06017346	902.60
19	0.91	0.86	0.06332	36190	0.10219346	0.06351365	952.70
20	0.91	0.86	0.06665	36190	0.10756781	0.06685383	1002.81
Total							10233.15

Cuadro A.6: Toyota C-HR Advance 140 HEV - Coste de Reparaciones

Años	Multiplicador v	Multiplicador p	Coef. Reparación	MSRP	€/milla	€/km	Coste Anual
1	0.91	0.91	0.00000	33690	0	0	0.00
2	0.91	0.91	0.00000	33690	0	0	0.00
3	0.91	0.91	0.00333	33690	0.00540947	0.00336201	50.43
4	0.91	0.91	0.01000	33690	0.01624465	0.01009612	151.44
5	0.91	0.91	0.01670	33690	0.02712857	0.01686051	252.91
6	0.91	0.91	0.02003	33690	0.03253804	0.02022252	303.34
7	0.91	0.91	0.02336	33690	0.03794751	0.02358453	353.77
8	0.91	0.91	0.02669	33690	0.04335698	0.02694654	404.20
9	0.91	0.91	0.03002	33690	0.04876644	0.03030854	454.63
10	0.91	0.91	0.03335	33690	0.05417591	0.03367055	505.06
11	0.91	0.91	0.03668	33690	0.05958538	0.03703256	555.49
12	0.91	0.91	0.04001	33690	0.06499485	0.04039456	605.92
13	0.91	0.91	0.04334	33690	0.07040432	0.04375657	656.35
14	0.91	0.91	0.04667	33690	0.07581379	0.04711858	706.78
15	0.91	0.91	0.05000	33690	0.08122326	0.05048058	757.21
16	0.91	0.91	0.05333	33690	0.08663273	0.05384259	807.64
17	0.91	0.91	0.05666	33690	0.09204220	0.05720460	858.07
18	0.91	0.91	0.05999	33690	0.09745167	0.06056660	908.50
19	0.91	0.91	0.06332	33690	0.10286114	0.06392861	958.93
20	0.91	0.91	0.06665	33690	0.10827060	0.06729062	1009.36
Total							10300.01

Cuadro A.7: Hyundai Tucson Gasolina - Coste de Reparaciones

Años	Multiplicador v	Multiplicador p	Coef. Reparación	MSRP	€/milla	€/km	Coste Anual
1	0.91	1.00	0.00000	33325	0	0	0.00
2	0.91	1.00	0.00000	33325	0	0	0.00
3	0.91	1.00	0.00333	33325	0.00590123	0.00366764	55.01
4	0.91	1.00	0.01000	33325	0.01772143	0.01101394	165.21
5	0.91	1.00	0.01670	33325	0.02959478	0.01839328	275.90
6	0.91	1.00	0.02003	33325	0.03549602	0.02206092	330.91
7	0.91	1.00	0.02336	33325	0.04139725	0.02572856	385.93
8	0.91	1.00	0.02669	33325	0.04729849	0.02939620	440.94
9	0.91	1.00	0.03002	33325	0.05319972	0.03306384	495.96
10	0.91	1.00	0.03335	33325	0.05910096	0.03673148	550.97
11	0.91	1.00	0.03668	33325	0.06500219	0.04039912	605.99
12	0.91	1.00	0.04001	33325	0.07090343	0.04406677	661.00
13	0.91	1.00	0.04334	33325	0.07680466	0.04773441	716.02
14	0.91	1.00	0.04667	33325	0.08270589	0.05140205	771.03
15	0.91	1.00	0.05000	33325	0.08860713	0.05506969	826.05
16	0.91	1.00	0.05333	33325	0.09450836	0.05873733	881.06
17	0.91	1.00	0.05666	33325	0.10040960	0.06240497	936.07
18	0.91	1.00	0.05999	33325	0.10631083	0.06607261	991.09
19	0.91	1.00	0.06332	33325	0.11221207	0.06974025	1046.10
20	0.91	1.00	0.06665	33325	0.11811330	0.07340790	1101.12
Total							11236.36

Cuadro A.8: Hyundai Tucson Diésel - Coste de Reparaciones

Años	Multiplicador v	Multiplicador p	Coef. Reparación	MSRP	€/milla	€/km	Coste Anual
1	0.91	1.00	0.00000	35825	0	0	0.00
2	0.91	1.00	0.00000	35825	0	0	0.00
3	0.91	1.00	0.00333	35825	0.00620380	0.00385569	57.84
4	0.91	1.00	0.01000	35825	0.01863002	0.01157863	173.68
5	0.91	1.00	0.01670	35825	0.03111214	0.01933632	290.04
6	0.91	1.00	0.02003	35825	0.03731594	0.02319200	347.88
7	0.91	1.00	0.02336	35825	0.04351973	0.02704769	405.72
8	0.91	1.00	0.02669	35825	0.04972353	0.03090338	463.55
9	0.91	1.00	0.03002	35825	0.05592733	0.03475906	521.39
10	0.91	1.00	0.03335	35825	0.06213113	0.03861475	579.22
11	0.91	1.00	0.03668	35825	0.06833492	0.04247043	637.06
12	0.91	1.00	0.04001	35825	0.07453872	0.04632612	694.89
13	0.91	1.00	0.04334	35825	0.08074252	0.05018180	752.73
14	0.91	1.00	0.04667	35825	0.08694632	0.05403749	810.56
15	0.91	1.00	0.05000	35825	0.09315011	0.05789317	868.40
16	0.91	1.00	0.05333	35825	0.09935391	0.06174886	926.23
17	0.91	1.00	0.05666	35825	0.10555771	0.06560454	984.07
18	0.91	1.00	0.05999	35825	0.11176151	0.06946023	1041.90
19	0.91	1.00	0.06332	35825	0.11796530	0.07331591	1099.74
20	0.91	1.00	0.06665	35825	0.12416910	0.07717160	1157.57
Total							11812.47

A.4. Cálculo de puntos de corte

El siguiente código sirve para realizar la interpolación de todos los escenarios. Los resultados se exportan en csv para su análisis.

```
library(tidyverse)

# Leemos los datos de costes del csv donde ya están
#   tabulados y año a año
datos <- read_csv( "costes_finales_tabulado_2026.csv")
# Filtramos todas las columnas que tengan datos
datos <- datos %>% select(where(~ !all(is.na(.))))
# Sacamos los nombres de los escenarios planteados menos la
#   columna de "Años"
escenarios <- names(datos)[names(datos) != "Años"]
# Creamos una lista vacía sin elementos y la metemos en una
#   variable llamada cruce_puntos
cruce_puntos <- list()
# Iteramos pares de escenarios
for (i in 1:(length(escenarios)-1)) {
  for (j in (i+1):length(escenarios)) {
    escenarioA <- escenarios[i] # Guardamos el nombre del
    #   escenario i
    escenarioB <- escenarios[j] # Guardamos el nombre del
    #   escenario j

    diferencia_costes <- datos[[escenarioA]] - datos[[
    #   escenarioB]] # Hacemos la diferencia de valores de
    #   escenarios
    cambio_signo <- sign(diferencia_costes) # Cogemos cada
    #   valor del vector diferencia_costes y si es positivo
    #   lo pone a 1, si es negativo lo pone a -1, si es cero
    #   lo pone a 0
    posiciones <- which(diff(cambio_signo) != 0) #
    #   encontramos las posiciones donde cambia de signo,
    #   equivalente a encontrar un cruce

    if (length(posiciones) > 0) { # Si hay cruce entramos en
    #   este bucle
      for (k in posiciones) { # Iteramos cada indice
```

```
añoA <- datos$Años[k] # año k para interpolar (antes
  de cruce)
añoB <- datos$Años[k+1] # año k+1 para interpolar (
  después de cruce)
d1 <- diferencia_costes[k] # restamos costes entre
  escenarios (A1 - B1)
d2 <- diferencia_costes[k+1] # restamos costes entre
  escenarios (A2 - B2)
fraccion <- abs(d1) / (abs(d1) + abs(d2)) #
  calculamos la parte del intervalo donde ocurre
año_cruce <- añoA + prop * (añoB - añoA) # sacamos
  el año cruce
km_cruce <- año_cruce * 15000 # sacamos el km exacto
  sabiendo que 1 año = 15000 km

cruce_puntos[[length(cruce_puntos)+1]] <- tibble( #
  guardamos el resultado
  Escenario_base = escenarioA ,
  Escenario_comparado = escenarioB ,
  Km = round(km_cruce)
)

cruce_puntos[[length(cruce_puntos)+1]] <- tibble( #
  guardamos el resultado
  Escenario_base = escenarioB ,
  Escenario_comparado = escenarioA ,
  Km = round(km_cruce)
)
}
}
}
}
}
datos_puntos <- bind_rows(cruce_puntos) %>% # Exportamos en
  . csv
  arrange(Escenario_base , Km)
write_csv(datos_puntos , "puntos_cruce.csv")
```

A.5. Resumen de costes de escenarios

Cuadro A.9: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 1 (Achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	465.65	16	18.93	-8184.11	1691.58	-3076.12	32636.93
2	0	0	465.65	336	18.93	0	0	0	33457.51
3	0	0	465.65	59.59	18.93	0	0	0	34001.68
4	0	0	465.65	466.89	18.93	0	0	0	34953.15
5	0	34.49	465.65	234.58	18.93	0	0	0	35706.80
6	0	0	465.65	598.17	18.93	0	0	0	36789.54
7	0	34.49	465.65	321.75	18.93	0	0	0	37630.37
8	0	0	465.65	685.34	18.93	0	0	0	38800.28
9	0	34.49	465.65	408.92	18.93	0	0	0	39728.28
10	0	0	465.65	772.51	18.93	0	0	0	40985.36
11	0	34.49	465.65	496.09	18.93	0	0	0	42000.53
12	0	34.49	465.65	919.68	18.93	0	0	0	43439.28
13	0	34.49	465.65	583.26	18.93	0	0	0	44541.61
14	0	34.49	465.65	1006.85	18.93	0	0	0	46067.53
15	0	34.49	465.65	670.43	18.93	0	0	0	47257.04
16	0	34.49	465.65	1094.02	18.93	0	0	0	48870.13
17	0	34.49	465.65	757.61	18.93	0	0	0	50146.80
18	0	34.49	465.65	1181.19	18.93	0	0	0	51847.06
19	0	34.49	465.65	844.78	18.93	0	0	0	53210.91
20	0	34.49	465.65	1268.36	18.93	0	0	0	54998.34
Totales:	41705	448.37	9313.00	12722.02	378.60	-8184.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.10: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 1 (No achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	465.65	16	18.93	-5684.11	1691.58	-3076.12	35136.93
2	0	0	465.65	336	18.93	0	0	0	35957.51
3	0	0	465.65	59.59	18.93	0	0	0	36501.68
4	0	0	465.65	466.89	18.93	0	0	0	37453.15
5	0	34.49	465.65	234.58	18.93	0	0	0	38206.80
6	0	0	465.65	598.17	18.93	0	0	0	39289.54
7	0	34.49	465.65	321.75	18.93	0	0	0	40130.37
8	0	0	465.65	685.34	18.93	0	0	0	41300.28
9	0	34.49	465.65	408.92	18.93	0	0	0	42228.28
10	0	0	465.65	772.51	18.93	0	0	0	43485.36
11	0	34.49	465.65	496.09	18.93	0	0	0	44500.53
12	0	34.49	465.65	919.68	18.93	0	0	0	45939.28
13	0	34.49	465.65	583.26	18.93	0	0	0	47041.61
14	0	34.49	465.65	1006.85	18.93	0	0	0	48567.53
15	0	34.49	465.65	670.43	18.93	0	0	0	49757.04
16	0	34.49	465.65	1094.02	18.93	0	0	0	51370.13
17	0	34.49	465.65	757.61	18.93	0	0	0	52646.80
18	0	34.49	465.65	1181.19	18.93	0	0	0	54347.06
19	0	34.49	465.65	844.78	18.93	0	0	0	55710.91
20	0	34.49	465.65	1268.36	18.93	0	0	0	57498.34
Totales:	41705	448.37	9313.00	12722.02	378.60	-5684.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.11: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 1 (Sin ayudas)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	465.65	16	18.93	0	1691.58	0	43897.16
2	0	0	465.65	336	18.93	0	0	0	44717.74
3	0	0	465.65	59.59	18.93	0	0	0	45261.91
4	0	0	465.65	466.89	18.93	0	0	0	46213.37
5	0	34.49	465.65	234.58	18.93	0	0	0	46967.02
6	0	0	465.65	598.17	18.93	0	0	0	48049.77
7	0	34.49	465.65	321.75	18.93	0	0	0	48890.59
8	0	0	465.65	685.34	18.93	0	0	0	50060.51
9	0	34.49	465.65	408.92	18.93	0	0	0	50988.50
10	0	0	465.65	772.51	18.93	0	0	0	52245.59
11	0	34.49	465.65	496.09	18.93	0	0	0	53260.75
12	0	34.49	465.65	919.68	18.93	0	0	0	54699.50
13	0	34.49	465.65	583.26	18.93	0	0	0	55801.84
14	0	34.49	465.65	1006.85	18.93	0	0	0	57327.76
15	0	34.49	465.65	670.43	18.93	0	0	0	58517.26
16	0	34.49	465.65	1094.02	18.93	0	0	0	60130.35
17	0	34.49	465.65	757.61	18.93	0	0	0	61407.03
18	0	34.49	465.65	1181.19	18.93	0	0	0	63107.29
19	0	34.49	465.65	844.78	18.93	0	0	0	64471.14
20	0	34.49	465.65	1268.36	18.93	0	0	0	66258.57
Totales:	41705	448.37	9313.00	12722.02	378.60	0	1691.58	0	

Cuadro A.12: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 2 (Achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	730.13	16	18.93	-8184.11	1691.58	-3076.12	32901.41
2	0	0	730.13	336	18.93	0	0	0	33986.47
3	0	0	730.13	59.59	18.93	0	0	0	34795.11
4	0	0	730.13	466.89	18.93	0	0	0	36011.05
5	0	34.49	730.13	234.58	18.93	0	0	0	37029.18
6	0	0	730.13	598.17	18.93	0	0	0	38376.41
7	0	34.49	730.13	321.75	18.93	0	0	0	39481.71
8	0	0	730.13	685.34	18.93	0	0	0	40916.10
9	0	34.49	730.13	408.92	18.93	0	0	0	42108.57
10	0	0	730.13	772.51	18.93	0	0	0	43630.14
11	0	34.49	730.13	496.09	18.93	0	0	0	44909.78
12	0	34.49	730.13	919.68	18.93	0	0	0	46613.00
13	0	34.49	730.13	583.26	18.93	0	0	0	47979.81
14	0	34.49	730.13	1006.85	18.93	0	0	0	49770.21
15	0	34.49	730.13	670.43	18.93	0	0	0	51224.19
16	0	34.49	730.13	1094.02	18.93	0	0	0	53101.76
17	0	34.49	730.13	757.61	18.93	0	0	0	54642.91
18	0	34.49	730.13	1181.19	18.93	0	0	0	56607.65
19	0	34.49	730.13	844.78	18.93	0	0	0	58235.97
20	0	34.49	730.13	1268.36	18.93	0	0	0	60287.88
Totales:	41705	448.37	14602.55	12722.02	378.60	-8184.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.13: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 2 (No achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	730.13	16	18.93	-5684.11	1691.58	-3076.12	35401.41
2	0	0	730.13	336	18.93	0	0	0	36486.47
3	0	0	730.13	59.59	18.93	0	0	0	37295.11
4	0	0	730.13	466.89	18.93	0	0	0	38511.05
5	0	34.49	730.13	234.58	18.93	0	0	0	39529.18
6	0	0	730.13	598.17	18.93	0	0	0	40876.41
7	0	34.49	730.13	321.75	18.93	0	0	0	41981.71
8	0	0	730.13	685.34	18.93	0	0	0	43416.10
9	0	34.49	730.13	408.92	18.93	0	0	0	44608.57
10	0	0	730.13	772.51	18.93	0	0	0	46130.14
11	0	34.49	730.13	496.09	18.93	0	0	0	47409.78
12	0	34.49	730.13	919.68	18.93	0	0	0	49113.00
13	0	34.49	730.13	583.26	18.93	0	0	0	50479.81
14	0	34.49	730.13	1006.85	18.93	0	0	0	52270.21
15	0	34.49	730.13	670.43	18.93	0	0	0	53724.19
16	0	34.49	730.13	1094.02	18.93	0	0	0	55601.76
17	0	34.49	730.13	757.61	18.93	0	0	0	57142.91
18	0	34.49	730.13	1181.19	18.93	0	0	0	59107.65
19	0	34.49	730.13	844.78	18.93	0	0	0	60735.97
20	0	34.49	730.13	1268.36	18.93	0	0	0	62787.88
Totales:	41705	448.37	14602.55	12722.02	378.60	-5684.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.14: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 2 (Sin ayudas)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	730.13	16	18.93	0	1691.58	0	44161.64
2	0	0	730.13	336	18.93	0	0	0	45246.69
3	0	0	730.13	59.59	18.93	0	0	0	46055.34
4	0	0	730.13	466.89	18.93	0	0	0	47271.28
5	0	34.49	730.13	234.58	18.93	0	0	0	48289.41
6	0	0	730.13	598.17	18.93	0	0	0	49636.63
7	0	34.49	730.13	321.75	18.93	0	0	0	50741.93
8	0	0	730.13	685.34	18.93	0	0	0	52176.33
9	0	34.49	730.13	408.92	18.93	0	0	0	53368.80
10	0	0	730.13	772.51	18.93	0	0	0	54890.36
11	0	34.49	730.13	496.09	18.93	0	0	0	56170.00
12	0	34.49	730.13	919.68	18.93	0	0	0	57873.23
13	0	34.49	730.13	583.26	18.93	0	0	0	59240.04
14	0	34.49	730.13	1006.85	18.93	0	0	0	61030.44
15	0	34.49	730.13	670.43	18.93	0	0	0	62484.42
16	0	34.49	730.13	1094.02	18.93	0	0	0	64361.99
17	0	34.49	730.13	757.61	18.93	0	0	0	65903.14
18	0	34.49	730.13	1181.19	18.93	0	0	0	67867.88
19	0	34.49	730.13	844.78	18.93	0	0	0	69496.20
20	0	34.49	730.13	1268.36	18.93	0	0	0	71548.11
Totales:	41705	448.37	14602.55	12722.02	378.60	0	1691.58	0	

Cuadro A.15: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 3 (Achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	1170.92	16	18.93	-7000	0	-3000	32910.85
2	0	0	1170.92	336	18.93	0	0	0	34436.71
3	0	0	1170.92	59.59	18.93	0	0	0	35686.14
4	0	0	1170.92	466.89	18.93	0	0	0	37342.88
5	0	34.49	1170.92	234.58	18.93	0	0	0	38801.81
6	0	0	1170.92	598.17	18.93	0	0	0	40589.83
7	0	34.49	1170.92	321.75	18.93	0	0	0	42135.92
8	0	0	1170.92	685.34	18.93	0	0	0	44011.11
9	0	34.49	1170.92	408.92	18.93	0	0	0	45644.37
10	0	0	1170.92	772.51	18.93	0	0	0	47606.74
11	0	34.49	1170.92	496.09	18.93	0	0	0	49327.17
12	0	34.49	1170.92	919.68	18.93	0	0	0	51471.19
13	0	34.49	1170.92	583.26	18.93	0	0	0	53278.80
14	0	34.49	1170.92	1006.85	18.93	0	0	0	55509.99
15	0	34.49	1170.92	670.43	18.93	0	0	0	57404.77
16	0	34.49	1170.92	1094.02	18.93	0	0	0	59723.13
17	0	34.49	1170.92	757.61	18.93	0	0	0	61705.08
18	0	34.49	1170.92	1181.19	18.93	0	0	0	64110.61
19	0	34.49	1170.92	844.78	18.93	0	0	0	66179.73
20	0	34.49	1170.92	1268.36	18.93	0	0	0	68672.44
Totales:	41705	448.37	23418.45	12722.02	378.60	-7000	0	-3000	

Cuadro A.16: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 3 (No achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	1170.92	16	18.93	-4500	0	-3000	35410.85
2	0	0	1170.92	336	18.93	0	0	0	36936.71
3	0	0	1170.92	59.59	18.93	0	0	0	38186.14
4	0	0	1170.92	466.89	18.93	0	0	0	39842.88
5	0	34.49	1170.92	234.58	18.93	0	0	0	41301.81
6	0	0	1170.92	598.17	18.93	0	0	0	43089.83
7	0	34.49	1170.92	321.75	18.93	0	0	0	44635.92
8	0	0	1170.92	685.34	18.93	0	0	0	46511.11
9	0	34.49	1170.92	408.92	18.93	0	0	0	48144.37
10	0	0	1170.92	772.51	18.93	0	0	0	50106.74
11	0	34.49	1170.92	496.09	18.93	0	0	0	51827.17
12	0	34.49	1170.92	919.68	18.93	0	0	0	53971.19
13	0	34.49	1170.92	583.26	18.93	0	0	0	55778.80
14	0	34.49	1170.92	1006.85	18.93	0	0	0	58009.99
15	0	34.49	1170.92	670.43	18.93	0	0	0	59904.77
16	0	34.49	1170.92	1094.02	18.93	0	0	0	62223.13
17	0	34.49	1170.92	757.61	18.93	0	0	0	64205.08
18	0	34.49	1170.92	1181.19	18.93	0	0	0	66610.61
19	0	34.49	1170.92	844.78	18.93	0	0	0	68679.73
20	0	34.49	1170.92	1268.36	18.93	0	0	0	71172.44
Totales:	41705	448.37	23418.45	12722.02	378.60	-4500	0	-3000	

Cuadro A.17: Kia EV3 Long Range - BEV - Escenario 3 (Sin ayudas)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	41705	0	1170.92	16	18.93	0	0	0	42910.85
2	0	0	1170.92	336	18.93	0	0	0	44436.71
3	0	0	1170.92	59.59	18.93	0	0	0	45686.14
4	0	0	1170.92	466.89	18.93	0	0	0	47342.88
5	0	34.49	1170.92	234.58	18.93	0	0	0	48801.81
6	0	0	1170.92	598.17	18.93	0	0	0	50589.83
7	0	34.49	1170.92	321.75	18.93	0	0	0	52135.92
8	0	0	1170.92	685.34	18.93	0	0	0	54011.11
9	0	34.49	1170.92	408.92	18.93	0	0	0	55644.37
10	0	0	1170.92	772.51	18.93	0	0	0	57606.74
11	0	34.49	1170.92	496.09	18.93	0	0	0	59327.17
12	0	34.49	1170.92	919.68	18.93	0	0	0	61471.19
13	0	34.49	1170.92	583.26	18.93	0	0	0	63278.80
14	0	34.49	1170.92	1006.85	18.93	0	0	0	65509.99
15	0	34.49	1170.92	670.43	18.93	0	0	0	67404.77
16	0	34.49	1170.92	1094.02	18.93	0	0	0	69723.13
17	0	34.49	1170.92	757.61	18.93	0	0	0	71705.08
18	0	34.49	1170.92	1181.19	18.93	0	0	0	74110.61
19	0	34.49	1170.92	844.78	18.93	0	0	0	76179.73
20	0	34.49	1170.92	1268.36	18.93	0	0	0	78672.44
Totales:	41705	448.37	23418.45	12722.02	378.60	0	0	0	

Cuadro A.18: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 1 (Achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	878.20	106	71.94	-6184.11	1691.58	-3076.12	29677.49
2	0	0	878.20	187	71.94	0	0	0	30814.63
3	0	0	878.20	180.10	71.94	0	0	0	31944.87
4	0	0	878.20	337.46	71.94	0	0	0	33232.47
5	0	56.15	878.20	357.27	71.94	0	0	0	34596.03
6	0	0	878.20	751.37	71.94	0	0	0	36297.54
7	0	56.15	878.20	457.47	71.94	0	0	0	37761.30
8	0	0	878.20	827.57	71.94	0	0	0	39539.01
9	0	56.15	878.20	581.68	71.94	0	0	0	41126.98
10	0	0	878.20	1067.78	71.94	0	0	0	43144.90
11	0	56.15	878.20	657.88	71.94	0	0	0	44809.07
12	0	56.15	878.20	1163.99	71.94	0	0	0	46979.35
13	0	56.15	878.20	758.09	71.94	0	0	0	48743.72
14	0	56.15	878.20	1240.19	71.94	0	0	0	50990.20
15	0	56.15	878.20	882.29	71.94	0	0	0	52878.79
16	0	56.15	878.20	1340.40	71.94	0	0	0	55225.47
17	0	56.15	878.20	958.50	71.94	0	0	0	57190.26
18	0	56.15	878.20	1464.60	71.94	0	0	0	59661.15
19	0	56.15	878.20	1058.70	71.94	0	0	0	61726.15
20	0	56.15	878.20	1680.81	71.94	0	0	0	64413.25
Totales:	36190	729.95	17563.99	16059.15	1438.80	-6184.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.19: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 1 (No achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	878.20	106	71.94	-3684.11	1691.58	-3076.12	32177.49
2	0	0	878.20	187	71.94	0	0	0	33314.63
3	0	0	878.20	180.10	71.94	0	0	0	34444.87
4	0	0	878.20	337.46	71.94	0	0	0	35732.47
5	0	56.15	878.20	357.27	71.94	0	0	0	37096.03
6	0	0	878.20	751.37	71.94	0	0	0	38797.54
7	0	56.15	878.20	457.47	71.94	0	0	0	40261.30
8	0	0	878.20	827.57	71.94	0	0	0	42039.01
9	0	56.15	878.20	581.68	71.94	0	0	0	43626.98
10	0	0	878.20	1067.78	71.94	0	0	0	45644.90
11	0	56.15	878.20	657.88	71.94	0	0	0	47309.07
12	0	56.15	878.20	1163.99	71.94	0	0	0	49479.35
13	0	56.15	878.20	758.09	71.94	0	0	0	51243.72
14	0	56.15	878.20	1240.19	71.94	0	0	0	53490.20
15	0	56.15	878.20	882.29	71.94	0	0	0	55378.79
16	0	56.15	878.20	1340.40	71.94	0	0	0	57725.47
17	0	56.15	878.20	958.50	71.94	0	0	0	59690.26
18	0	56.15	878.20	1464.60	71.94	0	0	0	62161.15
19	0	56.15	878.20	1058.70	71.94	0	0	0	64226.15
20	0	56.15	878.20	1680.81	71.94	0	0	0	66913.25
Totales:	36190	729.95	17563.99	16059.15	1438.80	-3684.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.20: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 1 (Sin ayudas)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	878.20	106	71.94	0	1691.58	0	38937.72
2	0	0	878.20	187	71.94	0	0	0	40074.86
3	0	0	878.20	180.10	71.94	0	0	0	41205.10
4	0	0	878.20	337.46	71.94	0	0	0	42492.70
5	0	56.15	878.20	357.27	71.94	0	0	0	43856.26
6	0	0	878.20	751.37	71.94	0	0	0	45557.76
7	0	56.15	878.20	457.47	71.94	0	0	0	47021.53
8	0	0	878.20	827.57	71.94	0	0	0	48799.24
9	0	56.15	878.20	581.68	71.94	0	0	0	50387.21
10	0	0	878.20	1067.78	71.94	0	0	0	52405.13
11	0	56.15	878.20	657.88	71.94	0	0	0	54069.30
12	0	56.15	878.20	1163.99	71.94	0	0	0	56239.57
13	0	56.15	878.20	758.09	71.94	0	0	0	58003.95
14	0	56.15	878.20	1240.19	71.94	0	0	0	60250.43
15	0	56.15	878.20	882.29	71.94	0	0	0	62139.01
16	0	56.15	878.20	1340.40	71.94	0	0	0	64485.70
17	0	56.15	878.20	958.50	71.94	0	0	0	66450.49
18	0	56.15	878.20	1464.60	71.94	0	0	0	68921.38
19	0	56.15	878.20	1058.70	71.94	0	0	0	70986.38
20	0	56.15	878.20	1680.81	71.94	0	0	0	73673.47
Totales:	36190	729.95	17563.99	16059.15	1438.80	0	1691.58	0	

Cuadro A.21: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 2 (Achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	990.24	106	71.94	-6184.11	1691.58	-3076.12	29789.53
2	0	0	990.24	187	71.94	0	0	0	31038.71
3	0	0	990.24	180.10	71.94	0	0	0	32280.99
4	0	0	990.24	337.46	71.94	0	0	0	33680.62
5	0	56.15	990.24	357.27	71.94	0	0	0	35156.21
6	0	0	990.24	751.37	71.94	0	0	0	36969.76
7	0	56.15	990.24	457.47	71.94	0	0	0	38545.56
8	0	0	990.24	827.57	71.94	0	0	0	40435.31
9	0	56.15	990.24	581.68	71.94	0	0	0	42135.31
10	0	0	990.24	1067.78	71.94	0	0	0	44265.27
11	0	56.15	990.24	657.88	71.94	0	0	0	46041.48
12	0	56.15	990.24	1163.99	71.94	0	0	0	48323.79
13	0	56.15	990.24	758.09	71.94	0	0	0	50200.21
14	0	56.15	990.24	1240.19	71.94	0	0	0	52558.72
15	0	56.15	990.24	882.29	71.94	0	0	0	54559.34
16	0	56.15	990.24	1340.40	71.94	0	0	0	57018.07
17	0	56.15	990.24	958.50	71.94	0	0	0	59094.89
18	0	56.15	990.24	1464.60	71.94	0	0	0	61677.82
19	0	56.15	990.24	1058.70	71.94	0	0	0	63854.85
20	0	56.15	990.24	1680.81	71.94	0	0	0	66653.99
Totales:	36190	729.95	19804.73	16059.15	1438.80	-6184.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.22: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 2 (No achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	990.24	106	71.94	-3684.11	1691.58	-3076.12	32289.53
2	0	0	990.24	187	71.94	0	0	0	33538.71
3	0	0	990.24	180.10	71.94	0	0	0	34780.99
4	0	0	990.24	337.46	71.94	0	0	0	36180.62
5	0	56.15	990.24	357.27	71.94	0	0	0	37656.21
6	0	0	990.24	751.37	71.94	0	0	0	39469.76
7	0	56.15	990.24	457.47	71.94	0	0	0	41045.56
8	0	0	990.24	827.57	71.94	0	0	0	42935.31
9	0	56.15	990.24	581.68	71.94	0	0	0	44635.31
10	0	0	990.24	1067.78	71.94	0	0	0	46765.27
11	0	56.15	990.24	657.88	71.94	0	0	0	48541.48
12	0	56.15	990.24	1163.99	71.94	0	0	0	50823.79
13	0	56.15	990.24	758.09	71.94	0	0	0	52700.21
14	0	56.15	990.24	1240.19	71.94	0	0	0	55058.72
15	0	56.15	990.24	882.29	71.94	0	0	0	57059.34
16	0	56.15	990.24	1340.40	71.94	0	0	0	59518.07
17	0	56.15	990.24	958.50	71.94	0	0	0	61594.89
18	0	56.15	990.24	1464.60	71.94	0	0	0	64177.82
19	0	56.15	990.24	1058.70	71.94	0	0	0	66354.85
20	0	56.15	990.24	1680.81	71.94	0	0	0	69153.99
Totales:	36190	729.95	19804.73	16059.15	1438.80	-3684.11	1691.58	-3076.12	

Cuadro A.23: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 2 (Sin ayudas)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	990.24	106	71.94	0	1691.58	0	39049.76
2	0	0	990.24	187	71.94	0	0	0	40298.93
3	0	0	990.24	180.10	71.94	0	0	0	41541.21
4	0	0	990.24	337.46	71.94	0	0	0	42940.85
5	0	56.15	990.24	357.27	71.94	0	0	0	44416.44
6	0	0	990.24	751.37	71.94	0	0	0	46229.99
7	0	56.15	990.24	457.47	71.94	0	0	0	47805.78
8	0	0	990.24	827.57	71.94	0	0	0	49695.54
9	0	56.15	990.24	581.68	71.94	0	0	0	51395.54
10	0	0	990.24	1067.78	71.94	0	0	0	53525.50
11	0	56.15	990.24	657.88	71.94	0	0	0	55301.71
12	0	56.15	990.24	1163.99	71.94	0	0	0	57584.02
13	0	56.15	990.24	758.09	71.94	0	0	0	59460.43
14	0	56.15	990.24	1240.19	71.94	0	0	0	61818.95
15	0	56.15	990.24	882.29	71.94	0	0	0	63819.57
16	0	56.15	990.24	1340.40	71.94	0	0	0	66278.29
17	0	56.15	990.24	958.50	71.94	0	0	0	68355.12
18	0	56.15	990.24	1464.60	71.94	0	0	0	70938.05
19	0	56.15	990.24	1058.70	71.94	0	0	0	73115.08
20	0	56.15	990.24	1680.81	71.94	0	0	0	75914.21
Totales:	36190	729.95	19804.73	16059.15	1438.80	0	1691.58	0	

Cuadro A.24: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 3 (Achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	1176.97	106	71.94	-5000	0	-3000	29544.91
2	0	0	1176.97	187	71.94	0	0	0	30980.81
3	0	0	1176.97	180.10	71.94	0	0	0	32409.82
4	0	0	1176.97	337.46	71.94	0	0	0	33996.18
5	0	56.15	1176.97	357.27	71.94	0	0	0	35658.50
6	0	0	1176.97	751.37	71.94	0	0	0	37658.78
7	0	56.15	1176.97	457.47	71.94	0	0	0	39421.30
8	0	0	1176.97	827.57	71.94	0	0	0	41497.78
9	0	56.15	1176.97	581.68	71.94	0	0	0	43384.52
10	0	0	1176.97	1067.78	71.94	0	0	0	45701.20
11	0	56.15	1176.97	657.88	71.94	0	0	0	47664.14
12	0	56.15	1176.97	1163.99	71.94	0	0	0	50133.18
13	0	56.15	1176.97	758.09	71.94	0	0	0	52196.32
14	0	56.15	1176.97	1240.19	71.94	0	0	0	54741.57
15	0	56.15	1176.97	882.29	71.94	0	0	0	56928.92
16	0	56.15	1176.97	1340.40	71.94	0	0	0	59574.37
17	0	56.15	1176.97	958.50	71.94	0	0	0	61837.92
18	0	56.15	1176.97	1464.60	71.94	0	0	0	64607.58
19	0	56.15	1176.97	1058.70	71.94	0	0	0	66971.34
20	0	56.15	1176.97	1680.81	71.94	0	0	0	69957.20
Totales:	36190	729.95	23539.30	16059.15	1438.80	-5000	0	-3000	

Cuadro A.25: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 3 (No achatarra)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	1176.97	106	71.94	-2500	0	-3000	32044.91
2	0	0	1176.97	187	71.94	0	0	0	33480.81
3	0	0	1176.97	180.10	71.94	0	0	0	34909.82
4	0	0	1176.97	337.46	71.94	0	0	0	36496.18
5	0	56.15	1176.97	357.27	71.94	0	0	0	38158.50
6	0	0	1176.97	751.37	71.94	0	0	0	40158.78
7	0	56.15	1176.97	457.47	71.94	0	0	0	41921.30
8	0	0	1176.97	827.57	71.94	0	0	0	43997.78
9	0	56.15	1176.97	581.68	71.94	0	0	0	45884.52
10	0	0	1176.97	1067.78	71.94	0	0	0	48201.20
11	0	56.15	1176.97	657.88	71.94	0	0	0	50164.14
12	0	56.15	1176.97	1163.99	71.94	0	0	0	52633.18
13	0	56.15	1176.97	758.09	71.94	0	0	0	54696.32
14	0	56.15	1176.97	1240.19	71.94	0	0	0	57241.57
15	0	56.15	1176.97	882.29	71.94	0	0	0	59428.92
16	0	56.15	1176.97	1340.40	71.94	0	0	0	62074.37
17	0	56.15	1176.97	958.50	71.94	0	0	0	64337.92
18	0	56.15	1176.97	1464.60	71.94	0	0	0	67107.58
19	0	56.15	1176.97	1058.70	71.94	0	0	0	69471.34
20	0	56.15	1176.97	1680.81	71.94	0	0	0	72457.20
Totales:	36190	729.95	23539.30	16059.15	1438.80	-2500	0	-3000	

Cuadro A.26: Toyota C-HR Advance 200 - PHEV - Escenario 3 (Sin ayudas)

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	36190	0	1176.97	106	71.94	0	0	0	37544.91
2	0	0	1176.97	187	71.94	0	0	0	38980.81
3	0	0	1176.97	180.10	71.94	0	0	0	40409.82
4	0	0	1176.97	337.46	71.94	0	0	0	41996.18
5	0	56.15	1176.97	357.27	71.94	0	0	0	43658.50
6	0	0	1176.97	751.37	71.94	0	0	0	45658.78
7	0	56.15	1176.97	457.47	71.94	0	0	0	47421.30
8	0	0	1176.97	827.57	71.94	0	0	0	49497.78
9	0	56.15	1176.97	581.68	71.94	0	0	0	51384.52
10	0	0	1176.97	1067.78	71.94	0	0	0	53701.20
11	0	56.15	1176.97	657.88	71.94	0	0	0	55664.14
12	0	56.15	1176.97	1163.99	71.94	0	0	0	58133.18
13	0	56.15	1176.97	758.09	71.94	0	0	0	60196.32
14	0	56.15	1176.97	1240.19	71.94	0	0	0	62741.57
15	0	56.15	1176.97	882.29	71.94	0	0	0	64928.92
16	0	56.15	1176.97	1340.40	71.94	0	0	0	67574.37
17	0	56.15	1176.97	958.50	71.94	0	0	0	69837.92
18	0	56.15	1176.97	1464.60	71.94	0	0	0	72607.58
19	0	56.15	1176.97	1058.70	71.94	0	0	0	74971.34
20	0	56.15	1176.97	1680.81	71.94	0	0	0	77957.20
Totales:	36190	729.95	23539.30	16059.15	1438.80	0	0	0	

Cuadro A.27: Toyota C-HR Advance 140 - HEV

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	33690	0	1073.72	106	71.94	0	0	0	34941.66
2	0	0	1073.72	187	71.94	0	0	0	36274.31
3	0	0	1073.72	180.43	71.94	0	0	0	37600.40
4	0	0	1073.72	338.44	71.94	0	0	0	39084.49
5	0	56.15	1073.72	358.91	71.94	0	0	0	40645.20
6	0	0	1073.72	753.34	71.94	0	0	0	42544.20
7	0	56.15	1073.72	459.77	71.94	0	0	0	44205.77
8	0	0	1073.72	830.20	71.94	0	0	0	46181.62
9	0	56.15	1073.72	584.63	71.94	0	0	0	47968.06
10	0	0	1073.72	1071.06	71.94	0	0	0	50184.77
11	0	56.15	1073.72	661.49	71.94	0	0	0	52048.06
12	0	56.15	1073.72	1107.92	71.94	0	0	0	54357.79
13	0	56.15	1073.72	762.35	71.94	0	0	0	56321.94
14	0	56.15	1073.72	1184.78	71.94	0	0	0	58708.52
15	0	56.15	1073.72	887.21	71.94	0	0	0	60797.54
16	0	56.15	1073.72	1285.64	71.94	0	0	0	63284.98
17	0	56.15	1073.72	964.07	71.94	0	0	0	65450.86
18	0	56.15	1073.72	1410.50	71.94	0	0	0	68063.16
19	0	56.15	1073.72	1064.93	71.94	0	0	0	70329.89
20	0	56.15	1073.72	1627.36	71.94	0	0	0	73159.06
Totales:	33690	729.95	21474.30	15826.01	1438.80	0	0	0	

Cuadro A.28: Hyundai Tucson - Gasolina

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	33325	0	1553.46	106	68.16	0	0	0	35052.62
2	0	0	1553.46	187	68.16	0	0	0	36861.24
3	0	0	1553.46	185.01	68.16	0	0	0	38667.87
4	0	0	1553.46	387.21	68.16	0	0	0	40676.70
5	0	41.47	1553.46	381.90	68.16	0	0	0	42721.69
6	0	0	1553.46	691.91	68.16	0	0	0	45035.23
7	0	41.47	1553.46	491.93	68.16	0	0	0	47190.24
8	0	0	1553.46	812.94	68.16	0	0	0	49624.81
9	0	41.47	1553.46	625.96	68.16	0	0	0	51913.86
10	0	0	1553.46	1027.97	68.16	0	0	0	54563.45
11	0	41.47	1553.46	711.99	68.16	0	0	0	56938.52
12	0	41.47	1553.46	1109.00	68.16	0	0	0	59710.62
13	0	41.47	1553.46	822.02	68.16	0	0	0	62195.72
14	0	41.47	1553.46	1160.03	68.16	0	0	0	65018.84
15	0	41.47	1553.46	956.05	68.16	0	0	0	67637.98
16	0	41.47	1553.46	1305.06	68.16	0	0	0	70606.13
17	0	41.47	1553.46	1042.07	68.16	0	0	0	73311.29
18	0	41.47	1553.46	1404.09	68.16	0	0	0	76378.47
19	0	41.47	1553.46	1152.10	68.16	0	0	0	79193.67
20	0	41.47	1553.46	1665.12	68.16	0	0	0	82521.87
Totales:	33325	539.11	31069.20	16225.36	1363.20	0	0	0	

Cuadro A.29: Hyundai Tucson - Diésel

Años	Adquisición	ITV	Energía	Mantenimiento	Impuestos	MOVES	Punto de Recarga	Beneficio Fiscal	Coste Total
1	35825	0	1304.10	106	68.16	0	0	0	37303.26
2	0	0	1304.10	187	68.16	0	0	0	38862.52
3	0	0	1304.10	187.84	68.16	0	0	0	40422.62
4	0	0	1304.10	395.68	68.16	0	0	0	42190.55
5	0	56.15	1304.10	396.04	68.16	0	0	0	44015.01
6	0	0	1304.10	708.88	68.16	0	0	0	46096.15
7	0	56.15	1304.10	511.72	68.16	0	0	0	48036.28
8	0	0	1304.10	835.55	68.16	0	0	0	50244.09
9	0	56.15	1304.10	651.39	68.16	0	0	0	52323.88
10	0	0	1304.10	916.22	68.16	0	0	0	54612.36
11	0	56.15	1304.10	743.06	68.16	0	0	0	56783.83
12	0	56.15	1304.10	1142.89	68.16	0	0	0	59355.13
13	0	56.15	1304.10	858.73	68.16	0	0	0	61642.27
14	0	56.15	1304.10	1199.56	68.16	0	0	0	64270.24
15	0	56.15	1304.10	998.40	68.16	0	0	0	66697.05
16	0	56.15	1304.10	1350.23	68.16	0	0	0	69475.69
17	0	56.15	1304.10	1090.07	68.16	0	0	0	71994.17
18	0	56.15	1304.10	1454.90	68.16	0	0	0	74877.48
19	0	56.15	1304.10	1205.74	68.16	0	0	0	77511.63
20	0	56.15	1304.10	1581.57	68.16	0	0	0	80521.62
Totales:	35825	729.95	26082.00	16521.47	1363.20	0	0	0	

Referencias

- [1] *¿Deben pagar los vehículos eléctricos zona azul?* <https://www.vwcanarias.com/es/blog/-los-vehiculos-electricos-pagan-zona-azul-.html>. visitado 22 de oct. de 2024.
- [2] *¿Mercado Libre o Regulado de Luz? Diferencias y Ventajas - Plenitude*, <https://eniplenitude.es/electrico/>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [3] *¿Qué es el efecto invernadero?* <https://sostenibilidad.com/cambio-climatico/que-es-el-efecto-invernadero>. visitado 22 de jun. de 2026.
- [4] *2,000 or 10,000 Cycles? The Sodium Ion Battery Life SCAM You Need to Know*, <https://en.highstar.com/blog/sodium-ion-battery-life-cycles-scam-explained>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [5] *2025 KIA EV3 Owner's Manual - RHD (UK, Australia) PDF (737 Pages)*, <https://ownersmanuals2.com/kia/ev3-2025-owners-manual-rhd-uk-australia-106339>. visitado 8 de jun. de 2025.
- [6] *6.1. Formación de precios en el mercado mayorista diario de electricidad*. visitado 8 de feb. de 2026.
- [7] *6.5. Mecanismos de ajuste de demanda y producción*. visitado 8 de feb. de 2026.
- [8] *ADAC Pannenstatistik 2025: Sind Elektroautos zuverlässiger?* <https://www.adac.de/rundums-fahrzeug/unfall-schaden-panne/adac-pannenstatistik/>, abr. de 2025. visitado 17 de jun. de 2025.
- [9] *AFIR? Was ist AFIR?* <https://www.kliwa.at/elektro/info/aktuelle-themen/afir>, abr. de 2026. visitado 20 de jun. de 2026.
- [10] *Agencia Tributaria: Instrucciones*, <https://sede.agenciatributaria.gob.es/>. visitado 8 de jul. de 2025.
- [11] J. Ainger, “Europe’s Carmakers Win Relief From CO2 Emissions Fines This Year,” *Bloomberg.com*, mayo de 2025. visitado 4 de feb. de 2026.
- [12] *Alternative Fuels Data Center: Electric Vehicles*, <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric>. visitado 6 de oct. de 2025.
- [13] *ANFAC*. visitado 4 de feb. de 2026.
- [14] *ANFAC / España debe multiplicar por cinco su red de carga de alta potencia para alcanzar los nuevos objetivos de reducción de emisiones para 2023*. visitado 16 de oct. de 2024.
- [15] K. Arora, S. L. Tripathi y H. Sharma, “Electric Vehicle Design,”
- [16] B. Battery, *How DOD Affects EV Lithium Battery Lifespan*, mayo de 2025. visitado 9 de oct. de 2025.
- [17] *Bienvenido / ESIOS Electricidad · Datos · Transparencia*, <https://www.esios.ree.es/es>. visitado 19 de jun. de 2026.

- [18] P. Blenkinsop, “EU slaps tariffs on Chinese EVs, risking Beijing backlash,” *Reuters*, oct. de 2024. visitado 4 de feb. de 2026.
- [19] *BOE-A-1997-25340 Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, Del Sector Eléctrico*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-25340>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [20] *BOE-A-2020-1066 Circular 3/2020, de 15 de Enero, de La Comisión Nacional de Los Mercados y La Competencia, Por La Que Se Establece La Metodología Para El Cálculo de Los Peajes de Transporte y Distribución de Electricidad*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2020-1066>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [21] *BOE-A-2021-21096 Real Decreto-ley 29/2021, de 21 de Diciembre, Por El Que Se Adoptan Medidas Urgentes En El Ámbito Energético Para El Fomento de La Movilidad Eléctrica, El Autoconsumo y El Despliegue de Energías Renovables*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-21096>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [22] *BOE-A-2023-15135 Real Decreto-ley 5/2023, de 28 de Junio, Por El Que Se Adoptan y Prorrogan Determinadas Medidas de Respuesta a Las Consecuencias Económicas y Sociales de La Guerra de Ucrania, de Apoyo a La Reconstrucción de La Isla de La Palma y a Otras Situaciones de Vulnerabilidad; de Transposición de Directivas de La Unión Europea En Materia de Modificaciones Estructurales de Sociedades Mercantiles y Conciliación de La Vida Familiar y La Vida Profesional de Los Progenitores y Los Cuidadores; y de Ejecución y Cumplimiento Del Derecho de La Unión Europea*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2023-15135>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [23] *BOE-A-2024-12944 Real Decreto-ley 4/2024, de 26 de Junio, Por El Que Se Prorrogan Determinadas Medidas Para Afrontar Las Consecuencias Económicas y Sociales Derivadas de Los Conflictos En Ucrania y Oriente Próximo y Se Adoptan Medidas Urgentes En Materia Fiscal, Energética y Social*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2024-12944>. visitado 29 de sep. de 2025.
- [24] *BOE-A-2024-12944 Real Decreto-ley 4/2024, de 26 de Junio, Por El Que Se Prorrogan Determinadas Medidas Para Afrontar Las Consecuencias Económicas y Sociales Derivadas de Los Conflictos En Ucrania y Oriente Próximo y Se Adoptan Medidas Urgentes En Materia Fiscal, Energética y Social*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2024-12944>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [25] *BOE.Es - DOUE-L-2023-81310 Reglamento (UE) 2023/1804 Del Parlamento Europeo y Del Consejo de 13 de Septiembre de 2023 Relativo a La Planta-*

- ción de Una Infraestructura Para Los Combustibles Alternativos y Por El Que Se Deroga La Directiva 2014/94/UE*. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81310>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [26] *BU-105: Battery Definitions and what they mean*, <http://www.batteryuniversity.com/>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [27] *BU-410: Charging at High and Low Temperatures*, <http://www.batteryuniversity.com/>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [28] A. Burnham, D. Gohlke, L. Rush, T. Stephens, Y. Zhou, M. Delucchi, A. Birky, C. Hunter, Z. Lin, S. Ou, F. Xie, C. Proctor, S. Wiryadinata, N. Liu y M. Bloor, “Comprehensive Total Cost of Ownership Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains,” inf. téc. ANL/ESD-21/4, 1780970, 167399, abr. de 2021, ANL/ESD-21/4, 1780970, 167399. DOI: 10.2172/1780970 visitado 19 de jun. de 2026.
- [29] *C-HR Hybrid 2025 Manual Del Propietario*.
- [30] P. S. Cáceres, *CENTRALES NUCLEARES*, nov. de 2014. visitado 8 de feb. de 2026.
- [31] J. L. Cano, *Viajamos en Semana Santa en coche eléctrico... ¿cada cuántos kilómetros hay un punto de recarga rápida?* <https://www.lespanol.com/motor/>, mar. de 2024. visitado 20 de jun. de 2026.
- [32] *Cargadores Inteligentes Para Coches Eléctricos / Wallbox*, https://wallbox.com/es_es/. visitado 19 de jun. de 2026.
- [33] D. Carrington, *Global temperatures to rise at least 2.5 degrees this century, with catastrophic results, leading scientists predict*, <https://www.irishtimes.com/environment/>. visitado 1 de jul. de 2025.
- [34] *Central térmica de ciclo combinado*, <https://www.fundacionendesa.org>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [35] *China-EU Tariff Agreement on EVs Seen Cutting Shipments but Boosting ...* <https://archive.ph/yqJdO>, ene. de 2026. visitado 4 de feb. de 2026.
- [36] *CO2 emissions from cars: Facts and figures (infographics)*, <https://www.europarl.europa.eu/>, mar. de 2019. visitado 15 de oct. de 2024.
- [37] *Cómo calcular los caballos fiscales de tu coche fácilmente*, <https://driverevel.com/es/>, abr. de 2026. visitado 19 de jun. de 2026.
- [38] *Cómo funciona una central Hidroeléctrica - Celaontinyent*, <https://celaontinyent.es/como-funciona-una-central-hidroelectrica/>, sep. de 2016. visitado 8 de feb. de 2026.
- [39] *Cómo Hacerse Agente / OMIE*, <https://www.omie.es/es/como-hacerse-agente>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [40] *Compensación de Potencia Reactiva y Sobrecompensación*. <https://es.ytelect.com/>. visitado 9 de feb. de 2026.

- [41] *Controlled Rectifiers*, <https://www.monolithicpower.com/en/learning/mpscholar/power-electronics/ac-dc-converters/controlled-rectifiers>. visitado 25 de mar. de 2025.
- [42] *CORINE Land Cover*, <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [43] *.CORPORATE, Complete guide to the different types of electric vehicles*, <https://www.iberdrola.com>. visitado 20 de mar. de 2025.
- [44] *.CORPORATE, History of the electric car*, <https://www.iberdrola.com/sustainability/history-electric-car>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [45] *.CORPORATIVA, ¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?* <https://www.iberdrola.com/>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [46] *.CORPORATIVA, ¿Sabes cómo funcionan los parques eólicos terrestres?* <https://www.iberdrola.com>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [47] *Criterios Generales de Protección Del Sistema Eléctrico Peninsular Español*.
- [48] *Current & Historical Carbon Dioxide (CO2) Levels Graph*, <https://www.co2levels.org/>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [49] *Datos Vectoriales*, <http://geoportal.navarra.es/es/idena/descargar>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [50] *Diferencias entre comercializadoras y distribuidoras*, <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento/consumo/diferencia-distribuidora-comercializadora/>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [51] *Earth.Org, Atmospheric CO2 Levels More Than 50 % Higher than Pre-Industrial Level, NOAA Says*, jun. de 2023. visitado 22 de jun. de 2026.
- [52] *El algoritmo gallego que inmuniza la red eléctrica frente a los apagones eléctricos*, https://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2026/02/04/crean-algoritmo-estabiliza-red-electrica-evita-apagones/0003_202602G4P30992.htm, feb. de 2026. visitado 8 de feb. de 2026.
- [53] *El CO2 antropogénico es la causa del calentamiento global, aunque su cantidad en la atmósfera sea pequeña - Verificat*, oct. de 2022. visitado 22 de jun. de 2026.
- [54] *El consumo real de 12 coches eléctricos: la superprueba*, <https://es.motor1.com/>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [55] *Electric car battery weight explained - EVBox*, sep. de 2025. visitado 19 de jun. de 2026.
- [56] *Electric cars in UK last as long as petrol and diesel vehicles, study finds*, <https://www.aa.com.tr/en/world/electric-cars-in-uk-last-as-long-as-petrol-and-diesel-vehicles-study-finds/3461417>. visitado 19 de jun. de 2026.
- [57] “Electric vehicle,” *Wikipedia*, ene. de 2026. visitado 5 de feb. de 2026.
- [58] *Electric Vehicle Society, Dr. Jeff Dahn Talks V2G and Second Life for Batteries*, ago. de 2025. visitado 8 de feb. de 2026.

- [59] G. Electricity, *Constitución de los Sistemas Eléctricos*, oct. de 2013. visitado 8 de feb. de 2026.
- [60] *Energía Reactiva: Qué es y su impacto en las Instalaciones Eléctricas / CI-SAR*, oct. de 2025. visitado 9 de feb. de 2026.
- [61] *Energy Density*, <https://chemistry.beloit.edu/edetc/SlideShow/slides/energy/density.html>. visitado 12 de oct. de 2025.
- [62] *ESIOS Electricidad · Datos · Transparencia*, <https://www.esios.ree.es/es#>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [63] *Establecimiento de La Reserva Para La Regulación Frecuencia Potencia*.
- [64] *Estrategia a largo plazo para 2050 - Climate Action - Comisión Europea*, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_es. visitado 9 de feb. de 2026.
- [65] *EU Commission Imposes Countervailing Duties on Imports of Battery Electric Vehicles (BEVs) from China / Access2Markets*, <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/news/eu-commission-imposes-countervailing-duties-imports-battery-electric-vehicles-bevs-china>. visitado 4 de feb. de 2026.
- [66] *EV Aggregators*, <https://www.irena.org/Innovation-landscape-for-smart-electrification/Power-to-mobility/28-EV-aggregators>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [67] *EV Database*, <https://ev-database.org/>. visitado 11 de feb. de 2026.
- [68] *EV Database*, <https://ev-database.org/>. visitado 19 de jun. de 2026.
- [69] *EV progress report: Which EU carmakers are on track for 2025-27...* <https://www.transporterprogress-report-2025>, feb. de 2026. visitado 4 de feb. de 2026.
- [70] “Exclusive: China auto industry inflates sales by exporting new cars as ‘used’,” *Reuters*, jun. de 2025. visitado 4 de feb. de 2026.
- [71] Ferduero, *El mercado diario de electricidad en España (Pool) se traslada a negociarse en intervalos de 15 minutos y deja de hacerlo en intervalos horarios*. visitado 8 de feb. de 2026.
- [72] I. Fernández Diego y A. R. Robles Diaz, *Centrales de Generación de Energía Eléctrica - UC*.
- [73] *Fighting China’s subsidies means copying China’s economic model / Lowy Institute*, <https://www.lowyinstitute.org/the-interpreter/fighting-china-s-subsidies-means-copying-china-s-economic-model>. visitado 4 de feb. de 2026.
- [74] C. N. d. I. Geográfica, *Centro de Descargas del CNIG (IGN)*, <http://centrodedescargas.cnig.es>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [75] *Global EV Outlook 2024 – Analysis*, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>, abr. de 2024. visitado 15 de oct. de 2024.
- [76] “Global EV Outlook 2025,” 2025.
- [77] A. Gordon, *Understanding EV Tire Wear*, ene. de 2025. visitado 19 de jun. de 2026.

- [78] *Greenhouse Gas Emissions by Country and Sector*.
- [79] *High Power (ChaoJi) / CHAdEMO*, <https://www.chademo.com/technology/high-power>. visitado 25 de jun. de 2025.
- [80] N. Holroyde, *Fleet data shows that EV tyres are lasting 6,350 miles fewer than petrol or diesel*, sep. de 2023. visitado 17 de jun. de 2026.
- [81] *Hyundai Tucson - Manual*.
- [82] IDAE -, <https://coches.idae.es/base-datos/vehiculos-elegibles-programa-MOVES-III#!> Visitado 26 de oct. de 2024.
- [83] *IEC 61851-1:2017 - International Standard*, Edition 3.0. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 2017, ISBN: 978-2-8322-3766-3.
- [84] *Innovación / Free2move eSolutions*. visitado 8 de feb. de 2026.
- [85] *.interiorMinisterio, Distintivo ambiental*, <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/tus-vehiculos/distintivo-ambiental/>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [86] *.interiorMinisterio, Impuesto de Circulación: IVTM*, <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/tus-vehiculos/impuesto-de-circulacion-ivtm/>. visitado 21 de oct. de 2024.
- [87] C. Invitado, *Euphemia, el algoritmo que establece el precio de la luz (electricidad)*, ago. de 2021. visitado 8 de feb. de 2026.
- [88] *ITV de un coche eléctrico e híbrido - Volkswagen Canarias*, <https://www.vwcanarias.com/es/b/de-un-coche-electrico-e-hibrido.html>. visitado 22 de oct. de 2024.
- [89] Jefatura del Estado, *Real Decreto-ley 3/2025, de 1 de Abril, Por El Que Se Establece El Programa de Incentivos Ligados a La Movilidad Eléctrica (MOVES III) Para El Año 2025*, abr. de 2025. visitado 9 de feb. de 2026.
- [90] *Kilometraje: ¿Cuántos kilómetros debe tener un auto por año?* - Autofact, <https://www.autofact.cl/blog/comprar-auto/antecedentes/kilometraje-promedio-auto>. visitado 19 de jun. de 2026.
- [91] M. C. Kisacikoglu, B. Ozpineci y L. M. Tolbert, "EV/PHEV Bidirectional Charger Assessment for V2G Reactive Power Operation," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, n.º 12, págs. 5717-5727, dic. de 2013, ISSN: 1941-0107. DOI: 10.1109/TPEL.2013.2251007 visitado 9 de feb. de 2026.
- [92] F. Knobloch, S. V. Hanssen, A. Lam, H. Pollitt, P. Salas, U. Chewpreecha, M. A. J. Huijbregts y J.-F. Mercure, "Net emission reductions from electric cars and heat pumps in 59 world regions over time," *Nature Sustainability*, vol. 3, n.º 6, págs. 437-447, jun. de 2020, ISSN: 2398-9629. DOI: 10.1038/s41893-020-0488-7 visitado 1 de jul. de 2025.
- [93] S. Krampf, *CATL Naxtra: Sodium-Ion Batteries Take Center Stage*, mayo de 2025. visitado 5 de feb. de 2026.

- [94] A. Kurkin, A. Chivenkov, D. Aleshin, I. Trofimov, A. Shalukho y D. Vilkov, “Battery Management System for Electric Vehicles: Comprehensive Review of Circuitry Configuration and Algorithms,” *World Electric Vehicle Journal*, vol. 16, n.º 8, ago. de 2025, ISSN: 2032-6653. DOI: 10.3390/wevj16080451 visitado 5 de feb. de 2026.
- [95] *La electricidad no puede acumularse en grandes cantidades*, jun. de 2022. visitado 8 de feb. de 2026.
- [96] *Las Zonas de Bajas Emisiones En España*, https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/movilidad/zonas_de_bajas_emisiones_en_espana.html. visitado 9 de feb. de 2026.
- [97] “Ley 49/1960, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal.”
- [98] “Linear interpolation,” *Wikipedia*, mayo de 2026. visitado 19 de jun. de 2026.
- [99] S. J. Ling, W. Moebs y J. Sanny, *Ch. 12 Introduction - University Physics Volume 2 / OpenStax*, <https://openstax.org/books/university-physics-volume-2/pages/12-introduction>, oct. de 2016. visitado 5 de feb. de 2026.
- [100] *Listado de Distribuidoras de Electricidad*, <https://sede.cnmc.gob.es/listado/censo/1>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [101] “Lithium iron phosphate battery,” *Wikipedia*, ene. de 2026. visitado 5 de feb. de 2026.
- [102] “Lithium nickel manganese cobalt oxides,” *Wikipedia*, ene. de 2026. visitado 5 de feb. de 2026.
- [103] *LugEnergy2020ESP, Deducción IRPF para coches eléctricos y puntos de recarga - Declaración de la Renta 2024*, abr. de 2025. visitado 11 de jun. de 2025.
- [104] P. L. C. Madrid, *ITC-BT-04 – Documentación y puesta en servicio de las instalaciones - PLC Madrid*, mayo de 2025. visitado 11 de feb. de 2026.
- [105] *Marques et entités*, oct. de 2025. visitado 8 de feb. de 2026.
- [106] I. G. Méndez, *¿Sabes qué es el GTIRVE? Diez preguntas que resolverán tus dudas*, https://www.hibridosyelectricos.com/coches/sabes-es-gtirve-diez-preguntas-resolveran-tus-dudas_81119_102.html, jul. de 2025. visitado 9 de feb. de 2026.
- [107] *Mercado de Electricidad / OMIE*, <https://www.omie.es/es/mercado-de-electricidad>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [108] *Mercedes EQS 12V battery dead: What to do*, <https://www.chargeprosd.com/blog/mercedes-eqs-12v-battery-dead/>. visitado 17 de jun. de 2026.
- [109] Ministerio de Industria y Turismo, *Orden ITU/1475/2024, de 17 de Diciembre, Por La Que Se Modifica La Orden ICT/155/2020, de 7 de Febrero, Por La Que Se Regula El Control Metrológico Del Estado de Determinados Instrumentos de Medida*, dic. de 2024. visitado 9 de feb. de 2026.

- [110] Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática, *Real Decreto 1052/2022, de 27 de Diciembre, Por El Que Se Regulan Las Zonas de Bajas Emisiones*, dic. de 2022. visitado 9 de feb. de 2026.
- [111] Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática, *Real Decreto 450/2022, de 14 de Junio, Por El Que Se Modifica El Código Técnico de La Edificación, Aprobado Por El Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo*, jun. de 2022. visitado 9 de feb. de 2026.
- [112] *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*, <https://www.miteco.gob.es/es.h> visitado 31 de ene. de 2025.
- [113] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Real Decreto 266/2021, de 13 de Abril, Por El Que Se Aprueba La Concesión Directa de Ayudas a Las Comunidades Autónomas y a Las Ciudades de Ceuta y Melilla Para La Ejecución de Programas de Incentivos Ligados a La Movilidad Eléctrica (MOVES III) En El Marco Del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Europeo*, abr. de 2021. visitado 9 de feb. de 2026.
- [114] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Real Decreto 184/2022, de 8 de Marzo, Por El Que Se Regula La Actividad de Prestación de Servicios de Recarga Energética de Vehículos Eléctricos*, mar. de 2022. visitado 9 de feb. de 2026.
- [115] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Real Decreto 184/2022, de 8 de Marzo, Por El Que Se Regula La Actividad de Prestación de Servicios de Recarga Energética de Vehículos Eléctricos*, mar. de 2022. visitado 9 de feb. de 2026.
- [116] *NCA Battery » Nickel-Cobalt-Aluminum Technology*, <https://www.conrad.com/en/guides/ind-battery-technologies/nca-technology.html>. visitado 9 de oct. de 2025.
- [117] *New car registrations: +1.8 % in 2025; battery-electric 17.4 % market share*, ene. de 2026. visitado 4 de feb. de 2026.
- [118] *Norauto*, <https://www.norauto.es>. visitado 19 de jun. de 2026.
- [119] *Nuclear Power Plants - U.S. Energy Information Administration (EIA)*, <https://www.eia.gov/power-plants.php>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [120] *Nueva Modificación Del Código Técnico de La Edificación (RD 450/2022)*, <https://www.e-zigurat.com/es/blog/modificacion-del-codigo-tecnico-edificacion-rd-450-2022/>. visitado 1 de oct. de 2025.
- [121] *Nuevas multas de 200 € ya en vigor a coches con etiquetas B y C de la DGT – Salvar Torrelavega de una ZBE ruinosa*, jul. de 2025. visitado 9 de feb. de 2026.
- [122] *Nuevo Reglamento Europeo Para Aumentar Las Estaciones de Recarga y Repostaje - AFIR | Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030*, <https://esmovilidad.transportes.gob.es/noticias/nuevo-reglamento->

- europara-aumentar-las-estaciones-de-recarga-y-repostaje-afir. visitado 16 de oct. de 2024.
- [123] ocatsaros, *Lithium-Ion Battery Pack Prices Fall to \$108 Per Kilowatt-Hour, Despite Rising Metal Prices: BloombergNEF*, dic. de 2025. visitado 17 de jun. de 2026.
- [124] OMIE, <https://www.omie.es/>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [125] *On-Board vs Off-board EV Charging: Definitions, Differences*, <https://www.landworlddev.com/1-board-vs-off-board-ev-charging.html>. visitado 22 de jun. de 2026.
- [126] *ORDENANZA FISCAL MUNICIPAL DE ELCHE DEL IMPUESTO SOBRE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN MECÁNICA*, https://www.elche.es/wp-content/uploads/download-manager-files/02._._Impuesto_sobre_veh%C3%ADculos_de_tr. visitado 27 de oct. de 2024.
- [127] R. Paga, *Reglamento AFIR: en qué consiste porque te afecta si tienes un coche eléctrico*, jun. de 2025. visitado 20 de jun. de 2026.
- [128] Z. Y. page, *How did China come to dominate the world of electric cars?* <https://www.technologyreview.com/2023/02/21/1068880/how-did-china-dominate-electric-cars-policy/>. visitado 27 de jun. de 2025.
- [129] *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2023-2030)*, <https://www.miteco.gob.es/normativa/pniec-23-30.html>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [130] “Planeta Ricitos de Oro,” *Wikipedia, la enciclopedia libre*, mar. de 2024. visitado 22 de jun. de 2026.
- [131] *Portal Del Ministerio de Industria y Turismo*, <https://www.mintur.gob.es/es-es/Paginas/index.aspx>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [132] Posventa.com, *21.000 € en piezas se .evaporan con la electrificación, según SOLERA*, <https://www.posventa.com/texto-diario/mostrar/4931457/factura-taller-ve-28-menor-vehiculo-combustion-segun-solera>. visitado 19 de jun. de 2026.
- [133] *Potencia reactiva: definición, cálculo y medición*. visitado 9 de feb. de 2026.
- [134] *Powertrain structure: (a) single-speed, (b) two-speed, (c) three-speed,...* <https://www.researchgate.net/publication/323033497>. visitado 13 de oct. de 2025.
- [135] *Precio de La Gasolina y Diesel HOY En Las Gasolineras de España*, <https://www.dieselogasolineas.com/>. visitado 19 de jun. de 2026.
- [136] *Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC)*, <https://www.miteco.gob.es/es-energ%C3%ADa-electrica/electricidad/contratacion-suministro/precio-voluntario.html>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [137] PricewaterhouseCoopers, *España es el país con mayor número de comercializadores de energía eléctrica activos de Europa*, <https://www.pwc.es/es/sala-de-prensa/comunicacion/2024/01/2024-01-10-espaa-es-el-pa%C3%ADs-con-mayor-n%C3%BAmero-de-comercializadores-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-activos-de-europa>.

- prensa/notas-prensa/2024/espana-pais-mayor-numero-comercializadores-energia-electrica-activos.html. visitado 8 de feb. de 2026.
- [138] *Primera red de recarga bidireccional en España*, <https://www.acciona-energia.com/es/tecnologias-y-soluciones/soluciones/movilidad-electrica/proyecto-v2g-islas-baleares>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [139] *Programa MOVES Flotas Plus / Idae*, <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-flotas-plus>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [140] *Programa MOVES III / Idae*, <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii>. visitado 10 de jun. de 2025.
- [141] *Pulsar MAX Descripción General Del Producto - Wallbox Help Center*, <https://support.wallbox.com/es-es/pulsar-max/>. visitado 8 de jul. de 2025.
- [142] *Quasar 2 - Cargador Bidireccional V2G y V2H / Wallbox*, <https://wallbox.com/es-es/quasar-2-cargador-ev-bidireccional>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [143] *Radiografía de un usuario de vehículo eléctrico: carga residencial*, <https://www.electromaps.com/de-un-usuario-de-vehiculo-electrico-carga-residencial>. visitado 11 de feb. de 2026.
- [144] *Real-world usage of plug-in hybrid vehicles in Europe: A 2022 update on fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions*. visitado 19 de jun. de 2026.
- [145] *Red eléctrica*, <https://www.endesa.com/es/nuestro-compromiso/transicion-energetica/red-electrica>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [146] Redeia, *Guía 'El suministro de la electricidad. Un equilibrio entre generación y consumo'*, <https://www.ree.es/es/publicaciones/educacion/el-suministro-de-la-electricidad-un-equilibrio-entre-generacion-y-consumo>, ene. de 2009. visitado 8 de feb. de 2026.
- [147] Redeia, *Cecre*, <https://www.ree.es/es/operacion/integracion-renovables/cecre>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [148] Redeia, *Centros de Control*, <https://www.ree.es/es/operacion/garantia-suministro-electrico/centros-control-cecoel>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [149] Redeia, *Generación*, <https://www.ree.es/es/datos/generacion>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [150] Redeia, *Red de transporte de electricidad*, <https://www.ree.es/es/transporte-electricidad/red>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [151] *Redes de distribución eléctrica*, jun. de 2025. visitado 8 de feb. de 2026.
- [152] “Reglamentación de Vehículos,”
- [153] “Reglamento (UE) 2023/... del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de septiembre de 2023, relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y por el que se deroga la Directiva 2014/94/UE,”

- [154] E. Renovables, *De la recarga inteligente y 100 % renovable al V2X*, <https://www.energias-renovables.com/>, nov. de 2025. visitado 8 de feb. de 2026.
- [155] *Reve, Tu Aplicación de Puntos de Recarga de España*, <https://www.mapareve.es/>. visitado 7 de abr. de 2025.
- [156] H. Ritchie, *Most of the energy you put into a gasoline car is wasted; this is not the case for electric cars*, <https://www.sustainabilitybynumbers.com/>, mayo de 2025. visitado 11 de oct. de 2025.
- [157] I. S.A.U, *¿Qué garantía tiene la batería de un coche eléctrico?* <https://www.iberdrola.es/>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [158] I. S.A.U, *¿Qué tipos de cargadores y cargas tienen los coches eléctricos?* <https://www.iberdrola.es/-/tipos-cargadores-coches-electricos>. visitado 17 de oct. de 2024.
- [159] I. S.A.U, *CAE vehículo eléctrico: ¿qué es y cómo conseguirlo?* <https://www.iberdrola.es/>. visitado 9 de jul. de 2025.
- [160] I. S.A.U, *Instala tu punto de recarga para coche eléctrico*, <https://www.iberdrola.es/>. visitado 1 de abr. de 2025.
- [161] F. S.L, *Asociación Empresarial de Movilidad Eléctrica*, <https://aedive.es/home>. visitado 4 de feb. de 2026.
- [162] D. Scott, *Why electric vehicles are already much greener than combustion engine vehicles*, jul. de 2025. visitado 11 de oct. de 2025.
- [163] *Servicio ORA / Pimesa*, <https://pimesa.es/servicio-ora/>. visitado 9 de feb. de 2026.
- [164] *Share of new cars sold that are electric*, <https://ourworldindata.org/grapher/>. visitado 4 de feb. de 2026.
- [165] S. Shrivastava, S. Khalid y D. K. Nishad, “Impact of EV interfacing on peak-shelving and frequency regulation in a microgrid,” *Scientific Reports*, vol. 14, n.º 1, pág. 31 514, dic. de 2024, ISSN: 2045-2322. DOI: 10.1038/s41598-024-83309-3 visitado 9 de feb. de 2026.
- [166] *Solar Termoeléctrica / Idae*, <https://www.idae.es/>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [167] “Solid-state battery,” *Wikipedia*, feb. de 2026. visitado 5 de feb. de 2026.
- [168] *Sólo el 45 % de las viviendas de España podría instalar un cargador para coche eléctrico — idealista/news*, <https://www.idealista.com/>, feb. de 2024. visitado 11 de feb. de 2026.
- [169] B. Team, *Global EV sales reach 20.7 million units in 2025, growing by 20 %*, <https://source.benchmarkminerals.com/>. visitado 4 de feb. de 2026.
- [170] *The History of the Electric Car*, <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>. visitado 13 de oct. de 2025.
- [171] *The Paris Agreement / UNFCCC*, <https://unfccc.int/>. visitado 9 de feb. de 2026.

- [172] Tin, *EV Charging Connector Types Worldwide*, feb. de 2022. visitado 6 de jul. de 2025.
- [173] TotalEnergies, *CONOCE MEJOR EL SISTEMA ELÉCTRICO AL QUE TE CONECTAS*, <https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/conoce-el-sistema-electrico-al-que-te-conectas>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [174] *V2G y V2L: nuevas tecnologías de carga bidireccional*, <https://www.renault.es/>. visitado 8 de feb. de 2026.
- [175] E. J.-G. Vasco, *Cartografía: Viales*, <https://opendata.euskadi.eus/catalogo/-/cartografia-viales/>, mayo de 2025. visitado 8 de feb. de 2026.
- [176] *What is Energy Density & Why Does it Matter?* <https://www.relionbattery.com>. visitado 5 de feb. de 2026.
- [177] *What Is Permanent Magnet Synchronous (PMSM) Motor? | ATO.Com*, <https://www.ato.com/is-synchronous-motor>. visitado 5 de jul. de 2025.
- [178] C. D. White y K. M. Zhang, “Using Vehicle-to-Grid Technology for Frequency Regulation and Peak-Load Reduction,” *Journal of Power Sources*, vol. 196, n.º 8, págs. 3972-3980, abr. de 2011, ISSN: 0378-7753. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2010.11.010 visitado 9 de feb. de 2026.
- [179] S. Writer, *New Data Shows EV Batteries Last Longer Than Expected*, <https://www.environmentalnewswire.net>. nov. de 2024. visitado 8 de feb. de 2026.
- [180] L. Yan, Q. Zhang, B. Zheng y K. He, “Modeling fuel-, vehicle-type-, and age-specific CO₂ emissions from global on-road vehicles in 1970–2020,” *Earth System Science Data*, vol. 16, n.º 10, págs. 4497-4509, oct. de 2024, ISSN: 1866-3508. DOI: 10.5194/essd-16-4497-2024 visitado 15 de oct. de 2024.
- [181] *Zonas de bajas emisiones en España 2025*, <https://www.bipdrive.com>. visitado 9 de feb. de 2026.