



JUSTIFICACIÓN *T*ÉCNICA DEL *P*ROYECTO:

---

# *Eco-Design* for *Eco-Innovation*: the *Green-Car Case*

---

*GT2 - SUBSISTEMAS DEL VEHÍCULO  
ELÉCTRICO E IMPLICACIONES DE  
LA IMPLANTACIÓN*

Proyecto financiado por:



UE/EU – FEDER / ERDF

28 de abril 2011

## INDICE

---

INDICE .....	II
1. ESTADO DEL ARTE GENERAL SOBRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	1
1.1. RETROSPECTIVA DE LA HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	1
1.2. ORÍGENES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	3
1.3. PERSPECTIVAS ACTUALES .....	3
1.4. MODELOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PRESENTADOS POR LAS GRANDES MARCAS DE AUTOMOCIÓN Y ESTRATEGIAS .....	4
1.4.1. <i>General Motors</i> .....	6
1.4.2. <i>Mitsubishi</i> .....	8
1.4.3. <i>PSA</i> .....	9
1.4.4. <i>Renault-Nissan</i> .....	10
1.4.5. <i>BMW</i> .....	12
1.4.6. <i>Mercedes</i> .....	13
1.4.7. <i>Audi-Volkswagen</i> .....	15
1.4.8. <i>Ford</i> .....	17
1.4.9. <i>Fiat-Chrysler</i> .....	18
1.4.10. <i>Toyota</i> .....	18
1.4.11. <i>Honda</i> .....	20
1.4.12. <i>Tesla Motors</i> .....	20
1.5. RESUMEN DE LOS MODELOS DE OTROS CONSTRUCTORES .....	21
1.6. OTRAS SOLUCIONES ELÉCTRICAS A LA MOVILIDAD.....	24
1.7. CONSUMOS Y EMISIONES .....	25
1.8. FICHAS DE VEHÍCULOS.....	28
1.8.1. <i>Prius Plug- In Hybrid. (Toyota)</i> .....	28
1.8.2. <i>F3DM (BYD)</i> .....	30
1.8.3. <i>Iveco Daily (Micro-Velt (FIAT))</i> .....	32
1.8.4. <i>Leon Twin Drive Ecomotive (SEAT)</i> .....	34
1.8.5. <i>Smart electric drive Coupé flotas (Smart)</i> .....	36
1.8.6. <i>e6. (BYD)</i> .....	38
1.8.7. <i>i MiEV (Mitsubishi)</i> .....	40
1.8.8. <i>NXR (REVA)</i> .....	42
1.8.9. <i>Roadster (Tesla)</i> .....	44
1.8.10. <i>Indica Vista EV (Tata)</i> .....	46
1.8.11. <i>Ampera (Opel)</i> .....	48
1.8.12. <i>Leaf (Nissan)</i> .....	50
1.8.13. <i>EV500 (FIAT-EVADAPT)</i> .....	52
1.8.14. <i>Think (MOTORENER)</i> .....	54
2. DISGREGACIÓN Y ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	56
2.1. TRENES DE POTENCIA ELÉCTRICOS.....	56
2.1.1. <i>Máquinas eléctricas en vehículos eléctricos</i> .....	56
2.1.2. <i>Inversores para Vehículos Eléctricos</i> .....	69
2.1.3. <i>Referencias</i> .....	75

2.2. BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	77
2.2.1. <i>Lista de siglas</i> .....	77
2.2.2. <i>Introducción</i> .....	78
2.2.3. <i>Funciones y requisitos de baterías de tracción en vehículos eléctricos (VE)</i> .....	79
2.2.4. <i>Normas e incentivos para el uso de vehículos eléctricos</i> .....	82
2.2.5. <i>Constitución y funcionamiento general de las baterías</i> .....	83
2.2.6. <i>Tipos de baterías para vehículos eléctricos</i> .....	94
2.2.7. <i>Vehículos eléctricos a baterías en la actualidad</i> .....	100
2.2.8. <i>Conclusiones</i> .....	101
2.2.9. <i>Bibliografía</i> .....	101
2.3. PUNTOS DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	103
2.3.1. <i>Definición y tipología de un punto de recarga para un Vehículo Eléctrico</i> .....	103
2.3.2. <i>Estado del Arte en puntos de recarga para VE</i> .....	107
2.3.3. <i>Bibliografía</i> .....	120
2.4. SISTEMAS DE FRENADO EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	121
2.4.1. <i>Introducción</i> .....	121
2.4.2. <i>Estado del arte del sistema de frenado en VE</i> .....	122
2.4.3. <i>Sistema de frenos electrodinámico regenerativo</i> .....	133
2.4.4. <i>Sistema de frenos eléctrico “Brake by wire”</i> .....	136
2.4.5. <i>Requisitos de los materiales para sistemas de frenado</i> .....	139
2.4.6. <i>Legislación</i> .....	145
2.4.7. <i>Normativa</i> .....	149
2.4.8. <i>Patentes</i> .....	151
2.4.9. <i>Conclusiones</i> .....	157
2.4.10. <i>Bibliografía</i> .....	158
2.5. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	160
2.5.1. <i>Introducción</i> .....	160
2.5.2. <i>Funcionamiento del circuito de aire acondicionado tradicional</i> .....	162
2.5.3. <i>Sistemas de aire acondicionado para vehículos eléctricos</i> .....	164
2.5.4. <i>Principales corrientes tecnológicas</i> .....	172
2.5.5. <i>Normativa actual</i> .....	176
2.5.6. <i>Bibliografía</i> .....	176
2.6. EQUIPOS AUXILIARES DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	178
2.6.1. <i>Iluminación</i> .....	178
2.6.2. <i>Otros equipos auxiliares</i> .....	180
2.7. SEGURIDAD EN LOS DISPOSITIVOS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	182
2.7.1. <i>Seguridad eléctrica</i> .....	182
2.7.2. <i>Estándares en los dispositivos de vehículos eléctricos</i> .....	183
3. UTILIZACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	186
3.1. <i>EL COCHE SOLAR</i> .....	186
3.2. <i>INTEGRACIÓN DE AEROGENERADORES EN LOS VEHÍCULOS</i> .....	188
3.3. <i>EMPLEO DE OTRAS FUENTES DE ENERGÍA</i> .....	189
3.3.1. <i>Amortiguadores con recuperación de energía</i> .....	189
3.3.2. <i>Empleo de materiales piezoeléctricos</i> .....	190
3.3.3. <i>Recuperación del calor perdido</i> .....	190
3.4. <i>CONCLUSIONES</i> .....	190
3.4.1. <i>Bibliografía</i> .....	192
4. REGULACIÓN INTERNACIONAL (ECE) PARA EL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	194
4.1. <i>DIRECTIVAS MEDIOAMBIENTALES SOBRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS</i> .....	195

4.1.1. Emisiones a la atmósfera .....	196
4.1.2. Fin de vida y uso de sustancias peligrosas .....	196
4.1.3. Directivas sobre eco-eficiencia en los motores eléctricos .....	198
4.2. EVALUACIÓN DE LA MEJORA AMBIENTAL. NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES .....	199
5. IDENTIFICACIÓN DE LA TOPOLOGÍA DE VEHÍCULO SELECCIONADA .....	200
5.1. ESPECIFICACIONES FUNCIONALES .....	200
5.2. TOPOLOGÍA DEL VEHÍCULO .....	200
5.2.1. Sistema de tracción .....	200
5.2.2. Sistema de acumulación de energía .....	200
5.2.3. Elementos auxiliares .....	201
5.2.4. Sistema de frenos.....	202
5.2.5. Sistema de aire acondicionado .....	202
5.2.6. Sistema de recarga.....	202
5.2.7. Chasis y carrocería .....	202
5.2.8. Sistema de transmisión y dirección.....	202
6. OPORTUNIDADES Y BARRERAS TÉCNICAS Y SOCIALES EXISTENTES EN LA ACTUALIDAD PARA SU UTILIZACIÓN EXTENDIDA .....	203
6.1. INTRODUCCIÓN .....	203
6.1.1. España.....	204
6.1.2. Francia.....	205
6.1.3. Portugal.....	207
6.2. ANÁLISIS DAFO .....	208
6.2.1. Debilidades.....	208
6.2.2. Amenazas.....	211
6.2.3. Fortalezas.....	213
6.2.4. Oportunidades.....	221
6.3. BIBLIOGRAFIA.....	223

## 1. ESTADO DEL ARTE GENERAL SOBRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

### 1.1. RETROSPECTIVA DE LA HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Los primeros vehículos eléctricos, trenes y automóviles, hacen su aparición hacia 1830. Hay que esperar a 1859 y a la invención de la batería recargable de plomo ácido, por el francés Gastón Planté, para que el coche eléctrico experimente un verdadero auge.

El 15 de agosto de 1881, en París, la primera Exposición Internacional de Electricidad pone de relieve los avances electrotécnicos de la época. Allí, el público puede admirar un coche eléctrico desarrollado por Gustave Trouvé, ingeniero y diseñador de aparatos eléctricos y particularmente, en 1887, del primer helicóptero eléctrico, equipado de un motor alimentado mediante cables conectados a acumuladores instalados en tierra.



*Figura 1. Thomas Edison inspeccionando un vehículo eléctrico en 1913.*



*Figura 2. El Jamais Contente.*

La exposición, que presenta las primeras bombillas eléctricas de Thomas Edison e incluso la dinamo de Zénobe Gramme, tiene un inmenso éxito y da lugar a numerosas publicaciones técnicas y científicas.

Los primeros coches eléctricos individuales son rápidamente puestos en circulación y, en 1897, los primeros taxis eléctricos, equipados con baterías de plomo de varios cientos de kilogramos, circulan por las calles de Nueva York.

Al mismo tiempo, en las primeras carreras automovilísticas, los coches eléctricos superan a sus competidores térmicos y establecen nuevos récords. El primer vehículo en superar la barrera de los 100 km/h es el *Jamais Contente*, en 1899 en Bélgica. Este coche eléctrico está equipado de neumáticos Michelin y de baterías que suponen la mitad del peso del vehículo, de 750 kg.

Este récord marca la edad de oro del vehículo eléctrico. Así, al inicio del siglo XX, casi un tercio de los vehículos en circulación están propulsados por baterías. La producción de vehículos eléctricos alcanza su apogeo en 1910 gracias al rápido desarrollo de sus prestaciones: el Phaeton de Wood, uno de los mejores, alcanza una velocidad de 22,5 km/h sobre una distancia de 30 km. Además, estos vehículos tienen la ventaja de ser fáciles de arrancar y sin emitir ninguna nube de humo, al contrario que sus competidores equipados con motores térmicos.

De esta forma, al inicio del siglo XX, el mercado del automóvil se basaba en tres categorías de vehículos: coches eléctricos, coches con motor térmico y coches a vapor. A modo de ilustración, en 1900, de 4 192 vehículos fabricados en Estados Unidos, 1 575 eran eléctricos, 936 de gasolina y 1 681 a vapor.

Sin embargo, durante los 20 años siguientes, el coche eléctrico va a experimentar un rápido declive y será reemplazado por el coche de gasolina. Las principales razones son la falta de innovación en las baterías eléctricas frente al rápido desarrollo de las prestaciones del motor de explosión así como la disponibilidad de grandes cantidades de petróleo a bajo precio. El golpe de gracia lo da en 1908 el constructor Ford, que lanza al mercado un modelo de vehículo personal producido en cadena, dos veces menos caro que los vehículos eléctricos: el Ford T. Este es el inicio de la era moderna del automóvil.

Hoy en día, casi un siglo más tarde, el transporte por carretera depende casi exclusivamente del petróleo. La toma de conciencia sobre el impacto medioambiental derivado del empleo de coches de gasolina empuja a los políticos a impulsar el desarrollo de vehículos eléctricos. Así, la reducción de la contaminación del aire pasa a formar parte de la problemática del Congreso de los Estados Unidos, el cual recomienda, desde 1966, la construcción de coches eléctricos.

Más aún, las fluctuaciones en la cotización del petróleo, y en particular la crisis petrolera de 1973, son quienes vuelven a poner de moda los viejos conceptos de los *transportes verdes*. En los años 90, se lanzan numerosas iniciativas a través del mundo por los constructores, pero muy pocos proyectos son desarrollados industrialmente. Es posible citar, entre otros, el EV1, desarrollado por General Motors (producción de 1 000 coches entre 1996 y 1998) o también el Zoom, de Renault, en 1992. El objetivo de los fabricantes consistía en lanzar algunas flotas “de prueba” de vehículos ecológicos en cooperación con las administraciones o clientes piloto. Sin embargo, el mercado tardó en despegar y los coches eléctricos, perjudicados por su baja autonomía y un precio del petróleo todavía bajo, no lograron encontrar clientes.



Figura 3. El EV1 de General Motors: 1996 entrada en el mercado (izquierda); 2003 todos los modelos son retirados del mercado (derecha).

En la actualidad los vehículos eléctricos son una alternativa real a los vehículos con motor de combustión interna y de hecho ya están apareciendo en el mercado diferentes modelos. El objetivo de este apartado es resumir y analizar las diferentes estrategias que están siguiendo los fabricantes de automóviles en este ámbito. Asimismo, se realizará un breve análisis de otras soluciones eléctricas a la movilidad.

Los vehículos eléctricos (EV) engloban a todos aquellos que utilizan para su propulsión energía eléctrica a través de un motor eléctrico, si bien la energía utilizada para impulsar el vehículo puede ser obtenida de diversas fuentes.

## 1.2. ORÍGENES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

El VE basado en baterías (BEV en inglés) fue inventado en 1834. Durante la última década del siglo 19, varias empresas produjeron vehículos eléctricos en los Estados Unidos, Gran Bretaña y Francia. En Londres y Nueva York, había compañías de taxis eléctricos. La energía eléctrica se acumulaba en baterías. Hacia 1900 se estima que la cuarta parte de los coches en EEUU eran vehículos eléctricos. El entorno urbano era ideal por las cortas distancias cubiertas por los VE.

La situación cambió con el desarrollo del motor de combustión interna. En 1908, Henry Ford lanzó la producción en masa de su coche alimentado por gasolina Ford T. La producción en menor escala de los vehículos eléctricos favoreció que el coste de los coches eléctricos equivalentes costase tres veces más por 1912. Además la conexión de grandes ciudades mediante las nuevas redes de carreteras requería de vehículos con mayores autonomías que los eléctricos. Por todo ello, los vehículos eléctricos casi habían desaparecido de la escena en 1930.

## 1.3. PERSPECTIVAS ACTUALES

Hoy en día, los BEV se utilizan principalmente para los vehículos pequeños y aplicaciones de corta distancia debido a la limitación de las baterías. En Londres, debido a una nueva ley sobre el uso de vehículos de emisiones cero en el centro de la ciudad, se han utilizado recientemente alrededor de 900 vehículos eléctricos pequeños.

El factor crítico para la adopción generalizada del BEV es el mismo que propició su desaparición a principio del siglo 20. La energía específica másica y la energía específica volumétrica de las baterías a las de los combustibles fósiles. Por tanto, las baterías son muy pesadas y la autonomía es pequeña. Además los costes de producción son elevados para las nuevas baterías avanzadas. El rango medio de los BEV normalmente no excede los 300 km. Esto podría cambiar radicalmente si se mejoran las baterías.

Para facilitar la penetración del vehículo eléctrico en el mercado, deben desplegarse infraestructuras de recarga. Esto es válido para vehículos eléctricos con batería o con hidrógeno. Mientras ya existen estaciones de recarga en muchas ciudades, no ocurre lo mismo con las de hidrógeno. Hay una clara coincidencia entre todos los estudios en que las soluciones basadas en hidrógeno todavía están en fase de desarrollo de la tecnología.

Los vehículos híbridos enchufables solucionan el problema de la limitación de alcance de los BEV activando un motor de combustión interna cuando el nivel de la batería desciende por debajo de cierto valor. Actualmente se considera que estos vehículos convivirán con los eléctricos y que no son una tecnología de transición por la dificultad en desarrollar baterías que cumplan los requerimientos de los BEV.

En la actualidad los vehículos eléctricos son una alternativa real a los vehículos con motor de combustión interna y de hecho ya están apareciendo en el mercado diferentes modelos. El objetivo de este apartado es resumir y analizar las diferentes estrategias que están siguiendo los fabricantes de automóviles en este ámbito. Asimismo, se realizará un breve análisis de otras soluciones eléctricas a la movilidad.

#### 1.4. MODELOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PRESENTADOS POR LAS GRANDES MARCAS DE AUTOMOCIÓN Y ESTRATEGIAS

En la Tabla 1 se recogen los diferentes modelos eléctricos e híbridos propuestos por los fabricantes de automóviles. De dicha tabla se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los vehículos puramente eléctricos corresponden mayoritariamente a la categoría de city cars, exceptuando el caso de Renault-Nissan donde las berlinas medias también serán eléctricas.
- Los precios estimados para los vehículos eléctricos son elevados, debido al coste de las baterías.
- Las marcas situadas en el mercado americano parecen apostar por los coches híbridos.

Tabla 1. Resumen de los vehículos eléctricos por constructores.

Marca	Modelo	Categoría*	Eléctrico/ Híbrido	Fecha de lanzamiento	Precio
Chevrolet (GM)	Volt	BC	Híbrido ER	2010	30-40 000 US\$
	Cruze e	BC	Híbrido	2012	--
	e-Spark	A	Eléctrico	--	--
Cadillac (GM)	Converj	D	Híbrido	2012	
	Escalade	D	Híbrido	2009	> 69 000 US\$
Opel (GM)	Ampera	BC	Híbrido ER	2011	42 000 €
	Flextreme	D	Híbrido	Concept	--
REVA (GM)	--	A	Eléctrico		> 10 000 €
	NXR	A	Eléctrico	2010	
Mitsubishi	iMiEV	A	Eléctrico	2010	30 000 €
Peugeot	iON	A	Eléctrico	2010	30 000 €
	BB1	A	Eléctrico	Concept	--
	307 CC-e	BC	Pila combustible H	2020	--
	308 Hybrid Hybrid4	BC BC	Híbrido Híbrido	2010 2011	-- --
Citroën	C-Zero	A	Eléctrico	2010	29 000 €
	Revolt-e	D	Híbrido	Concept	--
	C-Métisse	D	Híbrido	Concept	--
	C1-EV-iev	A	Eléctrico	2009	18 700 €
Renault	Twizy	A	Eléctrico	2011	
	ZOE	A	Eléctrico	2012	--
	Fluence	BC	Eléctrico	2011	--
	Kangoo ZE		Eléctrico	2011	--
Nissan	TiiDA EV-11	BC	Eléctrico	2010	--
	Leaf	BC	Eléctrico	2011	30 000 €

## Resumen de los vehículos eléctricos por constructores.

Marca	Modelo	Categoría*	Eléctrico/ Híbrido	Fecha de lanzamiento	Precio
	NV200-e	Furgoneta	--	--	--
	Land Glider	A	Eléctrico	Concept	--
	Pivo2	A	Eléctrico	Concept	--
	Nuvu	A	Eléctrico	2012	--
BMW	Mini-e	A	Eléctrico	2009	Pruebas
	Issetta	A	Eléctrico	2012	--
	Vision Efficient Dynamics	D	Híbrido	Concept	--
Mercedes	Smart Fortwo E	A	Eléctrico	2012	--
	Bluecero	B	Pila combustible H	2010	--
	Clase B F-Cell	B	Pila combustible H	2010	--
	Vito E	Furgoneta	--	--	--
Tesla	Roadster	D	Eléctrico	2009	101 500 US\$
	Model S	D	Eléctrico	2012	57 400 US\$
Chrysler	Dodge Zeo- EV	D	Eléctrico	2010	--
Jeep	Wrangler	D	Híbrido	2010	--
Fiat	Phylla	A	Eléctrico	Concept	--
	Micro-Vett	A	Eléctrico	2009	49 300 €
	500 Tender Two	A	Eléctrico	--	--
	500 Li-ion ER	A	Híbrido ER	Concept	--
	Palio	BC	Eléctrico	2010	--
Audi	E1 (eLupo)	A	Pila combustible H	--	--
	A1 e-tron	A	Híbrido	2012	--
	R8 e-TRON	D	Eléctrico	Concept	--
Seat	Leon Twin Drive	BC	Híbrido	>2014	--
VW	Golf Twin Drive	BC	Híbrido	--	--
	Touareg Hybrid	SUV	Híbrido	2011	81 000 €
	R8 e-tron	D	Eléctrico	2012	--
	A1 e-tron	B	Híbrido ER	2012	--
	Jetta Hybrid	BC	Híbrido	2012	--
	e-Upi	A	Eléctrico	2013	--
	e-Golf	BC	Eléctrico	2013	--
Ford	Transit BEV	Furgoneta	--	--	--
	Tourneo BEV		Electrico	2010	--
	Focus EV	BC	Electrico	2011	--
Toyota	Prius III	BC	Híbrido	2010	--
	Auris HSD	BC	Híbrido	2010	--
	FT-EV (e iQ)	A	Eléctrico	2012	--
	FT-CH	BC	Híbrido	2012	--
Honda	Insight	BC	Híbrido	2009	20 000 €
Subaru	R1E	A	Eléctrico	2012	--
	G4e	BC	Eléctrico	--	--
	Stella Minicar EV		Eléctrico	Concept	--
	B9sc	D	Híbrido	--	--
Hyundai	Blue-Will	BC	Híbrido	Concept	--
	ix-Metro	B	Híbrido	Concept	--
Porche	Cayene Hybrid	D	Híbrido		
Volvo	C30 BEV	BC	Híbrido	2012	--
	V70 Plug-in Hybr	C	Híbrido	--	--

Categorías: A: CityCar; B-C: Berlina media; D: Berlina lujo y deportivos. ER, Extender Range.

A continuación se resumen los rasgos más significativos de las estrategias seguidas por algunas marcas.

### 1.4.1. General Motors

**Estrategia.** La plataforma tecnológica de GM se basa en la plataforma del Chevrolet Volt, denominado E-Flex y disponible en un futuro para las marcas del grupo. Hasta el momento GM ha confirmado el lanzamiento en EEUU del modelo Chevrolet Cruze 2011 y se especula que SAAB podría ofrecer un todo-camino con tracción total basado en el prototipo 9-4x e impulsado con la tecnología del Volt. Opel, por su parte, comercializará en Europa su propia versión del Volt, el Opel Ampera 2010 y el Cadillac Converj incorporará el sistema de propulsión del Chevy Volt, la batería, el motor eléctrico de 120 kW y el generador del Volt.

En Septiembre de 2009 GM y REVA anunciaron su acuerdo para cooperar en el desarrollo de vehículos eléctricos para el mercado indio, con el objetivo de desarrollar plataformas conjuntas, tecnología de vehículos eléctricos y sistemas de control avanzados, que impulsen la creación y el lanzamiento de un pequeño automóvil asumible para el mercado doméstico indio. Hoy en día uno de los grandes retos para GM es reducir y abaratar la batería, sin aumentar la autonomía eléctrica. En la Figura 4 se pueden ver algunos modelos de General Motors descritos anteriormente.



Figura 4. Diferentes modelos de vehículos eléctricos/híbridos presentados por General Motors.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** La energía que mueve al Volt se almacena en una batería de 288 celdas de litio-ion de 16 kWh de capacidad, equivalente a la energía contenida en 1.6 L de gasóleo. Las características de este sistema son las siguientes: tienen una autonomía de 50 km con la batería cargada al 100%, un peso de batería de 198 kg y un peso de generador eléctrico de 150 kg. La vida de la batería es de 7 000 recargas, equivalente a 10 años de vida con 2 recargas diarias y un coste de aproximadamente 2 € por carga, la cual durará 3 h. La recarga dura 4h al conectarlo a 220 V. Para la carga de estas baterías sirven todo los tipos de enchufes. Además, ésta será programable para poder aprovechar las horas de tarifa nocturna. No obstante, el Volt ofrece la posibilidad de recargar en marcha con un tiempo mínimo de media hora utilizando el generador de gasolina.

La importante diferencia de la plataforma Volt respecto a otros vehículos eléctricos, como el i-MiEV, es la toma de corriente. El Volt tiene sólo una toma de corriente, mientras que otros vehículos eléctricos constan de una segunda toma que sirve para la recarga rápida. Después de ensayos intensivos con diferentes soluciones de baterías de litio-ion, General Motors ha comprendido mucho mejor las células de litio-ion, el hardware de control y la fabricabilidad de los componentes de batería necesarios para el pack de baterías del Volt. Como los power-trains actuales, el diseño, desarrollo y ensamblado de baterías avanzadas es una actividad core-competency para GM, por lo que ha desarrollado rápidamente capacidad y recursos en esa dirección. GM construirá la primera planta de fabricación y ensamblado de baterías de litio-ion en EEUU, que será la primera pilotada por un constructor de primer nivel. Las baterías de litio-ion del Volt para los prototipos serán suministradas por LG-Chem Compact Power Inc, una filial de LG-Chem con sede en Troy, Michigan, hasta que la nueva planta de baterías de GM esté operativa. Un contrato de ingeniería conjunta de 12 meses con CPI y LG-Chem avanzará más en la tecnología de baterías.

**Plan Industrial.** La planta de Detroit-Hamtramck fabricará 8 000 unidades del Volt en 2010. GM invertirá 336 MUS\$ en su planta de montaje de Detroit-Hamtramck (ubicada a 5 km de la central de GM) para comenzar la producción del Chevrolet Volt en Marzo de 2010. Con esto, la inversión en Michigan se eleva a 700 Mill.US\$ en ocho instalaciones. Detroit-Hamtramck será la ubicación de montaje final para el Volt, utilizando utillajes de Grand Blanc, baterías de litio-ion de la planta de Brownstown Township (primera batería fabricada el 07.01.2010), árboles de levas y bielas de Bay City, estampaciones de Bay City y, finalmente, el motor-generator de 1.4 litros de la planta de Flint, si bien los suministros iniciales serán importados. El ensamblado de vehículos se iniciará en Marzo 2010, con un inicio de producción regular previsto para finales de 2010. Se utilizará la línea de montaje existente en Detroit-Hamtramck. GM prevé fabricar 8 000 Volts del modelo 2011, pero podría subir eventualmente hasta 60 000 unidades anuales.

Asimismo, GM fabricará el Ampera en Detroit-Hamtramck durante los años 2011 y 2012. Inicialmente la planta de Detroit-Hamtramck producirá variantes Ampera para Opel/Vauxhall Europa, aunque la producción final se trasladará a Europa, posiblemente a la planta Vauxhall en Ellesmere Port, noroeste de Inglaterra. La versión con volante a la izquierda para los mercados europeos se iniciará a finales de 2011 y la versión de conducción por la derecha para el mercado británico comenzará a principios de 2012. Mientras que los ingenieros de Russelsheim han realizado las pruebas de rendimiento del sistema Voltec y la conducción en general, en Mainz-Kastel han desarrollado las pruebas de la batería de litio-ion. Además se ha analizado el comportamiento en "mulas" de estos subsistemas específicos individuales. En la siguiente fase de integración, el automóvil se construye con todos los sistemas completos, de forma que el desarrollo final de los coches es, para todos los efectos, casi exactamente el mismo que los coches de producción. General Motors considera la movilidad de los vehículos eléctricos más allá del nicho y ofrece en un sedán de tamaño completo, cuatro puertas mucho más que un city-car más.

La fabricación americana del REVA se prevé que sea en New York. Bannon Automotive planea renovar un edificio de 150 000 ft<sup>2</sup> en Clay en el condado de Onondaga (NY). Esta planta crearía inicialmente 100 puestos de trabajo. El estado de New York ha aprobado ayudas económicas para este proyecto.

### 1.4.2. Mitsubishi

**Estrategia.** El iMiEV es la apuesta por parte de Mitsubishi para el vehículo eléctrico. A la venta en Japón a un precio de 44 860 \$, está basado en un coche urbano, un kei car en Japón, que se realiza sobre la base del Mitsubishi i, un coche de menos de 3,40 m de largo con motor 60 cc y, a la venta desde 2006. Sus características técnicas son las siguientes:

Tiene una autonomía de 160 km a un máximo de 130 km/h con una sola recarga valorada en 1,8 €. A diferencia del Volt que dispone de un generador de gasolina para recargar sus baterías, el i-MiEV es un coche 100% eléctrico y limitado a la capacidad eléctrica de sus baterías de 16 kWh de capacidad, la misma que el Volt. En el futuro Mitsubishi tiene planeado introducir otros cinco modelos eléctricos: una versión volante-izquierda del i-MiEV para el mercado europeo en 2º semestre fiscal de 2010; un vehículo eléctrico comercial para transporte de mercancías en el ejercicio fiscal 2010; a lo largo de 2011, lanzamiento de modelos eléctricos de vehículos de mayor tamaño; durante el año fiscal 2013, un plug-in híbrido de vehículos utilitarios deportivos; una versión deportiva del i-MiEV, con una mejor conducción (Figura 5).

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** Bajo el suelo del habitáculo se encuentran las baterías de litio-ion de 16 kWh de capacidad a 330 V. A ambos lados de la carrocería hay dos tomas de corriente, una permite recargar las baterías empleando un enchufe normal de 220 V y 15 A y la otra recarga las baterías mediante una toma trifásica de 120 A. Requiere 7 horas para la carga completa a 200 V AC (15 A) y 14 horas a 100 V AC (15 A). La carga rápida a 200 V 3-fases (50 kW) requiere 30 minutos para una carga del 80%. Las baterías son de alta densidad energética de litio-ion. Un módulo consiste en 4 células, y 22 módulos forman un pack de batería. Gracias a su estructura modular, que permite su instalación horizontal, vertical e incluso transversal, cada pack de baterías puede ajustarse bajo el suelo. La autonomía es 160 km (patrón de conducción: Japón modo 10-15).

Están consisten en 22 módulos que forman el pack de batería y cada módulo esta formado por 4 celulas.



Figura 5: Diferentes modelos del Mitsubishi i-MiEV

**Plan Industrial.** Mitsubishi comenzó a fabricar el iMiEV a gran escala en Okayama el 04 Junio 2009. Tenía previsto fabricar 1 400 unidades en 2009, 5 000 en 2010 y 15 000 en 2011. Tiene más de 2 000 pedidos. Según fuentes próximas a Mitsubishi, los compradores de un i-MiEV obtienen del gobierno japonés una exención de impuestos de 14 200 \$, que reduce su precio hasta 30 000 \$, inferior a su coste real de 45 000 \$, que otras fuentes cifran en 51 000 \$. En España el precio es de 30 000 € antes de la ayuda del plan Movele.

El iMiEV ha sido un gran éxito, prueba de ello son los premios internacionales que ha recibido en sus primeros 6 meses. Además, son varias las ciudades y gobiernos que han adquirido o mostrado interés por adquirir este modelo de Vehículo eléctrico este. Por ejemplo, Islandia ha anunciado su intención de implantar una enorme flota de iMiEVs, comenzando en 2009. Monaco, por su parte, recibió el 25 de Noviembre de 2009 cuatro Mitsubishi iMiEV para servicios y comunidad local. En Canada disponen de tres vehículos desde el 20 de Noviembre de 2009, seleccionados para comenzar el despliegue americano debido a su adaptación temprana en infraestructura de carga. En UK el iMiEV ha sido utilizado por la policía durante 1 año con resultado satisfactorio.

Mitsubishi se ha aliado con PSA para el mercado europeo y el iMiEV se como versión europea bajo la marca Peugeot y Citroën en 2010. PSA y Mitsubishi han estado estudiando cooperar en powertrains eléctricos para city-cars desde junio de 2008. Como parte del acuerdo, Mitsubishi ofrece a PSA su experiencia eléctrica y PSA aporta su capacidad de fabricación europea y su experiencia con vehículos de emisión cero.

Mitsubishi junto con GS YUASA (líder en fabricación de baterías) fundaron en 2007 la Litium Japan Company con el objeto de poner en marcha la primera planta mundial dedicada a la producción en masa de baterías de ion litio para coche eléctrico.

### 1.4.3. PSA

**Estrategia.** PSA se describe a sí misma como "el mayor fabricante mundial de vehículos eléctricos", con unas ventas de más de 10 000 unidades de la anterior generación de vehículos de emisiones cero en la década de los 90. PSA tiene previsto además otros innovadores conceptos de vehículos eléctricos. Los modelos que ha presentado demuestran su interés por diferentes estrategias como son los city car puramente eléctricos (Peugeot iON, Citroën C-1 EV, C-Zero), híbridos (Peugeot 308 Hybrid, Hybrid4), incluso deportivos con motores en rueda (Citroën C-Métisse) y novedosos modelos conceptuales (Peugeot BB1 y Citroën Revolt-e). En la Figura 6 se muestran algunos de estos modelos.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** PSA emplea diferentes sistemas de almacenamiento de energía. Por una parte, los city cars, basados en el Mitsubishi iMiEV, con baterías de litio-ion compuestas por 88 células de 50 Ah (16 kWh de energía) y consumos de 125 Wh/km. Por otra parte, los modelos híbridos que disponen de un motor diesel 1,6 L y motor síncrono de imanes permanentes. Mientras que todo o el sistema de tracción se controla mediante un Power Train Management Unit (PTMU) dirigido por el conductor, un inversor con refrigeración líquida, regula la corriente de 150 a 260 V requerida por el PTMU y un convertidor reduce de 200 V a 12 V. Nueva batería Ni-MH de 5,5 Ah y 200 V. Autonomía eléctrica de 3 km. En ciclo urbano consume el 58% del modelo clásico. Las mejoras de los modelos 307 presentados en 2006 se centran en el package de la tecnología híbrida (110 kg) dentro de la estructura del 308 y el cumplimiento de euro V. Entre las mejoras implementadas son de mencionar la reducción de un 30% en el número de piezas, la implementación del sistema Stop/start para el arranque eléctrico y motor diesel y la apuesta por las pilas de combustible y tecnologías de batería y de almacenamiento de hidrogeno en el Peugeot 307 cc, previsto para 2020-2025.

**Plan Industrial.** En cuanto a los city-cars puramente eléctricos, PSA se ha aliado con Mitsubishi y prevén el suministro de 20 000 vehículos en 2011. Sin embargo la principal apuesta de PSA es por la tecnología híbrida. Las dos plantas industriales de Mulhouse y Sochaux de PSA Peugeot Citroën federan los equipos internos en torno al dispositivo industrial asociado a la tecnología HYbrid4 cuyo lanzamiento está previsto en 2011. En la unidad de mecánica de la planta de Mulhouse, los equipos se movilizan y los proyectos Lean (optimización de la calidad, de la eficacia y de los costes gracias al trabajo en equipo) se suceden. La finalidad de todos estos proyectos es mejorar la organización futura del taller encargado del ensamblaje de esta nueva cadena de tracción eléctrica. En Sochaux, varios Peugeot 308 equipados con la tecnología HYbrid4 diesel ya han salido del taller de prototipos. La integración de la tecnología HYbrid4 en el vehículo se realizó en un tiempo récord gracias a las competencias adquiridas en los últimos años en las cadenas de tracción híbridas, en particular en el Citroën C4 y el Peugeot 308. Asimismo, la utilización sistemática de herramientas digitales, la maquetación física y virtual del proceso, el alojamiento en la planta de todo el equipo de proyecto Híbrido y el trabajo en modo proyecto movilizaron las energías y permitieron acelerar el desarrollo. Dentro de unos meses, PSA Peugeot Citroën precisará el esquema definitivo previsto para la industrialización de esta tecnología prometedora.

Peugeot iON



Peugeot 308 Hybrid



Peugeot BB1



Citröen C-Zero



Citröen C-Métisse



Citröen Revolte



Figura 6. Modelos de vehículos eléctricos e híbridos de PSA.

#### 1.4.4. Renault-Nissan

**Estrategia.** A partir de 2011, Renault comercializará cuatro automóviles eléctricos, dos de los cuales serán versiones derivadas de los vehículos actuales. El primero será una berlina familiar de tamaño medio (Renault Fluence electric), y las ventas se iniciarán en Israel y Europa. El segundo vehículo, también distribuido en 2011, será una versión eléctrica del Kangoo Express, dirigido sobre todo a los profesionales y a las flotas de empresas. A continuación se extenderá la oferta eléctrica a otros segmentos, con dos nuevos automóviles de diseño innovador y de arquitectura 100% eléctrica. El tercer vehículo está previsto también en 2011 y llegará un cuarto vehículo en 2012. Durante 2010, Renault propondrá el testeo de varios prototipos del futuro Kangoo Express eléctrico para mostrar el avance del proyecto y para continuar sensibilizando a los usuarios sobre este tipo de movilidad con emisiones cero. A mediados de 2010 los

primeros Kangoo Express eléctricos de serie estarán disponibles en la red de ventas Renault.

En cuanto a Nissan, el modelo compacto Leaf verá la luz en 2011 con la primera serie de 20 000 unidades, para las que se aceptan prepedidos. Sobre la misma plataforma del Leaf, Nissan presenta la variante eléctrica de la furgoneta NV200, dirigida a ciudades con restricciones a emisiones de CO<sub>2</sub>, furgoneta taxi, transporte público o incluso ambulancia con acceso hasta el interior del hospital. Otros modelos conceptuales de esta marca son el Land Glider, un concepto de vehículo que mezcla las características de de una motocicleta y un avión en un automóvil, pensado para urbes congestionadas y trayectos cortos; el Pivo 2, plataforma conceptual con cuatro motores 3D ubicados en las ruedas que también recuperan energía de la frenada, ruedas pivotantes y cabina giratoria. Algunos de los modelos presentados por estas marcas se muestran en la Figura 7.



Figura 7. Modelos de vehículos eléctricos de la alianza Renault-Nissan.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** La alianza Renault-Nissan destaca por su apuesta por los vehículos puramente eléctricos (de momento no han mostrado ningún desarrollo en el ámbito de los coches híbridos). Nissan Motor Co Ltd y Showa Shell Sekiyu KK desarrollarán sistemas de carga rápida para vehículos eléctricos utilizando la nueva generación de paneles solares de Showa Shell y baterías de Nissan de litio-ion avanzadas. Este desarrollo conjunto está dentro de un proyecto del Ministerio de Economía, Comercio e Industria. Ambas empresas consideran que un sistema de carga rápida de desarrollo conjunto aspira a:

- Maximizar el uso de la energía solar que es la energía renovable.
- Con baterías litio-ion, la energía será suministrada también en caso de corte de energía.
- Reducir la influencia en la red (nivelado de cargas).

Además, se espera que estos sistemas de carga rápida (paneles solares CIS y baterías litio-ion) sean utilizados en las viviendas y en plantas de gran escala de energía solar (mega plantas solares). Nissan también propone carga nocturna mediante enchufe y recarga diurna por inducción, aplicada en parking y garajes. La recarga sin cables funciona en base al principio de inducción electromagnética, mediante el cual dos

bobinas (una en el suelo y otra en los bajos del coche) cercanas pueden transmitirse electricidad una a la otra. Lleva solo unos segundos que la bobina primaria y secundaria se reconozcan, y el sistema recarga la batería de este pequeño EV en solo tres horas. Los ingenieros de Nissan aseguran que la eficiencia de la carga es tan buena o mejor que si se enchufa a un cable y el proceso de carga por inducción es simple y barato.

**Plan Industrial.** La planta de Renault de Valladolid fabricará el Renault Twizy, modelo orientado a la movilidad urbana, con 20 000 unidades en 2013. La planta de Flins al noroeste de París (especializada en Clio) fabricará el modelo urbano y polivalente Renault ZOE desde 2012. Asimismo, en esta misma planta se espera fabricar un modelo eléctrico compacto pequeño a partir del 2012. La planta de Maubeuge (especializada en Kangoo) fabricará el modelo Kangoo BE BOP Z.E. para uso de profesionales en entorno urbano y semi-urbano, a partir del primer semestre de 2011.

En cuanto a Nissan, el modelo Leaf se producirá inicialmente en Oppama, Japón y posteriormente en Smyrna, Tennessee, EEUU. El modelo (de momento conceptual) Land Glider es posible que se fabrique en la planta de Barcelona. Asimismo, la versión eléctrica de la furgoneta comercial NV200 que se fabrica en Barcelona, tiene ventajas estratégicas respecto las plantas de Japón y China. Las baterías de litio-ion se fabricarán en Zama, Japón y posteriormente en EEUU, UK y Portugal, aunque otras ubicaciones están también en estudio.

Son numerosos los lugares en los que han comenzado a testearse a gran escala vehículos de la alianza Renault-Nissan. Entre ellos, cabe destacar:

- 1) El lanzamiento de un programa piloto de vehículos eléctricos a gran escala en la región de París en 2010. En ella planean testear el desarrollo de la movilidad eléctrica por primera vez en Francia mediante ensayos “de-vida-real” en la región de París.
- 2) La alianza ha firmado un acuerdo con la eléctrica italiana A2A, el principal suministrador de electricidad en la Lombardía. El proyecto piloto involucrará en 2010 a las ciudades de Milán y Brescia. Milán y la Lombardía son un lugar ideal para la prueba de vehículos eléctricos, dado que la Administración local y los consumidores están muy sensibilizados sobre el medioambiente y el desarrollo sostenible.
- 3) El gobierno Holandés ha solicitado a la alianza Renault-Nissan su contribución al plan de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en Holanda, mediante su participación en la introducción de la movilidad eléctrica en el país. Renault y Nissan, con su experiencia internacional en éste área, jugarán un papel principal como partners de desarrollo para la introducción de los vehículos eléctricos en Holanda.

#### 1.4.5. BMW

**Estrategia.** En el ámbito de coche eléctrico BMW ha presentado tres modelos: el Mini eléctrico, el BMW Isetta (probablemente eléctrico) y el híbrido BMW Vision EfficientDynamics (Figura 8). Con estos tres modelos BMW se consolida en el mercado del coche eléctrico. No obstante BMW, por su parte, siguen testeando la viabilidad de las baterías.

## Sistema de almacenamiento y generación de energía.

La apuesta de BMW por el modelo Mini-e es la siguiente: Motor de 150 kW, baterías de litio-ion 35 kWh, una velocidad máxima de 95 mph, una autonomía media de 100 millas y powertrain de AC propulsión. En cambio para el Vision Efficient Dynamics proponen el híbrido serie diesel, con varios propulsores eléctricos y un motor turbodiesel de 3 cilindros 1.5 litros y 163 hp. Además incorporara motor-freno de eje trasero de 33 hp y reductora de 6 velocidades y motor-freno eje delantero 112 hp. En cuanto a las baterías, incorporaren una batería de 111 kWh con una potencia de 356 CV y un par máximo de 800 N.

Batería 111 kWh. Emisiones de 50 a 99 g CO<sub>2</sub>/km, potencia 356 CV, par máximo de 800 N. 0-100 km/h en 4.8 segundos y velocidad máx. 250 km/h, consumo mixto de 3.76 litros a 100 km (62mpg). Autonomía 400+31 millas, 31 eléctricas, Batería 8.6 kWh, carga 220 V 2.5h. Tecnología eléctrico + diesel con tracción en las cuatro ruedas. La puesta a punto de esta nueva tecnología podría llevar unos cinco años.

Plan Industrial. El Mini-e tiene un programa de máximo 450+30 vehículos, en el área New York y Los Angeles, ampliado a Londres (20+20), Munich y Francia. En Londres Scottish y Southern Electric proporcionan la infraestructura eléctrica. Los requisitos para los participantes eran: tener garaje (Mini instalará la estación de carga básica); firmar un contrato anual por 850 \$/mes (330 £/mes en UK).

El BMW Isetta, desarrollado por La University Bath en UK, será un coche pequeño dirigido a las ciudades y todavía no está decido si será híbrido o eléctrico aunque la versión eléctrica es la preferida.



Figura 8. Diferentes modelos eléctricos presentados por BMW.

### 1.4.6. Mercedes

**Estrategia.** Mercedes, inyecta 200 millones de euros en sus vehículos eléctricos, convirtiéndose así en el fabricante alemán que más fuerte está apostando por el coche eléctrico. La inversión se dirigirá a aumentar la producción de baterías de litio-ion de las 300 000 previstas para el 2011 hasta las 2,9 millones en 2013. Con la tendencia actual de los 800 000 vehículos previstos para 2012 y la tasa de emisiones de Mercedes de 160 g/km de CO<sub>2</sub>, supondría una multa europea de nada menos que 2 100 millones de euros que son los impuestos de matriculación que Mercedes debe de pagar por todos los vehículos producidos. Estas tasas de matriculación se basan en las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada automóvil y está en vigos desde 1 de Enero de 2008. Esta cantidad se vería notablemente reducida si Daimler consigue poner en las calles 50 000 unidades eléctricas. En este caso la sanción se rebajaría notablemente, hasta unos 115 millones de euros debido a que los vehículos que no superen los 120 g/km de CO<sub>2</sub> están exentos del impuesto de matriculación. Entre los vehículos que

propone Mercedes están el Smart-e (city car), el Bluecero y el clase B F-Cell y la furgoneta eléctrica tipo Vito y el deportivo SLS-AMG-EV (Figura 9).



Figura 9. Diferentes modelos eléctricos presentados por Mercedes.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** Tesla y Daimler colaboran en el desarrollo de baterías desde Noviembre 2007 con un primer prototipo listo en 40 días. El Smart tendrá una recarga de baterías estimada en 8 horas, motor eléctrico 30 kW (41 CV), aceleración a 48 km/h (30 mph) en 6,5 s, alcance de 115 km (72 millas) velocidad máxima 110 km/h (70 mph). Asimismo, Mercedes tiene el 49,9% de Evonik, filial de Li-Tec, líder mundial en el área de las células de ion de litio. Por ello podrán introducir su conocimiento en la investigación, desarrollo y producción de células y contribuir decisivamente para llevar a fabricación la próxima generación de tecnología. Además montarán una joint-venture al 90% para producir baterías completas para su uso en automóviles.

**Plan Industrial.** Smart comenzará su fabricación en 2012 en Hambach, norte de Francia, con una inversión millonaria, para ello, Daimler ha adquirido el 10% de Tesla y éste suministrará 1 000 baterías en un año, además de cargadores, otros componentes y el powertrain. Tesla, por su parte, ha anunciado que suministrará baterías de litio-ion y cargadores a Daimler AG. Estos componentes se utilizarán para la segunda generación del Smart. Para el testeado de campo Daimler, construyó 1 000 smart eléctricos en el 2010 destinados a clientes seleccionados por Smart en París, Roma, Milán, Pisa, Madrid y Hamburgo, así como en Suiza y en otros proyectos de Europa y los Estados Unidos. Los primeros vehículos tuvieron como destino la ciudad de Berlín donde, en el marco del proyecto “e-mobility Berlin, Daimler AG está estableciendo, junto con la empresa eléctrica RWE y el apoyo tanto del Gobierno Federal como de la ciudad de Berlín, las condiciones necesarias para un tráfico libre de emisiones locales con propulsiones eléctricas por batería. Entre otros objetivos, destaca la construcción y propagación de estaciones de carga eléctrica “rápida” como alternativa a las recargas en las tomas de corriente doméstica. Entre otros objetivos, destaca la construcción y propagación de estaciones de carga eléctrica “rápida” como alternativa a las recargas en las tomas de corriente doméstica. La factoría vitoriana de Mercedes, donde trabajan unas 3 000 personas, producirá a partir del último trimestre de 2010 las primeras unidades de vehículos eléctricos en el País Vasco. Bajo este pionero proyecto -modesto en sus inicios, con sólo cien unidades- se esconde un plan que pretende situar a la planta alavesa, y a sus numerosas empresas satélites, en una situación de liderazgo mundial cuando este mercado sostenible explote. El Gobierno vasco aportará nueve millones de euros y la firma automovilística destinará otros seis. Mientras, la matriz germana trabajará de un modo paralelo en el desarrollo de esta tecnología limpia. Elegirá, probablemente sus instalaciones en Stuttgart e inyectará una partida que fluctuará entre los 30 y los 40 millones de euros. De hecho, Mercedes Vitoria echará el telón a este curso con una producción de 54 600 unidades. Se trata de la mitad que el año pasado, cuando alcanzó un récord de 102 600 vehículos.

Según las previsiones manejadas por el consejero vasco de Industria, Bernabé Unda, «en 2020, entre el 10% y el 12% de los automóviles» vendidos llevarán un enchufe de serie.

#### 1.4.7. Audi-Volkswagen

**Estrategia.** El grupo Audi-Volkswagen ha desarrollado prototipos eléctricos desde 1970 incluyendo vehículos con célula de combustible y motores híbridos con motor Wankel. Audi ha comunicado que invertirá 5 900 millones de euros en los próximos años, el 80% de la cantidad total, para el desarrollo de nuevos productos y de modelos eléctricos e híbridos. Los modelos eléctricos e híbridos de la firma alemana van desde los city-cars Audi E1 (basado en el VW Lupo) y VW e-Up, pasando por los híbridos VW Golf Twin Drive y Seat Leon Twin Drive previsto para 2014, hasta el deportivo Audi R8 e-Tron (Figura 11).

Pretende alinear el diseño de vehículos eléctricos de forma que todas sus marcas (Audi, Bentley, Bugatti, Lamborghini, SEAT, Škoda y Volkswagen) desarrollen coches eléctricos con una misma estrategia de producción para reducir costes.

En 2011 se realizará una experiencia de demostración con 20 unidades de A1 e-tron.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** Volkswagen AG lidera proyecto de 8 empresas alemanas en el “Fleet test: electric drive vehicles” (“Flottenversuch Elektromobilität”), junto a EON, LTC/GAIA y Evonik/Li-Tec (batería), Fraunhofer Gesellschaft, Heidelberg Institute for Energy and Environmental Research (Ifeu), El centro alemán de tecnología aeroespacial (DLR), y la Universidad de Munich Westphalian Wilhelms. El proyecto demostrará la utilización de energía renovable (eólica, solar, hidráulica) en 20 automóviles PHEVs Audi A1 e-tron como flota de prueba en condiciones reales en 2011. También se evaluará la utilización de varios métodos de integración de vehículos con la red eléctrica V2G (Vehicle To Grid) con propósitos estabilizadores. Estos vehículos incorporan baterías de ion-litio y con capacidad para 50 km en modo eléctrico y un motor Wankel que envía energía a la batería.

La mayoría de las soluciones de Audi-Volkswagen son los híbridos, por ejemplo en motor eléctrico 40 kW máx 60 kW y 210 Nm velocidad máxima 135 km/h, motor turbodiesel 2 cilindros 38 kW peso 1 045 kg, con 240 kg en baterías litio-ion y 140 kg el powertrain eléctrico, autonomía máxima de 130 km, consumo 2€ 100 km, recarga rápida al 80% en 1 h o normal en 5 h.

Audi está ensayando el motor rotativo Wankel como range-extender ya que permite reducir peso respecto del los convencionales.

Sin embargo, en el deportivo R8 e-Tron se emplearán 4 motores-rueda con 230 kW y 4 500 Nm de par, baterías ion litio de 550 kg con refrigeración líquida y capacidad de 55 kWh, autonomía de 248 km y carga de 6-8 h desde la red doméstica.

**Plan Industrial.** Audi tiene que trabajar rápido para atrapar a su rival natural BMW, que ya ha empezado la producción del mini eléctrico. El Audi E1 está previsto para 2011. Actualmente el único coche híbrido disponible para venta es el Touareg Hybrid fabricado en Bratislava. En 2011 se introducirá en China y en EEUU.

En Noviembre 2010, Volkswagen AG anunció que planea construir y vender 10 000 coches eléctricos en china entre 2014 y 2018. El modelo eléctrico se producirá en asociación conjunta con SAIC Motor Corp. y FAW Group Corp. como pronto en 2013.

Según un directivo de Audi, se planea fabricar una pequeña serie de Audi E-tron coches hacia finales del 2012 o comienzos del 2013. El diseño final del futuro coche y hasta la idea del Wankel todavía está en sus inicios, pero según aseguró el directivo mencionado, dará paso a próximos modelos de la marca, en el futuro. El R8 e-tron está previsto empiece a venderse a finales de 2012 en una serie limitada.

La comercialización del e-Golf está prevista para 2013 junto con el Jetta electrico y el Up.

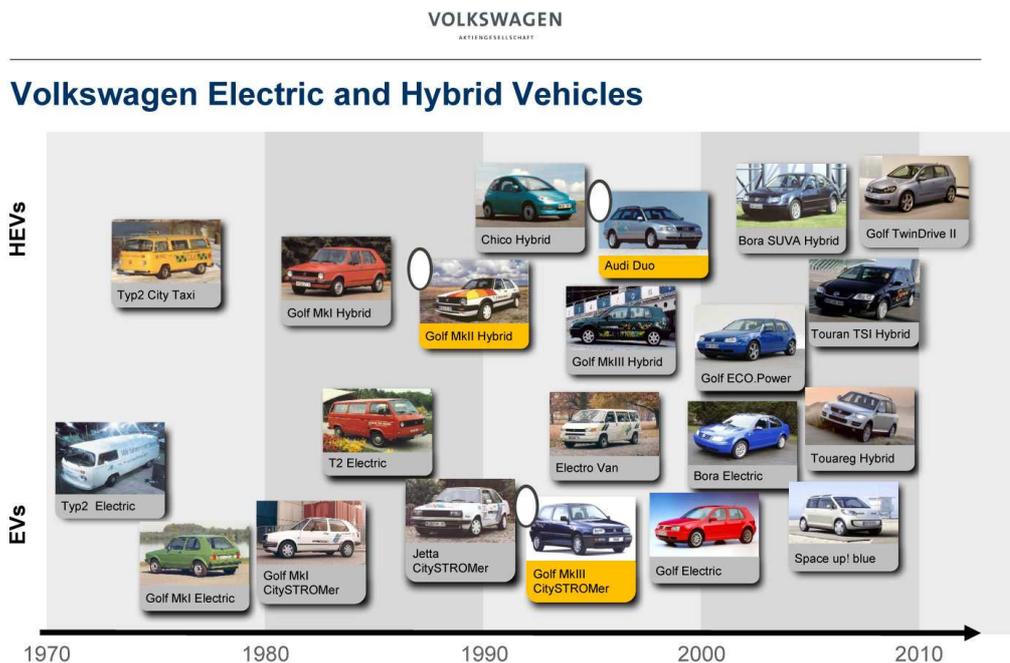


Figura 10. Diferentes modelos eléctricos e híbridos presentados por VW.

VW e-UP



VW Golf Twin Drive



Audi R8 e-Tron



Audi A1 etron



Seat Leon Twin Drive



Audi Mettroproject



Figura 11. Diferentes modelos eléctricos e híbridos presentados por Audi-VW.

#### 1.4.8. Ford

**Estrategia.** El presidente ejecutivo de Ford, Bill Ford, desveló su plan para vehículos eléctricos e híbridos en 2009 durante la “North American International Auto Show”:

- Una nueva furgoneta puramente eléctrica para 2010. En UK, Ford colabora con Tanfield, el líder del mercado de vehículos eléctricos, para ofrecer versiones eléctricas de los vehículos comerciales Ford Transit Connect para flotas de clientes de los mercados UK y UE.
- Un nuevo coche pequeño eléctrico para 2011 en colaboración con Magna.
- Nueva generación de híbridos enchufables.

Por ejemplo el Focus EV, que se prevé sea el primer EV para el gran público, está desarrollado junto con Magna. Asimismo, han presentado el Magna Mila EV como producto de marca blanca para revender a otros fabricantes. Ford y Magna han anunciado su colaboración para sacar al mercado un vehículo eléctrico en el 2011. En la Figura 12 se pueden ver algunos modelos eléctricos de Ford.



Figura 12. Modelos eléctricos de Ford.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** Ford está colaborando con Magna International para sacar el nuevo vehículo eléctrico de baterías en el 2011. Magna aportará el motor eléctrico, la transmisión, el controlador, las baterías de Li-ion, el cargador y los sistemas asociados.

**Plan Industrial.** Tanfield espera firmar un acuerdo importante con Ford, y crear un número importante de empleos, después de que en el Detroit Motor Show, Ford ha anunciado sus planes a 4 años para suministrar al mercado estadounidense automóviles eléctricos con batería. Estos incluyen el lanzamiento de una versión eléctrica del Ford Transit Connect van el próximo año en EEUU. También desarrollará en 2011 un pequeño coche eléctrico, y vehículos híbridos enchufables, para 2012.

Ford ha llegado a un acuerdo con la ciudad alemana de Colonia y varias compañías locales para comenzar las pruebas en suelo europeo de su modelo eléctrico Transit. En total serán 25 unidades las que la marca americana entregará a cambio de nada menos que 15 millones de euros. 50 analistas de diferentes departamentos de la Unión Europea analizarán los resultados de esta prueba de cara a la posible extensión del programa por el resto de países. El programa denominado ColognE-Mobil, es un ambicioso proyecto con un presupuesto de 115 millones de euros para la investigación y desarrollo de modelos eléctricos con un objetivo de alcanzar un millón de unidades circulando por las carreteras alemanas antes del 2020. El departamento de energía de los EEUU (DOE) también ha financiado a Ford Company con 10 Mill.US\$ para la investigación, desarrollo y demostración de los vehículos eléctricos e híbridos enchufables. Ford también se ha expandido a China y está explorando junto con Changan Auto Group y las ciudades de Chongqing, Denver y Colo vías para

desarrollar proyectos que promuevan la seguridad energética y la sostenibilidad medioambiental.

#### 1.4.9. Fiat-Chrysler

**Estrategia.** Fiat apuesta por recuperar el mercado de los modelos pequeños con sus vehículos eléctricos. Los modelos que ha presentado son el Phylla, un proyecto de auto urbano movido por energía solar; el Micro-Vett Fiat 500 y el 500 Tender Two (Figura 13) diseñado por el milanés Castagna. Lo que será el nuevo 500 Jolly de los años 50-60; y por último el Fiat Palio. Por su parte Chrysler, apuesta por el Dodge EV Lotus Concept, un modelo eléctrico puro en su primer modelo que pretender ampliarlo con un range extender.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** En el caso del Fiat Phylla, el coche está recubierto con células PV para cargar la batería. Tiene una autonomía de 150 km (litio-ion) o 220 km (litio-polímero). En el caso de Chrysler el motor tradicional del Dodge Caliber (1.8, 2.0, 2.4), se ha visto sustituido por un tres cilindros de 1,0 L de cuatro válvulas, acoplado a un generador UQM PowerPhase75, de 41 kW y 75 kW de pico. Una batería de litio-ion 20 kWh con refrigeración líquida a 346 V con un convertidor DC / DC Delphi, y un motor de tracción UQM PowerPhase125EX. La batería está en un túnel en forma de T, fuera de áreas críticas en caso de accidente. La aceleración fue incluso mejorada en un 20 por ciento. Actualmente evalúan estrategias del generador y conceptos de motor, comparando un tres cilindros y un motor rotatorio.

**Plan Industrial.** En España está en venta el Micro-Vett Fiat 500, formando parte del catálogo Movele al precio de 49 300 € + IVA. Tras completar una fase de desarrollo de tres años, la subsidiaria de Fiat en Brasil está produciendo la versión eléctrica del Fiat Palio Weekend en la fábrica de Foz do Iguazu en Paraná. Cinco prototipos Chrysler Dodge Circuit están en marcha en EEUU y varios más en UK. En términos de coste, el elemento que reduce costes es el volumen de producción y Chrysler (Lou Rhodes) ve que el punto de inflexión para bajar costes estaría en 100 000 unidades. El plan industrial sería fabricar los coches en Lotus Hethel, y en EEUU instalar el powertrain eléctrico y las baterías antes de los concesionarios.

Fiat Phylla Fiat 500



Tender Two



Chrysler Dodge EV



Figura 13. Modelos eléctricos de Fiat-Chrysler.

#### 1.4.10. Toyota

**Estrategia.** El Toyota Prius III es el máximo exponente de la firma nipona, con un rediseño del 90% de sus componentes. En la misma línea, basado en el Prius, también ha presentado el Toyota Auris HSD que en palabras de Toyota, se trata del

primer paso para extender dicha tecnología a toda su gama de modelos europeos. Además, en cuanto a los vehículos puramente eléctricos Toyota ha propuesto el city car FT-EV basado en el iQ. Por último, Toyota ha revelado en Detroit en 2010 el FT-CH, cuyo styling fue diseñado por la European Design and Development (ED2) de Toyota. Algunos de estos modelos se muestran en la Figura 14.

Toyota Prius III



Toyota Auris HSD



Toyota FT-EV



Figura 14. Modelos eléctricos de Toyota.

### Sistema de almacenamiento y generación de energía.

La apuesta tecnológica de Toyota para el modelo Prius, se basa en un motor híbrido paralelo-serie. Este motor está integrado en un sistema de transmisiones híbrido muy complejo desarrollado por grandes fabricantes como AISIN para Toyota, para Ford y para GM. El motor-generator eléctrico de 18 kW es un motor eléctrico síncrono de imanes permanentes refrigerado por aire. La batería de Ni-Mh

El paquete de baterías HV consiste de 28 módulos de baterías de NiMH de bajo voltaje (7,2 voltios) conectados en serie para producir aproximadamente 201,6 voltios. El motor de combustión es de ciclo Atkinson 1 800 cc y 99 CV, mejorando el anterior de 1 500 cc y 78 CV. Una bomba de agua eléctrica refrigera el motor cuando ha alcanzado su temperatura ideal.

Batería Ni-Mh 201.6 V, antes 39 kg carga 50 A y descarga 80 A, mantiene 28 módulos antes 38. El motor de combustión es de ciclo Atkinson 1 800 cc y 99 CV, mejorando el anterior de 1 500 cc y 78 CV. Una bomba de agua eléctrica refrigera el motor cuando ha alcanzado su temperatura ideal.

**Plan Industrial.** El Toyota Prius lanzado en 1997 es el híbrido más vendido con objetivo de ventas 2009 entre 350 000 y 400 000 unidades, el 50% de ellas en EEUU. La demanda de mercado ha superado esta previsión con 208 876 unidades sólo en Japón. En España se han vendido 3 130 unidades y 1 400 pedidos han quedado para 2010, lo que hace pensar en faltas de suministro porque las matriculaciones han incrementado un 14,4%. El mercado japonés con 2.9 millones unidades ha llegado en 2009 a su mínimo histórico. El Toyota Prius con 208 876 unidades ha sido el más vendido en 2009, triplicando ventas. El Honda Insight con 93 283 unidades ha sido el quinto más vendido y el segundo híbrido. La cuota de mercado de híbridos en Japón en 2009 ha sido el 10% del total, en EEUU el 2,9%. JAMA considera que los compradores pueden asumir los híbridos, los plug-in e incluso los eléctricos.

Toyota prevé duplicar ventas, fabricando 800 000 híbridos en 2010, 900 000 en 2011 y 1 100 000 en 2012. Toyota Industries también propone estaciones de carga solares de 1,9 kW para los vehículos eléctricos e híbridos conectadas a la red.

#### 1.4.11. Honda

**Estrategia.** El primer modelo de la firma nipona es el híbrido Honda Insight en venta desde 2009 desde 19 800 €. Honda ha vendido 3 517 000 automóviles y 15 100 000 motocicletas en 2009 y afronta el futuro en solitario, eso sí, sin la contundencia que mostraba hace unos años; ahora está abierta a cooperaciones puntuales con otras marcas. El volumen de ventas de Honda ha caído en los dos últimos años y está pasando por un periodo complicado.

A pesar que la mayoría de los fabricantes ha explicado ya sus estrategias para avanzar hacia el coche verde, bien con modelos híbridos y eléctricos, Honda, no ha anunciado qué camino elegirá. Tiene vías abiertas hacia los híbridos, con modelos muy avanzados ya a la venta, como el Insight y el deportivo CR-Z, y parece estar también apostando por el hidrógeno: el Clarity está ya rodando en Estados Unidos.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** Posee un batería de Ni-MH, que consisten en un sistema de 7 módulos. Esta consta a su vez de 84 celdas individuales “D-size” de 1.2 voltios cada una, para la obtención total de 100,8 V y una capacidad de 5,75 Ah, con un motor eléctrico de 10 kW a 1 500 rpm. Comparado con las batería del 2006 es un 31% más compacta y 35% más ligera. Además el direct brushless, es un 22% más delgado y 15% más ligero. El nuevo sistema no permite inicio de marcha en modo eléctrico y el motor eléctrico actuará exclusivamente, sin hacer uso del motor de combustión, siempre que sea posible de forma que el ahorro de combustible será mucho mayor y las emisiones nocivas más bajas.

**Plan Industrial.** Honda prevé industrializar/vender 200 000 unidades al año, de las cuales el 50% serán en EEUU, el 15% en Japón y el 15% en Europa.

Objetivo 50% en EEUU, 30% JP, 15% UE. Honda ha presentado para Europa, en Valencia la segunda generación del Insight en Febrero 2009. Tiene previsto alcanzar un volumen de ventas de 2 500 unidades en España durante 2009, el primer año de comercialización. Honda prevé que su producción en 2010 esté compuesta por un 10% de vehículos híbridos. Tras el Insight, se presentará un deportivo -el CR-Z- y el Jazz híbrido. 18 000 pedidos el primer mes en Japón, han triplicado las previsiones iniciales.

#### 1.4.12. Tesla Motors

**Estrategia.** Tesla Motors fabrica y vende el Roadster en EEUU y planeaba venir a Europa en 2009. Además, planea fabricar el modelo S (sedán de lujo) de 7 plazas para finales de 2011-2012 y en las dos primeras semanas de este anuncio tuvo 711 reservas, con depósitos de 5 000 US\$ (Figura 15).

Tesla Roadster



Tesla S



Figura 15. Modelos eléctricos de Tesla Motors.

**Sistema de almacenamiento y generación de energía.** Tesla Motors poseyó el record mundial de autonomía en 501 km. La autonomía del Tesla es de 392 km en el ciclo EPA, pero con el conductor y las carreteras adecuadas siempre hay margen para la mejora.

## 1.5. RESUMEN DE LOS MODELOS DE OTROS CONSTRUCTORES

Además de los constructores tradicionales de automóviles, hay otros muchos fabricantes que han comenzado a fabricar coches eléctricos. A continuación se analizarán brevemente algunos de ellos, que se muestran en las Figuras 16, 17 y 18.

**BYD Automobile Co** (Build Your Dreams). Empresa nacida en 2003 y parte de la empresa fabricante de baterías recargables BYD CO Ltd. BYD es el mayor fabricante de baterías para teléfonos móviles, fabricando la mitad de la producción mundial. BYD Automobile tienen una capacidad de producción de 700 000 coches/año y en 2010 fabricó 519 000, siendo el octavo fabricante chino en unidades producidas. Además su modelo F3 fue el más vendido en china en 2010.

El modelo BYD F3-DM es el primer coche eléctrico chino producido en masa. Es un plug-in híbrido con una autonomía eléctrica de 100 km. Para 2015 pretende convertirse en el líder chino y en 2025 del mundo. Las baterías son de LiFePo4, tecnología con la que BYD construye baterías para otros dispositivos. Estos vehículos se empezaron a vender en España en 2011.

Todavía no hay precios previstos en España, aunque el precio en EEUU antes de los incentivos del gobierno será de 28 000 \$ para 2012.

También existe un modelo, el BYD e6, eléctrico puro con 300 km de autonomía.

**Fushida Haida.** Una "joint venture" entre FAW y Mazda presentó meEV en Pekín tanto en 2008 como en 2009. El "me" cuenta con un conjunto de alto rendimiento, motores brushless y dos baterías de litio-ion. Autonomía 100-120 millas a 50-75 kmh

**Detroit - Proton.** Fabricará el Persona EV bajo la marca "Detroit Electric" que se venderá en Europa, China y Malasia el próximo año. Detroit Electric suministrará el sistema de tracción eléctrica y baterías mientras que el ensamblaje lo realizará Proton en Malasia. En Abril de 2009 Detroit Electric era una start-up de 10 personas y ahora está en fase de creación de 2 filiales.

**Geely.** El comprador de Volvo tiene actividades de desarrollo de coche eléctrico junto con Lynx. Han presentado los modelos Geely NanoQ que en Europa y EEUU se llamará Geely Panda EV y el Geely-IG. El Panda llevará las mismas baterías que Lynx GT.

**Phoenix.** Presentaron dos modelos puramente eléctricos: SUV (Sport Utility Vehicle) y SUT (Sport Utility Truck). Actualmente está en reestructuración, ya que confirmaron la bancarrota el 11 de Mayo de 2009.

**Elbil Norge.** Empresa ubicada en Oslo con más de 15 años de experiencia en el manufacturing, marketing y mantenimiento de vehículos eléctricos. Presentaron el Buddy, homologado para 3 pasajeros.

BYD F3-DM



Proton Persona EV



Phoenix SUV



Fushida Haima me



EV Geely NanoQ



Elbil Norge Buddy



Figura 16. Diferentes modelos eléctricos e híbridos de otros constructores (parte I).

**Girasole de Yoshio Takaoka.** Es un cuatriciclo biplaza que en EEUU se distribuye con el nombre Kurrent y tiene un precio de 28 000 US\$. La batería de ion de litio está fabricada por BYD.

**Think.** Las dificultades financieras de Think Global AS (salieron de la bancarrota en Septiembre de 2009), no han puesto fin a su aventura de expansión en los EE.UU. Desde Think afirman que están en conversaciones con ocho estados, incluyendo Michigan, para la planta y la ingeniería. La fábrica tendrá una capacidad inicial de 16000 vehículos al año. Han presentado la 5ª generación del Think City, a la venta en España por 31 500 €.

**Aixam Mega.** Constructor francés de vehículos para uso sin carnet de conducir, adquirió Nice Car Company en Noviembre de 2011. Presentaron su modelo de coche eléctrico (Aixam Mega Electric) con motor de 4 kW y 645 kg de peso.

**Nice NyCar.** Presentaron el Micra de diseño italiano Giugiaro y fabricación China. Proclamado coche eléctrico del año en los prestigiosos "Green Fleet Awards".

**GEM.** Desde 1998 fabrican el E2 en EEUU con 6 baterías de 12 V y una autonomía de 35 millas.

**Heuliez Will.** Heuliez, Michelin y Orange-WILL primer vehículo eléctrico que integra tecnología Michelin Active Wheel y conectada a la red. Desde Marzo 2009 aceptan pre-pedidos por internet a 12 000 € con depósito de 10 € y está previsto que esté en carretera en otoño.

Girasole



Think City



Aixam Mega Electric



Nice UK Micra



GEM E2



Heuliez Will



Figura 17. Diferentes modelos eléctricos e híbridos de otros constructores (parte II).

**Maya.** Exxon ha anunciado su colaboración con la empresa canadiense de baterías Electrovaya para producir el Maya 300, un microcar chino-canadiense.

**Wheego Whip.** Destinado principalmente al mercado europeo y velocidad reducida.

**Trabant NT.** Prototipo utilitario con el que se quiere reinventar que evoca al coche icono de la antigua RDA. Motor: eléctrico, autonomía 250 km, alimentado por baterías y células solares en el techo.

**Pininfarina.** La marca italiana ha presentado el B0. Sin embargo, A fin de evitar la quiebra, la familia ha tenido que ceder el control de la empresa a un consorcio bancario, el cual ha dirigido el esfuerzo de la empresa a concentrarse en la producción del B0.

**Coda Automotive.** Presentaron el modelo Coda Hafei eléctrico a un precio de 45 000 US\$. Coda planea importar los autos de China.

**Optimal Energy Joule EV.** Vehículo eléctrico sudafricano para 6 pasajeros con una autonomía de 400 km.

**Axon Automotive.** Start-up de la Universidad de Cranfield. Presentaron el modelo híbrido Axon Hybrid Drive que esperan lanzar las primeras unidades en el 2011 aunque la producción regular no llegó hasta 2012.

**Lisbet.** La cooperativa alemana anunció el modelo Lisbet U3C-EV para 2012.

**Mindset.** La compañía suiza presentó el modelo híbrido Mindset E-Motion, diseñado por Murat Guenak. Prevén vender 10 000 unidades/año al precio de 50 000 €.

**Duracar.** El modelo presentado, Quicc Diva, tiene carrocería y chasis de plástico reciclado.

**ZAP-X.** Presentó el modelo ZAP-X Crossover, el EV más avanzado jamás desarrollado, con una estructura ligera de aluminio ganadora de numerosos premios.

**British Lightning Car.** Modelos GT, GTS y GTSE, deportivo y lujoso (desde 220 000€) con baterías NanoSafe con 12 años de vida útil, 10 minutos de recarga y 400 km de autonomía.

Maya 300



Trabant NT



Coda Hafei



Wheego Whip



Pininfarina



OE Joule EV



Figura 18. Diferentes modelos eléctricos e híbridos de otros constructores (parte III).

## 1.6. OTRAS SOLUCIONES ELÉCTRICAS A LA MOVILIDAD

Además de los modelos de vehículos tradicionales, están apareciendo otras soluciones para la movilidad, sobre todo urbana, basadas en vehículos eléctricos desde monociclos a cuatriciclos. Principalmente son los constructores japoneses y asiáticos los que más modelos de movilidad personal han sacado al mercado. En la Figura 19 se pueden observar ejemplos de este tipo de soluciones, como son los modelos Suzuki Pixy y Toyota iReal. En cuanto a los monociclos eléctricos, cabe destacar el modelo U3X de Honda.

Suzuki Pixy



Toyota iReal



Honda U3X



Hiriko



GM-Segway PUMA



Triac



Figura 19. Diferentes modelos presentados para movilidad personal y city-cars.

Por otro lado, General Motors también propone el “GM-Segway PUMA” el cual combina el pequeño tamaño de los sistemas de transporte de Segway con la aplicación industrial de GM. Su producción está prevista para 2012 e incorporará funciones V2V, con baterías de litio-ion y una autonomía de 25 a 35 millas.

Por su parte, la asociación alavesa Afypaida junto con Dennokin presentó en 2009 el concepto desarrollado en el MIT, llamado Hiriko. Se trata de un cuatriciclo con cuatro ruedas robotizadas y un movimiento de plegado del chasis para el estacionamiento.

Otras propuestas que podrían enmarcarse en este tipo de vehículos son: el Peugeot Capsule, el Triac de Green Vehicles, el Lumeneo Semera.

## 1.7. CONSUMOS Y EMISIONES

A continuación se muestran tablas correspondientes al consumo y emisiones de la base de datos de IDEA en fecha 2011. Los consumos y emisiones permiten clasificar el vehículo en categorías de A a G, siendo A la que tiene menor eficiencia. Estos datos corresponden a vehículos que son comercializados en España.

Tabla 2. Tabla de consumo y emisiones de vehículos híbridos.

<b>Listado de Vehículos Híbridos</b>			
Modelo	Consumo (l/100km)	Emisiones (gCO <sub>2</sub> /km)	Clasificación
<a href="#">Honda CIVIC 4P HYBRID 1.3 i-VTEC IMA CVT</a>	4,6	109	A
<a href="#">Honda CR-Z 1.5 i-VTEC IMA S / SPORT / GT / GT PLUS</a>	5	117	A
<a href="#">Honda INSIGHT 1.3 i-VTEC IMA ELEGANCE CVT</a>	4,4	101	A
<a href="#">Honda INSIGHT 1.3 i-VTEC IMA EXECUTIVE CVT / EXECUTIVE Navi CVT</a>	4,6	105	A
<a href="#">Lexus CT 200h</a>	3,8	87	A
<a href="#">Lexus CT 200h llanta 16 y 17</a>	4,1	94	A
<a href="#">Lexus GS 450 SD Aut</a>	7,6	180	A
<a href="#">Lexus LS 600h L SD AUT</a>	9,3	219	B
<a href="#">Lexus LS 600h SD AUT</a>	9,3	218	B
<a href="#">Lexus RX 450 WG aut</a>	6,3	148	A
<a href="#">Toyota Auris HIBRIDO</a>	3,8	89	A
<a href="#">Toyota Auris HIBRIDO llanta 17</a>	4	93	A
<a href="#">Toyota Prius Eco/Adv/Exec</a>	3,9	89	A
<a href="#">Toyota Prius Eco/Adv/Exec llanta 17</a>	4	92	A
<a href="#">Volkswagen TOUAREG 3.0 TFSI AUT. 8V HIBRIDO</a>	8,2	193	A

Tabla 3. Tabla de consumo de vehículos eléctricos.

<b>Listado de Vehículos Eléctricos Puros</b>			
Modelo	Consumo (kWh/100km)	Potencia (kW)	Máxima
<a href="#">Mitsubishi i-MiEV Vehículo eléctrico puro</a>	13,5	49	

En la tabla 4 se aprecia que los seis primeros puestos son vehículos híbridos. Tienen una potencia mucho mayor que los siguientes modelos.

Tabla 4. Tabla de coches con mejor consumo y emisiones de gasolina.

Marca, Modelo y Versión	Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	Cambio (")	Potencia CV (kW)	Consumo (l/100km)	Emisión CO <sub>2</sub> (g/km)	Clasificación por consumo
<b>Mayor eficacia energética - GASOLINA</b>						
Lexus CT 200h	1798	A	135,87 (100)	3,8	87	A
Toyota Auris HIBRIDO	1798	A	135,87 (100)	3,8	89	A
Toyota Prius Eco/Adv/Exec	1798	A	135,87 (100)	3,9	89	A
Toyota Prius Eco/Adv/Exec llanta 17	1798	A	135,87 (100)	4	92	A
Toyota Auris HIBRIDO llanta 17	1798	A	135,87 (100)	4	93	A
Lexus CT 200h llanta 16 y 17	1798	A	135,87 (100)	4,1	94	A
Hyundai i20 5P 1.4 CRDI GLS PBT STYLE 90CV 6V	1396	M	89,67 (66)	4,2	111	A
Smart fortwo 45 mhd pure coupe manual (SOFTIP) 155/60 R15 2 plazas	999	M	61,14 (45)	4,2	97	C
Smart 52 mhd pure coupe manual (SOFTIP) 155/60 R15 2 plazas	999	M	70,65 (52)	4,2	97	C
Smart fortwo 45 mhd pure coupe automático (SOFTOUCH) 155/60 R15 2 plazas	999	A	61,14 (45)	4,3	98	C
Smart 52 mhd pure coupe automático (SOFTOUCH) 155/60 R15 2 plazas	999	A	70,65 (52)	4,3	98	C
Smart 52 mhd pure cabrio manual (SOFTIP) 155/60 R15 2 plazas	999	M	70,65 (52)	4,3	99	C
Honda INSIGHT 1.3 i-VTEC IMA ELEGANCE CVT	1339	A	88,32 (65)	4,4	101	A
Nissan Pixo 1.0(68CV) MT	996	M	67,93 (50)	4,4	103	A
Toyota IQ 1.0	998	M	67,93 (50)	4,4	99	B
Suzuki ALTO 1.0L GA/GL/GLX	996	M	67,93 (50)	4,4	103	B
Smart 52 mhd pure cabrio automático (SOFTOUCH) 155/60 R15 2 plazas	999	A	70,65 (52)	4,4	100	D
Peugeot 107 3P TRENDY 1.0 68	998	M	67,98 (50)	4,5	103	B
Peugeot 107 3P URBAN 1.0 68	998	M	67,98 (50)	4,5	103	B
Peugeot 107 5P TRENDY 1.0 68	998	M	67,98 (50)	4,5	103	B
Citroën C1 1.0 12V	998	M	67,98 (50)	4,5	103	B
Peugeot 107 5P URBAN 1.0 68	998	M	67,98 (50)	4,5	103	B
Honda INSIGHT 1.3 i-VTEC IMA EXECUTIVE CVT / EXECUTIVE Navi CVT	1339	A	88,32 (65)	4,6	105	A
Honda CIVIC 4P HYBRID 1.3 i-VTEC IMA CVT	1339	A	115,49 (85)	4,6	109	A
Peugeot 207 SW OUTDOOR 1.6 HDI 92 FAP	1560	M	92,45 (68)	4,6	119	A

Fuente <http://www.idae.es/Coches/PDF/GuiaFinalN.pdf>

En la tabla de coches de gasoil no aparece ningún híbrido, aunque las primeras posiciones corresponden a vehículos con start-stop.

Tabla 5. Tabla de coches con mejor consumo y emisiones de gasóleo.

Marca, Modelo y Versión	Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	Cambio (*)	Potencia CV (kW)	Consumo (l/100km)	Emisión CO <sub>2</sub> (g/km)	Clasificación por consumo
<b>Mayor eficacia energética - GASÓLEO</b>						
Volkswagen POLO 1.2 TDI MAN. 5V ECO 2 START-STOP GI	1199	M	74,73 (55)	3,3	87	A
Smart 40 cdi pure cabrio manual (SOFTIP) 155/60 R15 2 plazas	799	M	54,35 (40)	3,3	86	C
Smart 40 cdi pure coupe manual (SOFTIP) 155/60 R15 2 plazas	799	M	54,35 (40)	3,3	86	C
Smart 40 cdi pure coupe automático (SOFTOUCH) 155/60 R15 2 plazas	799	A	54,35 (40)	3,3	87	C
Smart 40 cdi pure cabrio automático (SOFTOUCH) 155/60 R15 2 plazas	799	A	54,35 (40)	3,3	87	C
Seat IBIZA ST 1.2 TDI MAN. 5V ECOMOTIVE	1199	M	74,73 (55)	3,4	89	A
Seat IBIZA 1.2 TDI MAN. 5V ECOMOTIVE	1199	M	74,73 (55)	3,4	89	A
Skoda FABIA 1.2 TDI MAN. 5V GREEN LINE	1199	M	74,73 (55)	3,4	89	A
Volkswagen POLO 1.2 TDI MAN. 5V ECO 1 START-STOP GI	1199	M	74,73 (55)	3,4	89	A
Volkswagen POLO 1.2 TDI MAN. 5V ECO 2 START-STOP GD	1199	M	74,73 (55)	3,4	89	A
Skoda FABIA COMBI 1.2 TDI MAN. 5V GREEN LINE	1199	M	74,73 (55)	3,4	89	A
Volkswagen POLO 1.2 TDI MAN. 5V ECO 1 START-STOP GD	1199	M	74,73 (55)	3,5	91	A
Renault Twingo II 1.5 dCi 85 cv E5	1461	M	85,6 (63)	3,6	94	B
Renault Twingo II 1.5 dCi 65 cv E5	1461	M	74,73 (55)	3,6	94	B
Volkswagen POLO 1.6 TDI MAN. 5V ECO 1 START-STOP GI	1598	M	89,67 (66)	3,7	96	A
Ford Fiesta 5 puertas Econetic 1.6 TDCi con DPF	1560	M	95,11 (70)	3,7	98	A
Seat IBIZA 1.4 TDI MAN. 5V ECOMOTIVE	1422	M	80,16 (59)	3,7	98	A
Volkswagen POLO 1.2 TDI MAN. 5V GI	1199	M	74,73 (55)	3,8	99	A
Audi A3 1.6 TDI MAN. 5V	1598	M	104,62 (77)	3,8	99	A
Volvo V50 DRiVe Kinetic/Momentum/Summum	1560	M	114,21 (84)	3,8	99	A
Volvo C30 DRiVe Kinetic/Momentum/Summum	1560	M	114,21 (84)	3,8	99	A
Volkswagen POLO 1.6 TDI MAN. 5V ECO 1 START-STOP GD	1598	M	89,67 (66)	3,8	99	A
Seat IBIZA ST 1.2 TDI MAN. 5V ECOMOTIVE2	1199	M	74,73 (55)	3,8	99	A
Skoda FABIA COMBI 1.2 TDI MAN. 5V SCOUT ECONOMY	1199	M	74,73 (55)	3,8	99	A
Citroën DS3 HDi 90 99g	1560	M	92,45 (68)	3,8	99	A

Fuente <http://www.idae.es/Coches/PDF/GuiaFinalN.pdf>

## 1.8. FICHAS DE VEHÍCULOS

A continuación se muestran fichas correspondientes a los vehículos más representativos, obtenidas de la base de datos del plan MOVELE2 de IDAE.

Las cuatro primeras fichas corresponden a vehículos híbridos enchufables y las siguientes a vehículos eléctricos de baterías.

### 1.8.1. Prius Plug- In Hybrid. (Toyota)



Código:03P27

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: TOYOTA MOTOR CORPORATION  
 Marca: TOYOTA  
 Modelo: PRIUS PLUG-IN HYBRID  
 Versión: PRIUS PLUG-IN HYBRID  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): 73,00/98,55  
 Potencia máxima (kW/CV): 136,00/183,60  
 Velocidad máxima (km/h): 180  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): No Disponible  
 Rango de autonomía (km): 22  
 Consumo (Wh/km): 62  
 Capacidad útil de carga (kg): 5

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 1 577  
 Longitud (mm): 4 460  
 Ancho (mm): 1 745  
 Alto (mm): 1 490  
 Capacidad maletero (l): del 391  
 Plazas: 5  
 Puertas: 5

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: DISCOS VENTILADOS  
 Sistema de frenos traseros: DISCOS SOLIDOS  
 Suspensiones delanteras: Mc Pherson, triangulo inferior y estabilizadora  
 Suspensiones traseras: Eje Torsional con

##### Batería

Tecnología: ION-LITIO  
 Capacidad (Ah): 15  
 Voltaje (V): 345,6  
 Ciclos de vida: No Disponible

traseras: correccion convergencia  
Neumáticos delanteros: 195 / 65 R 15  
Neumáticos traseros: 195 / 65 R 15

carga/descarga:  
Tiempo de recarga al 100% (h): 1  
Tipo de carga: Normal  
Garantía de la batería (años): 5

#### Equipamiento de seguridad y otros

ABS: Sí  
Airbag: Sí  
Control de estabilidad: Sí  
Control de tracción: Sí  
Dirección asistida: Sí  
Indicador eficiencia de conducción: Sí  
Aire acondicionado: Sí  
Climatizador: Sí

Radio CD: Sí  
Cargador a bordo: Sí  
Tipo de cargador: Monofásico, 230V  
Cargador dotado de inteligencia: Sí  
Cargador dotado de enclavamiento: Sí  
Longitud cable de recarga: 4,00  
Cable con protección antivandálica: No Disponible  
Ecuilización de baterías: Sí

#### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-06-2010

Unidades disponibles anuales: 5  
Garantía del vehículo (años): 5

PVP Total sin IVA(€): 39 692  
Coste mensual del Leasing (€): No Disponible  
Periodo de Leasing (meses): No Disponible  
**Ayuda MOVELE (€): 5 000**

### 1.8.2. F3DM (BYD)



Código:03P01

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: BYD  
 Marca: BYD  
 Modelo: F3DM  
 Versión: 2009  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): No Disponible  
 Potencia máxima (kW/CV): 125,00/168,75  
 Velocidad máxima (km/h): No Disponible  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): 5  
 Rango de autonomía (km): 100  
 Consumo (Wh/km): 160  
 Capacidad útil de carga (kg): No Disponible

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 1 560  
 Longitud (mm): 4 533  
 Ancho (mm): 1 705  
 Alto (mm): 1 520  
 Capacidad del maletero (l): 300  
 Plazas: 5  
 Puertas: 4

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: Vacuum boost hydraulic brake system,disc brake  
 Sistema de frenos traseros: Vacuum boost hydraulic brake system,disc brake  
 Suspensiones delanteras: Mcpherson Strut Independent Suspension  
 Suspensiones traseras: Trailing-link semi-independent suspension with Tor  
 Neumáticos delanteros: 205/65R15  
 Neumáticos traseros: 205/65R15

##### Batería

Tecnología: Fe Battery (ion-litio Fe)  
 Capacidad (Ah): 50  
 Voltaje (V): 330  
 Ciclos de carga/descarga: 2 000  
 Tiempo de recarga al 100% (h): 7  
 Tipo de carga: Normal  
 Garantía de la batería (años): No Disponible

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	No	Tipo de cargador:	
Control de tracción:	No	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	Sí
Indicador eficiencia de conducción:	No	Longitud cable de recarga:	3,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	Sí
Climatizador:	Sí	Ecuación de baterías:	No Disponible

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-06-2010

Unidades disponibles anuales:	No Disponible	PVP Total sin IVA(€):	28 500
Garantía del vehículo (años):	3	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>4 275</b>

### 1.8.3. Iveco Daily (Micro-Velt (FIAT))



Código:04P08

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: Micro-Vett Spa  
 Marca: Micro-Vett (Fiat)  
 Modelo: Iveco Daily  
 Versión: Carga / Pasaje / combi  
 Segmento: Comercial  
 Categoría: N1

Tipo: Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): 10,00/13,50  
 Potencia máxima (kW/CV): 18,00/24,30  
 Velocidad máxima (km/h): 50  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): No Disponible  
 Rango de autonomía (km): 40  
 Consumo (Wh/km): No Disponible  
 Capacidad útil de carga (kg): 1 500

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: Disco  
 Sistema de frenos traseros: Disco  
 Suspensiones delanteras: No Disponible  
 Suspensiones traseras: No Disponible  
 Neumáticos delanteros: No Disponible  
 Neumáticos traseros: No Disponible

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 2 000  
 Longitud (mm): 5 477  
 Ancho (mm): 1 800  
 Alto (mm): 2 100  
 Capacidad del maletero (l): 10 200  
 Plazas: 9  
 Puertas: 5

##### Batería

Tecnología: Ion Litio  
 Capacidad (Ah): 135  
 Voltaje (V): 259  
 Ciclos de carga/descarga: 1 500  
 Tiempo de recarga al 100% (h): 8  
 Tipo de carga: Normal  
 Garantía de la batería (años): No Disponible

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	No
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	No	Tipo de cargador:	Monofásico; 230V
Control de tracción:	No	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	No	Cargador dotado de enclavamiento:	No Disponible
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	3,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	Sí
Climatizador:	No	Ecuación de baterías:	Sí

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** **01-10-2008**

Unidades disponibles anuales:	250	PVP Total sin IVA(€):	74 005
Garantía del vehículo (años):	2	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>5 000</b>

### 1.8.4. Leon Twin Drive Ecomotive (SEAT)



Código:03P12

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: SEAT, S.A.  
 Marca: SEAT  
 Modelo: LEON TWIN DRIVE ECOMOTIVE  
 Versión: TWIN DRIVE ECOMOTIVE  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): 90,00/121,50  
 Potencia máxima (kW/CV): 150,00/202,50  
 Velocidad máxima (km/h): 190  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): 7  
 Rango de autonomía (km): 700  
 Consumo (Wh/km): 240  
 Capacidad útil de carga (kg): 375

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 1 500  
 Longitud (mm): 4 315  
 Ancho (mm): 1 768  
 Alto (mm): 1 459  
 Capacidad del maletero (l): 220  
 Plazas: 5  
 Puertas: 4

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: Convencional con recuperación de energía  
 Sistema de frenos traseros: Convencional con discos de freno  
 Suspensiones delanteras: Mcpherson  
 Suspensiones traseras: Multilink  
 Neumáticos delanteros: 205/55 R16  
 Neumáticos traseros: 205/55 R16

##### Batería

Tecnología: LiFePO4  
 Capacidad (Ah): 40  
 Voltaje (V): 300  
 Ciclos de carga/descarga: 2 000  
 Tiempo de recarga al 100% (h): 5  
 Tipo de carga: Normal  
 Garantía de la batería (años): 2

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	Sí	Tipo de cargador:	Monofásico; 230V
Control de tracción:	Sí	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	Sí
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	0,00
Aire acondicionado:	No	Cable con protección antivandálica:	No Disponible
Climatizador:	Sí	Ecuación de baterías:	Sí

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-09-2010

Unidades disponibles anuales:	No Disponible
Garantía del vehículo (años):	2

PVP Total sin IVA(€): No Disponible

Coste mensual del Leasing (€): No Disponible

Periodo de Leasing (meses): No Disponible

**Ayuda MOVELE (€): No Disponible**

### 1.8.5. Smart electric drive Coupé flotas (Smart)

Existen tres modelos similares a éste.



Código:03B25

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: Daimler  
 Marca: smart  
 Modelo: smart electric drive Coupé flotas  
 Versión: Coupé  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): 20,00/27,00  
 Potencia máxima (kW/CV): 30,00/40,50  
 Velocidad máxima (km/h): 100  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): 6  
 Rango de autonomía (km): 135  
 Consumo (Wh/km): 122  
 Capacidad útil de carga (kg): No Disponible

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: disco  
 Sistema de frenos traseros: tambor  
 Suspensiones delanteras: McPherson  
 Suspensiones traseras: Eje Dedion  
 Neumáticos delanteros: 155/60R15  
 Neumáticos traseros: 175/55R15

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 890  
 Longitud (mm): 2 695  
 Ancho (mm): 1 559  
 Alto (mm): 1 542  
 Capacidad del maletero (l): 220  
 Plazas: 2  
 Puertas: 2  
 Tecnología: Litio  
 Capacidad (Ah): 34  
 Voltaje (V): 430  
 Ciclos de carga/descarga: No Disponible  
 Tiempo de recarga al 100% (h): 8  
 Tipo de carga: Normal  
 Garantía de la batería (años): 4

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	Sí	Tipo de cargador:	Monofásico, 230V
Control de tracción:	Sí	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	No Disponible
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	0,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	No Disponible
Climatizador:	No	Ecuación de baterías:	No Disponible

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 16-04-2010

Unidades disponibles anuales:	50	PVP Total sin IVA(€):	32 397
Garantía del vehículo (años):	2	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>6 479</b>

### 1.8.6. e6. (BYD)

Existe un modelo similar a éste, pero con motor más potente.



Código:03B02

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: BYD  
 Marca: BYD  
 Modelo: e6 (75kw)  
 Versión: MPV  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): No Disponible  
 Potencia máxima (kW/CV): 75,00/101,25  
 Velocidad máxima (km/h): 140  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): 5  
 Rango de autonomía (km): 300  
 Consumo (Wh/km): 160  
 Capacidad útil de carga (kg): No Disponible

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 2 205  
 Longitud (mm): 4 555  
 Ancho (mm): 1 822  
 Alto (mm): 1 630  
 Capacidad del maletero (l): 365  
 Plazas: 5  
 Puertas: 4

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: Ventilated disc brakeA292;clearance auto-adjusting  
 Sistema de frenos traseros: Solid disc brakeA292;clearance auto-adjusting  
 Suspensiones delanteras: Double-Wishbone Independent Suspension with Traver  
 Suspensiones traseras: Double-Wishbone Independent Suspension with Traver  
 Neumáticos delanteros: 225/65 R17

##### Batería

Tecnología: BYD Fe battery  
 Capacidad (Ah): 180  
 Voltaje (V): 330  
 Ciclos de carga/descarga: No Disponible  
 Tiempo de recarga al 100% (h): 7

Neumáticos traseros: 225/65 R17

Tipo de carga: Normal

Garantía de la batería (años): No Disponible

**Equipamiento de seguridad y otros**

ABS: Sí

Radio CD: Sí

Airbag: Sí

Cargador a bordo: Sí

Control de estabilidad: No

Tipo de cargador:

Control de tracción: No

Cargador dotado de inteligencia: Sí

Dirección asistida: Sí

Cargador dotado de enclavamiento: Sí

Indicador eficiencia de conducción: No

Longitud cable de recarga: 0,00

Aire acondicionado: Sí

Cable con protección antivandálica: Sí

Climatizador: Sí

Ecuilización de baterías: No Disponible

**DATOS COMERCIALES**

**Fecha de disponibilidad en España: 01-10-2010**

PVP Total sin IVA(€): No Disponible

Unidades disponibles anuales: No Disponible

Coste mensual del Leasing (€): No Disponible

Garantía del vehículo (años): 3

Periodo de Leasing (meses): No Disponible

**Ayuda MOVELE (€): No Disponible**

### 1.8.7. i MiEV (Mitsubishi).

Este modelo lo comercializan Peugeot y Citroen con los nombres ION y C-ZERO. Los modelos sólo se diferencian en los acabados.



Código:03B07

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: Mitsubishi Motors Corporation

Marca: Mitsubishi

Modelo: i MiEV

Versión:

Segmento: Turismo

Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV):	35,00/47,25
Potencia máxima (kW/CV):	49,00/66,15
Velocidad máxima (km/h):	130
Aceleración de 0-50 km/h (seg):	No Disponible
Rango de autonomía (km):	150
Consumo (Wh/km):	135
Capacidad útil de carga (kg):	350

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg):	1 110
Longitud (mm):	3 475
Ancho (mm):	1 475
Alto (mm):	1 610
Capacidad del maletero (l):	227
Plazas:	4
Puertas:	5

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero:	Discos ventilados
Sistema de frenos traseros:	Tambor
Suspensiones delanteras:	Conjunto Mc Pherson y estabilizadora
Suspensiones traseras:	3-link de Dion
Neumáticos delanteros:	145/65/15
Neumáticos traseros:	175/55/15

##### Batería

Tecnología:	Litio Ion
Capacidad (Ah):	50
Voltaje (V):	330
Ciclos de carga/descarga:	No Disponible
Tiempo de recarga al 100% (h):	6
Tipo de carga:	Normal
Garantía de la batería (años):	5

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	Sí	Tipo de cargador:	Monofásico, 230V
Control de tracción:	Sí	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	Sí
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	5,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	Sí
Climatizador:	No	Ecuación de baterías:	Sí

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-08-2010

Unidades disponibles anuales:	No Disponible
Garantía del vehículo (años):	No Disponible

PVP Total sin IVA(€):	29 153
Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>5 831</b>

### 1.8.8. NXR (REVA )



Código:03B16

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: REVA ELECTRIC CAR COMPANY PVT. LTD.  
 Marca: REVA  
 Modelo: NXR  
 Versión: Intercity Deluxe  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV):	No Disponible
Potencia máxima (kW/CV):	25,00/33,75
Velocidad máxima (km/h):	104
Aceleración de 0-50 km/h (seg):	No Disponible
Rango de autonomía (km):	160
Consumo (Wh/km):	90
Capacidad útil de carga (kg):	No Disponible

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg):	850
Longitud (mm):	3 280
Ancho (mm):	1 514
Alto (mm):	1 560
Capacidad del maletero (l):	145
Plazas:	4
Puertas:	3

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero:	Disco
Sistema de frenos traseros:	Tambor
Suspensiones delanteras:	MacPherson
Suspensiones traseras:	Eje rígido con amortiguadores
Neumáticos delanteros:	165/65R13
Neumáticos traseros:	165/65R13

##### Batería

Tecnología:	LiFePo (Li-Ion)
Capacidad (Ah):	190
Voltaje (V):	72
Ciclos de carga/descarga:	1 500
Tiempo de recarga al 100% (h):	8
Tipo de carga:	Normal
Garantía de la batería (años):	3

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	No	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	No	Tipo de cargador:	Monofásico, 230V
Control de tracción:	No	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	No	Cargador dotado de enclavamiento:	No Disponible
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	5,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	No Disponible
Climatizador:	No	Ecuilización de baterías:	Sí

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-12-2010

Unidades disponibles anuales:	2 000	PVP Total sin IVA(€):	22 409
Garantía del vehículo (años):	2	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>No Disponible</b>

### 1.8.9. Roadster (Tesla)



Código:03B24

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: ARMISOL S.L.

Marca: Tesla

Modelo: Roadster

Versión: 2010

Segmento: Turismo

Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): 40,00/54,00

Potencia máxima (kW/CV): 40,00/54,00

Velocidad máxima (km/h): 201

Aceleración de 0-50 km/h (seg): 4

Rango de autonomía (km): 340

Consumo (Wh/km): 231

Capacidad útil de carga (kg): 147

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 1 238

Longitud (mm): 3 946

Ancho (mm): 1 873

Alto (mm): 1 127

Capacidad del maletero (l): No Disponible

Plazas: 2

Puertas: 2

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: Hidraulicos Brembo

Sistema de frenos traseros: Hidraulicos Brembo

Suspensiones delanteras: Blistein

Suspensiones traseras: Blistein

Neumáticos delanteros: R16" 175/55 ET25

Neumáticos traseros: R17" 225/45 ET38

##### Batería

Tecnología: Lithium Ion (Iones de Litio)

Capacidad (Ah): 147

Voltaje (V): 350

Ciclos de carga/descarga: 2 000

Tiempo de recarga al 100% (h): 4

Tipo de carga: Normal

Garantía de la batería (años): 3

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	Sí	Tipo de cargador:	Monofásico, 230 V
Control de tracción:	Sí	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	No	Cargador dotado de enclavamiento:	Sí
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	3,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	Sí
Climatizador:	Sí	Ecuilibración de baterías:	Sí

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-01-2010

Unidades disponibles anuales:	1 200	PVP Total sin IVA(€):	118 000
Garantía del vehículo (años):	3	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>7 000</b>

### 1.8.10. Indica Vista EV (Tata)



Código:03B10

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: Tata Motors Limited  
 Marca: Tata  
 Modelo: Indica Vista EV  
 Versión: Solamente Eléctrico  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): 40,00/54,00  
 Potencia máxima (kW/CV): 55,00/74,25  
 Velocidad máxima (km/h): 110  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): 9  
 Rango de autonomía (km): 200  
 Consumo (Wh/km): 133  
 Capacidad útil de carga (kg): No Disponible

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 1 340  
 Longitud (mm): 3 795  
 Ancho (mm): 1 695  
 Alto (mm): 1 550  
 Capacidad del maletero (l): 180  
 Plazas: 4  
 Puertas: 5

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: Circuito dual independiente asistido- Discos 194mm  
 Sistema de frenos traseros: Circuito dual independiente asistido- Tambor 180mm  
 Suspensiones delanteras: Independiente McPherson con muelles  
 Suspensiones traseras: Semi independiente por eje torsional  
 Neumáticos delanteros: Radial  
 Neumáticos traseros: Radial

##### Batería

Tecnología: Ion Litio  
 Capacidad (Ah): 106  
 Voltaje (V): 250  
 Ciclos de carga/descarga: No Disponible  
 Tiempo de recarga al 100% (h): 8  
 Tipo de carga: Normal

traseros:

Garantía de la batería (años): No Disponible

**Equipamiento de seguridad y otros**

ABS: Sí  
Airbag: Sí  
Control de estabilidad: No  
Control de tracción: No  
Dirección asistida: Sí  
Indicador eficiencia de conducción: Sí  
Aire acondicionado: Sí  
Climatizador: No

Radio CD: Sí  
Cargador a bordo: Sí  
Tipo de cargador: Monofásico; 230V  
Cargador dotado de inteligencia: Sí  
Cargador dotado de enclavamiento: No Disponible  
Longitud cable de recarga: 2,50  
Cable con protección antivandálica: No Disponible  
Ecuación de baterías: Sí

**DATOS COMERCIALES**

**Fecha de disponibilidad en 15-08-2010 España:**

Unidades disponibles anuales: 5 000  
Garantía del vehículo (años): 3

PVP Total sin IVA(€): 25 862  
Coste mensual del Leasing (€): No Disponible  
Periodo de Leasing (meses): No Disponible  
**Ayuda MOVELE (€): 5 172**

### 1.8.11. Ampera (Opel)



Código:03P15

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: General Motors España, S.L.U.

Marca: Opel

Modelo: Ampera

Versión: Compacto

Segmento: Turismo

Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico de Autonomía Ampliada (REEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV):	No Disponible
Potencia máxima (kW/CV):	111,00/149,85
Velocidad máxima (km/h):	160
Aceleración de 0-50 km/h (seg):	3
Rango de autonomía (km):	60
Consumo (Wh/km):	133
Capacidad útil de carga (kg):	45

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg):	1 694
Longitud (mm):	4 498
Ancho (mm):	1 811
Alto (mm):	1 434
Capacidad del maletero (l):	289
Plazas:	4
Puertas:	4

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero:	frenos de disco regenerativos
Sistema de frenos traseros:	frenos de disco
Suspensiones delanteras:	columnas MacPherson
Suspensiones traseras:	eje de torsión semi-independiente
Neumáticos delanteros:	215/55R17
Neumáticos traseros:	215/55R17

##### Batería

Tecnología:	Litio Ion
Capacidad (Ah):	45
Voltaje (V):	370
Ciclos de carga/descarga:	2 000
Tiempo de recarga al 100% (h):	3
Tipo de carga:	Normal
Garantía de la batería (años):	No Disponible

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	Sí	Tipo de cargador:	Monofásico, 230V
Control de tracción:	Sí	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	Sí
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	6,09
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	Sí
Climatizador:	Sí	Ecuilización de baterías:	No Disponible

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-10-2010

Unidades disponibles anuales:	No Disponible	PVP Total sin IVA(€):	No Disponible
Garantía del vehículo (años):	No Disponible	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>No Disponible</b>

### 1.8.12. Leaf (Nissan )



Código:03B30

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: Nissan Motor Co.,Ltd.

Marca: Nissan

Modelo: LEAF

Versión:

Segmento: Turismo

Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV):	No Disponible
Potencia máxima (kW/CV):	80,00/108,00
Velocidad máxima (km/h):	145
Aceleración de 0-50 km/h (seg):	No Disponible
Rango de autonomía (km):	175
Consumo (Wh/km):	173
Capacidad útil de carga (kg):	395

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg):	1 525
Longitud (mm):	4 445
Ancho (mm):	1 770
Alto (mm):	1 550
Capacidad del maletero (l):	330
Plazas:	5
Puertas:	5

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero:	Regenerativo - Discos delanteros ventilados
Sistema de frenos traseros:	Discos traseros ventilados
Suspensiones delanteras:	Independiente McPherson
Suspensiones traseras:	Barra de torsión
Neumáticos delanteros:	Bridgestone ECOPIA - 205/55R16
Neumáticos traseros:	Bridgestone ECOPIA - 205/55R16

##### Batería

Tecnología:	Laminada Iones de Litio
Capacidad (Ah):	66
Voltaje (V):	360
Ciclos de carga/descarga:	No Disponible
Tiempo de recarga al 100% (h):	8
Tipo de carga:	Normal
Garantía de la batería (años):	5

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	Sí	Tipo de cargador:	Monofásico, 230V
Control de tracción:	Sí	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	Sí
Indicador eficiencia de conducción:	Sí	Longitud cable de recarga:	6,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	No Disponible
Climatizador:	Sí	Ecuilización de baterías:	No Disponible

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-09-2011

Unidades disponibles anuales:	No Disponible
Garantía del vehículo (años):	3

PVP Total sin IVA(€): No Disponible

Coste mensual del Leasing (€): No Disponible

Periodo de Leasing (meses): No Disponible

**Ayuda MOVELE (€): No Disponible**

### 1.8.13. EV500 (FIAT-EVADAPT)



Código:03B29

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: perle du detroit invest s.l

Marca: FIAT-EVADAPT

Modelo: EV500

Versión:

Segmento: Turismo

Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV):	15,00/20,25
Potencia máxima (kW/CV):	24,00/32,40
Velocidad máxima (km/h):	110
Aceleración de 0-50 km/h (seg):	No Disponible
Rango de autonomía (km):	120
Consumo (Wh/km):	No Disponible
Capacidad útil de carga (kg):	No Disponible

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg):	1 165
Longitud (mm):	3 546
Ancho (mm):	1 627
Alto (mm):	1 488
Capacidad del maletero (l):	135
Plazas:	4
Puertas:	2

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero:	hidraulicos discos
Sistema de frenos traseros:	hidraulicos discos
Suspensiones delanteras:	Mac Pherson
Suspensiones traseras:	Mac Pherson
Neumáticos delanteros:	175/65R14 82T
Neumáticos traseros:	175/65R14 82T

##### Batería

Tecnología:	LiFePo4
Capacidad (Ah):	147
Voltaje (V):	103
Ciclos de carga/descarga:	2 000
Tiempo de recarga al 100% (h):	8
Tipo de carga:	Normal
Garantía de la batería (años):	5

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	No	Radio CD:	Sí
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	No	Tipo de cargador:	Monofásico, 230V
Control de tracción:	No	Cargador dotado de inteligencia:	No Disponible
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	No Disponible
Indicador eficiencia de conducción:	No	Longitud cable de recarga:	0,00
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	No Disponible
Climatizador:	No	Ecuilización de baterías:	No Disponible

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** **01-01-2011**

Unidades disponibles anuales:	1 000	PVP Total sin IVA(€):	36 500
Garantía del vehículo (años):	2	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>7 000</b>

### 1.8.14. Think (MOTORENER)



Código:03B22

#### DENOMINACIÓN

Fabricante: MOTORENER  
 Marca: Think  
 Modelo: City 2010  
 Versión: City 2010  
 Segmento: Turismo  
 Categoría: M1

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

#### DATOS TÉCNICOS

##### Motor y Prestaciones

Potencia nominal (kW/CV): 17,00/22,95  
 Potencia máxima (kW/CV): 30,00/40,50  
 Velocidad máxima (km/h): 100  
 Aceleración de 0-50 km/h (seg): 7  
 Rango de autonomía (km): 203  
 Consumo (Wh/km): 144  
 Capacidad útil de carga (kg): 284

##### Peso y Dimensiones

Peso en vacío con baterías (kg): 1 115  
 Longitud (mm): 3 120  
 Ancho (mm): 1 604  
 Alto (mm): 1 548  
 Capacidad del maletero (l): No Disponible  
 Plazas: 4  
 Puertas: 3

##### Frenos/Suspensión y Neumáticos

Sistema de frenos delantero: Frenos de disco  
 Sistema de frenos traseros: Frenos de tambor  
 Suspensiones delanteras: McPherson  
 Suspensiones traseras: Trailing arm rear axel  
 Neumáticos delanteros: 165/65 x 14  
 Neumáticos traseros: 165/65 x 14

##### Batería

Tecnología: NiNa Sodium  
 Capacidad (Ah): 224  
 Voltaje (V): 371  
 Ciclos de carga/descarga: No Disponible  
 Tiempo de recarga al 100% (h): 10  
 Tipo de carga: Normal  
 Garantía de la batería (años): 3

### Equipamiento de seguridad y otros

ABS:	Sí	Radio CD:	No
Airbag:	Sí	Cargador a bordo:	Sí
Control de estabilidad:	No	Tipo de cargador:	Monofásico, 230V
Control de tracción:	No	Cargador dotado de inteligencia:	Sí
Dirección asistida:	Sí	Cargador dotado de enclavamiento:	Sí
Indicador eficiencia de conducción:	No	Longitud cable de recarga:	2,50
Aire acondicionado:	Sí	Cable con protección antivandálica:	No Disponible
Climatizador:	No	Ecuación de baterías:	Sí

### DATOS COMERCIALES

**Fecha de disponibilidad en España:** 01-10-2009

Unidades disponibles anuales:	600	PVP Total sin IVA(€):	34 810
Garantía del vehículo (años):	3	Coste mensual del Leasing (€):	No Disponible
		Periodo de Leasing (meses):	No Disponible
		<b>Ayuda MOVELE (€):</b>	<b>6 962</b>

## 2. DISGREGACIÓN Y ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

### 2.1. TRENES DE POTENCIA ELÉCTRICOS

#### 2.1.1. Máquinas eléctricas en vehículos eléctricos

La máquina de tracción ideal para cualquier vehículo comprende de 3 zonas:

1. Una zona a bajas velocidades donde el par debe ser grande y constante para poder suministrar una rápida y suave aceleración.
2. Una zona donde la máquina debe suministrar potencia constante hasta alcanzar la velocidad máxima del motor sin necesidad de una caja de cambios mecánica.
3. Una zona de sobrevelocidad donde la potencia se va reduciendo para su uso en autovías.

Estas tres zonas son inherentes en cualquier máquina eléctrica en mayor o menor medida.

Aún así las máquinas eléctricas deben cumplir unos requerimientos básicos de para su introducción en el exigente mundo de la automoción, y concretamente para su uso en vehículos eléctricos, como es que sean competitivas en coste, de bajo peso y volumen, con gran capacidad de tolerancia a fallos, con amplio rango de funcionamiento en la zona debilitamiento de flujo, gran eficiencia energética y gran densidad de potencia.

Tal y como se observa en la Tabla 6 son tres los tipos de máquinas las que más se adecuan al uso en vehículos eléctricos: la máquina asíncrona, la máquina de imanes permanentes y la máquina de reluctancia variable [1].

Tabla 6. Comparativa entre los diferentes tipos de máquinas para su uso en VE.

	Máquina DC	Máquina asíncrona	Máquina asíncrona excitada externamente	Máquina síncrona de imanes permanentes	Máquina de reluctancia variable	Máquina de flujo transversal
Eficiencia	--	+	+	++	+	++
Velocidad máxima	--	++	+	+	++	--
Volumen	--	+	+	++	+	-
Peso	--	+	+	++	+	+
Refrigeración	--	+	+	++	++	+
Fabricabilidad	-	++	-	-	++	--
Costes	-	++	-	--	++	--

La máquina de inducción (ACM), ha sido una de las máquinas más utilizadas en vehículos eléctricos. Coches actuales como el deportivo Tesla Roadster y el utilitario Think! o coches obsoletos como el EV1 de General Motors utilizan este tipo de motorización. Su funcionamiento es ampliamente conocido ya que es la máquina con más presencia en el mundo industrial.

El perfil de potencia-velocidad característico de una ACM cumple, evidentemente, con las tres zonas mencionadas. El inconveniente de estas máquinas es que tienen una velocidad máxima limitada, y en caso de necesitar un rango de velocidades más amplio a potencia constante se suelen elegir otro tipo de máquinas o se sobredimensionan los inversores asociados, ya que el par máximo en la zona de debilitamiento tanto para las máquinas de inducción como para las máquinas de reluctancia variable es inversamente proporcional al cuadrado de la velocidad.

En la Figura 20 se muestra una clasificación de los distintos tipos de máquina eléctrica. Debido a que la máquina brushless es la opción más extendida entre los fabricantes de vehículos eléctricos, a continuación se describen las características de dichas máquinas, haciendo hincapié en las características que las hacen óptimas para la tracción eléctrica.

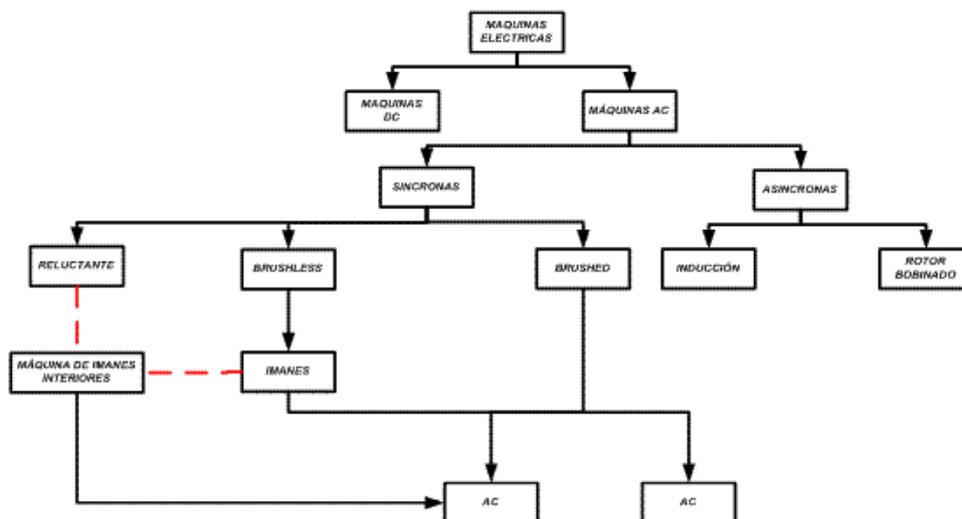


Figura 20. Esquema de los diferentes tipos de máquina.

### 2.1.1.1. Máquinas de imanes permanentes en VE

Las máquinas brushless (imanes permanentes) emplean imanes para obtener el campo magnético de rotor. Esto aumenta la eficiencia de la máquina y la hace más compacta. Este tipo de máquinas tiene un excelente comportamiento en un amplio rango de velocidades. Podemos obtener el máximo par de la máquina hasta la velocidad nominal. Sin embargo, de la velocidad nominal en adelante su comportamiento puede ser considerado inferior a la de la máquina inducción. Como un punto fuerte de las máquinas de imanes se puede destacar que la electrónica de potencia es exactamente igual a la de la máquina de inducción (una electrónica ampliamente estudiada y conocida) y que el control es relativamente sencillo utilizando controles vectoriales actualmente prácticamente estandarizados.

La última clasificación (DC, AC) de la Figura 20 puede llevar a confusiones. Como antes se ha mencionado, tanto las máquinas brushless como brushed son máquinas AC porque la tensión de alimentación es alterna. Cuando decimos alterna nos referimos a que la tensión es positiva y negativa (no solo positiva como en las DC) sin embargo no se especifica la forma de onda de dicha tensión alterna.

Las máquinas síncronas AC tienen tensiones senoidales de manera que las corrientes que se introducen a la máquina también lo son.

Las máquinas síncronas DC por el contrario, tienen tensiones trapezoidales y para un mejor aprovechamiento de esa característica es necesario que las corrientes sean rectangulares. Esas corrientes rectangulares serán positivas y negativas y por ello AC pero debido a que no son senoidales, este tipo de máquinas suele ser denominado DC.

Constructivamente son máquinas similares (casi idénticas) pero detalles como el entrehierro o la ubicación de los conductores de estator hace que las tensiones cojan forma senoidal o trapezoidal. La electrónica de potencia que emplean es la misma, lo que cambia de una a otra es el control y el uso de esa misma electrónica de potencia.

Potencialmente las máquinas síncronas DC tienen un mejor aprovechamiento del campo del rotor pero al igual que pasaba con la máquina reluctante, hacer un buen control no es cosa sencilla. Otra ventaja de la máquina síncrona DC es que los sensores de posición necesarios para realizar un control vectorial son baratos ya que pueden ser sensores de efecto hall.

La máquina síncrona AC por su parte necesita una estimación de la posición más exacta y por eso se usan encoders para su control. Las derivadas de las corrientes son menores comparando con las máquinas DC y por ello suelen tener menos problemas en cuanto a la electrónica de potencia.

Hasta la fecha el precio de estas máquinas es elevado, pero su uso se está extendiendo, además de en la industria de la automoción, en el mundo industrial y muchos de los fabricantes de motores para ese sector están incorporando máquinas brushless a su catálogo (Leroy-Somer, Hitachi...), lo cual hace prever un futuro abaratamiento de sus precios.

Por último apuntar a una topología de máquina de imanes muy popular en la tracción eléctrica, la máquina de imanes interiores.

La máquina de imanes interiores se puede encontrar referenciada en la literatura con varios nombres; polos salientes, imanes enterrados, máquina reluctante asistida... En definitiva esta máquina de imanes lo que hace es combinar ambos principios de creación de par de las máquinas excitadas por el rotor (brushless y brushed) y la máquina reluctante. De hecho es común encontrar esta máquina como un caso particular de una máquina de imanes.

En la Figura 21 podemos ver una de las numerosas opciones para diseñar este tipo de máquinas. Esta topología tiene una componente de par electromagnético (debido a los imanes) y una componente reluctante (debida a los polos) que aumenta la capacidad de par de la máquina. Por otro lado mejora la capacidad de la máquina de imanes de polos lisos (máquina de imanes hasta ahora) para funcionar a velocidades mayores

que la nominal de manera que es una topología muy interesante para aplicaciones de tracción.

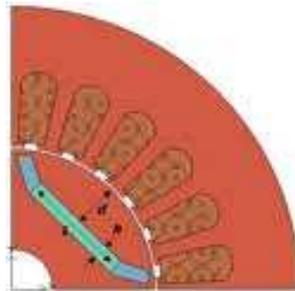


Figura 21. Ejemplo de una máquina de imanes interiores.

### 2.1.1.2. Motores de tracción eléctrica en el mercado

Se revisan los motores de tracción eléctrica que se han encontrado en los diferentes coches del mercado para identificar velocidades, potencia etc. En esta sección se han recogido únicamente los modelos en los que se ha encontrado información reseñable aparte de valores numéricos como tensión de trabajo, potencias etc. Los modelos de coches reseñados son básicamente híbridos, por lo que se detalla el tipo de máquina eléctrica que integran estos modelos por una parte y se incluyen también fabricantes de máquinas eléctricas para tracción puramente eléctrica.

#### Honda FCX Clarity

La máquina eléctrica del Honda FCX Clarity [2] es un motor de imanes interiores tipo capucha (Figura 22).

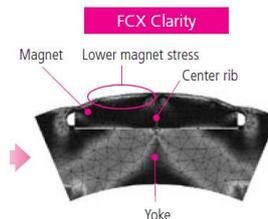


Figura 22. Imanes interiores del FCX Clarity.

Tiene una especie de retención para dar rigidez al montaje de los imanes. Parece claro que utilizan la saliencia para dar par reluctante. Así lo indica el diagrama que muestran en su página web. Por otro lado en la página web indican que la máquina es de 8 Polos. La característica que aparece en la página web está en km/h (Figura 23).

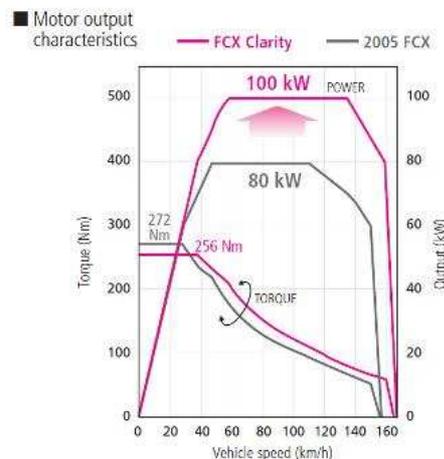


Figura 23. Característica de par velocidad/Potencia velocidad.

Los valores presentados en la Tabla 7 son aproximados y suponiendo que no hay ningún cambio de marcha mecánico. Sí que es verdad que en la curva par vs velocidad hay más regiones de las comunes en este tipo de accionamientos pero se desconoce si es cuestión de diseño eléctrico o una cuestión relacionada con algún elemento mecánico de acoplo.

Tabla 7. Valores aproximados del Honda Clarity.

	Velocidad (rpm)	Par (Nm)	Potencia (kW)
Par constante	3000	256	80
Transición	4300	200	100
Potencia constante	10000	180	100
Velocidad máxima	12000		

La tensión de las baterías es de 108 V. En cuanto a la refrigeración, no parece estar refrigerado por agua ya que en las ilustraciones de las que se dispone no se ve ningún circuito de refrigeración.

### Toyota Prius

El Toyota Prius ha experimentado variaciones de diseño. En el 2003 el sistema de tracción del modelo Prius era el THS [3] mientras que a partir del 2004 migraron al THS2. En la actualidad parece que siguen manteniendo el sistema THS pero con algunas modificaciones ya que las características del motor de la página web no coinciden exactamente con las que se han encontrado para el sistema THS2 original. En la Tabla 8 vemos la diferencia [4].

Tabla 8. Valores aproximados del Prius.

	THS	THS2	Actual
Potencia máxima	33 kW	50 kW (1200-1540)	60 kW
Par máximo	300 Nm	400 Nm (0-1540)	207 Nm

En las siguientes gráficas (Figura 24) vemos las capacidades de los diseños THS y TH2. Mientras que la tensión de trabajo del modelo HTS2 es de 500 voltios, en el modelo actual se ha elevado hasta 650. Sin embargo las baterías son de 200 voltios

por lo que el powertrain lleva incorporado un convertidor DC/DC que eleva la tensión de las baterías a esos niveles.

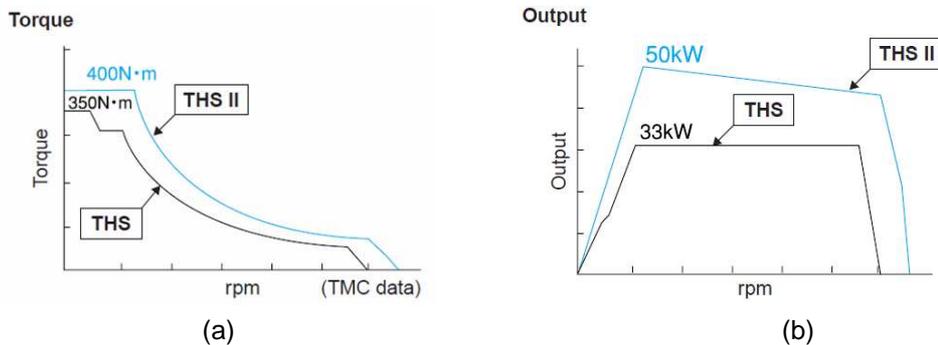


Figura 24. Capacidades de (a) par y (b) potencia del THS y THS2.

El motor de tracción de Toyota es de tipo imanes interiores. En la Figura 25 vemos la chapa del modelo HTS2 (no tenemos información sobre el modelo actual pero suponemos que será similar).

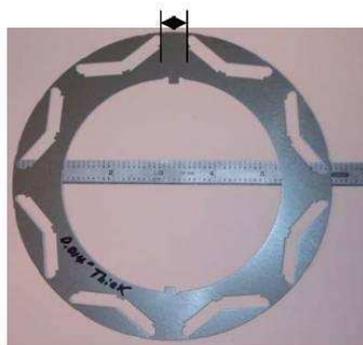


Figura 25. Chapa del rotor del Toyota Prius HTS2.

Como se ve los imanes se colocarán en V. Esta disposición maximiza la componente reluctante del par y mejora las prestaciones de ella para su uso a velocidades mayores que la nominal. La chapa es de 0,35 mm, una chapa muy delgada para minimizar las pérdidas del hierro.

El devanado es un devanado clásico de bobinas distribuidas. En la Figura 26 se pueden observar las cabezas de bobina.

En cuanto al sistema de refrigeración, el motor está refrigerado por agua de manera que se mantiene la temperatura a unos valores razonables.



Figura 26. Estator del modelo Prius HTS2.

### Toyota Camry y Lexus LS600h

El modelo Camry [5] tiene un par de 270 Nm por lo que es posible que Toyota haya tendido a bajar los niveles de par y a dar la potencia a base de subir la tensión. Para ello, en el modelo Camry la velocidad del motor sube respecto a la del Toyota Prius del 2004 por lo que, aunque no se puede confirmar, es posible que haya ocurrido algo similar con el motor actual del modelo Prius. Constatar que los tres modelos de la Tabla 9 tienen un convertor DC/DC para aumentar la tensión de trabajo de la máquina.

Por otro lado, el modelo Lexus [6] monta un motor eléctrico de mayor potencia y par. La velocidad del motor es bastante elevada ya que de lo contrario consumiría demasiada corriente para dichas potencias.

El modelo Lexus implica otra variante del rotor de imanes interiores.

Tabla 9. Comparativa entre Lexus Camry y Toyota Prius 2004.

Design Feature	2008 LS 600h	Hybrid Camry	2004 Prius
Motor peak power rating	165 kW @ 5250 rpm (disputed)	105 kW @ 4500 rpm (disputed to be 70kW)	50 kW @ 1200–1540 rpm
Motor peak torque rating	300 Nm	270 Nm	400 Nm
Rotational speed rating	10,230 rpm	14,000 rpm	6,000 rpm
Separate generator used?	Yes (although the motor also serves as a generator during regenerative braking)	Same as Lexus	Same as Lexus
Generator specifications	Not published	Not published	33 kW
Source of power to MG2	Battery and/or ICE via generator	Same as Lexus	Same as Lexus
PMSM rotor design	Interior PMs with triangular configuration	Interior PMs with “V”	Similar to Camry
Motor winding configuration	Parallel	Parallel	Series
Number of rotor poles	8	Same as Lexus	Same as Lexus
Bi-directional dc-dc converter output voltage	~288-650 Vdc	250–650 Vdc	200–500 Vdc
Bi-directional dc-dc converter power rating	36.5 kW	30 kW	20 kW
PMSM cooling	Same as Camry, yet with oil squirters for stator	Oil circulation and water/glycol heat exchanger	Same as Camry
Inverter/converter cooling	Water/glycol loop	Same as Lexus	Same as Lexus
Hybrid transmission	Same as Camry, yet Ravigneaux high and low gear used for speed reduction	Planetary gears used for speed reduction and power split	A single planetary gear used for power split
Fan-cooled high-voltage (HV) Ni-MH battery	288 V, 6.5 Ah, 36.5 kW	244.8 V, 6.5 Ah, 30 kW	201.6 V, 6.5 Ah, 20 kW

El modelo Camry utiliza un rotor muy parecido al del Prius con imanes en V (Figura 27). El Lexus añade un imán en la mitad del canal de la V. Por un lado se tiene más campo pero también se aumenta la saliencia del motor a costa claro de un mayor costo debido a los imanes. Si comparamos los diámetros de ambos diseños vemos como el rotor del Lexus es notablemente menor al del modelo Camry. Esto es debido a que el Lexus trabaja a mayores velocidades y por lo tanto necesita menos volumen de máquina.



Figura 27. Comparación del rotor del Camry y del Lexus

### Honda Accord 2005

Aunque es un coche que en la actualidad se ha dejado de fabricar, se considera interesante estudiar la tecnología de este modelo.

En la Figura 28 podemos ver el devanado del Honda Accord. A diferencia del Toyota Prius el Honda Accord incorpora devanados concentrados. Estos devanados tienen menores cabezas de bobina con lo que se mejora la eficiencia de la máquina. Además mejoran la capacidad de la máquina para funcionar por encima de la velocidad nominal.

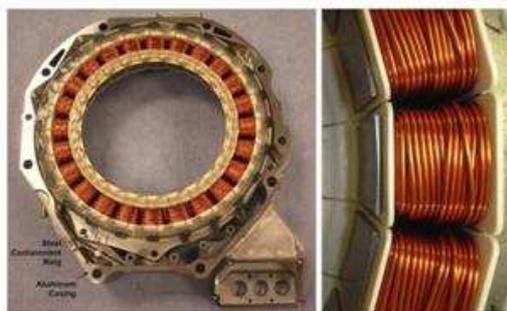


Figura 28. Estator del Honda Accord

Como desventaja de este devanado podemos destacar el calentamiento al que pueden estar sometidos los imanes que pueden incluso llegar a desmagnetizarlos. Pero este motor es de menor potencia que el de Prius (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación Accord Prius.

	ACCORD	PRIUS
Potencia máxima	12.4 kW (840 rpm)	65 kW
Par máximo	136 Nm	200 Nm

Presumiblemente (y en vista de que incluso no se refrigera) los niveles de potencia que maneja no hace los imanes sufran en ese sentido. Por otro lado, el devanado concentrado permite sistemas de montaje modulares.

Los devanados van prebobinados en torno a un diente que luego se ensambla para crear el estator completo. Las bobinas se bobinan en un carrete para preservar el aislamiento de los conductores respecto del hierro del estator.

En cuanto a la colocación de los imanes en el rotor, es sensiblemente diferente a la del Prius.

Los imanes son interiores pero en este caso no están colocados en forma de V. Esta configuración aprovecha menos el par reluctante de la máquina. Es una solución próxima a los imanes superficiales pero que preserva la integridad mecánica del rotor reteniendo los imanes con la capucha que se puede ver en la Figura 29.



Figura 29. Rotor del Honda Accord.

### Honda Insight

Al igual que el Accord, el motor del Honda Insight (Figura 30) es un motor de devanados concentrados. No se puede observar la colocación de los imanes

Como se ve, la tendencia de Honda es reducir la potencia del motor eléctrico. Hay que tener en cuenta que este coche no es del todo un híbrido ya que el motor se utiliza de asistente al motor de inyección.



Figura 30. Motor del Honda Insight.

### Smart ED

El Smart ED tiene un motor Brushless DC al contrario de la mayoría de los motores que incorporan los coches estudiados. El motor lo desarrolla Zytek [7]. En la Figura 31 podemos la curva par velocidad y potencia velocidad del motor.



Figura 31. Curvas del motor del Smart.

El límite continuo está impuesto por una limitación térmica. Eléctricamente el sistema puede llegar hasta los valores máximos pero el motor se calienta por lo que en continuo los valores están limitados.

### TM4

Los motores de tracción de TM4 [8] parecen estar basados en una topología de rotor exterior. Según la página web utilizan imanes interiores.

La topología de rotor exterior es muy utilizada en aplicaciones direct drive en sistemas como motor rueda. No es tan común encontrarla en motores de tracción convencionales. Esto es debido a que suelen emplear mayores volúmenes de imán lo que encarece el producto final. Las especificaciones del motor son las siguientes (Tabla 11).

Tabla 11. Características del motor de tracción TM4.

Potencia	37 kW
Tensión	250-400 V
Velocidad máxima	8000 rpm
Par	60 Nm
Tecnología	Imanes permanentes
Gearbox	9.8:1

### UQM Technologies

UQM tiene un amplio catálogo de motores para vehículo eléctrico [9]. Como ejemplo en la Figura 32 podemos ver la curva par velocidad de una máquina de Quantum.

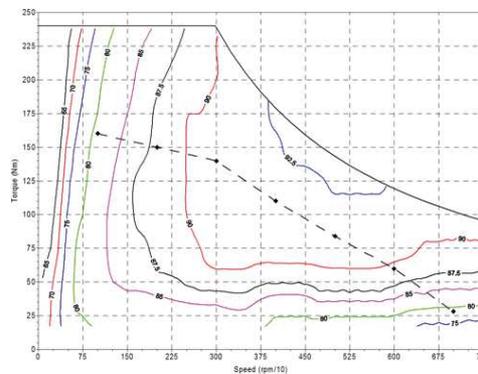


Figura 32. Mapa de eficiencia de uno de los motores UQM.

Los motores de UQM, aunque no se especifica que tecnología emplea, en base a una patente que tienen podemos decir que es de imanes interiores (Figura 33).

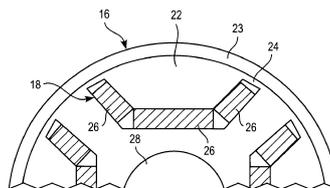


Figura 33. Patente de UQM.

Como ya se ha comentado anteriormente, esta configuración se utiliza para mejorar las prestaciones de la máquina por encima de la velocidad nominal.

### Brusa Motors

Brusa Motors, al igual que UQM comercializa una máquina eléctrica que puede utilizarse como motor de tracción o como generador. Al igual que la mayoría de motores de tracción utiliza un rotor de imanes interiores [10].

En el caso de los motores Brusa hay 2 capas de imanes en vez de una como ocurriría por ejemplo en la máquina de UQM. Esta configuración aumenta el par reluctante a costa de disminuir el par electromagnético.

Tiene una velocidad máxima muy elevada cosa que puede favorecer su uso en aplicaciones de tracción no así en las de generación (Figura 34).

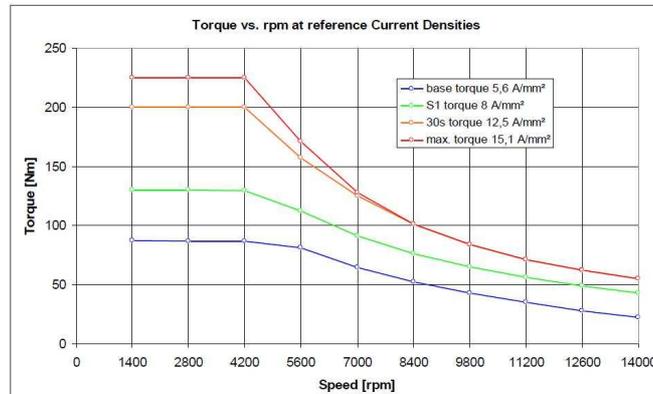


Figura 34. Curva par velocidad de Brusa motors.

Es una máquina de 4 pares de polos únicamente y por ello su frecuencia es bastante elevada (210 Hz).

### Remy Motors

Las máquinas de Remy Motors [11] tienen como especificación una curva de par velocidad dada y según catálogo la proporcionan con dos tecnologías diferentes:

- Imanes interiores
- Imanes permanentes

Aunque en la página web se comenta que la solución basada en máquina de inducción tiene un comportamiento ligeramente inferior a mejor precio, no se especifica en qué medida varía una opción de la otra. Todas las máquinas incorporan una solución de devanado basado en conductores conformados que mejoran el aprovechamiento de la ranura así como su refrigeración. La conexión entre los conductores se hacen una especie de conexionado estándar que según catalogo reduce la resistividad del devanado mejorando así la eficiencia de la máquina.

Tiene dos series de máquina:

- HVH250
- HVH410

Aunque toda la serie de los motores de HVH250 está refrigerada, hay unas versiones con una refrigeración más intensiva de manera que pueden funcionar a más par y velocidad y por lo tanto dan más potencia. Aun así estas máquinas requieren de más bus DC debido a la subida en velocidad.

Las versiones High Torque (HT), dan más par aumentando la longitud de la máquina. Esto hace que la tensión de la máquina en bores se eleve y para mantener el mismo bus DC la velocidad nominal se ve reducida.

La serie HVH410 es una serie de menor velocidad y mayor par. Aunque no se especifica posiblemente vaya equipada con imanes de más capacidad (o una construcción que haga un uso mayor de estos) para tener unas capacidades más acorde con la filosofía High Torque Low Speed. A priori esta serie de motores estaría más optimizada para aplicaciones sin reductora tipo tracción In-Wheel.

### Evo Motors

A diferencia de los demás fabricantes de motores, Evo Motors[12] incorpora motores axiales (Figura 35) en sus diseños. Las máquinas axiales se diferencian de las radiales en un mayor diámetro. Si geoméricamente el par de una máquina radial se puede dar alargando la máquina, en la máquina axial se da mediante una relación diámetro externo interno.

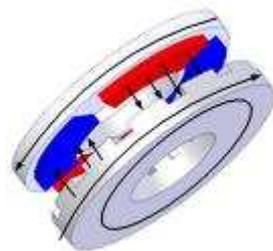


Figura 35. Máquina axial.

Este tipo de topología de imanes resulta en geometrías de mayor diámetro que si bien se han venido planteando para aplicaciones On Wheel pueden ajustarse perfectamente a un range extender de manera que reduzcan la longitud de este. Otra característica de esta topología es su modularidad ya que añadiendo diferentes discos a la topología básica de la figura, se puede aumentar el par aumentando la longitud total de la máquina al igual que se hace con las máquinas radiales (Figura 36).

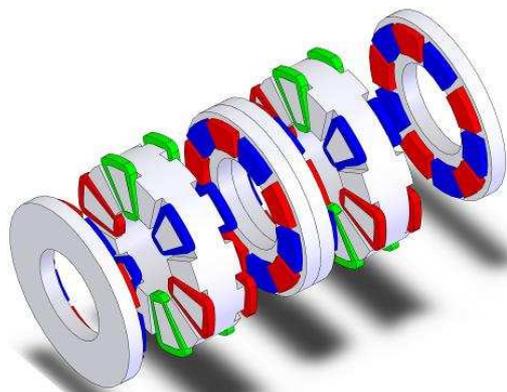


Figura 36. Máquina axial Multietapa.

Evo motors utiliza esta característica para ofrecer dos máquinas diferentes a priori pero muy parecidas en su interior. La primera es una máquina axial de una sola etapa con una potencia de 72 kW a una velocidad de 3 500 rpm. La segunda opción añade una segunda etapa a esta configuración básica para aumentar la potencia.

En el catálogo se diferencian motores y generadores pero si nos fijamos en las prestaciones y características de la máquina veremos que el generador y el motor presumiblemente serán la misma máquina eléctrica.

Sorprende la baja zona de potencia constante (por encima de la velocidad nominal) que ofrece este motor, solo 1 000 rpm (Figura 37).

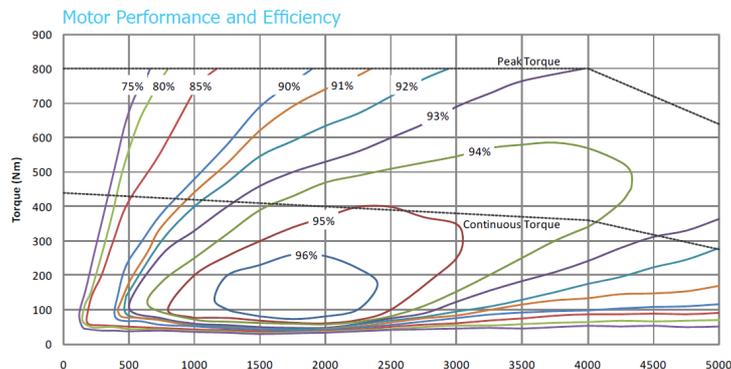


Figura 37. Curva par velocidad de EVO motors.

### 2.1.2. Inversores para Vehículos Eléctricos

Invertir es convertir potencia de corriente continua a potencia de corriente alterna obteniendo el voltaje y/o la corriente y la frecuencia deseadas.

El VSI (Voltage Source Inverter) es un inversor en el cual el voltaje de entrada es esencialmente constante e independiente de la corriente de carga, como en el caso de las máquinas eléctricas. El inversor especifica el voltaje de la carga mientras que la carga dictamina la corriente. Siendo una fuente de alimentación, se permite la salida de circuito abierto. El control de voltaje es requerido para mantener fijo el voltaje de salida cuando la regulación del voltaje de entrada DC sea pobre, o para controlar la potencia hacia la carga. El inversor y sus salidas pueden ser de fase única, trifásicas o multifásicas. Puede que se requiera una frecuencia variable en la salida para el control de velocidad de un motor donde en conjunto con el control del voltaje o de corriente, se puede mantener un flujo constante del motor.

Las formas de onda de la salida del inversor (voltaje o corriente) suelen ser rectilíneas, conteniendo armónicos que reducen la eficiencia de la carga y su rendimiento. Se pueden reducir los armónicos mediante filtrado, PWM o con técnicas de reducción de armónicos seleccionados. La calidad de la salida del inversor se evalúa en términos como factor armónico, factor de distorsión (THD) y eficiencia energética.

Los inversores DC/AC son utilizados principalmente como accionamientos para motores trifásicos y en UPS-s (Uninterruptible Power Supply) cuyo cometido es producir una onda senoidal, controlable tanto en magnitud como en frecuencia, con la cual suministrar energía en caso de una falla en la red.

En la aplicación que nos ocupa, la tracción de un vehículo eléctrico, la tensión continua de una batería es convertida en una señal trifásica para accionar la máquina de tracción. La tensión en bornes de la máquina se desea senoidal, ajustable en magnitud y frecuencia. Esto se consigue utilizando los mencionados inversores DC/AC.

Para ser más exactos, el inversor DC/AC es un equipo reversible que permite que el flujo de la potencia sea bidireccional. En el caso de un vehículo eléctrico, el inversor cede energía de las baterías hacia la máquina cuando esta se comporta como motor, para traccionar el vehículo y revierte el flujo de la potencia hacia las baterías cuando la máquina se comporta como generador, cuando el vehículo se encuentra frenando.

### 2.1.2.1. Inversores resonantes

Una de las tendencias de topología en los inversores eléctricos embarcados en los vehículos eléctricos son los llamados inversores resonantes. Estos inversores reducen considerablemente las pérdidas de conmutación utilizando una conmutación suave (conmutación al paso por cero de la corriente o de la tensión). Esta reducción en las pérdidas de conmutación permite trabajar con unos valores de frecuencia mayores reduciendo así las inductancias y los condensadores (en peso, tamaño y valor). Además, el ruido electromagnético radiado se reduce significativamente, lo cual es muy importante tal y como se comenta en el apartado 2.7.1.2.

En los inversores resonantes se pueden utilizar dos técnicas para alcanzar el objetivo de cero pérdidas en conmutación [13]:

- La carga provee pasos naturales por cero de corriente y tensión para la conmutación suave.
- Un circuito resonante a través del interruptor que suministra energía a la carga introduciendo pasos por cero de corriente o tensión para realizar la conmutación.

En el caso concreto de los vehículos eléctricos el inversor trabaja con una máquina eléctrica como carga, que no provee pasos naturales por cero y hace necesario un circuito resonante a través de los interruptores que proveen de energía a la máquina.

### 2.1.2.2. Inversores para aplicación de VE en el mercado

#### **EVO Electric**

El inversor BEK-250 de EVO Electric [14][15] está orientado al control de la máquina. Está dimensionado para poder ofrecer los 167 kW de pico que puede suministrar el motor. Su tensión nominal de entrada es de 600 voltios, aunque puede trabajar en un amplio rango de tensiones (300 V-720 V). Está refrigerado por agua y glicol al igual que casi todos los inversores comerciales utilizados en vehículos eléctricos. De esta manera se consigue reducir su peso y volumen.

Utiliza control vectorial para controlar la máquina y comunicación CAN con el resto del vehículo.

#### **evolve IT**

El inversor trifásico C-EVE – evolve IT[16] de 100 kW tiene una de las mayores densidades de potencia, tanto volumétrica como gravimétrica (Tabla 12). Trabaja con una tensión de entrada de 100 a 360 V.

Tabla 12. Comparación entre evolveIT, UQM y BRUSA.

	evolveIT (100 kW)	UQM (100 kW)	BRUSA (80 kW)
Peso (kg)	7,7	15,9	9,1
Largo (cm)	31	37,25	35,5
Ancho (cm)	19,75	36	23,5
Alto (cm)	8,25	11,75	8,75

El inversor tiene la posibilidad de utilizar diferentes controles con tacómetro o sensorless o en base a la máquina. Utiliza comunicaciones CAN y RS-232.

## UQM

La compañía UQM[17] dispone inversores en un rango que va desde los 25 kW (Figura 38) a los 100 kW nominales.



Figura 38. Inversor DD40-100L (25 kW nominal) de UQM.

Utilizan un rango de tensión de bus que va de los 240 a 420 V, aunque puede configurarse hasta 800 VDC (utilizando IGBTs de 1200V/150A). La conmutación de los IGBTs se realiza a 12,5 kHz, y dado que su tensión de BUS máxima permitida es entorno al 66% de la tensión máxima que soportan los IGBTs, se presupone que se realiza una configuración convencional (Hard Switching). Todos los inversores de la gama están refrigerados por agua para reducir su peso y volumen.

Utilizan un control de campo orientado (FOC) programado sobre una DSP (Digital Signal Processor) de coma fija TI2812 de Texas Instruments que dispone de periféricos para poder realizar la comunicación, vía CAN o serie, con el resto del vehículo. Todos los inversores están diseñados siguiendo los estándares de la automoción y disponen de sistema de diagnóstico.

## Magnet-Motor

La compañía alemana Magnet-Motor [18] dispone del inversor comercial S30-6. Al estar diseñado para uso militar cumple con las máximas exigencias de fiabilidad. Ofrece una potencia nominal de 50 kW (90 kW máx.) a una tensión de bus nominal de 750 V. trabaja a una frecuencia de conmutación de 16 kHz.

Mediante la reconfiguración de su firmware es capaz de controlar máquinas brushless dc, brushless ac y asíncronas. Dispone a su vez de comunicaciones vía CAN y reconfiguración del firmware y diagnosis vía línea serie (RS-232), ambas comunicaciones aisladas.

### Zytek

El inversor Zytek IDT 120-55 [7] está acoplado a la máquina de la misma compañía. Trabaja a una tensión de bus nominal de 350 V, con comunicaciones Dual CAN y dispone de un convertidor DC/DC para proveer de los 12 V necesarios para los sistemas auxiliares del vehículo.

Zytek fabrica estos sistemas exclusivamente para el Smart ED, por lo que no se dispone de mucha información sobre su configuración.

### Curtis

Este inversor [19] de 20 kW estaba destinado primeramente para su uso en vehículos industriales (carretillas elevadoras) y vehículos GSE (Ground Support Equipment) que se utilizan para mover el material en los aeropuertos. Sin embargo su potencia es suficiente para traccionar vehículos pequeños de pasajeros, como el Reva-i de la Figura 39.



Figura 39. Modelo de vehículo Reva-i.

Su tensión de bus, 48 voltios, es muy baja comparada con el resto de los modelos descritos en este documento. Ello hace que trabaje con tecnología de semiconductor MOSFET en vez de IGBT, si bien utiliza varios en paralelo para poder suministrar las grandes corrientes a las que trabaja (~300 amperios).

Realiza un control vectorial de campo indirecto orientado para poder ofrecer el máximo rendimiento de la máquina AC con la que trabaje. Dispone de una función Auto-Tune para caracterizar de manera rápida dicha máquina. De igual manera dispone de una opción para poder configurarlo como Dual-Drive para sistemas distribuidos de tracción. En cuanto al sistema de comunicaciones, utiliza CANopen.

Dado que Curtis Instruments es una empresa de EEUU se especifica que está producido cumpliendo los estándares internacionales: EN12895, EN1175 y IP65.

### Brusa

La compañía suiza Brusa [20] posee la patente de un inversor para uso en tracción de vehículos eléctricos con una topología llamada SoftSwing [21]. Esta topología resonante utiliza el esquema de la Figura 40 por cada una de las ramas del inversor:

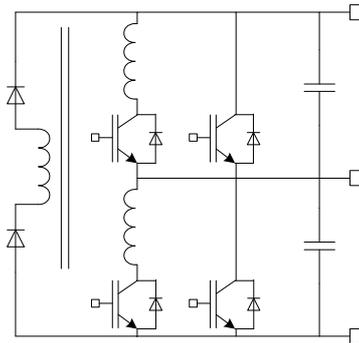


Figura 40. Rama de la topología SoftSwing®.

La estructura de la rama la forman dos IGBTs principales conectados a una circuitería adicional consistente en dos condensadores y un semipunto con IGBTs de menor potencia con inductancias acopladas a sus drenadores.

Mediante el control de los disparos, esta topología ofrece la ventaja de operar a conmutaciones de paso por cero en corriente y tensión. Los condensadores protegen de sobretensiones a los IGBTs durante su apagado. Esto hace que los IGBTs puedan dimensionarse a su valor nominal. Las cargas de recubrimiento inverso no son absorbidas (disipadas en forma de calor) cuando la corriente de la carga conmuta desde los diodos volantes hacia los IGBTs. Según su fabricante, operando a 24kHz sus pérdidas son la mitad de un inversor de conmutación dura. Debido a la ausencia de picos de corriente el circuito emite muy bajas emisiones electromagnéticas.

Comparativa entre los inversores del mercado:

Tabla 13. Comparativa entre los inversores del mercado.

Tipo	Comp.	$\eta$ (%)	Pot nom. (kW)	Pot. máx. (kW)	Vbus (V)	Vbus min(V)	Par nom. (Nm)	Par máx. (Nm)	Imáx. (A)	Switches	Com.	Peso (kg)
Trifás. para PM incluye motor	TM4		37	77	220-400	180	65	170			CAN	
Trifásico brushless PM	UQM	96	25		340 (250-420)	180			100	IGBT (12'5 kHz)	CAN o Analógico	4'13
Trifásico brushless PM	UQM	94	45	75	240-420	240	150	240	400	IGBT (12'5 kHz)	CAN	15'9
Trifásico reconfigurable para asíncrono o síncrono	Evolve-it	99	42	75	100-360	100		760	500		CAN	4
Trifásico para PM, SM o asíncrono	Magnet-Motor	97	50	90	750 (-800)				230 a 400 V	IGBT (16kHz)	CAN	4'3
Trifásico PMSM	Zytek		42	55	278 (200-350)	200	95	120		IGBT	Dual CAN	60 (+motor)
Trifásico AC	Mes-dea				80-400				140(210)	IGBT (3-9kHz)	CAN	6'9
Trifásico para PMSM	EVO	92'5	75	167	600 (300-720)	300	220	400	343			30
Trifásico (resonante) reconfigurable	BRUSA	97	40	53	130-450	130			150	24 kHz	CAN	6'5
Trifásico reconfigurable para asíncrono o síncrono	Curtis*		15	20	48-80	48			300		CAN	

\*Sin refrigeración por agua

### 2.1.3. Referencias

- [1] H. Braess and U. Seiffert, Handbook of Automotive Engineering. Warrendale, Pa.: SAE, 2005.
- [2] R. H. Staunton, T. A. Burress and L. D. Marlino, "Evaluation of 2005 honda accord hybrid electric drive system," 2006.
- [3] J. S. Hsu, C. W. Ayers, S. L. Campbell, C. L. Coomer, K. T. Lowe, R. T. Michelhaugh and R. H. Wiles, "Report on Toyota/Prius motor torque-capability, torque-property, no-load back EMF, and mechanical losses," 2004.
- [4] J. S. Hsu, C. W. Ayers and C. L. Coomer, "Report on Toyota/Prius motor design and manufacturing assessment," 2004.
- [5] T. A. Burress, C. L. Coomer, L. D. Marlino, R. H. Staunton, J. P. Cunningham, L. E. Seiber and S. L. Campbell, "Evaluation of the 2007 toyota camry hybrid synergy drive system," 2008. 2008.
- [6] T. A. Burress, C. L. Coomer, S. L. Campbell, A. A. Wereszczak, J. P. Cunningham, L. D. Marlino, L. E. Seiber and H. T. Lin, "Evaluation of the 2008 lexus LS 600h hybrid synergy drive system," USA, 01/2009. 2009.
- [7] Zytec Automotive. (2010), Electric engines.
- [8] TM4 Electrodynamic Systems. (2011), TM4 MΦTIVE™ - electric powertrain.
- [9] UQM Technologies. (2011), Vehicle propulsion systems.
- [10] Brusa. (2011), Brusa: Motors.
- [11] Remy International Inc. (2010), Remy electric motors brochure.
- [12] EVO Electric Ltd. (2011), Electric motors.
- [13] B. W. Williams, Power Electronics: Devices, Drivers and Applications. Basingstoke: Macmillan, 1987.
- [14] EVO Electric Ltd., "EDS-14042 Electric Drive System," 2011.
- [15] evolveIT Inc. (2010), Evolveit motors.
- [16] Evolveit Inc. (2010), Electric vehicle inverter controller driver.
- [17] UQM Technologies. (2011, Power electronics.
- [18] Magnet-Motor GmbH. (2009, Power electronics: Lightweight electronic components.
- [19] Curtis Instruments. AC motor controllers.
- [20] Brusa. (2011). Drive: Efficient AC drives.
- [21] M. Frisch, "Resonant Motor Drive Topology with Standard Modules for Electric Vehicles," Power Electronics Europe, vol. 5, pp. 31-34, 2008.
- [22] Agencia Europea de Medio Ambiente. (2004, 2004). Transporte y medio ambiente en europa.
- [23] European Commission. (2007, 2007). Regiones europeas competitivas gracias a la investigación y la innovación. Bruselas.

- [24] M. Johnson and M. Wang, "Evaluation policies and automotive recovery options according to the European Union Directive on end-of-life vehicles (ELV)," Proc. Inst. Mech. Eng. Pt. D: J. Automobile Eng., vol. 216, pp. 723-739, 01/01, 2002.
- [25] C. Collins, A. Fanning, M. Crowe and B. Meaney. (2002, 2002). End of life vehicles in Ireland. A sectorial report.
- [26] European Commission. (2007, 17/10/2007). Informe de la comisión al consejo, al parlamento europeo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones sobre la aplicación de la directiva 2000/53/CE relativa a los vehículos al final de su vida útil durante el periodo 2002-2005. Bruselas.
- [27] Dirección General de Tráfico, "Anuario estadístico general 2007," Madrid, 2008.
- [28] SIGRAUTO. (2010), Memoria anual 2009.
- [29] European Union. (6/07/2005). DIRECTIVE 2005/32/EC of the european parliament of the council 2005 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products and amending council directive 92/42/EEC and directives 96/57/EC and 2000/55/EC of the european parliament and of the council.
- [30] M. Charter, D. Trillosand and T. Marcos. (2010), ISO 14006 will provide guidance on ecodesign. ISO Focus.
- [31] Cámara Oficial de Comercio e Industria de Zaragoza. Ecoetiquetas.
- [32] Cámara Oficial de Comercio e Industria de Zaragoza. ¿Por qué eléctricos?
- [33] Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) and International Energy Agency (IEA). (24/06/2010). Technology roadmap:electric and plug-in hybrid electric vehicles.
- [34] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Gobierno de España). (2010), Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en españa.
- [35] R. Aláez, M. Barneto, C. L. Gil Juan-Carlos and J. Lucea. (3º trimestre, año 2010). Del motor de combustión interna al vehículo eléctrico cuatro alternativas técnicas (\*). Revista Economía Industrial Núm. 377 Presidencia Española De La Unión Europea.
- [36] Anonymous (15/01/2019). Tendencias tecnológicas del sector de automoción. repercusión de las líneas de innovación sobre las empresas en España.

## 2.2. BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

### 2.2.1. Lista de siglas

#### Vehículos

EV → Vehículo eléctrico

BEV → Vehículo Eléctrico por las Baterías

HEV → Vehículo Eléctrico Híbrido

FCEV → Vehículos Eléctricos por las Células de Combustible

ICE → Motor de Combustión Interna

#### Características de las baterías

DOD → Máxima Profundidad de Descarga

#### Tipos de baterías

Ni-Cd → Baterías níquel-cadmio

NiMH → Baterías de hidretos metálicos de níquel

Ni-Zn → Baterías níquel-zinco

#### Tecnologías de las baterías

LMO → *Lithium Manganate Spinel*

LTO → *Lithium Titanato*

LFP → *Lithium Iron Phosphate*

NMC → *Nickel Manganese Cobalt*

NCA → *Nickel Cobalt Aluminum*

LMC → *Lithium Manganate Cobalt*

#### Componentes químicos

CO<sub>2</sub> → Dióxido de carbono

Zn → Zinc

Pb → Plomo

Cd → Cadmio

CH<sub>4</sub> → Metano

PbO<sub>2</sub> → Óxido de plomo

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → Ácido sulfúrico

Ni(OH)<sub>2</sub> → Hidróxido de níquel (II)

Cd(OH)<sub>2</sub> → Hidróxido de cadmio

KOH → Hidróxido de potasio

LiCoO<sub>2</sub> → Dióxido de cobalto de litio

LiPF<sub>6</sub> → Sales de litio

Li → Litio

V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> → Peróxido de vanadio

LiMn<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → Dióxido de manganes

### 2.2.2. Introducción

En la actualidad, asociado con el aumento constante de los precios de los combustibles fósiles y de los problemas ambientales, es insostenible seguir con el aumento del número de vehículos con motor de combustión interna, ICEV en circulación. Los problemas graves de contaminación del aire que ya existen en algunas de las grandes ciudades del mundo requieren que los gobiernos tomen medidas para crear soluciones alternativas para la movilidad, menos contaminantes, especialmente en términos de movilidad urbana.

El reciente Libro Blanco de Transportes, presentado el 28 de marzo de 2011 por la Comisión Europea, pretende romper con el movimiento del motor de gasolina, diesel o gas en las ciudades de 27 países de la UE para el año 2050 y restringe el movimiento a partir de 2030.

Es en este ambiente que los vehículos eléctricos a batería asumen un papel cada vez más importante. Un componente de importancia en los vehículos eléctricos es su fuente de almacenamiento de energía. Este estudio está dedicado a las baterías de tracción.

La cadena de valor de las baterías de tracción para vehículos eléctricos, VE, consiste en un conjunto de pasos que se enumeran a continuación: la producción de los componentes o materias primas, las células de producción, la producción de módulos, el montaje de los diferentes módulos en el pack final (en esta etapa incluye la unidad de gestión electrónica y la unidad de refrigeración de la batería), la integración de la batería en el vehículo a utilizar durante su vida y en última instancia, su reutilización y / o reciclaje. Estos diversos pasos se ilustran en la Figura 41 [1].

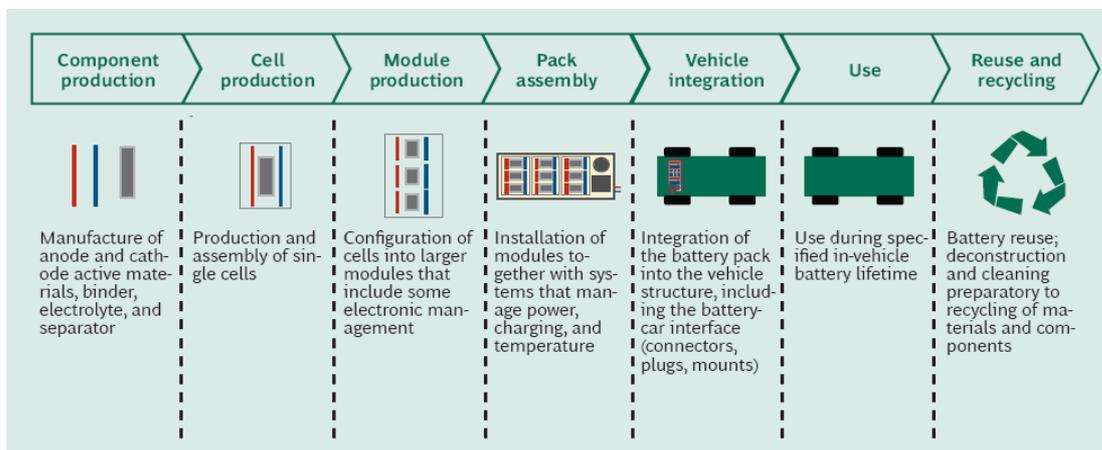


Figura 41. Valor de la cadena de baterías de tracción para vehículos eléctricos puros.

El objetivo de este trabajo es describir los elementos principales que constituyen el estado del arte de las baterías de tracción, que pueda proporcionar la información necesaria para la selección de una batería base en el proyecto Green-Car y su rediseño ecológico - Ecodiseño.

Se pretende, también inventariar las características de las baterías que puedan ser posteriormente testadas en laboratorio con el objetivo de encontrar los mejores parámetros del eco-desempeño.

### 2.2.3. Funciones y requisitos de baterías de tracción en vehículos eléctricos (VE)

#### 2.2.3.1. Principales ventajas y limitaciones del VE

Algunas de las principales ventajas de un vehículo eléctrico, así como sus principales inconvenientes están relacionados con el uso de baterías. A continuación se enumeran las características más importantes asociadas a esta forma de almacenamiento de energía.

#### **Desventajas de los vehículos eléctricos**

La primera desventaja de los vehículos eléctricos, y la más importante, es su limitada autonomía. Las baterías de tracción, incluso las más modernas, presentan una baja densidad de energía en comparación con los combustibles fósiles. Los vehículos eléctricos necesitan de recargas frecuentes, con tiempos de recarga relativamente elevados (en función de la fuente de alimentación, unos 30 minutos de carga rápida o más de seis horas para la carga lenta).

A pesar de este inconveniente, parece que el uso de vehículos en circuitos urbanos es perfectamente accesible a los vehículos eléctricos. En el caso de Portugal, la distancia media recorrida diariamente en la ciudad de Lisboa es de apenas 56 km, ya en la ciudad Oporto es de 25 km, valores que están debajo de la autonomía de los actuales vehículos eléctricos comerciales [2].

De acuerdo con The Boston Consulting Group [1], sin el desarrollo tecnológico de la batería, no es probable que los VE estén disponibles para el mercado masivo en 2020. Si deseado desarrollo no se verifica, su uso puede quedar limitado al mercado de flotas de vehículos comerciales y vehículos de pasajeros en una zona de desplazamiento restringida.

Aunque no emiten gases de efecto invernadero en el tráfico del local, las emisiones de VE están directamente vinculadas a la mezcla de energía de la red eléctrica que suministra a la estación de carga cuando se está cargando el vehículo. Si la energía depende de los combustibles fósiles, fuel, carbón, gas natural u otros recursos no renovables para generar la energía, puede dar lugar a más emisiones de contaminantes que el motor del vehículo de combustión interna.

Otra desventaja operacional de los vehículos eléctricos se asocia con el aire acondicionado - calefacción y la refrigeración del interior del vehículo. A diferencia de ICEV, el motor eléctrico produce sólo una parte del calor en comparación con un ICE, y esta parte no es suficiente para calentar el interior del vehículo y para hacer el deshielo o el desempañado del parabrisas, con uso de energía de la batería para producir calor. Esta necesidad puede ser atenuada, pre-calentando o enfriando el vehículo mientras está conectado a una estación de recarga, utilizando directamente la energía de la red eléctrica.

Con el fin de maximizar la calefacción y la refrigeración del aire interior, se recomienda que la resistencia eléctrica – que normalmente se utiliza para la producción de calor - sea sustituida por una bomba de calor reversible con un alto coeficiente de rendimiento, lo que permite el suministro y la retirada de calor en el interior del vehículo, ya que tienen un menor consumo de electricidad. Además, Barreto [3] se

refiere a la posibilidad de integrar el sistema de aire acondicionado dentro de los sistemas de refrigeración de motor eléctrico y módulos de batería. Esto asegura que la temperatura de las baterías se hace más estable, lo que trae muchos beneficios, tales como prolongar la vida de la batería, mejorar el rendimiento y la eficiencia general de VE.

### Ventajas de los vehículos eléctricos y las baterías

Los motores eléctricos son mecánicamente sencillos en comparación con los vehículos de combustión interna, con una eficiencia de la conversión de energía, normalmente superior al 90% en toda la gama de velocidades y la potencia de salida. Los motores eléctricos tienen un elevado par en el arranque, que está disponible hasta que su potencia nominal se alcanza, a diferencia de los motores de combustión interna. Como resultado, se eliminó la necesidad de cajas de cambio y convertidores de par (Figura 42), siendo suficiente la existencia de una relación de transmisión fija [25].

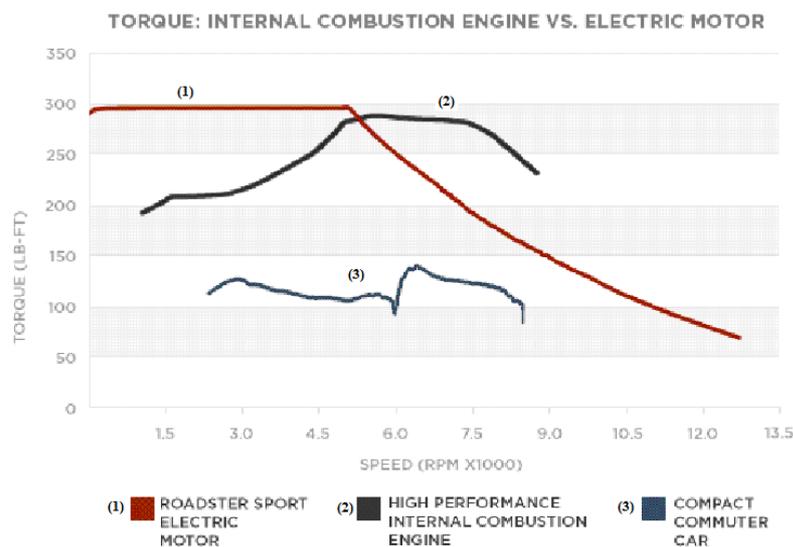


Figura 42. Curvas del par motor (motor eléctrico y de combustión interna).

Otra ventaja potencial de las baterías de vehículos eléctricos es su capacidad para ayudar a estabilizar el perfil de carga de la red eléctrica. Por ejemplo, en el caso portugués, la empresa de distribución de electricidad se ve en la necesidad de, por veces, desligar parques eólicos durante la noche con el fin de equilibrar la producción y el consumo de electricidad. La batería que se recarga durante la noche ayuda a minorar este problema, además de que la tasa de energía es también más barata.

Si el uso diario del vehículo es inferior a su autonomía, este puede también funcionar como un portador de energía, suministrando energía a la red durante las horas punta. El uso de las smart-grides, permiten potenciar las baterías de los vehículos eléctricos como un cluster para almacenar electricidad.

En los países europeos donde la mezcla de generación de energía se basa en las energías renovables o energía nuclear, un vehículo eléctrico genera aproximadamente la mitad del CO<sub>2</sub> generado por un ICEV convencionales [27]. En la actualidad, el

aumento de la demanda de electricidad en Europa ha llevado a la construcción de más plantas de energía, principalmente de ciclo combinado de gas natural. Por otro lado, el fuerte aumento en el costo de los combustibles fósiles y el cambio climático ha hecho con que la mayoría de los países tengan apostado fuerte en la generación de electricidad procedente de fuentes renovables.

El panorama actual europeo de la energía parece ser atractivo a la existencia de un fuerte enfoque en el uso de baterías de vehículos eléctricos, dadas las importantes ventajas de este tipo de vehículos, tanto en la reducción del consumo de combustibles fósiles como en el equilibrio de la red de energía eléctrica.

### 2.2.3.2. Funciones de las baterías de VE

En un vehículo eléctrico puro, las baterías de tracción tienen las siguientes funciones principales:

- Almacenamiento de la electricidad suministrada por la red de energía a través del cargador de baterías;
- Suministrar al motor de tracción eléctrica a través del poder de convertidores electrónicos, la potencia y energía necesaria, en función de las solicitudes del conductor;
- Recibir la energía del motor de tracción cuando ocurra una frenada regenerativa;
- Asegurar la energía necesaria para los sistemas auxiliares (iluminación, ventilación, etc.)
- Mantener la estabilidad, garantizando la seguridad del vehículo, incluso en caso de accidente.

Aparte de estos aspectos, la batería necesita un sistema para control y gestión de su energía, que pueda detectar la capacidad de proporcionar y recibir la energía en cada momento. Es este conjunto de características que debe tener la batería de tracción, lo que permitirá una reducción en el consumo de combustible, reducir las emisiones, un ciclo de vida más largo, así como una mayor seguridad, confort y disponibilidad de energía de manera eficiente.

### 2.2.3.3. Requisitos de la batería de tracción

Para que la batería de tracción realice las funciones mencionadas anteriormente, tanto al nivel impacto energético y ambiental, como al nivel de rendimiento, tendrá que presentar un conjunto de requisitos técnicos que se enumeran a continuación [1] [4] [5] [6]:

- Elevada potencia en la descarga, con el fin de satisfacer las necesidades del vehículo;
- Energía (capacidad) elevada, lo que permite la existencia de ciclos de carga / descarga de elevada amplitud con el fin de extraer la energía necesaria;
- Buena capacidad de recarga, lo que permite la recarga rápida, para reducir el tiempo de inactividad del vehículo;

- Largo Ciclo de vida. El ciclo de vida de las baterías se mide de dos maneras: la estabilidad del ciclo de carga / descarga y la vida útil;
- Alta seguridad. Éste es sin duda el criterio más importante. Un incendio en las baterías puede causar una mala imagen de los vehículos eléctricos en la opinión pública, que será difícil de recuperar;
- Alto rendimiento para elevada amplitud de temperaturas. Parece que este es uno de los requisitos más difíciles de cumplir, registrando un cambio significativo en el comportamiento de las baterías cuando la temperatura sufre cambios significativos.
- Costo. El precio del equipo siempre juega un papel clave en el vehículo eléctrico. Además de los requisitos técnicos mencionados, que interfieren directamente en el coste final de las pilas, hay también el costo asociado a los materiales utilizados y al reciclado final, tanto económica como ambientalmente. En la actualidad, el costo de las baterías de un vehículo eléctrico puro con un alcance cercano a 150 km, puede alcanzar casi el 50% del coste total del vehículo [1].

Estas funciones se pueden realizar de forma independiente o como una combinación entre sí. Acudir a todos estos requisitos de forma simultánea y eficiente, respetando las limitaciones técnicas, ambientales y económicas todavía está en marcha.

#### 2.2.4. Normas e incentivos para el uso de vehículos eléctricos

##### 2.2.4.1. Normas que influye en la selección de las baterías

La homologación de los vehículos en la UE se hace de conformidad con la Directiva Cuadro 2007/46/CE, aplicable desde 29 de abril 2009. Esta presenta los requisitos de seguridad activa y pasiva, la protección del medio ambiente en el rendimiento y otros requisitos. La presente Directiva ya prevé la homologación de los vehículos eléctricos. Antes de esta Directiva las homologaciones de VE sólo tenían validez en sus países.

El único reglamento técnico, reconocido por la CE, sobre seguridad de la instalación eléctrica: Reglamento nº 100 de la CEE (UNECE), de 14 de febrero de 2009, JO L 045, serie L, se aplica desde enero de 2011 (aunque sólo recomendado).

En la actualidad la selección de las baterías de NiCd está prohibida de acuerdo con la Decisión 2005/673/CE n de 20 de septiembre de 2005 que modifica el anexo II de la Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al final de su vida. Esta decisión dispone en el párrafo 17: *“Baterías para vehículos eléctricos - después del 31 de diciembre de 2008, el mercado de baterías de NiCd sólo se autorizará como piezas de repuesto para los vehículos que salgan al mercado antes de esa fecha”*.

##### 2.2.4.2. Las políticas de incentivos (Portugal)

Para volver atractiva la adquisición de vehículos eléctricos, algunos países han llevado a cabo algunas políticas de incentivos a su adquisición. En el caso portugués, la principal legislación que afecta a la adquisición de baterías de vehículos eléctricos, por particulares, proporciona la exención del pago de los impuestos y le da una

subvención de 5 000€ para los vehículos eléctricos de pasajeros que cumplan las siguientes condiciones: más de 120 km de autonomía y que cuestan menos de 50 000€ [2].

Además de estos beneficios, Portugal ha creado el programa de MOBI.E - la movilidad eléctrica (www.mobie.pt). Este programa tiene como objetivo crear un nuevo modelo energético de la movilidad - la Red de Movilidad Eléctrica - que corresponde a una red integrada con 1 300 puntos de carga normal y 50 puntos de carga rápida en espacios para el acceso del público en una etapa inicial [14].

En esta red, la carga de vehículos eléctricos es posible mediante el uso de una tarjeta para el efecto. Los puntos de carga normal, en su mayoría ya ejecutados, se colocarán en las zonas urbanas y los 50 puntos de carga rápida se colocarán en posición de paso entre las ciudades, a fin de facilitar el movimiento entre ellos, así como en áreas estratégicas para garantizar las cargas de emergencia [15].

### 2.2.5. Constitución y funcionamiento general de las baterías

Las baterías son conjuntos de pilas conectadas en serie. Batería o pila galvánica es un conjunto electroquímico que comprende un cátodo, un ánodo y un electrolito, en los que existe una diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo de modo que su conexión genera una corriente eléctrica.

Se llaman pilas primarias las que no son recargables y secundarias baterías recargables. Para los VE sólo interesan las segundas. También se pueden designar por baterías las pilas de combustible, pero estas no son consideradas en este estudio.

Las baterías de níquel-cadmio se encuentran entre las se utilizaron en VE, pero como el electrodo negativo es de cadmio, metal peligroso, está prohibido su utilización, no fueron consideradas en este estudio.

Entonces, se consideran apenas las baterías de plomo-ácido, NiMH y las baterías de iones de litio.

#### 2.2.5.1. Constitución

##### **Las baterías de plomo ácido**

La batería de plomo-ácido fue inventada por Gaston Plante en 1860. Esta batería es la más utilizada para aplicaciones industriales y de automoción. La batería de plomo-ácido es constituida por una placa negativa de metal y plomo e una placa positiva echa a partir de dióxido de plomo. Estas placas se sumergen en un electrolito, que consiste en una solución de ácido sulfúrico diluido. Las baterías de plomo-ácido se fabrican en diferentes tipos y tamaños de acuerdo a su funcionalidad [7]. Para los coches, se consideran los siguientes tipos:

##### **Baterías Vented**

Baterías Vented son sistemas en los que el electrolito está en la forma líquida. Estas baterías se utilizan con fines industriales, presentando un gran ciclo de la vida. Exigen el mantenimiento y de reglas para su uso regular, por lo que no son adecuadas para los vehículos eléctricos [7].

## Baterías VRLA

En las baterías VRLA (Valve Regulated Lead-Acid), el electrolito está en forma de gel. En estas baterías el consumo de agua se evita mediante el uso de técnicas de recombinación de hidrógeno y oxígeno. Esta batería no requiere mucho mantenimiento [25]. La batería VRLA se llama una batería sellada ya que está sellada y equipada con una válvula de seguridad para libertar el exceso de presión (Figura 43). Estas baterías son más caras que las baterías ventiladas y su ciclo de vida es más corto. Por otra parte, son sensibles a las descargas profundas y sólo deben ser cargadas por cargadores especiales. Para reducir el costo de estas baterías usadas en vehículos eléctricos, se han propuesto varias soluciones como el uso de células prismáticas con placa plana AGM (baterías AGM son las baterías de plomo ácido) o gelificadas. El uso de células prismáticas tubulares con placas electrolito gelificadas, para la locomoción y el uso de células cilíndricas en espiral con placas de AGM o electrolito gelificado, que están específicamente diseñados para su aplicación en automóviles híbridos [7].

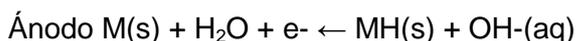
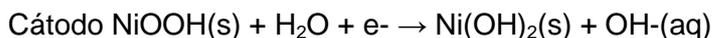
Las baterías de plomo-ácido se utilizaron en los primeros VE (por ejemplo, el GM EV1) [8]. Sin embargo, la limitada autonomía y el elevado peso total, redujeron su aceptación en el mercado y han permitido el desarrollo de baterías con mayor energía específica.



Figura 43. Batería plomo-ácido tipo VRLA.

## Baterías de níquel e hidruro metálico - NiMH

Las baterías de NiMH están compuestas de hidróxido de níquel en el electrodo positivo y una aleación de vanadio, titanio, níquel y otros metales en el electrodo negativo [9].



M es un compuesto intermetálico de AB<sub>5</sub> fórmula, donde A es una mezcla de tierras raras (La, Ce, Ne, Pr) y B un metal, como Ni, Co, Mn y/o Al.

El electrolito es KOH.

Las baterías de NiMH se han convertido rápidamente en la tecnología preferida para el mercado emergente de los vehículos eléctricos, en especial los híbridos. Todos los HEV disponibles comercialmente utilizan la tecnología NiMH, como sistema de almacenamiento de energía [13] [18].

Estas baterías serán examinados con más detalle más adelante.

### Baterías de Litio Ion

Recientemente, dado el alto costo de la tecnología NiMH, la investigación volvió su interés para la tecnología Li-ion (Figura 44). Las baterías de iones de litio tienen una densidad de energía mayor que cualquier otro tipo de baterías. El átomo de litio es leve (pequeño) y pierde electrones con facilidad. Además con demasiada facilidad, y que en contacto con el agua resulta hidrógeno, por lo que estas baterías pueden ser explosivos.

En las baterías el litio se encuentra en forma de compuestos (por ejemplo,  $\text{LiCoO}_2$ ) intercalado con grafito (ánodo inerte) donde el litio metálico queda entre los planos de grafito. El cátodo es óxido de litio. Todos los componentes están en estado sólido con membranas permeables a iones para evitar la recombinación electrón-hueco.

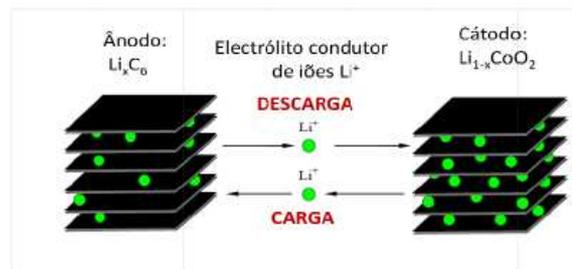
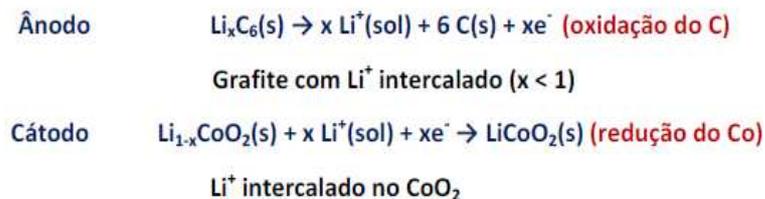


Figura 44. Representación de las reacciones químicas en un Li-ion.

Baterías de ión de litio (otros cátodos):

- a) LMO → Lithium Manganate Spinel;  
Óxido de Manganês (MnO):  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  f.e.m. ~ 4.0 V
- b) LFP → Lithium Iron Phosphate  
Fosfato de Ferro (FePo):  $\text{LiFePO}_4$  f.e.m. - 3.3 V
- c) NMC → Nickel Manganese Cobalt;  
Níquel-Cobalto-Manganês (NCM):  $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$
- d) NCA → Nickel Cobalt Aluminium;  
Níquel-Cobalto-Alumínio (NCA):  $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2-x}\text{Al}_x\text{O}_2$
- e) LTO → Lithium Titanato;
- f) LMC → Lithium Manganate Cobalt;
- g) Lítio-metal-polímero (LMPB)

El LMPB es una tecnología de baterías avanzadas en desarrollo, tanto para aplicaciones VE como para VHE. Las células de litio de polímero de metal se hacen por laminación de cinco materiales, incluyendo un aislante, un ánodo de litio-aluminio, un electrolito polímero sólido conductor de óxido de metal y un colector de corriente. El espesor total del laminado es inferior a 100 micrómetros (0,004 pulgadas) y se forma en la forma de un prisma para la construcción de una célula electroquímica. Diferentes células se pueden fabricar utilizando el mismo equipo de producción. Esta flexibilidad permite que las configuraciones de los productos LMPB puedan adaptarse a diferentes vehículos con pequeños cambios en el costo del proceso y de la producción.

El uso de baterías de iones de litio requiere un sistema de gestión de carga y descarga, conocido como BMS "Battery Management and Monitoring System". Hay varios tipos, pero hacen lo mismo: mientras está cargando no dejan pasar el límite de voltaje de ninguna célula y al mismo tiempo, ecualiza-las para que todas tengan el mismo voltaje. Cuando en la descarga, no permite en cualquiera de las células una descarga por debajo de la recomendada. Estos sistemas son necesarios porque cuando las células de litio están cargadas, su resistencia interna aumenta considerablemente, causando un aumento de la tensión si el cargador sigue dándole corriente. Esto pasa porque no hay dos células iguales, siempre hay pequeñas diferencias de capacidad entre ellas, lo que hace con que la de menor capacidad se descargue e cargue en primer lugar.

Tabla 14. Características de las baterías usadas en BEV [7].

Tipo de Baterías	Energía específica Wh/kg	Número de ciclos	Eficiencia energética
Pb-ac	40	500	82,5%
NiCd	60	1350	72,5%
NiMH	70	1350	70%
Li-ion	125	1000	92,5%

### 2.2.5.2. Características de funcionamiento

Algunos de los factores y las características técnicas de las baterías afectan su funcionamiento y el rendimiento a lo largo de su ciclo de vida.

Para comparar fácilmente los diferentes tipos de baterías adecuadas al uso en vehículos eléctricos a baterías y vehículos híbridos, el nivel de sus actuaciones, se puede hacer un diagrama de Ragone, representando la energía específica en función de la potencia específica. En este contexto cabe señalar que las áreas de color en cada gráfico representan una combinación de la electroquímica [7].

El diagrama de Ragone compara el rendimiento de diferentes tipos de sistemas de almacenamiento electroquímico. Los declives presentados en el gráfico de la Figura 45 indican el tiempo relativo para la carga o descarga de un determinado tipo de dispositivo. En un extremo tenemos la potencia que puede ser suministrada o recibida en microsegundos. Esto les permite ser ideales para sistemas de recuperación de energía, teniendo en cuenta que el freno se puede realizar muy rápidamente. Por otro lado tenemos las pilas de combustible que tienen un comportamiento dinámico muy lento, ya que toma unos minutos para proporcionar o recibir la energía. Las baterías de iones de litio surgen como la mejor solución de compromiso, para almacenar energía y para dar y recibir energía.

## Ragone (nivel celular)

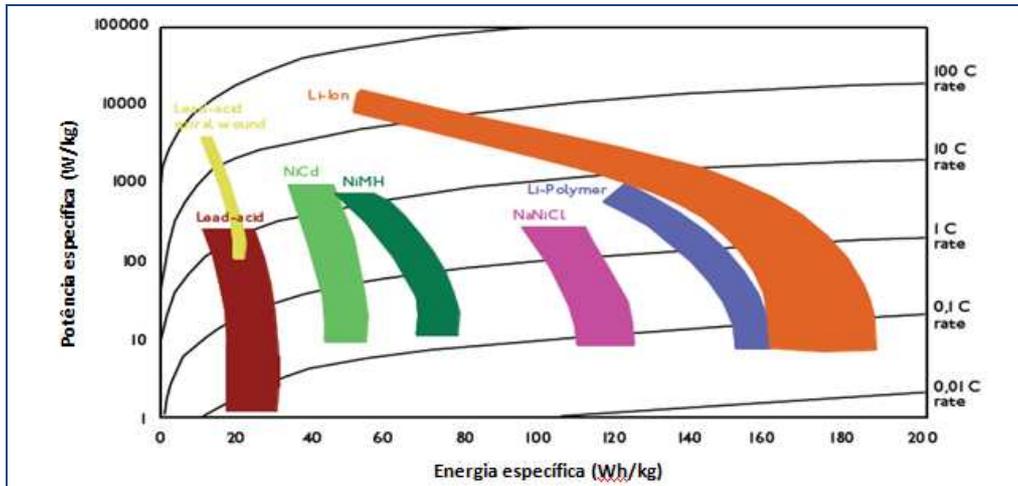


Figura 45. Diagrama de Ragone.

## Factores que afectan el rendimiento de las baterías

El rendimiento de una batería de tracción se puede medir en términos del pico de potencia de la batería que proporciona a bajas temperaturas, la capacidad para medir su estado de carga y la facilidad de realizar la gestión térmica de la misma [1].

En materia de energía que una batería puede proporcionar, esta es inferior a la que teóricamente esta almacenada. Esta reducción puede variar significativamente dependiendo de las condiciones a que se sujeta. La capacidad será menor, cuanto mayor sea la corriente de descarga de la batería.

Hay varios factores que influyen en las características operativas de una batería de tracción. A continuación se presentan algunos de estos efectos [10].

### Nivel de tensión

Las células que componen la batería de un vehículo presentan una determinada tensión nominal y se comprueba que este valor fluctúa con la corriente solicitada o prestada a la batería.

Cuando la batería suministra una determinada carga la tensión se reduce cuando la batería es recargada la tensión sube. La batería puede representarse en forma simplificada, como una fuente ideal de tensión en serie con una resistencia interna. En una batería de tracción, se pretende que la caída de tensión en uso sea mínima, es decir, que su resistencia interna sea muy baja.

Cuando no se solicita corriente a la batería, la tensión se mantiene estable, pero esto dependerá del estado de carga de la batería y de su temperatura.

El nivel de tensión también influye en las reacciones que se producen a nivel de las baterías. Hay diferentes tipos de tensiones en una batería:

- Tensión teórica, en función de los materiales del ánodo y el cátodo, en determinadas condiciones;
- Tensión en vacío, tensión sin la existencia de ninguna carga;
- Tensión nominal, generalmente aceptada como tensión típica de operación;
- Tensión de corte, que define la tensión de la batería descargada.

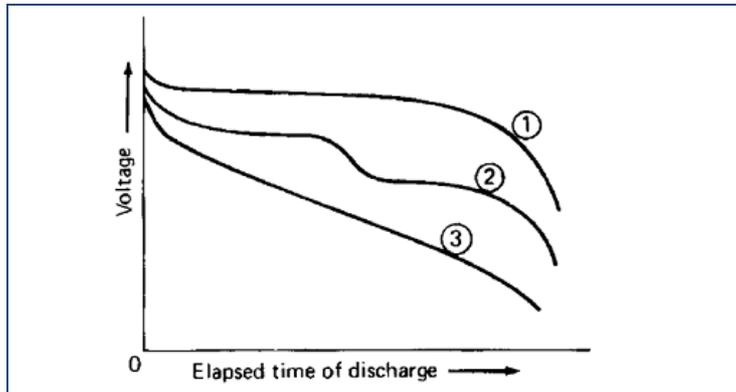


Figura 46. Perfil de la descarga de tres tipos de sistemas electroquímicos.

Utilizando el ejemplo de una célula de plomo, la tensión teórica es de 2,1 V, la tensión nominal 2 V, la tensión de operación entre 1,8 V y 2 V, la tensión de corte 1,75 V para bajas intensidades de corriente y 1,5 V para elevadas intensidades de corriente. En la carga la tensión varía entre 2,3 y 2,8 V. La forma de la curva de descarga o de carga varía según el sistema electroquímico, como se indica en la Figura 46 [10].

La curva 1 es la más constante de los valores de tiempo intermedio, y representa un sistema electroquímico donde el efecto de cambiar la concentración de reactivos y de los productos de la reacción tiene poco efecto prácticamente hasta la descarga.

La curva 2 representa un sistema con dos fases, lo que indica un cambio en el mecanismo de las reacciones. Un ejemplo de este efecto se produce cuando existe el enriquecimiento de Litio en el cátodo, que en última instancia, cambia el potencial de la batería.

La curva 3 es típica de un sistema en el que la tensión y la resistencia interna varía con el cambio en la concentración de reactivos y productos [10].

### Corriente de descarga

El conjunto de las pérdidas óhmicas y de polarización varía no linealmente con la intensidad de la corriente, correspondiente a mayores pérdidas. La corriente más grande de descarga también se traduce en mayores pérdidas y baja tensión de servicio, lo que hace que la longevidad de la batería sea más pequeña. Hay varios métodos para definir la corriente de carga o descarga de las baterías. Es usual que entre los fabricantes se refieran a la corriente de descarga de una batería de acuerdo a la capacidad nominal.

La capacidad de una batería se fija normalmente a una descarga de corriente constante durante un intervalo de tiempo de 10 h. Se comprueba que la capacidad de una batería se reduce cuando aumenta la corriente de descarga.

Por ejemplo, una batería con una capacidad de 100 Ah tiene la capacidad de proporcionar una corriente de 10 A a las 10 horas, pero si se le pide una corriente de 20 A se descarga en un intervalo de tiempo de menos de 5 h.

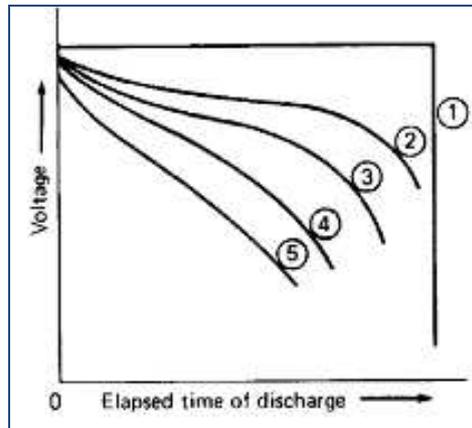


Figura 47. Batería descargada en varias intensidades de corriente. El aumento de la intensidad de 1 a 5.

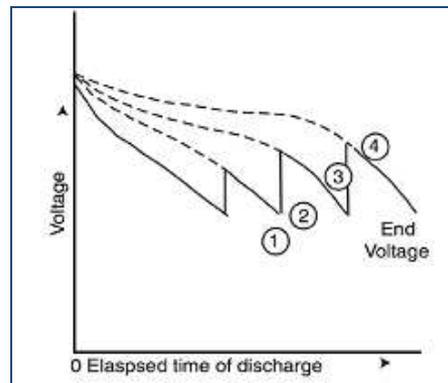


Figura 48. Batería descargada a una alta intensidad de corriente (1) y el posterior cambio de reducir las corrientes cuando se alcanza la tensión de corte.

En la Figura 47 se presenta una batería que se descarga en varias intensidades de corriente, el aumento de intensidad de 1 a 5. La Figura 48 contiene un gráfico de una batería que se descarga a una corriente elevada (la corriente 1 es la más alta y 5 el más baja) y cambio sucesivo a las corrientes más bajas cuando se alcanza la tensión de corte. Es decir, cuanto menor sea la corriente de descarga, más alta es la tensión de la batería que por lo tanto permitirá una mayor autonomía de la misma [10].

### Energía específica y potencia específica

La energía específica es la cantidad de energía que se almacena en cada kg de una batería. Tiene unidades de medida en Wh/kg. En conocimiento de las necesidades energéticas de un sistema es con estos datos sobre la tecnología utilizada que se

puede conocer la primera aproximación del peso total del sistema de almacenamiento de energía. La potencia específica se refiere a la cantidad de energía disponible por kg. Es un parámetro muy variable y depende fundamentalmente de la carga que el sistema de almacenamiento está sujeto. Es muy recomendable no operar con las baterías en los valores de potencia máxima durante más de unos segundos para asegurar una vida más larga de las baterías y para que puedan operar más eficientemente. Los gráficos Ragone se utilizan para comparar el compromiso que se asume en un cierto tipo de baterías en lo que respecta a la potencia y energía específica. Tenga en cuenta que los gráficos están dispuestos en una escala logarítmica. La Figura 49 muestra que la tecnología de iones de litio tiene la mayor densidad de energía [10].

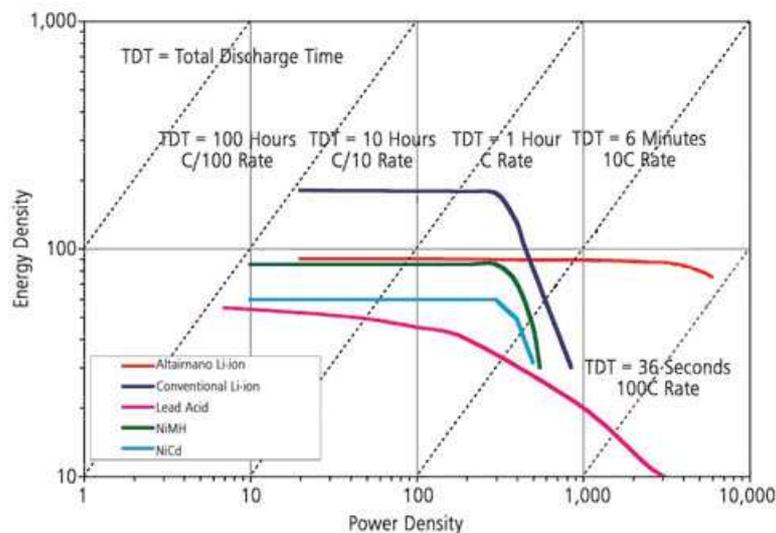


Figura 49. Gráfico de Ragone para diferentes tecnologías.

En este caso, donde la única fuente de almacenamiento de energía en el vehículo son las baterías, la característica más importante es la energía específica. Teniendo en cuenta las necesidades de energía del vehículo, la cantidad de baterías necesarias cumple con facilidad la potencia necesaria para el VE. Caso sea un vehículo híbrido, con menos baterías, la importancia de la potencia específica sería mucho más relevante [24].

Incluso para las baterías con mayor densidad energética, en la actualidad las baterías de Li-ion, su energía específica sigue siendo muy pequeña en comparación con los combustibles fósiles (1% de la energía específica de gasolina) [1]. Dadas las limitaciones de peso y volumen que se aplican a las baterías (no deben exceder  $\frac{1}{4}$  del peso del vehículo  $\cong$  250 kg), la autonomía del VE se limita a los valores de cerca de 250 km a 300 km entre cargas.

Las células de las baterías de Li-Ion, en la actualidad, tienen energías específicas de 140 Wh/kg a 170 Wh/kg, en comparación con los 13 000 Wh/kg para la gasolina.

La energía específica en las células de las baterías también cambia a un valor de 30% a 40% menor cuando las células se montan en el módulo final. Aunque la densidad de energía de las baterías se duplique o triplique en los próximos diez años, todavía estamos muy lejos de la densidad de energía de la gasolina.

## Temperatura

La temperatura a la que una batería está sujeta influye en la longevidad y de las características de tensión, debido a la reducción o aumento de la actividad química. A bajas temperaturas la actividad es menor, la resistencia interna es más alta, lo que implica mayores pérdidas y menor capacidad. Cuando las temperaturas son elevadas existe el efecto contrario.

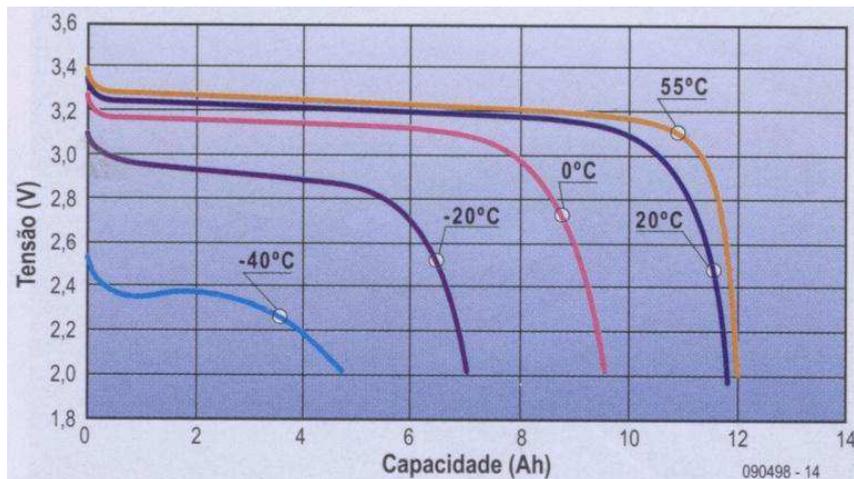


Figura 50. Variación de la capacidad de una batería a temperaturas diferentes [10].

Es lo que se verifica en la Figura 50 para temperaturas más altas el tiempo de descarga es más largo porque la actividad química es mayor y la resistencia interna es menor lo que permite una mayor eficiencia de la batería. Es por esta razón que en los países nórdicos los vehículos tienen que ser conectados a la red para no permitir que los componentes lleguen a temperaturas negativas [10].

La hipótesis de que el propietario de un vehículo eléctrico pueda conducir su vehículo, tanto en el verano muy caloroso y a temperaturas bajo cero en invierno, sin pérdida de rendimiento de la batería, es un desafío a nivel de ingeniería, difícil de resolver. Las baterías pueden ser optimizados para las temperaturas altas o para bajas temperaturas, pero el desarrollo de baterías para una amplia gama de la temperatura resulta, normalmente, en una degradación del rendimiento.

Sin embargo, para que los VE se puedan utilizar en las distintas regiones con diferentes climas, los fabricantes de baterías prefieren sacrificar el rendimiento de las baterías a la posibilidad de limitar la circulación de vehículos por razones de las variaciones de temperatura [1].

### 2.2.5.3. Tiempo de recarga

El largo tiempo de recarga de baterías de tracción representa una de las principales barreras técnicas y comerciales. El objetivo será que el tiempo de carga sea semejante a lo que es necesario para abastecer un motor de combustión interna (ICE) - unos minutos para una autonomía de 500 km.

En la actualidad estamos muy lejos de los valores presentados, por lo que no se consigue autonomías de varias centenas de kilómetros ni recargas totales de las baterías en un intervalo de tiempo total comparable con el abastecimiento de un ICE.

La carga de una batería de 15 kWh, en un enchufe vulgar monofásico de 230 V/16A tardará más de 4 horas. Esta solución, donde el tiempo de recarga debe ser seleccionado para un valor de aproximadamente 6 horas, es más apropiado para una recarga por la noche, aprovechando la posibilidad de una tarifa más baja. Además del aspecto económico, la recarga por la noche es también favorable a los productores de electricidad, ayudando a estabilizar el perfil de carga de la red eléctrica.

También será posible utilizar un cargador trifásico, con corrientes más altas con el fin de recargar la batería en 20 a 30 minutos. Esta solución implica sin embargo, algunos inconvenientes, tales como la necesidad de un cargador más potente, pero más caros, pesados y voluminosos, y de la disponibilidad de puntos de recarga con esta capacidad.

Además de lo anterior, las baterías están también sujetas a un mayor calentamiento, por lo que los fabricantes necesitan para equipar el vehículo con el sistema de refrigeración adecuado para este tipo de carga.

En el estado actual de desarrollo técnico no se espera en la próxima década sea posible recargar la batería en cuestión de minutos, en un vehículo con un rango equivalente a un ICEV.

A pesar de que la autonomía de un vehículo eléctrico sea suficiente para la mayoría de los viajes a un habitante de la ciudad, la necesidad de una mayor autonomía en viajes esporádicos se pueden resolver mediante el recurso a un sistema que combina un motor de combustión interna y un generador eléctrico. Esta solución, aunque se utilice de forma esporádica, incrementará el costo total del vehículo.

Otra hipótesis viable podría ser el cambio de las baterías. De este modo, se evita el tiempo de carga y el costo de las baterías, que sólo podría ser alquilada al propietario del coche. El mayor problema es la armonización de las dimensiones de las baterías para todos los coches y el tema de la seguridad en caso de accidente. Esta solución llegó a ser defendida por la alianza Renault-Nissan y por la empresa Better Place, que proporciona el servicio de las baterías [1].

#### **2.2.5.4. Auto descarga**

Todas las baterías se descargan cuando no se utilizan durante largos períodos de tiempo. Las tasas de descarga dependerán del tipo de baterías, de la temperatura a la que están sujetos así como de la edad de la batería [10].

#### **2.2.5.5. Ciclo de vida de las baterías**

La longevidad de las baterías depende principalmente de la temperatura, de la forma y amplitud de la corriente de descarga. La Figura 51 ilustra la dependencia de la edad (definida en términos de ciclos o horas de funcionamiento) en función de la intensidad de corriente y profundidad de descarga (Depth-of-Discharge - DOD) [10]. La mayoría de las baterías sólo pueden ser recargadas cientos de veces. El número dependerá del tipo de tecnología y su uso. Sin embargo, la tecnología de iones de litio tiene una

capacidad de hasta 2.000 ciclos de descarga, a diferencia de plomo que se halla entre 300 a 500 ciclos, dependiendo del fabricante. Como tal, este parámetro clave en la elección de la tecnología a utilizar para una dada aplicación, ya que el coste se puede amortizar en varios años de uso.

En la misma Figura 51, parece que para 1000 los ciclos, la profundidad de descarga es de sólo 40%. Es decir, la capacidad de la batería es ahora sólo el 60% [7].

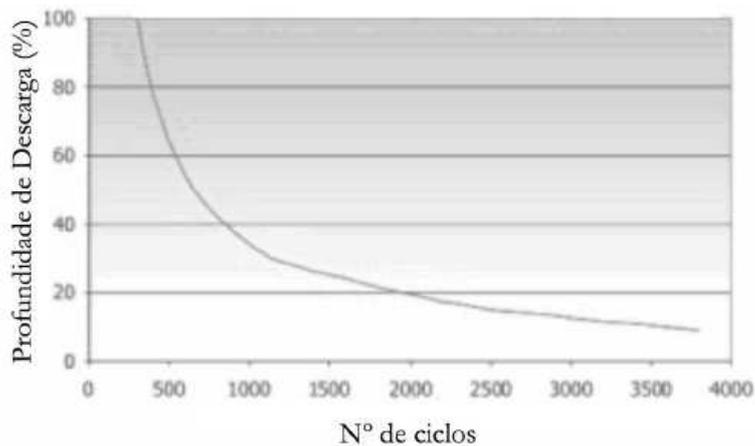


Figura 51. Influencia de la profundidad de descarga en el número de ciclos - Li-ion.

La estabilidad del ciclo se define como el número de veces que la batería está cargada y descargada por completo hasta que haya una degradación de un 80% de su capacidad original. Su edad global se puede medir como el número de años que se espera que se mantenga la batería útil [1].

Dada la incertidumbre de estos parámetros y su variación con las fuertes variaciones de temperatura a la cual se colocan las baterías, los fabricantes suelen preferir a sobreestimar las baterías VE A medida que la vida útil esperada de un vehículo se está acercando a 10 años, la mayoría de los fabricantes de automóviles dimensionan las baterías para que sigan proporcionando la energía necesaria al final de su vida útil, cuando normalmente se han deteriorado en la cantidad aproximada de un 40%.

Esta solución se utiliza normalmente cuando las baterías se venden con el vehículo, y se ha traducido en un mayor costo, peso y volumen de la misma, además de complicar necesariamente el negocio.

Otros fabricantes de VE optan por una estrategia diferente. Por ejemplo, pueden elegir una batería de menor capacidad con una vida útil más limitada, con la sustitución pasados de 5 a 7 años. Teniendo en cuenta el fuerte desarrollo técnico que existe en este ámbito, el nuevo módulo de baterías para reemplazar el actual presentará sin duda un mejor desempeño.

En esta solución alternativa las baterías suelen ser alquiladas, por lo que el coste de adquisición inicial es mucho más bajo, además que el módulo de batería también es más ligero y pequeño. Esta estrategia de marketing está siendo seguida por Think (constructor de automóviles pequeños para la ciudad) y el Better Place (proveedor de las baterías).

## 2.2.6. Tipos de baterías para vehículos eléctricos

### 2.2.6.1. Baterías de VE en el pasado

En los últimos años casi todos los grandes fabricantes de automóviles han construido los vehículos eléctricos, pero se comprueba que algunos modelos no llegan a ser ofrecidos en venta o se venden en pequeñas cantidades para los programas específicos de demostración. Se presenta en Tabla 15 algunos de estos vehículos y las principales características de las baterías utilizadas.

Tabla 15. Características de las baterías de diferentes modelos de vehículos.

Fabricante	Citroen	Ford	GM	Honda	Toyota
Modelo	AX/ Saxo Electricque	Th!nk City	EV1	EV plus	RAV4
Batería	NiCd	NiCd	VRLA	NiMH	NiMH
Potencia Máxima (kW)	20	27	102	49	50
Voltaje (V)	120	114	312	288	288
Capacidad Energética de la Batería (kWh)	12	11,5	16,2	---	27
Velocidad Máxima (km/h)	91	90	129	129	125
Autonomía (km)	80	85	95	190	200
Tiempo de recarga de las baterías (h)	7	5 a 8	6	6 a 8	10

Las baterías de plomo-ácido son los más utilizados en los primeros vehículos que se comercializan, tales como el EV1 de General Motors o Fiat Seicento Elettra. Sin embargo, debido a la menor autonomía de estos vehículos, esta solución tenía poca aceptación en el mercado y los fabricantes han tenido que buscar nuevas baterías de mayor energía específica.

### 2.2.6.2. Baterías de VE en la actualidad

Las baterías de hidruro metálico de níquel, NiMH, fueron los que siguieron a la tecnología, después de haber sido adaptados por los fabricantes como Toyota, Ford, GM, Honda y Daimler Chrysler, especialmente con sus vehículos híbridos [19].

Recientemente, debido al alto costo de la tecnología asociada a la fabricación de baterías de NiMH, los fabricantes han centrado su atención en la tecnología de iones de litio - baterías de ion-litio, que se presentan con una energía específica mucho más alta. Normalmente, las baterías de NiMH presentan el doble de la energía específica de las baterías de plomo-ácido y las baterías de Li-ion el doble de la energía específica de NiMH [6].

Habida cuenta de la ligereza y la abundancia de litio asociadas con el hecho de que las baterías de Li-ion tienen una alta densidad energética, hace que el desarrollo de vehículos eléctricos de batería sea posible. Con el fin de hacer prácticas las baterías de ion-litio, que se aplicarán en VE producidos en serie, la tecnología debe seguir desarrollándose a fin de aumentar aún más su energía específica y su potencia

específica, tanto en carga y descarga, manteniendo un funcionamiento en seguridad y con una vida útil similar al del vehículo automóvil.

### 2.2.6.3. Baterías de níquel metal hidruro NiMH

Los HEV disponibles en el mercado actual, utilizan sobre todo las baterías de NiMH como portador de energía. Estas baterías están suficientemente probadas, han evolucionado considerablemente en los últimos 15 años y son seguras. Su principal inconveniente, en la actualidad, reside en el elevado coste de las materias primas utilizadas en su fabricación [6].

#### **Fabricación de baterías de NiMH**

Las baterías de NiMH están compuestas de hidróxido de níquel electrodo positivo y una aleación de vanadio, titanio, níquel y otros metales en el electrodo negativo [6].

Un factor crítico para proyectar la superficie de óxido de metal hidruro es lograr un equilibrio entre la pasivación y la corrosión. La pasivación puede causar problemas que conducen a una alta tasa de descarga y la reducción del ciclo de vida de la batería, ya la corrosión es altamente destructiva.

La oxidación y la corrosión de los metales del ánodo consumen el electrolito, alteraran el estado de carga (SOC), y crean productos de corrosión capaces de provocar una evolución prematura de oxígeno. La porosidad del óxido es también importante porque permite el acceso iónico a los catalizadores metálicos, promoviendo una elevada tasa de descarga [6].

Grupos de electrodos consisten en apilamiento de los electrodos positivos y negativos, dispuestos alternativamente con separadores intermedios. Los electrodos se insertan en una caja de resina, que se sella con una válvula y el llenado se realiza con un electrolito alcalino.

El montaje del módulo está configurado para permitir el flujo de aire entre las células, para garantizar una distribución uniforme de la temperatura. Esta batería fue desarrollada para optimizar la zona de reacción de los electrodos, disminuyendo la resistencia a la captación de corriente y mejorando la composición del electrolito para obtener una potencia específica elevada [6].

#### **Costo**

La mayor desventaja de las baterías de NiMH es el costo. El costo de la batería se compone de dos partes, el costo de fabricación y el costo de las materias primas [6]. El costo de producción depende principalmente del volumen de la tecnología de producción y fabricación. El costo del material depende del electrodo negativo, del electrodo positivo, separador, y otros donde el costo del electrodo negativo es el más alto (aproximadamente el 45% del costo total). La posibilidad de desarrollar un electrodo bajo costo es de suma importancia para reducir el costo de las baterías de NiMH [6].

## Reciclaje

Para reciclar la actual generación de baterías de NiMH, los fabricantes de automóviles agotan la batería para ver los metales entre el plástico, platos, caja de acero y los cables para asegurarse de que los materiales son procesados para su eliminación. Algunos fabricantes ofrecen una compensación para ayudar a asegurar que la batería se devuelve a un distribuidor con el fin de ser debidamente reciclados [6].

Tras el lanzamiento al mercado de las baterías de NiMH, se comenzó a trabajar en el reciclaje de estas baterías con el fin de poder recuperar de nuevo el níquel, como el material más valioso. En el proceso de reciclaje de baterías estas son cortadas con el fin de liberar el hidrógeno almacenado y entonces se envía a un depósito. Después del período de estabilización, los materiales se recogen de nuevo. Después de la separación del plástico contenido en la mezcla, se obtiene un producto utilizable con un alto contenido en níquel, contenido este que se puede reutilizar en la producción de acero inoxidable [6].

### 2.2.6.4. Baterías de Litio Ion

Comparando las baterías de tracción desarrolladas hasta el momento, las baterías de ión de litio son las que aparecen con mayor rendimiento presentando una relación costo-calidad con potencial para impulsar el mercado de los vehículos eléctricos con batería.

En comparación con otras baterías recargables, las baterías de ion-litio son las que tienen una mayor energía específica y una potencia específica más alta, así como un mayor número de ciclos de carga / descarga. Sin embargo, las células que están disponibles en el mercado son de tamaño reducido, que requiere la combinación de muchos elementos en serie y en paralelo con el fin de proporcionar la energía requerida para el vehículo eléctrico [22] [23].

El desafío de crear una batería de litio-ion de alto rendimiento que proporciona la alta autonomía de VE, implica la integración de las siguientes características: alta densidad de energía y potencia, buen comportamiento en función de las variaciones de temperatura, una buena eficiencia en los procesos de carga / descarga, larga vida útil y fácil reciclaje, todo esto a precios competitivos [24].

### La tecnología actual de Li-ion

Las baterías de iones de litio constituyen una familia de tipos de baterías que utilizan diversas combinaciones de ánodo y cátodo. Cada combinación tiene ventajas y desventajas en términos de seguridad, rendimiento, costes y otros parámetros. Las tecnologías más viables para aplicaciones de automoción es de litio - níquel - cobalto - aluminio (NCA), el litio - níquel - manganeso - cobalto (NMC), espinela de litio-manganeso (LMO), titanato de litio (LTO), y fosfato de litio - hierro (LFP). La tecnología que actualmente se utiliza en aplicaciones de consumo es el óxido de litio - cobalto (LCO), que generalmente se considera no apto para aplicaciones de automoción, debido a los riesgos de seguridad inherentes [1].

Todos los tipos de baterías de automóviles requieren complejos sistemas de vigilancia, la igualdad de células y la refrigeración para controlar la liberación de energía química, y evitar el embalaje térmico y garantizar una vida razonablemente larga a las células.

Además de las tecnologías en la lista, se ha producido un aumento significativo en las patentes de baterías de tracción, principalmente por las universidades y centros de investigación en China, Japón, Estados Unidos y Europa Occidental. La tecnología, que es más prominente en la investigación actual es la LFP, ya que tiene buena capacidad de utilización y alta seguridad.

Estas tecnologías deben ser comparadas con el fin de resaltar las características más importantes y es esencial para revelar la mejor opción para equipar los vehículos eléctricos. En esta comparación hay que destacar 6 características [1]: la seguridad, la vida (medida en términos de número de ciclos de carga y descarga y el límite de edad de la batería), el rendimiento (medido en términos de energía disponible a bajas temperaturas, facilidad de medición de su estado de carga y la capacidad para llevar a cabo su gestión térmica), la energía específica (energía disponible por unidad de masa), la potencia específica (potencia disponible por unidad de masa) y costo (ver Figura 52). Por el lado empresarial, los altos costos siguen siendo el mayor obstáculo. El desafío consistirá en reducir los costos de producción a través de economías de escala y experiencia acumulada.

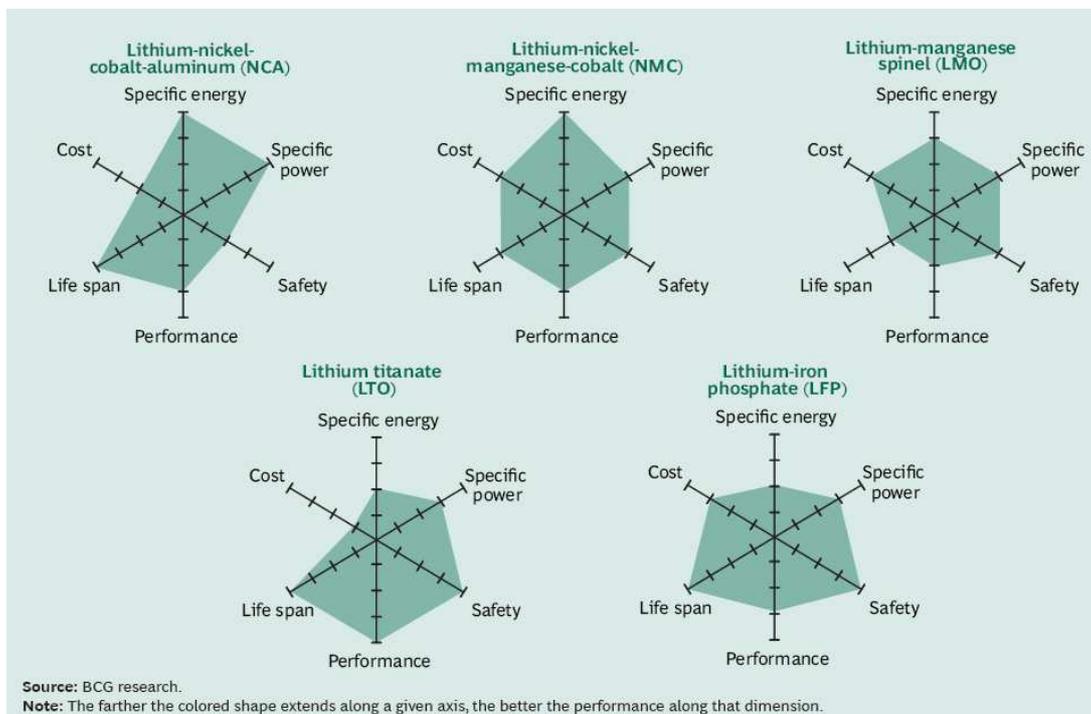


Figura 52. Comparación de las características de los 5 principales tecnologías para la Li-ion [1].

El análisis de la figura anterior muestra que la elección de una batería que presente un rendimiento más alto en una dimensión particular, lleva a un compromiso inevitable en otras características. Por ejemplo, la tecnología LFP es la que presenta una mayor seguridad, pero a diferencia de su energía específica es de las más bajas.

## Seguridad

La seguridad es, sin duda, el criterio más importante para las baterías de tracción de un vehículo eléctrico. Incluso si una sola batería de un VE se incendia, podría ser

razón suficiente para que la opinión pública se asuma en contra de la movilidad eléctrica y retrase todo el desarrollo de la industria desde hace algún tiempo. La principal preocupación en este ámbito es evitar una reacción química descontrolada que daría lugar a un sobrecalentamiento de la batería y puede hacer que explote. El sobrecalentamiento puede ser causado por una carga demasiado alta, por una descarga acentuada o un cortocircuito. De las tecnologías mencionadas en la figura anterior, parece ser que las de NCA, NMC y LMO son las más susceptibles a este problema. Con el fin de restringir la posibilidad de incidentes, la batería debe estar contenida en una caja resistente, debe tener un sistema de enfriamiento eficiente y estar bajo la supervisión de un sistema de monitorización de su estado de carga y de ecualización de las células.



*Figura 53. Prototipo de módulo de batería de sistema de vigilancia con el estado de carga e igualar las células [12].*

Los fabricantes de baterías tienen que decidir cuál es la mejor solución que se debe seguir: el uso de una tecnología más segura, como la LFP y LTO, o otros que ofrecen más potencia, pero son menos seguros, como el ANC, que necesariamente debe ser utilizado junto con los sistemas de seguridad estrictos.

Es conveniente relativizar el concepto de seguridad. Al comienzo de la utilización de motores de combustión interna en el sector de la automoción, depósitos de combustible fueron también un problema importante en términos de seguridad, problema este que la ingeniería supo solucionar. Ciertamente, las dificultades actuales en la seguridad de las baterías también se superarán en el corto y medio plazo.

### **Coste**

El coste actual de fabricación de baterías de ion-litio es de aproximadamente 1.100 US dólares por kWh para la producción de bajo volumen [1], como se muestra en la Figura 54. Un pequeño VE requiere una batería con un mínimo de 15 kWh, por lo que su autonomía es de unos 150 km. Esta barrera a la comercialización es difícil de superar, si no hay una política de incentivos para la comercialización de vehículos eléctricos. Por otro lado, si los volúmenes de producción no aumentan significativamente los costos de producción también tardarán a reducir.

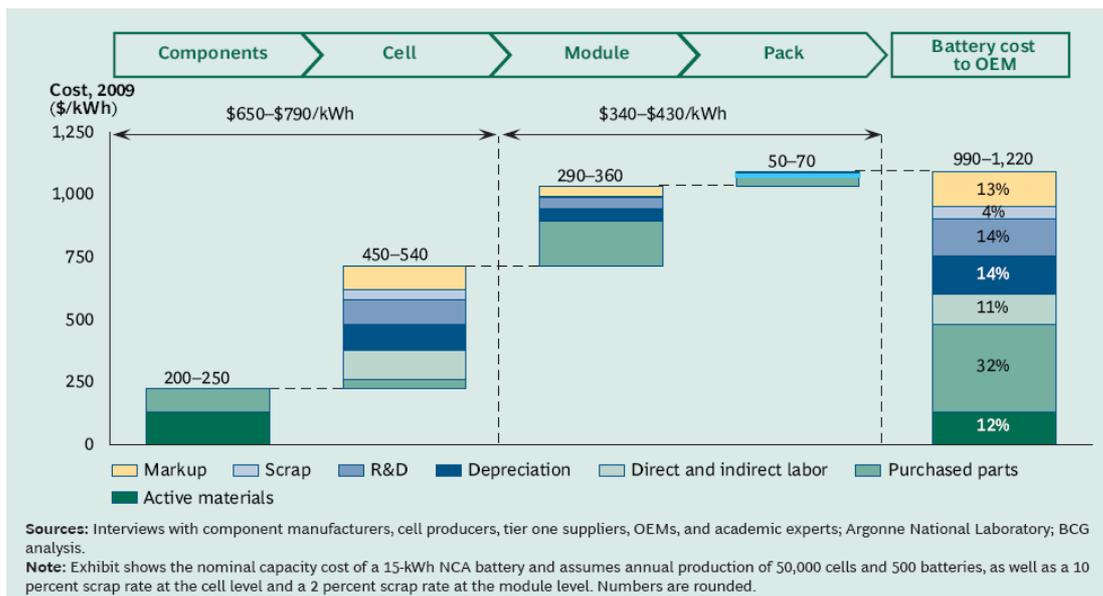


Figura 54. Los costos de producción de ion-litio, por kWh, para pequeños volúmenes de producción.

Se espera sin embargo que los problemas actuales del medio ambiente y el alto precio de los combustibles fósiles, junto con una política de fomento y promoción de las baterías de vehículos eléctricos, conduzcan a una reducción de aproximadamente el 65% de las baterías de tracción en la próxima década [1], en caso de registrarse un aumento de la producción desde los actuales 50.000 células y 500 baterías en 2009 hasta 1,1 millones de baterías en 2020 (Figura 55).

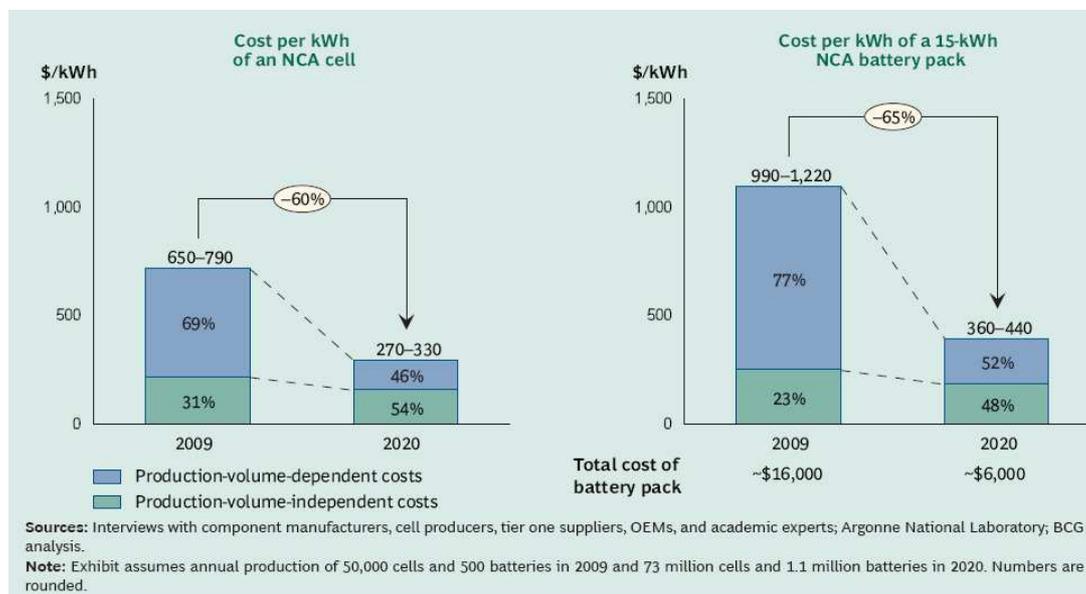


Figura 55. Reducción de los costes de producción de las baterías de acuerdo a su producción en masa.

Esta reducción en los costos de producción por el fabricante de las baterías será fundamental para el éxito de esta tecnología.

## Reciclaje

El reciclaje de baterías de tracción VE es más fácil que el reciclaje de células pequeñas de los equipos portátiles. Se inicia mediante el establecimiento de un plan para la recogida de las mismas, ya que la batería usada es entregada en sustitución por una nueva o por el final de su vida útil. Por otra parte, las baterías son también lo suficientemente grandes y las tecnologías en el mercado son en número reducido, lo que permitirá una recogida selectiva y el eventual desmantelamiento de las partes. De este modo será posible un mejor aprovechamiento de materiales al final de la vida de la batería [6].

A menudo los enfoques de reciclaje incluyen la descarga de las células, la recogida de electrolitos, fragmentación de la caja, y la recuperación de disolventes. Recientemente, el Departamento de Energía ha otorgado \$ 9.5 millones a Toxco para construir la primera fábrica de reciclaje de iones de litio en los Estados Unidos. Compañías como Sony, Accurec, SNAM, Nippon Mining & Metals Co. y GS Yuasa Corp., también han desarrollado procesos para el reciclaje de baterías de litio [6].

### 2.2.7. Vehículos eléctricos a baterías en la actualidad

Hay en la actualidad un renovado interés en la comercialización de BEV. El estudio realizado, la batería de Li-ion dominan claramente la disposición de los fabricantes de automóviles. Se presenta en el Tabla 16, las características de algunos BEV, destacando el tipo de baterías usadas.

Tabla 16. Características de algunos BEV producidos en la actualidad.

Fabricante	Modelo	Peso (kg)	Vel. Máx. (km/h)	Autonomía km	Motor		Batería			Tempo de carga das baterías
					Tipo	Potência (kW)	Tipo	Tensão (V)	Cap. Energética (kWh)	
Mitsubishi	i-Miev	1.080	130	160	Permanent magnet synchronous	47	Li-ion	330	16	Recarga domestica (220V) – 7h Recarga rápida (trifásico – 200V) – 30min
BMW	Mini E	1.465	152	250	Asynchronous	150	Li-ion	380	35	Recarga domestica - 7-14h recarga rápida - 30 min
Nissan	Leaf	-	145	160	Synchronous	80	Li-ion	240	24	recarga domestica - 20h recarga rápida 3,5h
Citroen	C1 ev'ie	1.050	97	120	Electric motor	30	Li-ion	240	-	Recarga doméstica – 6h
Smart	Four two ED	-	100	135	-	16,5	Li-ion	-	20	4hs
Subaru	Stella	860	100	90	Permanent magnet synchronous	47	Li-ion	346	9	Recarga domestica - 8h recarga rápida 30min
Think	City	-	110	160	Asynchronous	34	Li-ion ou Zebra Sodium	-	23	Recarga domestica: - 8h (Li-ion) - 11h (Zebra) Recarga rápida -7h (zebra)
Tesla Motors	Roadster	1235	200	-	-	-	Li-ion	240	-	Recarga doméstica – 3,5h

### 2.2.8. Conclusiones

Este estudio se presentó la evolución reciente de baterías para vehículos eléctricos puros - BEV. Se analizaron las principales características de las baterías en uso, destacando sus ventajas e inconvenientes, tanto técnicos como económicos como de impacto ambiental

Se demostró la necesidad de la existencia de políticas de fomento de la movilidad eléctrica, por lo que es posible la producción masiva de baterías de tracción para vehículos eléctricos, ya que sólo entonces será posible reducir los costos y la investigación continua en la búsqueda de nuevas tecnologías más eficientes.

### 2.2.9. Bibliografía

1. The Boston Consulting Group, 2010. Batteries for Electric Cars - Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020. The Boston Consulting Group.
2. MOBI.E, 2009. MOBI.E - Portuguese Electric Mobility Program. MOBI.E - Mobilidade Eléctrica.
3. Barreto, R.A., 2008. Heating and Cooling an Electric Vehicle. Master of Science Thesis. Stockholm, Sweden: KHT - Industrial Engineering and Management.
4. Harrop Peter, Das Raghu. Car Traction Batteries – the New Gold Rush 2010-2020. 2010,ed IDTechEX.
5. Chan C C. The state of the art of electric and hybrid vehicles. In Proceedings of the IEEE, 2002; 90 (2): 247 – 275.
6. Claudia P. Arenas Guerrero, Jingshan Li, Stephan Biller and Guoxian Xiao. Hybrid/Electric Vehicle Battery Manufacturing: The State-of-the-Art. 6th annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering, Toronto, Ontario, Canada, August 21-24, 2010, pp 281-286.
7. Matheys J, Van Autenboer W. SUBAT: Sustainable Batteries. Vrije Universiteit, 2009, Brussel – ETEC, <http://www.battery-electric.com/>
8. "The Hybrid Car Battery: A Definitive Guide," <http://www.hybridcars.com/hybrid-car-battery>, Nov. 6, 2008.
9. S.M. Lukic, J. Cao, R.C. Bansal, F. Rodriguez and A. Emadi. Energy Storage Systems for Automotive Applications. IEEE Trans. On Industrial Electronics, vol. 55, pp. 2258-2267, 2008.
10. Rodrigues T. Modelação e Simulação de um Formula Student Eléctrico. Tese de mestrado, 2009, Instituto Superior Técnico, Lisboa Portugal.
11. Westbrook Michael H. The Electric Car: Development and Future of Battery, Hybrid and Fuel-Cell Cars. IEE Power & Energy Series, 2001, 38, London.
12. A. Affanni, A. Bellini, G. Franceschini, P. Guglielmi and C. Tassoni. Battery Choice and Management for New-Generation Electric Vehicles. IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 52, pp. 1343-1349, 2005.
13. Chan, C.C.; Wong, Y.S. The state of the art of electric vehicles technology. The 4th International Power Electronics and Motion Control Conference, 2004. IPEMC 2004. Page(s): 46 - 57 Vol.1.

14. MOBI.E, 2010. Modelo e Sistema de Carregamento para Veículos Eléctricos em Portugal. In IMTT - Seminário de Mobilidade Eléctrica: O Veículo. Lisbon, 2010.
15. Governo da República Portuguesa, 2010. Decreto-Lei n.º 39/2010 de 26 de Abril. Diário da República, 1ª Série, 80 (Regulação da organização, acesso e exercício das actividades de mobilidade eléctrica), p.1371 to 1386.
16. Nissan, 2010. Nissan Leaf Official Site. [Online] Available at: [www.nissan.pt/Leaf](http://www.nissan.pt/Leaf) [Accessed 15th Feb 2011].
17. Nina Manuel. Introduction of Electric Vehicles in Portugal - a Cost-benefit Analysis. Tese de Mestrado, IST/UTL. 2010. Lisboa.
18. R.F. Nelson. Power Requirements for Batteries in Hybrid Electric Vehicles. J. of Power Sources, vol. 91, pp. 226, 2000.
19. The Hybrid Car Battery: A Definitive Guide. <http://www.hybridcars.com/hybrid-car-battery>, Nov. 6, 2008.
20. "Birth of Industry to Recycle Lithium Auto Batteries," <http://www.hybridcars.com/environment/birthindustry-recycle-lithium-auto-batteries-26047.html>, Aug. 28, 2009.
21. H.A. Kiehne. Battery Technology Handbook. 2nd Edition, CRC Press, 2003.
22. J. Voelcker. Lithium Batteries for Hybrid Cars. <http://spectrum.ieee.org/green-tech/advanced-cars/lithium-batteries-for-hybrid-cars>, Jan. 2007.
23. Y. Nishi, K. Katayama, J. Shigetomi and H. Horie. The Development of Lithium-Ion Secondary Battery Systems for EV and HEV. Proc. Of 13th Annual Battery Conf. on Applications and Advances, pp. 31-36, Long Beach, CA, 1998.
24. B. Kennedy, D. Patterson and S. Camilleri. Use of Lithium-ion Batteries in Electric Vehicles. J. of Power Sources, vol. 90, pp. 156-162, 2000.
25. Gene Berdichevsky, Kurt Kelty, JB Straubel, Erik Toomre. The Tesla Roadster Battery System. Tesla Motors. 2006.
26. Baterias Champion. [www.championbatt.com](http://www.championbatt.com). 28/3/2011.
27. BCG, 2009. *The Comeback of the Electric Car?* The Boston Consulting Group.

## 2.3. PUNTOS DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

### 2.3.1. Definición y tipología de un punto de recarga para un Vehículo Eléctrico

#### 2.3.1.1. Introducción

Los vehículos eléctricos o híbridos recargables se han convertido ya en una realidad presente en el mercado. Se apuesta como medio de transporte debido a las ventajas que puede aportar a las diferentes economías:

- Adaptar un sector difuso como es el del transporte a las nuevas tendencias medioambientales.
- Colaborar a equilibrar la curva de la demanda eléctrica entre las horas punta y valle.
- Permitir una integración más amplia de las energías renovables.

Ante los rápidos avances del sector es importante adaptar las infraestructuras de nuestras ciudades, centros de trabajo y ocio para la recarga de los vehículos mientras éstos se encuentren estacionados. Para ello, diversas empresas están trabajando en diferentes soluciones adaptadas a los distintos tipos de aparcamiento.

Los vehículos eléctricos puede configurarse en diferentes tipos y tamaños, pero cualesquiera que sea su configuración necesitan ser recargados. Dicha recarga se produce típicamente en un punto de recarga donde la energía eléctrica de servicios auxiliares se transforma apropiadamente para la recarga de sus baterías.

En general, la energía eléctrica para consumo, incluida la utilizada para la recarga de vehículos eléctricos, se produce por un amplio número de pequeñas estaciones generadoras, pudiéndose conseguir de muy diversas formas. Una vez generada, se hace llegar al consumidor a través de una red de conexiones eléctricas denominada red eléctrica.

Desde el punto de vista tecnológico, las principales dificultades en la implantación del vehículo eléctrico se identifican en dos ámbitos fundamentalmente: el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía y la infraestructura de recarga y su integración con el sistema eléctrico.

En la actualidad, se pueden encontrar tres tipos distintos de sistemas de recarga de vehículo eléctrico:

- Carga lenta: es la más estandarizada y todos los fabricantes de vehículos eléctricos la aceptan. Se realiza con corriente alterna monofásica a una tensión de 220 voltios (V) y una intensidad de hasta 15 amperios (A). El tiempo necesario para una recarga completa de la batería ronda las 6 horas. Es apto para garajes privados, ya que es la misma tensión y corriente que la doméstica.
- Carga semi-rápida: sólo la aceptan algunos vehículos, aunque es previsible que en fechas próximas sea un tipo de recarga bastante común. La carga se realiza con corriente alterna trifásica, con una tensión de 400 V y una intensidad de hasta 63 A. En este caso, el tiempo de recarga se reduce hasta unos 50 minutos.

- Carga rápida: concebida a más largo plazo por sus mayores complicaciones técnicas. Además, no hay estándares válidos para todos los vehículos que se comercializan, aunque algunos fabricantes ya la admiten. Consiste en alimentar al vehículo con corriente continua a 400 V y hasta 600 A. El tiempo de recarga se reduce a unos diez minutos.

Aunque la mayoría de los coches eléctricos se pueden recargar desde un enchufe de pared, existen soportes de carga mucho más rápidos, a mayores voltajes y corrientes, que requieren un equipado especial con un conector especializado. Se distinguirán distintos tipos de configuraciones de puntos de recarga, según se realice la instalación en la vía pública, en superficie en entorno controlado o en el interior de garajes.

### 2.3.1.2. Normativa actual

Actualmente hay cerca de 50 normas y especificaciones sobre el Vehículo Eléctrico en ámbitos como la Seguridad y Protección Eléctrica, Rendimiento Energético, Baterías, Protocolos de Comunicación o Bases y Clavijas, entre otros, que podrán tomarse, en buena parte, como referencia para elaborar futuros documentos.

A continuación se detallan las más importantes:

- UNE 62196-1: “Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas de vehículo. Carga Conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua” Junio 2004.
- UNE 62196-2: “Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas de vehículo. Carga Conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua” Junio 2004.
- UNE 61851-1: “Sistema Conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales”. Diciembre 2002.
- UNE 61851-21: “Sistema Conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 21: Requisitos del vehículo eléctrico para conexión conductora en c.a./c.c.”. Diciembre 2002.
- UNE 61851-22: “Sistema Conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 22: Estación de carga en c.a. para vehículos eléctricos.” Diciembre 2002.
- UNE 62196-2: “Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas de vehículo. Carga Conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua” En desarrollo.
- UNE 61000-3-2 Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada  $\leq 16$  A).
- UNE 61000-2-2 Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (Real Decreto 842/2002, 2 de agosto de 2002):

- ITCBT-09 – Instalaciones de alumbrado exterior
  - ITC-BT-12 – Instalaciones de enlace. Esquemas
  - ITC-BT-18 – Instalaciones de puesta a tierra
  - ITC-BT-19 – Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales
  - ITC-BT-23 – Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones
  - ITC-BT-28 – Instalaciones en locales de pública concurrencia
  - ITC-BT-29 – Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- RD 1955/2000 Reglamento de Transporte, Distribución y Comercialización de energía eléctrica.
  - RD 1110/2007 Reglamento de Puntos de Medida (RPM).
  - Tarifas acceso (RD 1164/2001).
  - REBT (RD 842/2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
  - Normas Técnicas Particulares aprobadas por las CCAA.
  - ISO/IEC 14443, Proximity cards (PICCs)

Es muy importante recoger en este documento que a día de hoy la Unión Europea y los Estados miembros todavía no han aprobado una normativa que estandarice los métodos de carga de los vehículos en la red eléctrica de forma que existan normas comunes de diseño que permitan cargar todos los vehículos eléctricos en cualquier lugar de Europa.

La primera acción en este sentido se llevó a cabo en junio de 2010, cuando se produjo la petición oficial por parte de la Comisión Europea a los organismos europeos de normalización (CEN-CENELEC y ETSI) para que desarrollen un cargador común para los coches, motos y bicicletas eléctricos, solicitando además que estuviera listo para mediados de 2011. Alegaron que el nuevo estándar era necesario porque garantizará que todos los tipos de vehículos eléctricos y sus baterías se recarguen de forma fácil y segura en todos los Estados miembros. Los enchufes y los conectores utilizarán el mismo estándar en toda la Unión Europea, proporcionando una auténtica solución independientemente de marcas o países, evitando de esta forma que no se alcance el éxito comercial de los coches eléctricos por tener sistemas incompatibles que conduzcan a un mercado fragmentado en Europa. La normalización es necesaria y deberá llevarse a cabo en el seno de los organismos de normalización europeos en coordinación con los organismos internacionales. AENOR, como representante español ante los organismos de normalización europeos e internacionales, participará activamente en el desarrollo de las futuras normas.

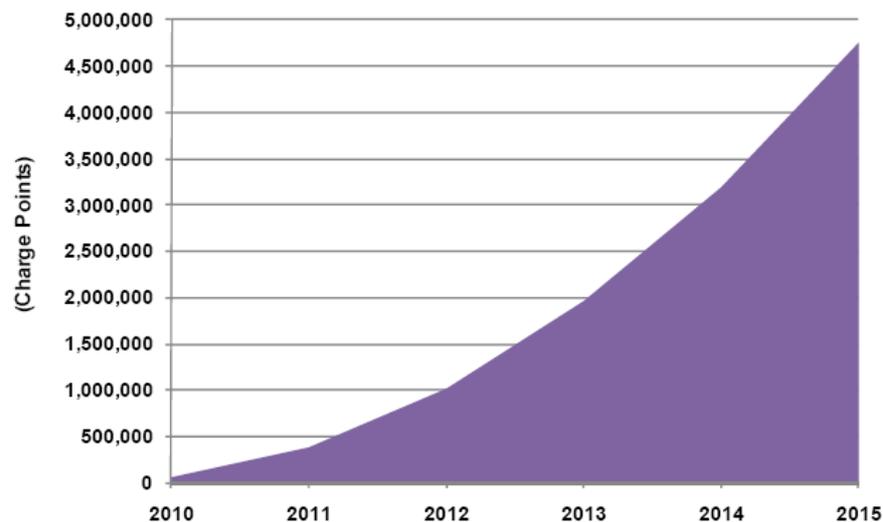
PSA Peugeot Citroën y Mitsubishi lanzarán los primeros modelos y han llegado a un acuerdo para usar el mismo sistema, pero éste tiene que ser validado por la Unión Europea para que lo apliquen, posteriormente, el resto de empresas.

Para el futuro los trabajos son diversos. El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo español también se encuentra elaborando dos normativas claves. Primero, la que regula al gestor de recarga; es decir, las empresas que se ocuparán de gestionar el servicio de carga de las baterías. Y, en segundo lugar, el Ministerio debe aprobar la nueva tarifa nocturna para fomentar que los turismos eléctricos se enchufen a la red en las horas de menos demanda.

Todos estos factores hacen que los puntos de recarga aun sean un terreno por unificar y normalizar.

### 2.3.1.3. Escenario futuro

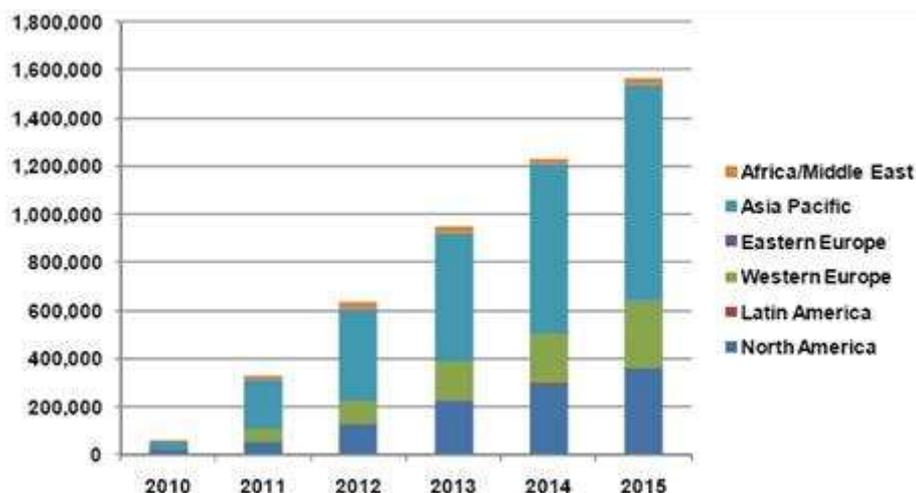
El horizonte temporal para el vehículo eléctrico dicta que la evolución en la instalación de los puntos de recarga seguirá la tendencia mostrada en la Figura 56:



Fuente: Executive Summary of Electric Vehicle Charging Equipment. Charging Stations, Grid Interconnection Issues, EV Charging Business Models, and Vehicle-to-Grid Technology: Market Analysis and Forecasts. Pike Research (2010)

Figura 56. Evolución del número de puntos de recarga que estarán disponibles a nivel mundial en el período 2010 – 2015.

Estudios ya realizados sitúan a Asia como el continente con el mercado más incipiente y numeroso en el futuro para las estaciones de recarga, estimándose para otros países lo mostrado en la Figura 57:



Fuente: Executive Summary of Electric Vehicle Charging Equipment. Charging Stations, Grid Interconnection Issues, EV Charging Business Models, and Vehicle-to-Grid Technology: Market Analysis and Forecasts. Pike Research (2010)

Figura 57. Estaciones de carga vendidas a nivel mundial por agrupaciones de países.

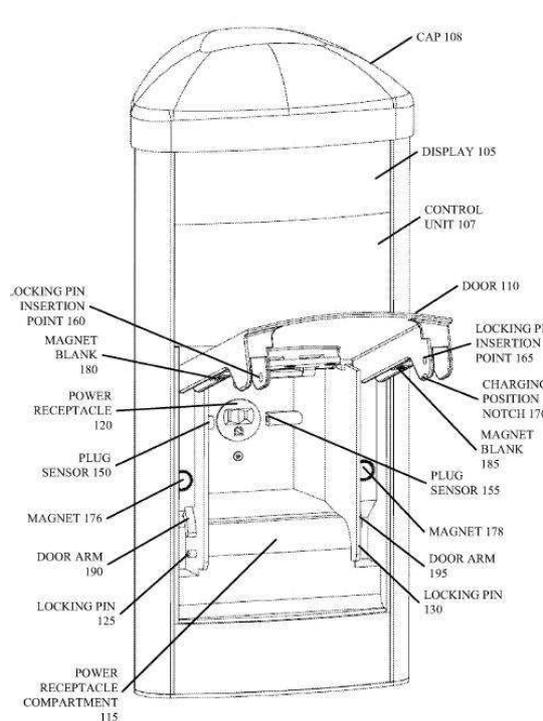
El estudio publicado por la compañía Pike Research, en 2010, afirma que el mercado de equipos de carga para el vehículo eléctrico se convertirá probablemente en un mercado masivo a finales de 2011, y grandes compañías tecnológicas, como General Electric, Panasonic, Samsung, Siemens, y Sanyo, están trabajando activamente para ello, como se verá más adelante en este documento.

### 2.3.2. Estado del Arte en puntos de recarga para VE

#### 2.3.2.1. Principales patentes

La primera búsqueda bibliográfica para la redacción de este Estado del Arte se ha realizado en la Oficina de Patentes y Marcas a través de sus Boletines de Vigilancia Tecnológica. Estos boletines se publican trimestralmente en la página web de la OEPM y contienen información relativa a las patentes más relevantes publicadas en cada sector tecnológico analizado y noticias tecnológicas resultantes del análisis de publicaciones, congresos, anuncios empresariales, y otras fuentes de interés. Realizados por la OEPM y/o en colaboración con otras entidades uno de los sectores tecnológicos que abarca es el vehículo eléctrico.

La primera patente al respecto del diseño de un punto de carga pertenece a BAXTER D COULOMB TECHNOLOGIES INC; TORMEY M T y se publica en enero de 2010. Detalla el diseño de una estación de carga como la que se muestra en la Figura 58.



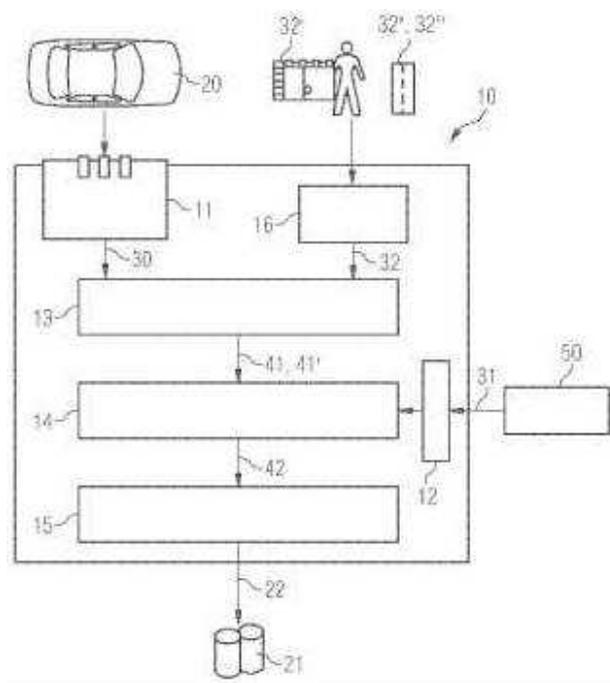
(Fuente: Patente WO2010011545 A1)

Figura 58. Punto de carga patentado por Baxter D; Coulomb Technologies INC; Tormey M.

La innovación en este dispositivo se encuentra en su sistema de cierre múltiple. El compartimento está dotado de una puerta y de un recipiente dispuesto en el interior para recibir el cable de carga del vehículo. El mecanismo de la puerta incluye un primer cierre para bloquear y desbloquear la estación manteniendo la puerta cerrada, de forma que se impida, con el bloqueo, la retirada involuntaria del enchufe, y un segundo cierre para cerrar, abrir la puerta o dejarla entreabierta, permitiendo que el cable del vehículo pase al interior del compartimento.

En este mismo mes se publica la patente de SIEMENS AG sobre un adaptador para la carga eficiente de energía en vehículos eléctricos. La invención combina un dispositivo adaptador y un método para la carga que dispone de una interfaz para la detección de datos internos de funcionamiento. Esta interfaz informará de los factores referidos a los hábitos de conducción y al estilo de vida del propietario y detectará los detalles relacionados con la fluctuación de los precios de la energía.

El dispositivo, que se muestra en la Figura 59, está diseñado para deducir un perfil de consumo energético utilizando los datos de funcionamiento del vehículo y para la producción de un plan de futuro basado en el requisito de, al menos, uno de los factores nombrados anteriormente. Con este dispositivo será posible elaborar un plan de carga del vehículo, que se optimiza en tiempo y / o precio.

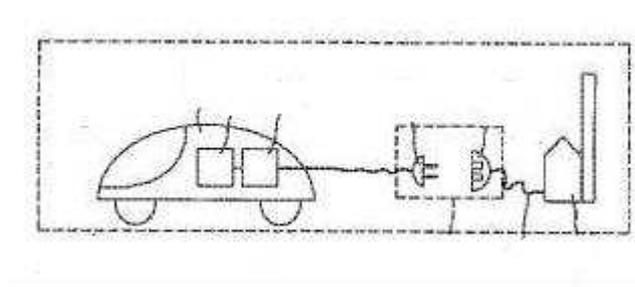


(Fuente: Patente WO2010003711 A1)

Figura 59. Punto de carga patentado por SIEMENS AG.

GOLDMAN J; HILL D; HORTH J; PROTERRA LLC; WALKER son los autores de la patente publicada en marzo de 2010 referida a una estación de carga para vehículos eléctricos de mayor envergadura que un utilitario, por ejemplo autobuses, que posee apoyos para el colector a través de tiras de guiado separadas, la superficie es conductora de electricidad para contactar con la zona conductora del punto de carga del vehículo.

La empresa BOSCH GMBH ROBERT es la responsable de la patente publicada en junio de 2010 referida, en este caso, al sistema conjunto de recarga, como se muestra en la Figura 60. Dispone de un sistema de alimentación para los vehículos eléctricos adaptable a la mayoría de las estaciones de carga y un punto de recarga destinado a suministrar la energía de a bordo. Incluye, además, una interfaz con el fin de conectar la unidad de carga con la estación principal y transmitir la información sobre las variables de abastecimiento.



(Fuente: Patente WO2010049215 A2)

Figura 60. Punto de carga patentado por BOSCH GMBH ROBERT.

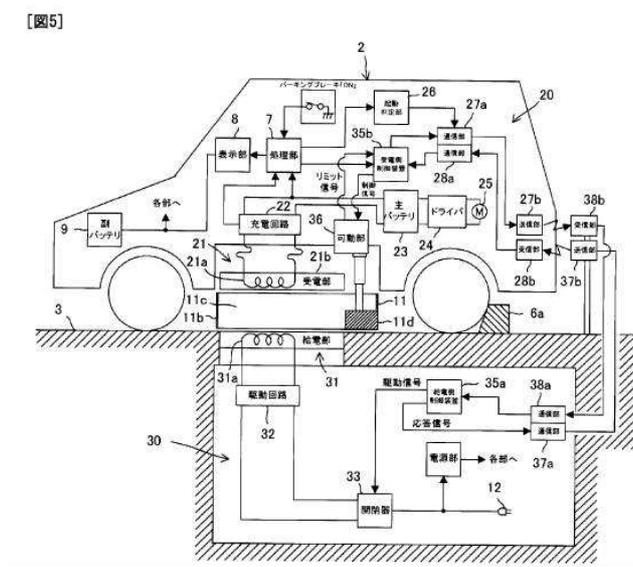
GENERAL ELECTRIC CO; LITTRELL N. B. tienen publicada una patente, en julio de 2010, referente a una estación de carga de vehículo que está comunicativamente y eléctricamente acoplada con el vehículo, para medir cantidad de energía entregada.

En este mismo mes se publica la patente de DEUT POST AG y se refiere a una estación de carga para vehículos eléctricos que dispone de una unidad para controlar el intercambio de energía entre la carga suministrada y el remanente en el depósito de almacenamiento.

EVANDER A; NYMAN M. han patentado un sistema eléctrico de carga del vehículo que dispone de un enchufe para la estación de carga con un código único de identificación, donde se compara la entrada y salida de la energía con la cantidad que necesita la batería. Se publica en agosto de 2010.

En septiembre de este mismo año se publica la patente de la empresa MASPRO DENKO KK (Figura 61) referida a un dispositivo para la recarga de baterías de vehículo eléctrico con aislamiento de forma cilíndrica y situado en un espacio cerrado. Está formado por varios niveles para el suministro y dispone de unidades de recepción en dirección opuesta, primando la seguridad durante la recarga.

[圖5]

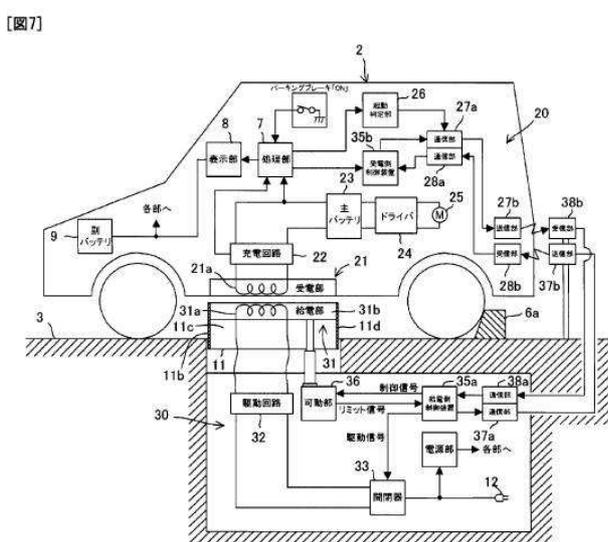


(Fuente: Patente WO2010098412 A1)

Figura 61. Punto de carga patentado por MASPRO DENKO KK.

Esta misma empresa es responsable de otro diseño de punto de recarga, el correspondiente a la patente WO2010090333 A1. Similar al de la patente anterior, en este caso se trata de un sistema móvil de suministro de energía para vehículos eléctricos (ver Figura 62), es el dispositivo el que se acerca al vehículo. Dispone también de una unidad de suministro de energía y una unidad de recepción, posicionadas una contra otra antes y después del proceso de carga, cuando el vehículo eléctrico está montado sobre la base.

[圖7]

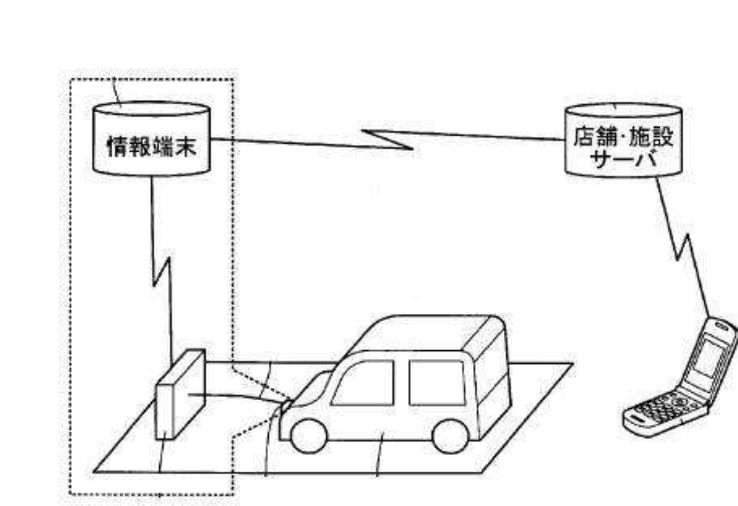


(Fuente: Patente WO2010090333 A1)

Figura 62. Punto de carga patentado por MASPRO DENKO KK.

PIONEER CORP ha patentado un aparato suministrador de energía eléctrica para la carga de los vehículos que dispone de un transmisor de información que deriva la

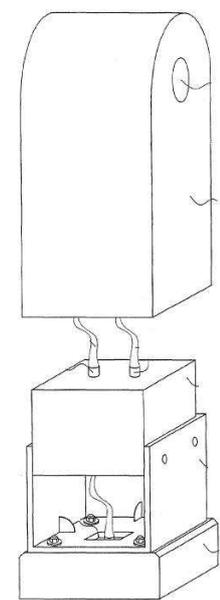
información de su estado al área de aparcamiento y le informa del sitio de carga adecuado para el usuario (ver Figura 63). Se publica su patente en octubre de 2010.



(Fuente: Patente WO2010119508 A1)

Figura 63. Punto de carga patentado por PIONEER CORP.

La patente sobre puntos de carga de RWE A.G; DIEFENBACH I. se publica también en octubre de 2010. Está orientada a un poste colocado sobre un elemento metálico que lo proteja de los impactos (Figura 64). Se puede combinar con una base de hormigón y su mayor ventaja es su simplicidad en el montaje.

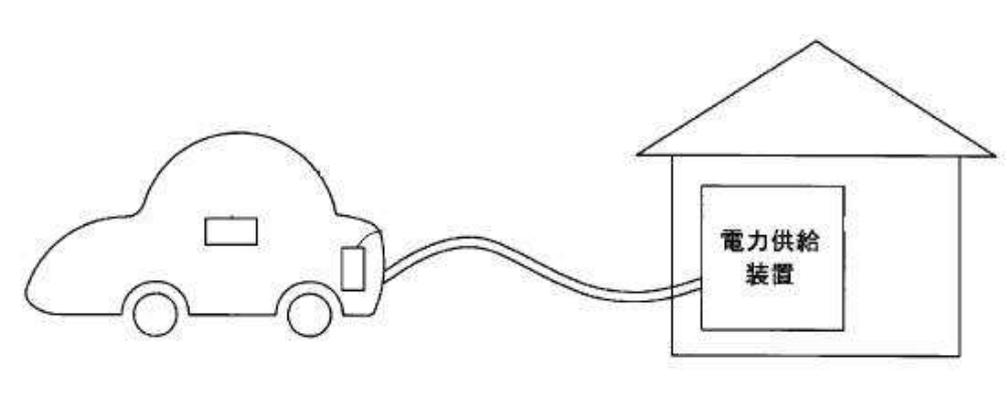


(Fuente: Patente WO2010115926 A2)

Figura 64. Punto de carga patentado por RWE A.G y DIEFENBACH I.

En octubre de 2010 se publica la patente de ITO TADASHI SHOJI K.K; ITOCHU CORP; JAPAN RES INST LTD y NIPPON SOGO KENKYUSHO KK. Se refiere a un aparato de suministro de energía eléctrica disponible para su instalación en viviendas particulares, como se muestra en la Figura 65. Se trata de un dispositivo de eléctrica

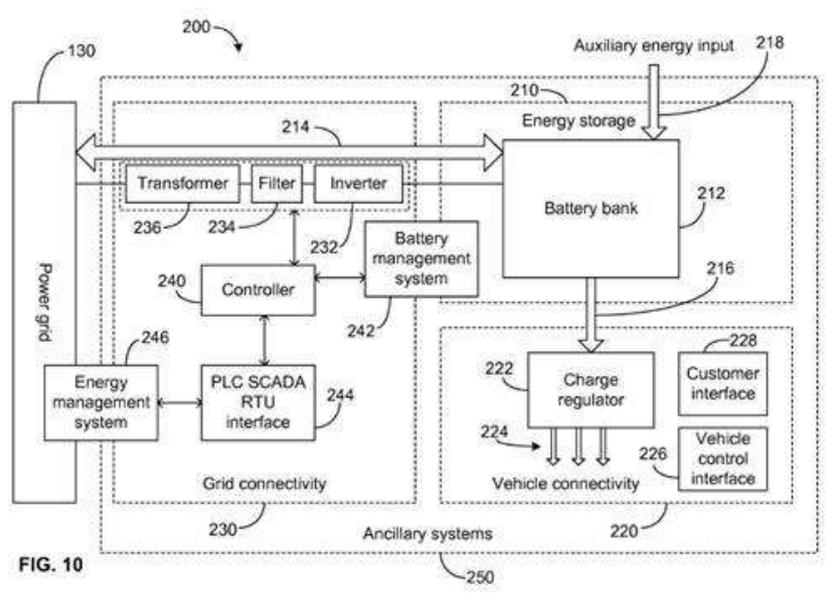
para cargar las baterías de vehículos particulares. Está diseñado con una unidad de control que examina los dispositivos del vehículo a través del cable de conexión al punto de carga. La innovación se encuentra en que el dispositivo ahorrará a los usuarios la molestia de salir del vehículo e introducir los inputs de carga.



(Fuente: Patente WO2010109885 A1)

Figura 65. Punto de carga patentado por ITO TADASHI SHOJI K.K; ITOCHU CORP; JAPAN RES INST LTD y NIPPON SOGO KENKYUSHO K.K

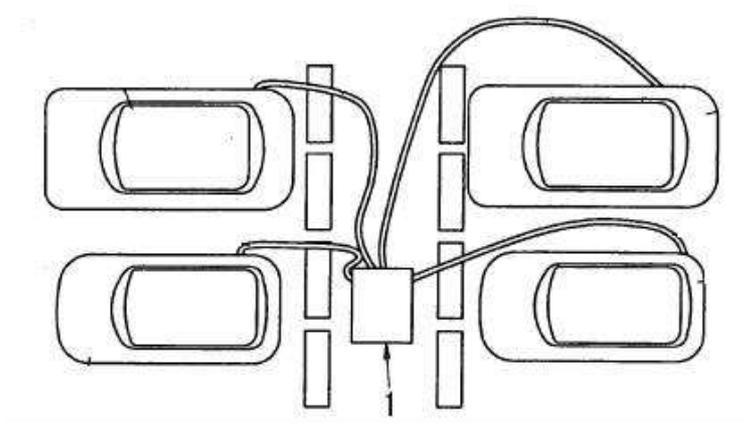
La estación de carga patentada por ADVANCED POWER TECHNOLOGIES INC dispone de una conexión a la red eléctrica, un componente de almacenamiento de energía con posibilidad de exportar la energía eléctrica almacenada a la red si es necesario (pudiéndose establecer así un rendimiento de la red) y el punto de recarga para el vehículo eléctrico. Es un sistema conjunto como se muestra en la Figura 66. El objetivo de esta patente es facilitar la carga de vehículos eléctricos en un extremo y la estabilización de la red en el otro. Se publica en noviembre de 2010.



(Fuente: Patente WO2010132443 A1)

Figura 66. Punto de carga patentado por ADVANCED POWER TECHNOLOGIES INC.

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD y PANASONIC ELECTRIC WORKS CO LTD tienen dos patentes referidas a puntos de carga y publicadas en diciembre de 2010. Una de ellas desarrolla un stand para estos vehículos a situar, por ejemplo, en un parking privado. Dispone de tomas exteriores de corriente para enchufar el dispositivo del vehículo y cargarlo cuando su batería está vacía según la disposición mostrada en la Figura 67.



(Fuente: Patente WO2010143039 A1)

Figura 67. Punto de carga patentado por MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD;  
PANASONIC ELECTRIC WORKS CO LTD.

La siguiente patente de estas empresas se refiere también a un punto de carga similar pero esta vez orientado a su colocación en áreas de servicio, es decir, a uso conjunto y público. Se caracteriza por tener múltiples tomas de corriente colocadas en forma cilíndrica para el enchufe de los vehículos eléctricos. De esta forma la estación puede afrontar un aumento en el número de puntos de carga con el tiempo y los trabajos de mantenimiento, como reparación y reemplazo, se pueden llevar a cabo de manera más eficiente.

EATON COPR; BROOKS A.G; SAAD S.C; SEFF P.D; SHARP B.J; STORCK G.M posee la patente más recientes en este campo, de enero de 2011.

Su tipología de punto de carga se refiere a un pedestal, a utilizar en un sistema de salida de energía para alimentar al vehículo eléctrico. Está conectado a la red eléctrica y dispone de una toma de corriente para acoplar el vehículo y para medir la energía eléctrica consumida por el vehículo y el dispositivo de carga.

### 2.3.2.2. Entorno tecnológico. Principales fabricantes

Para dar respuesta a los retos planteados por la introducción del vehículo eléctrico, muchas empresas han desarrollado una importante labor de I+D+i para estudiar y desarrollar sistemas inteligentes de recarga de vehículos eléctricos, capaces de cargar las baterías cuando la energía esté disponible y sea más económica, capaces de identificar la disponibilidad de crédito de carga en cualquier punto, capaces de discriminar diversos puntos de recarga en un mismo aparcamiento y de recargar en tiempo reducido o estándar.

En Mayo de 2010 es Endesa quien trae a España por primera vez sistemas que recargan los vehículos eléctricos en 5 minutos. Estos dispositivos se presentan en la

Feria del Vehículo Ecológico y la Movilidad Sostenible de Madrid gracias al acuerdo alcanzado con SGTE Power, único proveedor en Europa de cargadores rápidos para vehículos eléctricos desde 1995. Se trata de una solución tecnológica cuyo sistema recarga de manera parcial los coches en 5 minutos, lo que permite una autonomía de entre 30-50 km. Para una recarga completa se necesita media hora.

En este mismo acto, Endesa presenta sus puntos de recarga lenta (entre 6-8h) que además, en esas fechas, ya había facilitado a diferentes compañías para comenzar a realizar pruebas. Por ejemplo, a la compañía Bereco, marca referente en el mercado eléctrico de dos ruedas en nuestro país; ElectricBikes, empresa dedicada a la venta y distribución de bicicletas eléctricas Flyer; Goelix, empresa que fabrica y distribuye scooters y motocicletas eléctricas de nueva generación; Micro-Vett, empresa líder en Italia en la proyección y la construcción de vehículos de tracción eléctrica; y Tucano Bikes, una marca catalana especializada en la venta al por mayor y distribución de bicicletas eléctricas homologadas por la Comunidad Europea. Además es allí donde Endesa dispuso los dos primeros puntos de recarga en una estación de servicio de España (ver Figura 68).



Figura 68. Primeros puntos de recarga de Endesa.

Estos dos puntos, situados en la estación de servicio de Cepsa frente a la sede social de Endesa, actuaban únicamente como base de recarga para el circuito de exhibición que el fabricante japonés Toyota tuvo durante la feria.

En noviembre de 2010 Schneider Electric presentó sus sistemas de recarga para el vehículo eléctrico en el Circuito catalán de Montmeló. Fue el primer evento nacional donde se mostró una amplia oferta de soluciones propias para la carga del vehículo eléctrico, no tan global como en el caso de Endesa, detallada anteriormente.

Esta compañía, en su gran apuesta por la movilidad sostenible, se ha dotado de un amplio portafolio de soluciones de recarga que dan respuesta a las necesidades concretas de cada tipo de aplicación: estaciones de recarga rápida, aparcamientos de centros comerciales, aparcamientos para flotas de vehículos, garajes residenciales, lugares públicos o aparcamientos de carretera. Estas soluciones han sido diseñadas para cubrir de manera segura, asequible y sencilla las necesidades técnicas del vehículo eléctrico.

Además, la gama de productos de Schneider Electric se basa en la seguridad de bienes y personas (Figura 69), uno de los grandes problemas a los que se enfrenta el vehículo eléctrico. Por un lado, la compañía propone un nuevo conector que ofrece el más alto nivel de seguridad con el uso de obturadores que protegen del contacto accidental con componentes eléctricos. Y sólo electricistas profesionales formados y certificados en sistemas de recarga podrán instalar dichas soluciones.



Figura 69. Detalle punto de recarga de Schneider Electric.

La solución de Schneider Electric (Figura 70) ofrece también una recarga verde y maximiza la disponibilidad del vehículo. Por un lado, evita que la recarga del coche se realice en horas de máxima demanda, las más contaminantes, y se realice de manera optimizada cuando los costes de la energía son menores. No obstante, en caso de necesidad se puede forzar una carga inmediata para no limitar la movilidad del usuario.

Se trata de un punto de recarga sostenible y seguro al 100% que permitirá, en un futuro, devolver la energía a la red durante los momentos de mayor consumo de electricidad.



Figura 70. Punto de recarga fabricado por Schneider Electric.

También en este mes otra importante empresa en el sector de principales fabricantes mundiales de conectores y cables, Sintorsa, anuncia el lanzamiento de una solución de interconexión para los vehículos eléctricos, denominada CAR (Conexión de Alimentación para Recarga, ver Figura 71).



Figura 71. Interconexión para los vehículos eléctricos fabricada por Intersa.

La gama CAR de conectores enchufables para la recarga de vehículos eléctricos ha sido desarrollada según la norma IEC62196-2. Las mejoras que se incluyen en esta solución con respecto a lo indicado en la normativa, que la empresa asegura que en cumplimiento de la norma de referencia, no afectan a la compatibilidad con los conectores de la competencia, son principalmente tres:

1. **Ergonomía.** El diseño de este conector ha sido sometido a estudios de ergonomía por parte de laboratorios independientes, para facilitar al máximo, al usuario, la maniobra de conexión-desconexión.
2. **Contactos eléctricos.** La tecnología laminar multipunto de los contactos hembra permite una menor fuerza de inserción mecánica, mayor número de maniobras conexión-desconexión, y reducción de puntos calientes y microcortes. Todo ello facilita la prolongación de la vida útil del equipo y la calidad del mismo, así como la facilidad para el usuario

3. **Servicio Sintersa.** Opera en los sectores más avanzados del mercado español desde hace 25 años. Está compuesta por un equipo humano de más de 130 profesionales y sus productos y servicios de conectorización han impulsado el despliegue de la principales redes de comunicaciones (GSM, UMTs, ADSL, Satélites...), energía (nuclear, solar, eólica,...) y transportes (sistemas de control de carreteras, ferrocarriles, etc...), lo que va a permitir a los usuarios disponer de una fuente de suministro local que conoce bien sus necesidades en aspectos como flexibilidad, plazos cortos, financiación, etc.

BlueMobility es una empresa de base tecnológica que ofrece distintas soluciones para la recarga inteligente de todo tipo de vehículos eléctricos. Su actividad se centra en investigar, fabricar, vender, instalar, dar asistencia y operar redes inteligentes de recarga (RIR), para los vehículos tipo Plug-In (PHEV) y los vehículos eléctricos (BEV). Entre sus productos comerciales se encuentra la Red de Recarga Inteligente que está formada por una Central de control y por varias redes, desplegadas por diferentes lugares denominadas Redes Locales de Recarga (RLRIR).

El sistema propuesto por esta empresa se basa en el desarrollo de redes en las que se separa por un lado la inteligencia (funciones basadas en electrónica y software: comunicación con el usuario, autorización de carga, recopilación de datos de consumo...) y, por otro, la transferencia de energía (conexión física segura, protección ante descargas...). Este método permite un despliegue de redes fácilmente "escalables" y con un coste reducido.

Además, la red está concebida para cumplir los requisitos de sencillez y accesibilidad, estandarización y seguridad, autonomía e interactividad.

Estas redes están formadas por un Nodo de Control y varios Puntos de Recarga como arquitectura principal. La tecnología para la comunicación entre la Red y la Central de Control, y de la Central de Control y Red Eléctrica Española (REE), está orientada a servicio. Y las comunicaciones entre redes locales y Central de Control se realizan a través de los medios físicos cableados (Ethernet) o comunicaciones móviles (GPRS).

Principales productos:

- **Nodo de control.** Sus características funcionales son: autenticación del usuario, selección del punto de recarga, selección del modo de carga, aplicación de tarifas, información después del recargo, pago (con tarjeta pre-pago, informaciones, autochequeo, gestión diagnosis y monitorización de los Puntos, gestión de las comunicaciones internas y con la central de control.
- **Puntos de recarga.** Los puntos de recarga están equipados con comunicación zigbee para conectar con el Nodo e intercambiar datos para la autorización, habilitación y gestión del punto de recarga. Incorpora dispositivos de protección diferencial y magneto térmica, para la seguridad tanto de las personas como de los dispositivos. La ausencia de electricidad está garantizada en los momentos de reposo por un desconector interno. El conector permanece bloqueado durante los periodos de carga para evitar el robo del cable por usuarios no autorizados. Integran un contador de energía que aporta datos de potencia instantánea y energía consumida, para que el Nodo pueda elaborar informes estadísticos.

Emerix, empresa involucrada en movilidad eléctrica desde 2008, también desarrolla y fabrica en España estaciones de recarga, utilizando componentes de marcas reconocidas. Tiene ya en marcha una red de electrolineras dispuestas para su venta y utilización (Merly electrolineras). Sus productos están sujetos a la futura adaptación a

normativas y estándares de la industria de la movilidad eléctrica, y ofrecen gama de productos preparados para la carga con energías renovables.

Funcionan con tarjeta inteligente de identificación, utilizando tecnología RFID para su uso fácil y recarga. Disponen de control centralizado vía web y de sistemas de seguridad eléctrica. Cuentan con pantalla de información para poder leer y mostrar información de la batería en la pantalla del punto de carga. Lo más destacable es que el software y el hardware de los puntos de recarga eléctrica Merlyn pueden fácilmente sustituirse de manera parcial para abaratar costes y asegurar que se seguirán cumpliendo los distintos cambios en el desarrollo de los coches eléctricos.

En el campo de la tecnología de la eficiencia energética destaca la empresa CIRCUTOR. Dispone también de una amplia gama de postes de recarga para vehículos eléctricos. Están diseñados para cubrir las necesidades de recarga en la vía pública, cumpliendo con todas las normativas de seguridad eléctrica así como seguridad en el acceso y la medida y gestión del consumo.

Están enfocados para dar al usuario del vehículo eléctrico un método sencillo para recargar su vehículo allí donde lo estacione. Los postes de recarga disponen de un fácil sistema de acceso y pago de energía mediante tarjetas sin contacto, así como un práctico sistema de apertura y cierre. De esta forma, todo el proceso de recarga puede realizarse con tan solo unos pocos pasos por cualquier usuario sin necesidad de conocimientos técnicos.

### 2.3.2.3. Noticias de interés

Miguel Martín Balbé publica en la revista "Elektor: revista internacional de electrónica y ordenadores", ISSN 0211-397X, Nº 359, 2010, págs. 28-32, un artículo titulado "Estación de carga de bajo coste para vehículo eléctrico". En él detalla el funcionamiento de un diseño de una máquina expendedora de energía eléctrica que funciona con monedas. Está basada en un PIC y el programa ha sido desarrollado con Flowcode.

Su diseño está enfocado a la instalación de tomas de energía alterna públicas cerca de (o en) las plazas de aparcamiento, restaurantes, centros comerciales, áreas de servicio de las autopistas, zonas de aparcamiento municipales, estaciones de trenes, etc.. El interés de los propietarios de esas instalación de estaciones de carga no estaría dirigido a la rentabilidad de la misma sino que se desarrollaría un nuevo concepto referido al tiempo que los propietarios de los vehículo eléctricos tendrían que gastar mientras están cargando («compra mientras cargas»).

El coste efectivo de esta tipología de estación de carga puede ser muy útil. El modelo desarrollado en este artículo funcionaría con monedas (o fichas), un circuito interno medirá el flujo de corriente, calculará la energía «vendida» en kWh, y cortará el suministro de energía de acuerdo a la relación establecida por el usuario.

Para permitir el uso de una máquina expendedora estándar que funcione con monedas, el sistema tiene que ser capaz de medir el flujo de corriente alterna cuando un vehículo eléctrico está siendo cargado. El sistema encenderá el cargador después de que, al menos, se haya insertado una moneda y contará el número total de monedas para calcular la energía equivalente en kWh que tiene que suministrar al cliente. Midiendo el flujo medio de corriente por segundo, el sistema puede calcular la cantidad de energía (en kWh) proporcionada al vehículo (el kWh es la unidad estándar en el recibo de electricidad).

Cabe destacar que el circuito está conectado a una toma de tensión de red de corriente alterna y no constituye un dispositivo de aislamiento entre esta red y la carga. En consecuencia, se deben observar todas las precauciones de seguridad eléctrica relevantes para equipos que transportan y llevan tensiones en corriente alterna. Será obligatorio instalar las tomas de tierra adecuadas para su uso externo, así como indicadores de corriente externos.

El 15 de febrero de 2011 se publica en el periódico digital [www.nortecastilla.es](http://www.nortecastilla.es) la inauguración del primer poste de recarga de vehículos eléctricos en la provincia de Castilla y León. En la noticia se detalla cómo la ciudad de Valladolid ha puesto en servicio el primer poste de recarga de baterías para vehículos movidos con energía eléctrica de los treinta que se instalarán en los próximos meses dentro de un proyecto que también incluye la colocación de diez postes más en la ciudad de Palencia.

La noticia afirmaba que la ciudad está a punto de convertirse en el primer núcleo urbano del sur de Europa en el que se producirá en serie un vehículo pensado exclusivamente para la movilidad eléctrica, hecho que va a favorecer el impulso del coche eléctrico en la región para fomentar, en el resto de sectores productivos, una cultura de innovación, favoreciendo de este modo la atracción de inversiones y de empresas de diferentes sectores de actividad.

La iniciativa recoge la disposición de la factoría Renault con instalaciones en Valladolid y Palencia para la puesta en marcha de esta tecnología a unos precios que hagan posible su adquisición por la mayor parte de los compradores. Esta compañía ha comenzado la fabricación del modelo Twizy este mismo año.

La noticia finaliza comentando que Renault confía en que los primeros coches eléctricos de la marca comiencen a circular por España este mismo año y desde la Junta de Castilla y León se afirma, en base a las referencias de la Unión Europea, que en el año 2020 circularán por España en torno a 225.000 vehículos movidos por baterías.

El 30 de marzo se publica en la página web de la Fundación Entorno la noticia de que Endesa y la Federación de Asociaciones de Concesionarios de Automoción (Faconauto) habían suscrito un acuerdo por el que la compañía energética instalará puntos de recarga en los concesionarios asociados a la patronal.

El acuerdo convierte a la eléctrica en proveedor preferente en los aspectos relativos a la optimización del suministro energético de los concesionarios.

De este modo, Endesa ofrecerá a los concesionarios mejores condiciones de servicio y precio, así como asesoramiento y apoyo en la implantación de energías renovables, todo ello además de los puntos de recarga para vehículos eléctricos.

Esta acción se enmarca en el 'plan de concesionario sostenible' que permitirá instalar también placas solares fotovoltaicas, sistemas de iluminación eficiente y sistemas de monitorización y control de clima e iluminación.

Y por último, y en relación a la importancia del vehículo eléctrico en la región de Castilla y León, también este mismo día se publica en el portal web del vehículo y movilidad sostenible, [www.ecomove.es](http://www.ecomove.es) la concesión del Premio Castilla y León de la Protección del Medio Ambiente 2010 al Proyecto del coche eléctrico de Renault España. Este proyecto hace posible que Castilla y León sea la primera Comunidad Autónoma en fabricar vehículos dotados de una tecnología que protege el Medio Ambiente.

El proyecto del coche eléctrico de Renault España une conceptos como el respeto al medio ambiente o a las convenciones internacionales sobre emisiones de gases contaminantes, no solo el dióxido de carbono sino también los óxidos de nitrógeno y partículas de combustión de distinta naturaleza que tienen impacto en la salud, con la economía energética y la sostenibilidad del sistema económico y social.

#### 2.3.2.4. Proyectos

El proyecto MOVELE es una experiencia piloto, gestionada y coordinada desde el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), que persigue la introducción en el plazo de dos años (2009 y 2010), y dentro de entornos urbanos, de 2.000 vehículos eléctricos de diversas categorías, prestaciones y tecnologías, en un amplio colectivo de empresas, instituciones y particulares, así como la instalación de, al menos, 500 puntos de recarga para estos vehículos.

El Proyecto se enmarca en el Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011 aprobado en el Consejo de Ministros de Agosto de 2008, por el que encarga a IDAE la puesta en marcha de un proyecto piloto de introducción de vehículos eléctricos.

MOVELE cuenta con una dotación de 10 millones de euros, de los cuales 8 millones se destinarán a ayudas para la adquisición y uso de vehículos eléctricos y 2 millones a ayudas para la creación de infraestructuras públicas de recarga y gestión.

Los objetivos del proyecto son:

- Demostrar la viabilidad técnica y energética de la movilidad eléctrica en los entornos urbanos mediante la adopción de un conjunto de acciones que suavicen los obstáculos existentes para su desarrollo, posicionando a España entre las escasas experiencias reales de demostración de estas tecnologías.
- Activar, dentro de las administraciones locales implicadas, medidas impulsoras de este tipo de movilidad: desarrollando una infraestructura pública de recarga en las calles, facilitando la circulación para vehículos eléctricos, reservando plazas de aparcamiento, permitiendo la circulación por carriles bus-taxi, reduciendo las cargas fiscales, etc..
- Implicar a empresas del sector privado en la introducción del vehículo eléctrico: empresas eléctricas, empresas de seguros y de financiación, empresas de servicios energéticos, etc..
- Servir de base para la identificación e impulso de medidas normativas que favorezcan esta tecnología: medidas fiscales y económicas en la compra o uso de los vehículos, tarifas preferentes en el suministro de la energía, modificación de normas que impidan su evolución (acceso a puntos de recarga en viviendas comunitarias, en las calles, homologación, seguridad, etc.).

Por su parte, el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de La Rioja (Coitir) ha presentado el proyecto 'Connect de Energías Renovables' para crear una red de recarga de coches eléctricos alimentados a base de energía solar.

El Proyecto Connect (Creación de una nueva red de tecnología para coches eléctricos), con una duración prevista hasta septiembre de 2013, consiste en desarrollar una red utilizando un sistema de recarga para vehículos eléctricos mediante energía solar. Una interesante propuesta que cambiará la manera de ver a estos coches gracias a sus ventajas medioambientales (menos emisiones de CO<sub>2</sub> y

menor contaminación acústica, ya que el vehículo es casi totalmente silencioso) y a la facilidad que supondrá para los usuarios su recarga.

El objetivo principal del Proyecto Connect es promover el despliegue progresivo de vehículos eléctricos como un medio alternativo de movilidad urbana. Establecerá una red piloto de 5 puntos de recarga eléctrica de “emisión-cero” para estos vehículos, uno de ellos en las instalaciones del Coitir y el resto en polígonos industriales de Zaragoza y en la Fundación San Valero. Estos puntos serán abastecidos totalmente por la energía renovable y proporcionarán una mejora en el “balance ecológico global” del 75% con respecto a los principales surtidores.

El Proyecto supondrá, a través de una mejora de los puntos de recarga, una aproximación a la rentabilidad mediante la reducción de emisiones y constituirá un punto de referencia para la transición a los vehículos eléctricos, estableciendo una red europea de empresas e instituciones comprometidas con esta tecnología.

Los primeros resultados de este proyecto serán visibles en año y medio. Estos puntos se emplearán para dar servicio a los vehículos eléctricos con batería de litio que se encuentren en circulación, pero además, el proyecto Connect pretende introducir al menos cincuenta vehículos que puedan ser recargados en estos puntos alimentados por energía solar.

### *2.3.3. Bibliografía*

Blázquez Lidoy, J., Martín Moreno J.M. Eficiencia energética en la automoción. El vehículo eléctrico, un reto del presente. Revista Economía Industrial. Tercer trimestre de 2010. Vol 377. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Boletines Vigilancia Tecnológica Coche Eléctrico. Cuarto trimestre de 2009 y primer, segundo y tercer trimestre de 2010.

Gartner J., Wheelo C. Executive Summary: Electric Vehicle Charging Equipment Charging Stations, Grid Interconnection Issues, EV Charging Business Models, and Vehicle-to-Grid Technology: Market Analysis and Forecasts. Pike Research 2010.

Martín Balbé, M. Estación de carga de bajo coste para vehículo eléctrico. Revista Elektor: revista internacional de electrónica y ordenadores. 2010. Vol 359. Págs. 28-32. ISSN 0211-397X.

Nansai K. et al. Life-cycle analysis of charging infrastructure for electric vehicles. Applied Energy. 2001. Vol 70. Págs. 251-265.

#### **Páginas web visitadas:**

[www.ecomove.es](http://www.ecomove.es) (última consulta: 30/03/2011)  
[www.fundacionentorno.org](http://www.fundacionentorno.org) (última consulta: 30/03/2011)  
[www.nortedecastilla.es](http://www.nortedecastilla.es) (última consulta: 15/02/2011)  
[www.oepm.es](http://www.oepm.es) (última consulta: 25/03/2011)  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (última consulta: 22/03/2011)

## 2.4. SISTEMAS DE FRENADO EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

### 2.4.1. Introducción

Los frenos, junto con la dirección y los neumáticos constituyen los sistemas más importantes que dispone un vehículo para evitar los riesgos presentes en la conducción en cualquier condición adversa.

El uso seguro y fiable de un vehículo necesita el ajuste continuo de la velocidad y distancia en respuesta al cambio en las condiciones del tráfico. Este requisito se cumple en parte por el sistema de frenado y su mejora en el rendimiento constituye sin lugar a dudas una de las características más importantes que afectan a la propia seguridad del pasajero.

En la circulación, una cantidad significativa de energía se consume durante el proceso de frenado. En los últimos años y en la actualidad, se están dedicando grandes esfuerzos en introducir la tracción eléctrica en los vehículos llegando ya a comercializarse los primeros vehículos eléctricos e híbridos. Esta electrificación hace posible poder recuperar parte de la energía que se pierde durante el frenado. Esta tecnología recibe el nombre de **frenada regenerativa**. Un buen diseño no sólo mejorará la ejecución del frenado sino, en última instancia, la eficiencia energética del vehículo.

El freno regenerativo no puede proporcionar toda la energía de frenado, por lo que en un vehículo eléctrico se mantienen los frenos de fricción hidráulicos. Aunque se establecen estrategias para recuperar en mayor o menor grado la energía así como las condiciones de uso de la regeneración, para las frenadas que sobrepasen la potencia del motor eléctrico deben añadirse las fuerzas que proporciona la aplicación de los frenos de fricción.

También, siguiendo con la electrificación del vehículo, los frenos principales pueden activarse mediante el uso de electricidad en vez de hacerlo mediante señales mecánicas. La incursión del freno por cable eléctrico, **brake by wire** introduce ventajas que repercuten en una mejora ambiental tales como la ausencia de circuito hidráulico, que evita la posibilidad de fugas, y un aumento en el nivel de seguridad por el hecho que el control electrónico del frenado permite modular a voluntad la señal emitida por el conductor, con el fin de facilitar y estabilizar su funcionamiento. El principal problema en su implantación sería a nivel de homologación. Deben estandarizarse diseños con circuitos seguros y redundantes capaces de responder a cualquier incidencia que se pueda dar sin mermar la capacidad de frenado.

En el siguiente estado del arte se hará primeramente un breve repaso a los principios que todo sistema de frenado debe satisfacer desde el punto de vista funcional y de distribución de fuerzas entre las ruedas delanteras y las traseras. Se describen los sistemas de freno convencionales hidráulicos de fricción en vehículos tipo turismo. Con la electrificación de la tracción del vehículo se introduce la frenada regenerativa como mecanismo de aprovechamiento de la capacidad generativa del motor eléctrico para recuperar parte de la energía que se pierde en el frenado, la cual cosa permitirá una mejora de la eficiencia energética. Se introducen los sistemas de freno "by wire" en los que se sustituye la hidráulica de los dispositivos para ser puramente eléctricos.

Asimismo, se hace una revisión de los principales materiales que actualmente se utilizan para la fabricación de los componentes del sistema de frenado al tratarse éste de un campo en el cual, mediante un estudio exhaustivo de los posibles materiales alternativos, se pueden llevar a cabo relevantes mejoras ambientales del sistema de frenado.

Finalmente, se repasa la legislación aplicable y la normativa disponible así como las solicitudes de patentes realizadas en el ámbito del vehículo eléctrico y más en concreto, para el sistema de frenos.

## 2.4.2. Estado del arte del sistema de frenado en VE

### 2.4.2.1. Consideraciones generales del sistema de frenos.

El sistema de frenos en un vehículo (cualquier vehículo motor destinado a circular por carretera) es un conjunto de mecanismos y componentes que se encargan de [0,1]:

- Disminuir progresivamente la velocidad del vehículo en marcha.
- Permitir mantener una velocidad constante en conducciones con pendiente.
- Permitir la detención total del vehículo.
- Mantener el vehículo inmóvil si se encuentra detenido.

Los principios de funcionamiento son:

- El frenado es la aplicación de una superficie fija contra una superficie giratoria, para disminuir la velocidad o detenerlo.
- El rozamiento que se produce entre las superficies en contacto, se convierte en calor, que se disipa a la atmósfera por radiación.
- La energía cinética y/o potencial es transformada en energía calorífica y con ello se consigue la reducción de la velocidad del vehículo.

Se le exigen los siguientes requisitos:

- Eficacia: con un mínimo de esfuerzo sobre el pedal, conseguir el frenado en un tiempo y distancia mínima.
- Estabilidad: al frenar el vehículo debe de conservar su estabilidad sin derrape, desviaciones ni reacciones del volante.
- Comodidad: de manera progresiva, con un recorrido de pedal razonable, sin ruidos ni trepidaciones.

El sistema de frenado debe realizar las siguientes funciones [0,1]:

- Frenado de servicio: Debe controlar el movimiento del vehículo sin separar las manos del órgano de dirección. Se usa para desacelerar el vehículo durante la conducción normal, deteniéndolo de forma segura y con la eficacia exigida por la reglamentación, cualquiera que sean sus condiciones de velocidad, carga y pendiente de la carretera.
- Frenado de socorro o emergencia: Actúa en caso de fallo del Freno de servicio. Debe detener el vehículo en la distancia prevista manteniendo el control del órgano de dirección con al menos una mano.
- Frenado de estacionamiento: mantener el vehículo inmóvil cuando está estacionado, también en posiciones inclinadas y en la ausencia del conductor. Actúa sobre las ruedas de un eje.

El sistema de frenado debe tener como mínimo dos mandos, independientes entre sí. El mando del dispositivo de frenado de servicio debe de ser independiente del mando del dispositivo de frenado de estacionamiento.

Las fuentes encargadas de proporcionar, regular y controlar la fuerza necesaria para el frenado pueden ser:

- Frenado por energía muscular: la fuente de frenado es proporcionada únicamente por el conductor.
- Frenado asistido: la energía es suministrada por la fuerza aplicada en parte por el conductor y en parte por algún dispositivo de suministro de energía (servofrenos).
- Frenado proporcionado por otras fuentes independientes del conductor, como los sistemas de freno antibloqueo, sistemas de freno regenerativos.

En función de las exigencias y tipo de vehículo se emplean sistemas con distintas fuerzas de transmisión (mecánica, hidráulica, electromagnética, neumática). En vehículos tipo turismo se emplean casi siempre sistemas de freno hidráulicos “frenos de pedal” y frenos de estacionamiento mecánicos “frenos de mano”.

#### 2.4.2.2. Características de la distribución de energía de frenado

Durante el frenado una cantidad significativa de energía se consume y se pierde en forma de calor. Con la irrupción de la tracción eléctrica en los vehículos, parte de esta energía se podrá recuperar aprovechando la capacidad de los motores eléctricos de actuar como generador.

Para realizar un buen diseño del sistema que cumpla con las funcionalidades descritas anteriormente y realice una recuperación de energía eficiente, es importante saber cómo se distribuyen las fuerzas de frenado entre las ruedas delanteras y las traseras, para saber en última instancia donde se pierde más energía y por consiguiente donde es más eficiente su recuperación.

En la Figura 72, para un coeficiente de adhesión dado  $\mu_0$ , la curva  $I$  representa la distribución de fuerzas de frenado ideal entre el eje delantero y el trasero. Si se quiere

que las ruedas delanteras y las traseras se bloqueen en el mismo instante en cualquier carretera, la distribución de fuerzas debe seguir esta curva. La curva  $\beta$  representa la distribución real, ya que en el diseño de un sistema real, normalmente se sigue una proporción lineal. Del análisis de estas curvas se extraen las siguientes conclusiones [7]:

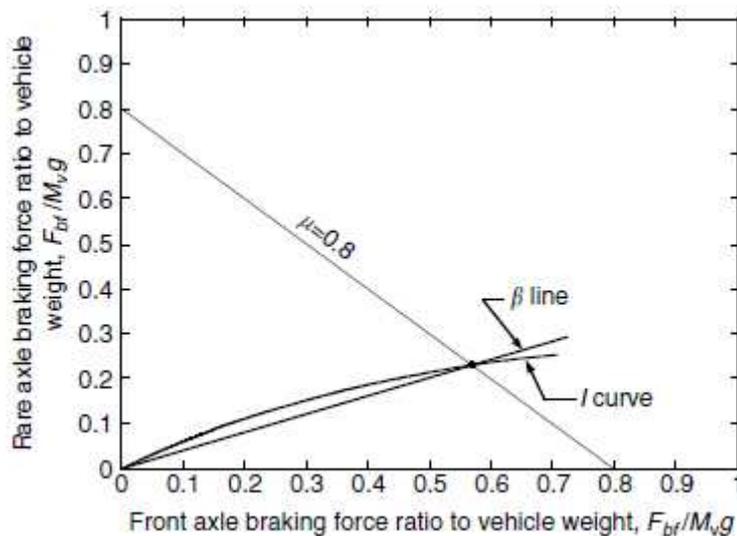


Figura 72. Distribución de fuerza real e ideal.

- El punto de intersección de las dos curvas, se corresponde con el punto donde la fuerza que se aplica provoca que las ruedas delanteras y las traseras se bloqueen en el mismo instante.
- Las dos curvas muestran que la fuerza de frenado que se aplica en las ruedas delanteras es mayor que en las traseras. Por consiguiente la energía se gasta más en el tren delantero.
- Para carreteras con coeficientes de adhesión menores que este  $\mu_0$ , donde la curva  $\beta$  está por debajo de  $I$ , las ruedas delanteras se bloquean primero, mientras que para valores mayores de  $\mu_0$ , donde la curva  $\beta$  está por encima de  $I$ , las traseras se bloquean antes.

Si las ruedas traseras se bloquean antes que las delanteras, el vehículo pierde la estabilidad en la dirección, la capacidad de las ruedas de resistir las fuerzas laterales se reduce a cero y el vehículo derrapa. En cambio si se bloquean primero las delanteras, el vehículo pierde el control sobre la dirección, aunque éste no derrapa.

- El bloqueo de las ruedas traseras antes que las delanteras representa una situación más crítica por lo que se refiere a seguridad, por lo que los diseñadores del sistema de frenado deben de asegurar que no se produzca esta situación.

En vehículos tipo turismo, la mayor parte de la fuerza de frenado se aplica sobre las ruedas delanteras. De este hecho se deriva que la frenada regenerativa en el vehículo eléctrico podrá ser más efectiva si se realiza en el eje delantero.

- En el vehículo eléctrico, desde el punto de vista de eficiencia en la recuperación de energía, interesa que el eje motriz sea el delantero.

### 2.4.2.3. Sistema de frenos hidráulico

En los primeros diseños, los frenos se accionaban mecánicamente a través de palancas y varillas, que obligaban al conductor a realizar un gran esfuerzo, sobretodo cuan más pesado era el vehículo. Esto propició el estudio y consecuente aplicación de otros sistemas que minimizasen este esfuerzo, y así aparecieron los sistemas de frenos hidráulicos, que ya permitían frenar el vehículo con mayor comodidad y seguridad para el conductor.

Como hemos visto en el punto anterior, el principio de diseño de un sistema convencional de frenado usando un mecanismo de fricción está perfectamente establecido y enfatiza la distribución de las fuerzas de frenado entre las ruedas delanteras y traseras con tal de disminuir la distancia de frenado y prevenir que las ruedas traseras se bloqueen antes que las delanteras para poder mantener la estabilidad de la dirección.

La Figura 73 muestra el diseño básico de un sistema de frenos convencional en un vehículo, formado por un sistema hidráulico de fricción como freno de servicio y un sistema de freno mecánico como freno de estacionamiento. Está formado por frenos de disco en las ruedas delanteras y frenos de tambor en las ruedas traseras, conectados por un circuito hidráulico a la bomba de freno o cilindro principal que transmite la energía cuando se acciona el pedal. También está el freno de emergencia o de mano que, con un mecanismo independiente, acciona las ruedas traseras [1,2].

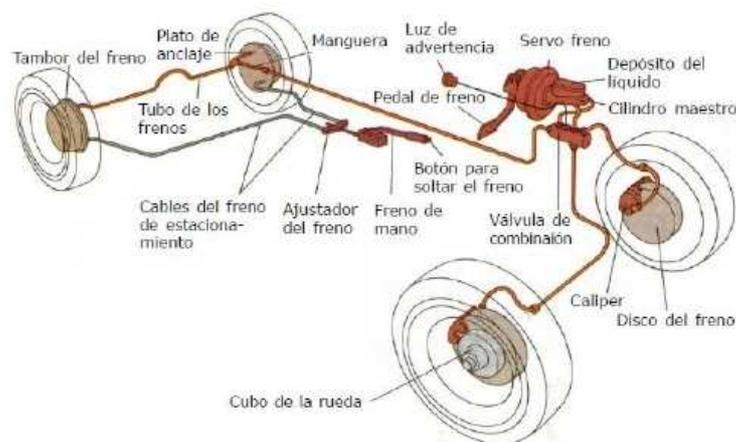
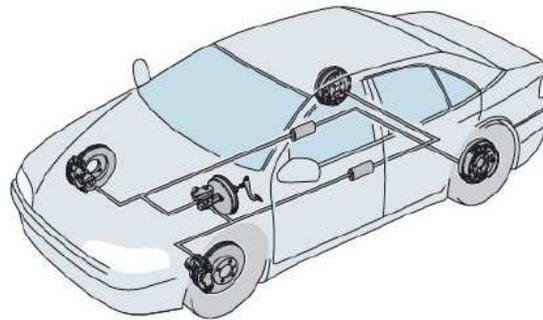


Figura 73. Diagrama de un sistema de frenos convencional paralelo.

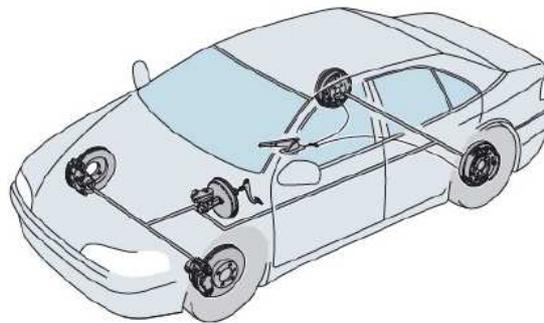
Como elemento de seguridad, la legislación actual obliga a los fabricantes de vehículos a que éste vaya provisto de doble circuito hidráulico. Los dos circuitos actúan de forma paralela, pero en caso de fallo o pérdida de eficacia de uno, el otro puede actuar.

Las dos configuraciones estandarizadas son la paralela II y la cruzada X. En la paralela, hay un circuito hidráulico para las ruedas delanteras y otro para las traseras.

Ésta se emplea preferentemente en vehículos con tracción trasera. En la cruzada, un circuito hidráulico actúa sobre la rueda delantera izquierda y también sobre la trasera derecha mientras que el otro actúa sobre la rueda delantera derecha y la trasera izquierda. Esta división se emplea principalmente en vehículos de tracción delantera.



(a)



(b)

Figura 74. Diagrama de un sistema de frenos convencional (a) diagonal (b) paralelo.

En un sistema de frenos hidráulico se distinguen los siguientes componentes.

### Mando del freno

El mando de freno, es el conjunto de accionamiento que transmite la fuerza al sistema de frenado.



Figura 75. Sección de servofreno con el Conjunto pedal a la izquierda y la bomba a la derecha.  
Fuente: Wikipedia

Para el freno de servicio, el mando es un conjunto pedal que aplica la fuerza que genera la presión que se ejerce con el pie.

Para el freno de estacionamiento o de mano, en la mayoría de casos se usa una palanca que se acciona con la mano y mediante un cable actúa sobre las ruedas traseras.

### **El Servofreno (Brake booster)**

El servofreno es el sistema por el cual la fuerza que se ejerce sobre el pedal para presurizar el circuito a una misma presión, se reduce. Es decir, es un elemento que reduce el esfuerzo que necesita el conductor para presurizar el circuito pisando el pedal [3].

Las ventajas del servofreno no son exclusivamente las de poder realizar una presión mayor sobre el circuito hidráulico, y por consiguiente, sobre los pistones de las pinzas con un mayor descanso del pie. Si no que lo que se consigue es una mejor dosificación de la frenada. Estos aparatos aprovechan la depresión creada en el colector de admisión cuando se retira el pie del acelerador para aumentar la fuerza que el pie proporciona al pedal del freno.

Los servofrenos actuales más corrientes son aquellos que actúan por vacío. El vacío crea una depresión en una cámara que actúa sobre un émbolo contenido dentro de ella, al abrir una válvula cuando se acciona el pedal de freno, la válvula permite el paso de la presión al otro lado del émbolo, haciendo que éste se desplace. El émbolo actúa por medio de su vástago sobre el pistón de la bomba de freno, para generar en los dispositivos situados en las ruedas una fuerza de frenado aún mayor, debido al principio de Pascal.

### **Bomba de freno o cilindro principal (master cylinder)**

La bomba de freno o cilindro principal, es el encargado de presurizar el líquido por todo el circuito hidráulico. Como el circuito hidráulico es doble, las bombas de freno son de tipo tándem, lo cual significa que la bomba dispone de dos pistones colocados uno a continuación del otro, con los cuales se presuriza cada circuito por igual. De la misma manera en caso de fugas en un circuito, el otro podrá actuar.

### **Correctores de frenado (regulating valves)**

Los limitadores de frenada o correctores de presión tienen la función de ajustar la presión entre el tren trasero y el tren delantero dependiendo de la fuerza de accionamiento ejercida sobre el pedal. En general, cuanto más fuerza se ejerce sobre el pedal para conseguir una rapidez de frenado superior, la mayor parte del peso del vehículo se transfiere sobre las ruedas delanteras, llegando a causar que la parte trasera pierda contacto con el suelo y la delantera se deslice. Estos limitadores se diseñan con el fin dar más presión sobre el tren delantero y menos sobre el trasero evitándose así llegar al bloqueo en esas ruedas.

### **Tuberías y latiguillos**

Las tuberías y los latiguillos son los encargados de conducir el líquido de frenos, soportando la presión interna del líquido, además de resistir la agresión medioambiental y otros agentes agresivos del entorno. Las tuberías de freno normalmente son tubos de acero y muchas veces están recubiertas con polímero para

resistir la corrosión; usualmente tienen un ánima nominal de 2,5 mm y un diámetro externo de 4,5 mm. Cada extremo de la tubería está carenado con carena individual o doble para que coincida con el componente en el que se coloca, y tiene montada una tuerca de tuberías macho o hembra según sea necesario. Los tubos flexibles están contruidos en capas, de los que el revestimiento, ha de ser resistente al aceite mineral, y el externo a partículas duras y daños producido por piedras, agua, sal y demás contaminantes que puedan existir en la carretera. El producto que se utiliza es un polímero mezcla de etileno propileno dieno (EPDM). Se emplea tela de rayón de capas múltiples para las dos capas de refuerzo, que resisten la presión del tubo flexible. Los tubos flexibles de frenos están diseñados para funcionar a una presión de 100 bares, siendo su presión de rotura unas 5 veces mayor.

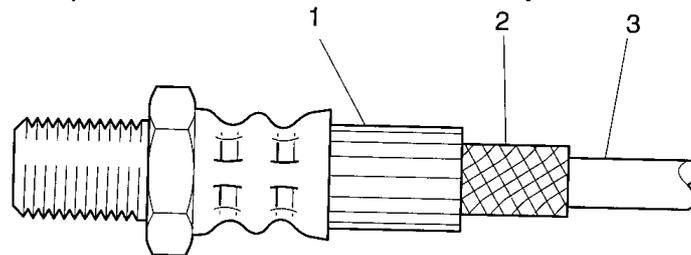


Figura 76. Latiguillo de freno.

La membrana interior del tubo flexible ha de ser resistente al líquido de frenos (Figura 75). El material empleado es EPDM ya que es muy poco permeable. El material de la capa interior es de rayón por presentar unas muy buenas cualidades de resistencia de presión interna (2). Algunos tubos flexibles tienen fundas de plástico o acero inoxidable enrollados alrededor de los mismos para dar protección adicional contra el doblado del tubo en otros componentes (1).

Es muy importante que el circuito hidráulico no tenga aire para no reducir la eficiencia de la fuerza que se quiere transmitir. El sistema debe tener mecanismos que permitan purgar este aire.

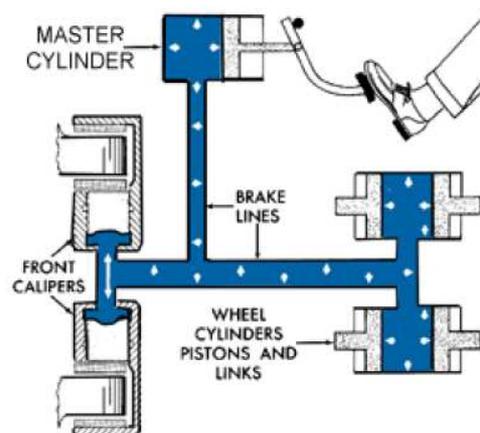


Figura 77. Diagrama circuito hidráulico.

#### 2.4.2.4. Líquido de freno

El líquido de freno es el elemento que al ser presurizado por la bomba empuja los cilindros de las pinzas contra las pastillas, produciéndose así la acción de frenado. Para los usuarios de los automóviles es el eterno olvidado, es decir, muy pocos conductores dan la importancia que dicho elemento tiene. Como veremos a continuación, sus características son las que aseguran una correcta frenada, pero es un elemento que con el uso y el paso del tiempo se degrada y debe de ser sustituido.

Las características fundamentales del líquido de freno son las siguientes:

- Es incompresible (como todos los fluidos).
- Su punto de ebullición mínimo debe ser superior a los 230 °C. Así conseguirá permanecer en estado líquido, sin entrar en ebullición, cuando las sollicitaciones de frenada sean muy exigentes.
- Debe de tener baja viscosidad para desplazarse rápidamente por el circuito.
- Debe de ser lubricante para que los elementos móviles del sistema de freno con los que se encuentra en contacto no se agarroten.
- Debe de ser estable químicamente, para no corroer los elementos del sistema de freno con los que se encuentra en contacto.

El organismo gubernamental norte americano DOT (Department of transportation), estandariza la calidad del líquido dependiendo de sus características: punto de ebullición de equilibrio, punto húmedo de ebullición, viscosidad, comprensibilidad, protección contra la corrosión y compatibilidad química.

En este sentido se define:

- DOT 4: cuyo punto de ebullición de equilibrio es de 255 °C. Se emplea en sistemas de disco/tambor o disco/disco sin ABS.
- DOT 5: cuyo punto de ebullición de equilibrio es de 270 °C. Se utiliza en vehículos de altas prestaciones y aquellos que llevan sistemas ABS.

#### 2.4.2.5. Freno de disco

En el freno de disco una parte móvil (el disco) solidario con la rueda que gira es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción (las pastillas) ejerciendo sobre él una fuerza suficiente como para transformar toda o parte de la energía cinética del vehículo en movimiento, en energía calorífica, y reducir su velocidad hasta detenerlo.

Ofrecen una mayor capacidad de frenada, por lo que en la actualidad se utilizan siempre en el tren delantero, donde el esfuerzo de frenada es mayor, y en algunos vehículos de gama alta también en el trasero.

Los dispositivos que engloban el freno de disco son: el disco o rotor, la pinza de freno y las pastillas de freno.

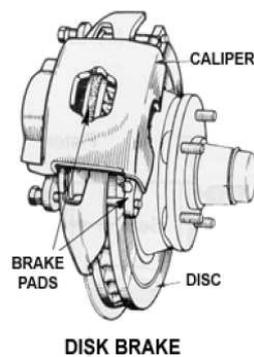


Figura 78. Freno de disco.

### Disco

El disco puede ser sólido, de acero macizo o ventilado con agujeros que lo atraviesan, que ayudan a disipar el calor. El disco no sólo debe producir la transformación de energía sino que además debe conseguir que el calor producido sea transmitido a la atmósfera lo más rápidamente posible, ya que si no, las temperaturas a las que operaría el sistema serían muy elevadas llegando incluso al colapso del sistema.



Figura 79. Disco de freno.

### Pinza de freno (caliper)

La pinza de freno es el elemento encargado de soportar las pastillas además de empujarlas contra el disco cuando se presuriza el sistema. La pinza es un elemento crítico del sistema de freno y está sometida a esfuerzos importantes durante el frenado tales como vibraciones, excesiva temperatura y otros elementos agresivos [3].

Existen diferentes tipos de pinzas de freno según el sistema de freno y el fabricante. Sin embargo, todas se basan en el hecho de que después de liberar la presión del circuito, permiten que la pastilla de freno, continúe en contacto con el disco de freno, de forma que en la próxima frenada, el efecto de ésta sea inmediato sin necesitar un tiempo de aproximación entre la pastilla y el disco de freno. Este contacto queda garantizado por los retenes del pistón de la pinza, por el propio sistema hidráulico y lógicamente genera un efecto permanente de frenado (par residual) cuyo valor es crítico para el buen funcionamiento del sistema.

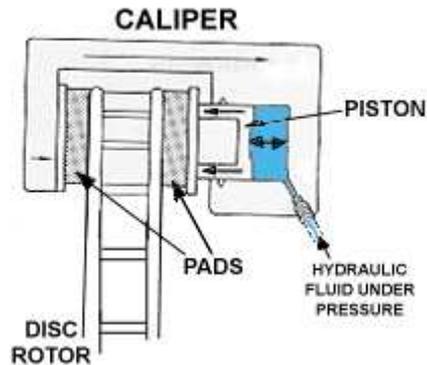


Figura 80. Pinza de freno.

### Pastillas de freno (Brake pads)

Hay dos pastillas de freno en cada pinza montadas una a cada lado del disco. Se fabrican con una base de metal a la que se remacha o reviste el material de fricción.



Brake Pads  
(Disc Brakes)

Figura 81. Pastillas de freno.

### 2.4.2.6. Freno de tambor

En el freno de tambor la fricción se realiza con un par de zapatas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio que está conectado al eje o a la rueda.

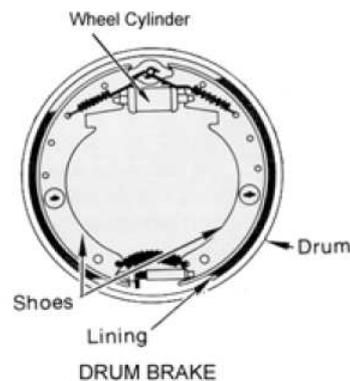


Figura 82. Sección freno tambor.

Por lo general, el freno de tambor solamente se usa en las ruedas traseras. Las zapatas internas tienen poca capacidad de disipar el calor que genera la fricción y se sobrecalienta fácilmente causando que el tambor se dilate y que sea necesario presionar con más fuerza para obtener una frenada aceptable. Se siguen utilizando en vehículos de gama baja debido a su menor coste y a que simplifica el funcionamiento del freno de mano, por lo que esta solución ofrece un compromiso razonable entre coste y seguridad.

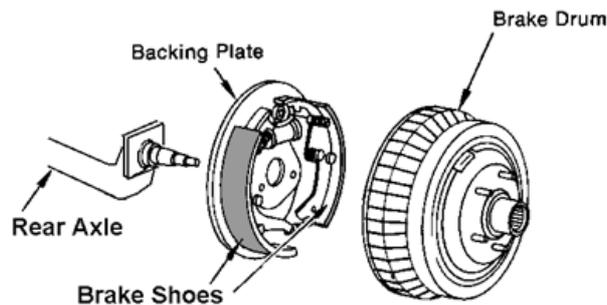


Figura 83. Esquema freno de tambor.

#### 2.4.2.7. Antilock Brake System (ABS)

Para evitar el bloqueo de ruedas comentado en el punto 2.4.2.2 el sistema de frenada debe de incluir un dispositivo que lo controle. El Antilock Brake System (ABS) funciona en conjunto con el sistema de frenado convencional. A los circuitos hidráulicos se incorpora una bomba y unos detectores que cuentan las revoluciones de las ruedas. Todo controlado por una unidad de control ECU (Electronic Control Unit). Cuando en una frenada brusca, una o varias ruedas reducen repentinamente sus revoluciones, la unidad de control ECU lo detecta e interpreta que las ruedas están a punto de quedar bloqueadas sin que el vehículo se haya detenido. Para que esto no ocurra, el ECU manda una orden para disminuir la presión que se ejerce sobre los frenos sin que el conductor intervenga. Cuando la situación se ha normalizado y las ruedas giran de nuevo, el sistema permite que la presión sobre los frenos vuelva a actuar con toda la intensidad. Este proceso se repite de forma muy rápida. De esta manera el conductor sigue teniendo el control sobre la trayectoria de vehículo.

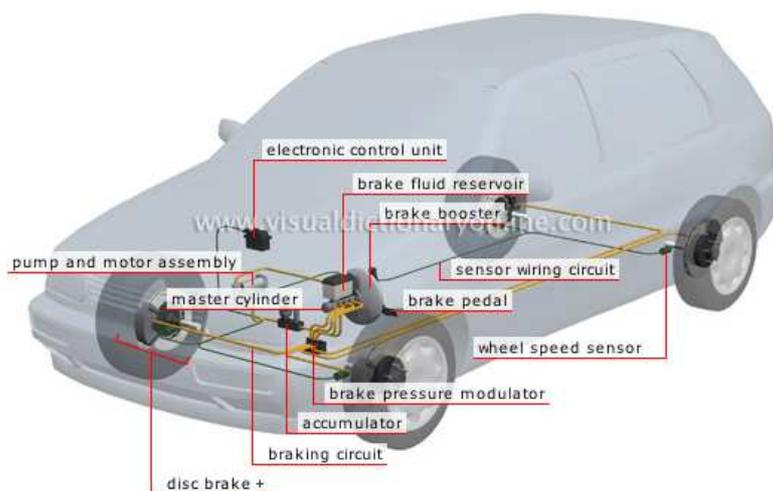


Figura 84. Diagrama sistema ABS.

- ✓ El grupo hidráulico del ABS ha experimentado varias innovaciones técnicas que han reducido su tamaño y su peso y han aumentado sus prestaciones. En el ABS de la última generación, un nuevo algoritmo reduce el volumen del líquido de frenos desplazado en casi el 25 %, de tal manera que se puede reducir el tamaño del ABS en la mayor parte de casos. Además, el nuevo ABS emite menos ruidos en el ámbito de las altas frecuencias y la reacción del pedal del freno es muy confortable.

### 2.4.3. Sistema de frenos electrodinámico regenerativo

En la conducción de un vehículo y principalmente en entornos urbanos, una porción significativa de energía se consume en las frenadas [7]. Una de las características más importantes del vehículo eléctrico es la capacidad de recuperar parte de la energía del frenado que en otro caso se pierde en calor. El sistema de frenado regenerativo en el VE tiene su origen en la capacidad de los motores eléctricos de operar como generadores y así convertir la energía cinética de la desaceleración en energía eléctrica para almacenarla y volverla a usar [4]. Por esta razón se denomina frenada regenerativa.

Como se observa en la Figura 85, durante el proceso de aceleración, es el motor quien consume energía y mueve las ruedas motrices, mientras que en la desaceleración o frenada, serán las ruedas quienes hacen girar al motor haciéndolo actuar como generador eléctrico. De la resistencia que oponga el motor (par motor) al giro de las ruedas saldrá la cantidad de fuerza que aplica en oposición al giro u por tanto en el freno.

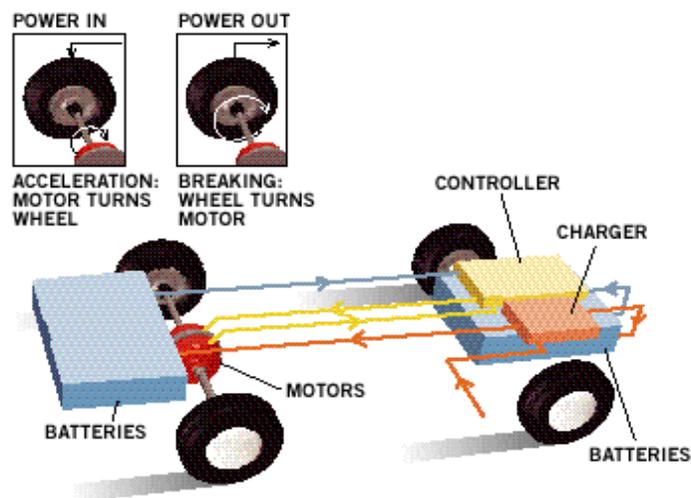


Figura 85. Freno regenerativo.

En un sistema de frenado regenerativo, el inversor debe de poder actuar como rectificador y transformar la energía eléctrica de alterna recuperada en la frenada a continua para poderse almacenar. Esta bidireccionalidad en corriente y en tensión se consigue con un motor y un inversor que funcionen en los cuatro cuadrantes que significa que en los dos sentidos de giro se puede comportar como motor o como generador.

También cabe pensar en qué condiciones la regeneración puede actuar en el caso que la batería esté llena. Pueden introducirse elementos auxiliares de almacenaje de energía como ultracapacitores (ultracapacitors) o volantes de inercia (flywheels) capaces de absorber intensidades elevadas de potencia obtenidas de frenadas bruscas o almacenar energía que la batería no puede.

Los ultracapacitores son unos condensadores electroquímicos capaces de almacenar una densidad de energía mucho mayor que la de los condensadores comunes. Tienen una capacidad de unidades o decenas de Faradio, frente a los milifaradios de los condensadores convencionales. En comparación con las baterías, son capaces de descargar y cargar la energía de forma más rápida y tienen una mayor vida útil. Por el contrario en la actualidad pueden almacenar menos cantidad de carga y durante menos tiempo.

De acuerdo con lo comentado, las baterías presentan perfiles lentos de carga y descarga y en cambio los ultracapacitores se caracterizan precisamente por todo lo contrario, además de ser muy eficientes capturando la electricidad proveniente del sistema regenerativo. Aplicar los ultracapacitores en frenada regenerativa es interesante ya que permite absorber picos de energía importantes, cómo sería el caso de una frenada de emergencia. Esta capacidad de absorber picos permite recuperar mayor cantidad de energía que con una batería de litio convencional.

De este modo, los ultracapacitores pueden usarse a modo de fuente de potencia auxiliar, conectada en paralelo a las baterías consiguiendo:

- Usarse como fuentes de energía de asistencia durante las aceleraciones y subidas de pendientes.
- Almacenar la energía proveniente de la frenada regenerativa

En vehículos equipados con freno regenerativo, generalmente la fuerza de frenado necesaria no se puede conseguir solamente con el motor eléctrico, por lo que el vehículo debe de estar equipado también con un sistema de frenos de fricción que añade fuerza de frenado.

Por esta necesidad de convivencia de los dos sistemas, la frenada regenerativa añade algo de complejidad al diseño del sistema. Se debe satisfacer [6]:

- Como distribuir la fuerza total de frenado requerida entre la que puede proporcionar la regenerativa y la convencional hidráulica de fricción en compromiso de conseguir la máxima recuperación de energía y cumplir con las exigencias de seguridad.
- Como distribuir la fuerza total de frenado entre el eje delantero y el trasero para encontrar el punto de frenado de equilibrio.

Las ruedas delanteras consumen alrededor del 65% de la potencia total de frenado, por lo que la recuperación de energía será más efectiva en las ruedas delanteras que en las traseras. Desde este punto de vista, tener un vehículo con las cuatro ruedas motrices no representa una mejora a tener sólo las dos delanteras.

Según cómo o cuando se complementa la frenada regenerativa con la frenada del sistema convencional hidráulico de fricción se pueden establecer distintas estrategias de funcionamiento [4]:

- Serie: la frenada regenerativa y la convencional de fricción se complementan para conseguir la fuerza de frenado conveniente en cada momento y la recuperación de energía óptima. Exige un control exhaustivo de las fuerzas que se aplican a cada rueda.
- Paralelo: la frenada regenerativa y la convencional de fricción actúan de manera simultánea y en paralelo.

#### 2.4.3.1. Serie – con optimización de la sensación de frenado

La sensación que el conductor tiene en todo proceso de frenado depende en última instancia de cómo se distribuyen las fuerzas entre las ruedas delanteras y las traseras [7]. Si las ruedas traseras se bloquean antes que las delanteras, el vehículo pierde la estabilidad en la dirección, la capacidad de las ruedas a resistir las fuerzas laterales se reduce a cero y el vehículo derrapa. En cambio si se bloquean primero las delanteras, el vehículo pierde el control sobre la dirección aunque éste no derrapa.

La estrategia serie con optimización de la sensación de frenado, consiste en controlar la fuerza en las ruedas delanteras y traseras con el objetivo de encontrar un compromiso entre minimizar la distancia de frenado con optimizar la sensación de frenado del conductor mientras que la recuperación de energía se queda en segundo término.

En este caso, cuando la energía de frenada demandada es pequeña, sólo se emplea la regenerativa frenando las ruedas delanteras (motrices) emulándose el comportamiento del frenado en un vehículo convencional. Luego, a partir de cierto valor de energía demandada, para satisfacer (optimizar) la sensación de frenado, se frena con las ruedas delanteras y las traseras siguiendo la distribución ideal de fuerzas.

En cualquier caso, en las ruedas delanteras, cuando la fuerza de frenado que se les exige es menor que la máxima que puede aportar el motor eléctrico, solamente actúa el frenado regenerativo. Si por el contrario, la fuerza requerida es mayor, el motor trabajará para dar su máxima fuerza y el resto lo añade la frenada de fricción en ruedas delanteras y traseras.

#### 2.4.3.2. Serie – con optimización de la recuperación de energía

El principio de esta estrategia reside en conseguir la máxima recuperación de energía durante el frenado con la condición de satisfacer todas las necesidades.

Las fuerzas que se distribuyen entre las ruedas delanteras y las traseras deben satisfacer la demanda total de energía para una desaceleración demandada, y con el uso del freno regenerativo como prioritario. La distribución de fuerzas no sigue la curva ideal, sino que prioriza la regeneración. En las ruedas delanteras esta fuerza se dará solamente con regeneración, si la fuerza necesaria está por debajo de la máxima que se puede conseguir con el motor en modo generador. En el caso que esta fuerza no sea suficiente en el máximo, también se complementará con la frenada de fricción.

En el caso que la desaceleración demandada sea muy pequeña, solamente actuará la frenada regenerativa en las ruedas delanteras y mientras que la de fricción tanto en delanteras como en traseras no actuará.

Las estrategias serie necesitan por un lado de un control electrónico activo del esfuerzo que tiene que repartirse en las ruedas delanteras y traseras y por otro lado un control de qué sistema contribuye en mayor o menor grado al total del esfuerzo necesario en cada momento.

#### 2.4.3.3. Paralelo

En esta estrategia, por un lado, el sistema convencional de frenado de fricción sigue una relación en la distribución de fuerzas entre las ruedas delanteras y las traseras que es fija mientras que la frenada regenerativa aporta una cantidad de fuerza que se suma a la anterior.

La fuerza de frenado que entrega el sistema regenerativo es función de la velocidad del motor. Cuando el motor va a bajas velocidades, no puede recuperar demasiada energía cinética, por lo contrario, cuanto mayor sea la velocidad del motor, mayor recuperación de energía.

En situaciones que requieran una alta desaceleración, la fuerza de frenado regenerativa se diseña para ser cero y así poder mantener el balance correcto de fuerzas en las ruedas. Cuan menor es esta desaceleración demandada, mayor es la efectividad de la regenerativa, por lo que se acaba aplicando sólo esta fuerza.

La estrategia paralela no necesita del control activo del esfuerzo que requiere la estrategia serie. En este caso un sensor mide la presión hidráulica en la bomba de freno que representa la desaceleración demandada. Esta señal se manda al sistema de control del motor eléctrico para que produzca el par de freno necesario.

La estrategia paralelo es más simple en su implementación y control, por el contrario en las estrategias serie, la sensación de frenado y la recuperación de energía es mayor.

#### 2.4.3.4. Antilock Brake System (ABS)

El control de la fuerza de frenado (par) que un motor eléctrico puede dar es más sencillo que el control de la fuerza de frenado en un sistema convencional de fricción. Por lo tanto, implementar un sistema de antibloqueo de las ruedas en un vehículo eléctrico es más sencillo [8].

#### 2.4.4. Sistema de frenos eléctrico "Brake by wire"

Al igual que en el caso de la dirección electrónica (steering by wire), los frenos pueden activarse mediante el uso de la electricidad, en vez de hacerlo por presión hidráulica.

En los últimos años se están desarrollando sistemas avanzados de frenado que permiten el control de la fuerza de frenado en cada rueda de manera independiente. La Figura 86 muestra la evolución de los sistemas de freno eléctricos [13].

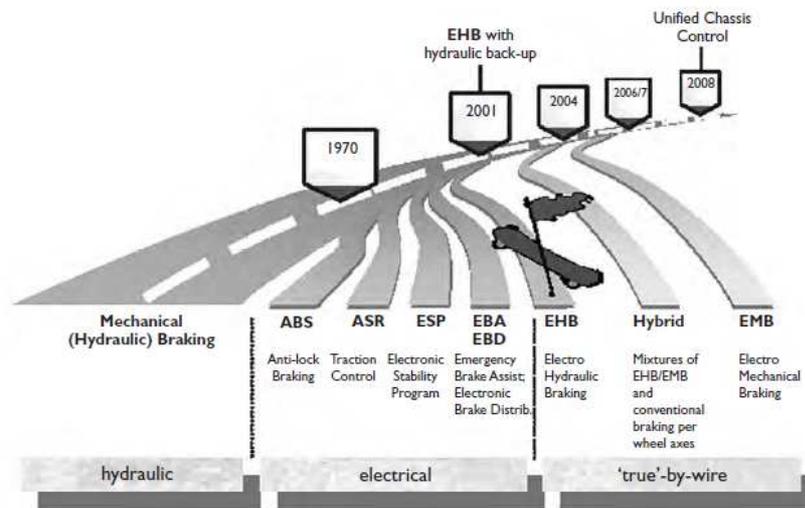


Figura 86. Evolución de los sistemas de freno eléctricos.

Dependiendo del grado de electrificación, se clasifican en dos tipologías. Los sistemas de frenado electro hidráulicos (H-EBS o EHB) y los sistemas de frenado electro mecánicos (M-EBS o EMB).

#### 2.4.4.1. Sistemas de frenado electro hidráulico (H-EBS o EHB)

En las implementaciones de este tipo, el circuito hidráulico todavía ejerce el rol de ser el mecanismo de transmisión de la energía que actúa sobre pinzas de freno convencionales también hidráulicas. La electrificación llega en las electroválvulas que ejercen un papel de control de la fuerza de frenado mediante el control de la presión del circuito hidráulico.

#### 2.4.4.2. Sistemas de frenado electro mecánico (M-EBS o EMB)

En los actuales vehículos de serie, la electrónica interviene activamente en el sistema de frenado. Disponen de sistemas antibloqueo, de sistemas estabilizadores de la suspensión que actúan mediante el frenado controlado de cada rueda, de sistemas que mejoran la efectividad del frenado en emergencias y dirigen el incremento de la presión de frenado.

En un sistema de frenos electromecánico la electrificación es total y no sólo suprime el costoso sistema hidráulico, sino que todas las funciones tales como ABS ya están contenidas exclusivamente en el equipo central de control. La Figura 87 hace una comparativa del sistema electro mecánico con el hidráulico.

El conductor, en lugar de mover su pie contra una presión hidráulica, lo mueve contra la fuerza de un simulador de pedal que registra electrónicamente la señal de frenado del conductor a través de los sensores, la analiza y la retransmite a una unidad central. Allí, dicha señal se procesa junto con otras señales externas sobre el estado de la conducción y, en su caso, las necesidades de frenado de otros sistemas de regulación. El control central calcula permanentemente e individualmente para cada una de las ruedas las fuerzas óptimas de freno con vistas a la estabilidad del comportamiento del vehículo y del frenado, y las retransmite a la electrónica de las ruedas. Los frenos son ahora actuadores electromecánicos que aprietan los revestimientos de los frenos contra los discos de freno.

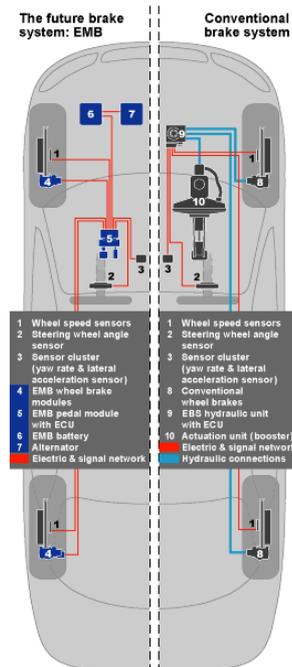


Figura 87. Comparativa entre M- EBS y Sistema Convencional.

Para que un sistema de frenos EMB cumpla con los requisitos de diseño tendrán que desarrollarse los fundamentos para accionamientos eléctricos seguros y sensores seguros, una alimentación de potencia segura y un software seguro. Adicionalmente, debe desarrollarse una estructura de sistema muy sofisticada y tolerante para fallos que desconecta si se da el caso, sólo algunos actuadores defectuosos y posibilita siempre un funcionamiento de emergencia que aún sigue siendo seguro.

Las ventajas del freno por cable eléctrico, incluyen la capacidad de modular a voluntad la señal emitida por el conductor, con el fin de facilitar y estabilizar su funcionamiento, y aumentar la seguridad. En el caso del control dinámico de los frenos, la computadora tomaría la señal introducida por el conductor, (es decir, la presión ejercida en el pedal de freno y la velocidad de aplicación de dicha presión) y la dividiría en cuatro señales separadas, una para cada rueda, para aplicar la cantidad exacta de esfuerzo de frenado de la mejor manera posible.

También podemos destacar lo siguiente:

- En lo que a seguridad se refiere, ventajas potenciales para acortar el recorrido de frenado y parada.
- Pedal de freno con fuerzas de palanca constantes independientemente de la carga del vehículo.
- Freno de inmovilización automático con eficacia en las cuatro ruedas.
- Frenado de parada automático por ejemplo al arrancar en cuesta o en paradas en semáforo.
- Frenado de confort sin empujón de parada.
- Durante la regulación por ABS un pedal de freno libre de fuerzas de retroceso y con funcionamiento de baja sonoridad.
- Se mejora la seguridad de los pasajeros ya que no se puede dar ninguna intrusión de pedal en caso de choque del vehículo.

- Módulo de pedales ajustable de fácil representación.
- El conjunto electro mecánico es más ligero que el sistema hidráulico por lo que contribuye a una reducción de peso.
- Como no hay circuito hidráulico, no hay posibilidad de fugas lo que repercute en una mejora ambiental. El mantenimiento también se simplifica.
- Facilidad de montaje lo que repercute en una reducción de costes en la línea de producción.

Uno de los principales contras es a nivel de homologación, ya que no se ha resuelto la posibilidad de fallo en caso de pérdida completa de la alimentación eléctrica del sistema.

#### *2.4.5. Requisitos de los materiales para sistemas de frenado*

Uno de los aspectos en los que se centra gran parte del esfuerzo para la mejora ambiental del sistema de frenado es la elección de los materiales más adecuados para cada componente de dicho sistema.

A continuación, se presenta el estado del arte de los principales materiales que han sido utilizados y estudiados a lo largo de los años para algunos de los componentes del sistema de frenado.

##### **2.4.5.1. Discos de freno**

Las diferentes partes de las que se compone un disco son las siguientes:

- La pista: es la superficie en la cual tiene lugar la acción de fricción entre las pastillas y el disco.
- Fijación: La fijación de los discos está situada en la parte central del mismo. Alrededor del taladro donde se aloja el buje, la fijación tiene un cierto número de taladro que permiten el paso de los pernos de anclaje de la rueda. En la mayoría de los discos la fijación del disco se garantiza por unos taladros de menor diámetro que fijan el disco.
- La campana: es el cilindro que une la banda, con el plano de fijación. En algunos casos en el interior de la campana se esta aprovechando para montar un pequeño sistema de freno de tambor de accionamiento mecánico, con la finalidad de que sirva de freno de estacionamiento.
- El filtro térmico: es un canal mecanizado, que separa la pista de la fijación, para reducir el calor que pasa de la pista hacia la campana. Con este tipo de canales se evita el calentamiento excesivo de la llanta y por consiguiente del neumático que ya sufre los efectos de la temperatura por su propio uso.

Idealmente, los materiales para los discos de freno deben tener una elevada capacidad calorífica volumétrica y una buena conductividad térmica para absorber y transmitir el calor generado en la interfase de fricción sin un excesivo aumento de temperatura. La temperatura máxima de operación tiene que ser suficientemente alta para garantizar la integridad de la pieza. El material también debe presentar un coeficiente de expansión térmica bajo para minimizar las distorsiones térmicas y una

densidad reducida. El material debe resistir el desgaste así como tener un coste económico y permitir un proceso de fabricación sencillo.

Comúnmente, el material escogido para fabricar los discos de freno es la fundición gris nodular de grafito laminar, ya que garantiza una estabilidad de las prestaciones durante el periodo de vida de los discos además de tener un coste relativamente reducido. Este material presenta una buena capacidad calorífica volumétrica debido a su elevada densidad y razonable conductividad por la presencia de las partículas de grafito. El coeficiente de expansión térmica es bajo y la temperatura máxima de operación se encuentra por encima de los 700°C. La resistencia a la compresión es buena pero la fuerza de tracción es relativamente baja y el material es susceptible de sufrir “microcracking” al aplicar tensión. Un aumento del contenido de grafito supone una reducción de la fuerza de tracción pero se incrementa la conductividad térmica [1].

La composición básica del material de los discos es una fundición de hierro nodular gris de grafito laminar, que contiene entre un 92% y un 93% de hierro. Además del hierro otros componentes básicos tales como el silicio, manganeso y otros garantizan la calidad de un elemento crítico en el frenado como es el disco. En la Figura 88, podemos ver el porcentaje de los diferentes materiales que suponen entre el 7% y el 8% de la composición del disco y que junto con el hierro, que supone el 93% del total, forman la composición total del disco [14].

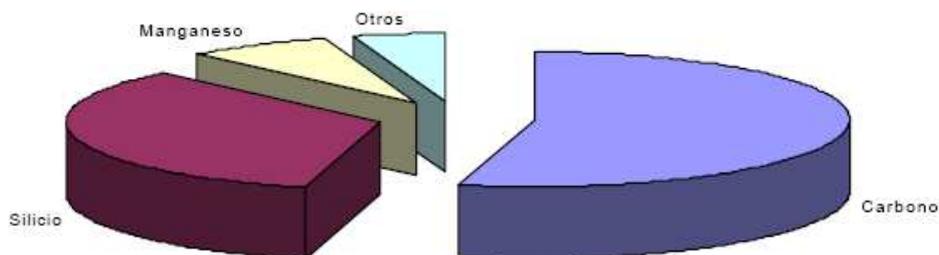


Figura 88. Composición de los discos (Resto de componentes excluyendo el 92% de hierro).  
Fuente: [14].

La fundición de hierro nodular gris que se emplea para los discos de freno se divide en dos categorías en función de su contenido de carbono:

- Fundición de hierro nodular gris con contenido medio de carbono: este material se emplea para discos de diámetros pequeños comunes en vehículos de tamaño pequeño y mediano. Estos discos alcanzan grandes temperaturas en condiciones extremas con lo que se requiere una buena resistencia mecánica y resistencia térmica a la rotura a temperaturas elevadas.
- Fundición de hierro nodular gris con alto contenido de carbono: se utiliza para vehículos de mayores dimensiones donde las limitaciones de tamaño no son tan problemáticas. Los discos son más grandes y con una mejor conductividad gracias al contenido de carbono.

En ambos casos se pueden hacer aleaciones con algún otro metal para mejorar la resistencia pero en detrimento de las propiedades térmicas y de la facilidad de manufactura de las piezas. Las aleaciones más comunes son:

- Cromo y molibdeno: mejora la resistencia a elevadas temperaturas pero puede provocar la formación de estructuras bainíticas que suponen problemas en el proceso de fabricación y pueden reducir la vida útil.
- Cobre: aumenta la resistencia sin conllevar problemas de fabricación.
- Níquel: similar al cobre pero con un coste mayor.
- Titanio: no muy utilizado.

Actualmente, numerosas investigaciones se dirigen a reducir el peso de los discos de freno para reducir las emisiones y mejorar el consumo de combustible global del vehículo.

En la actualidad, se están desarrollando discos de freno en aluminio con una base de carburo de silicio (10-30% en volumen), ya que su menor peso, por tener una densidad mucho menor que los materiales convencionales, los hace muy atractivos. La difusión térmica y la conductividad de estos materiales son elevadas. Contrariamente, la temperatura máxima de operación es baja y se producen graves consecuencias si ésta es superada. En consecuencia, se plantea el aumento del contenido de materiales reforzantes o la incorporación de materiales reforzantes alternativos, como por ejemplo la alúmina, provocando problemas en el proceso de fundición de las piezas y la pérdida de las propiedades térmicas del material, respectivamente.

Existen también discos de materiales compuestos en matriz de carbono, usados en la alta competición y en los frenos de los aviones. Los composites de carbono-carbono tienen una densidad aún menor que el aluminio y tienen una conductividad casi igual de elevada. La temperatura máxima de operación es muy alta, permitiendo la posibilidad de fabricar discos delgados y sin ventilación que pueden alcanzar temperaturas más elevadas y perder éste calor por radiación y por conducción/convección. A su vez, el coeficiente térmico de expansión del carbono minimiza las distorsiones térmicas. En consecuencia, se detecta un gran potencial en estos materiales para conseguir una reducción del peso significativa de los discos de freno. No obstante, el material tiene un mal comportamiento en fricción a bajas temperaturas y aún tiene un coste muy superior al de las alternativas metálicas. Por ello, su aplicación a día de hoy en vehículos comunes es aún inviable.

En el estudio de materiales y diseños alternativos para los discos de frenos existe la teoría "cubo y agujero" que consiste en asimilar el calor de entrada de agua en el cubo con el flujo de calor en el disco y la altura del nivel de agua en el cubo representa la temperatura máxima de la superficie del disco. Un agujero en el cubo representa la habilidad del disco para disipar el calor al entorno. El volumen del cubo es la capacidad calorífica del disco mientras que su altura es la temperatura máxima de operación del material del disco. De esta teoría se derivan tres estrategias:

- **Estrategia I:** diámetro grande y cubo relativamente hondo con un agujero pequeño. Esto implica una alta capacidad calorífica volumétrica para almacenar el calor durante el frenado. La temperatura máxima de operación es elevada y la conductividad del calor es moderada. El ejemplo de este sistema son los discos de freno convencionales de fundición de hierro nodular gris o algunos de acero.
- **Estrategia II:** diámetro pequeño y cubo relativamente poco profundo con un agujero grande. Esto conlleva una capacidad calorífica volumétrica baja y una

temperatura máxima de operación reducida. En este caso, se requiere una elevada conductividad para transferir el calor a otras zonas del disco y al entorno para evitar un aumento de la temperatura. Los discos de freno de aluminio actuales siguen este criterio siempre que el disco sea rediseñado para aumentar su masa térmica y su capacidad de enfriamiento. Otros materiales adecuados son los discos de aluminio con contenido de materiales reforzantes.

- **Estrategia III:** cubo de diámetro muy pequeño pero profundo con un agujero moderado. Se trata de materiales con temperatura máxima de operación elevada que pueden trabajar a temperaturas altas. Los composites de carbono-carbono se encuentran en esta categoría y también los aceros de alta temperatura.

#### 2.4.5.2. Pastillas de freno

Los componentes que constituyen las pastillas de freno son los siguientes:

- Underlayer (Subcapa)
- El soporte
- Antirruidos

El parámetro básico que define cualquier material de fricción es su **coeficiente de fricción** ( $\mu$ ). Durante el desarrollo de nuevas formulaciones, el coeficiente de fricción es ensayado en los dinamómetros de inercia, así como en la máquina de presión constante o dinamómetros Krauss. Una vez pasada esta fase se ensayan directamente en vehículos equipados para la adquisición de los datos que el ensayo produzca [15].

El material de fricción no se caracteriza sólo por el coeficiente de fricción sino que además existen otras características intrínsecas al material. Dichas características deben de mantenerse dentro de unos límites para que el material cumpla su función primaria:

- **Densidad:** la densidad ( $\rho$ ) del material de las pastillas es la relación entre la masa del material de fricción dividido del volumen que ocupa. Es un dato importante porque puede darnos idea como estamos prensando durante el proceso de fabricación, y también como pueden ser las expectativas de vida en servicio.
- **Porosidad:** la porosidad es entendida como el volumen relativo de la proporción de cavidades en el material. La proporción de cavidades debe de ser menor al 5% de la superficie de la pastilla y no afectar a su perfil para que así no sea rechazada la pastilla. Una porosidad elevada puede provocar desgastes prematuros y una porosidad reducida puede dar lugar a chirridos.
- **Fuerza de cizalladura:** la fuerza de cizalladura es la resistencia que presenta el material de fricción a ser separado del soporte cuando sobre el actúa una fuerza tangencial. Este valor es de los más importantes ya que las pastillas de freno cuando se encuentran frenando están sometidas no sólo a las fuerzas normales contra el disco sino también a grandes esfuerzos tangenciales que son los que realiza el disco al intentar arrastrar las pastillas en el sentido de su giro.

- **Compresibilidad:** la compresibilidad es el cambio de espesor en las pastillas por la aplicación de una fuerza normal a la superficie de las pastillas.

Es importante destacar que la compresibilidad de las pastillas de freno es una de sus características básicas ya que con una cierta compresibilidad se absorben vibraciones entre disco y pastilla reduciendo así los efectos negativos que las vibraciones presentan en el sistema de freno y que normalmente se traducen en ruido. Por otro lado, una compresibilidad excesivamente alta puede dar lugar a carreras de pedal muy largas.

- **Conductividad térmica:** la conductividad térmica de los materiales de fricción es la propiedad física por la cual tienen la capacidad de transmitir el calor hacia su interior. Para el caso de las pastillas de freno es muy importante que la conductividad térmica sea capaz de evacuar el calor hacia el exterior de la pastilla pero se debe controlar ya que si ese calor pasase a través del soporte metálico hasta la pinza, llegaría hasta el líquido de freno.

Los valores de conductividad térmica son muy variables con la formulación de material de fricción, ya que si las pastillas son semi –metálicas (aquellas que tienen alto contenido en lana de acero, de cobre, latón u otros), su conductividad térmica será mayor ya que los metales son mejores conductores de la temperatura. Por ello en formulaciones semi-metálicas es muy importante colocar un underlayer que evite la transferencia de calor al líquido de freno para evitar que el líquido de freno, eventualmente, entre en ebullición. En materiales de fricción de base orgánica la conductividad térmica será menor de forma que no tendrán, en la mayoría de los casos, la necesidad de usar underlayer.

Los diferentes materiales de fricción son un campo en el cual se han producido importantes evoluciones a lo largo de los años.

En los años 80 y después de décadas en las que se optó por pastillas obtenidas a partir de amianto y posteriormente materiales de fricción semi-metálicos, se empezó a trabajar en el desarrollo de nuevos materiales. Las mejoras notables introducidas en la industria automovilística supusieron nuevas exigencias en el campo de los materiales de fricción. Concretamente, se centró el interés en la generación de productos con una menor conductividad térmica que los semi-metálicos.

Durante los años 90 se establece una nueva tendencia en los materiales de fricción con el fin de sustituir los contenidos de metales pesados del material de fricción (trisulfuro de antimonio, sulfuro de plomo o galena, disulfuro de molibdeno, fibras de cobre y componentes del cobre lo mismo que fibras de silicio) por compuestos no tóxicos para reducir el impacto negativo de dichos materiales sobre el medio ambiente y los seres humanos.

Algunas investigaciones llevadas a cabo recientemente sobre materiales de fricción con un menor impacto ambiental, también apuestan por el uso de materiales sin cobre, plomo, estaño, trisulfuro de antimonio, etc. y conteniendo fibras naturales.

Teniendo en cuenta el coste elevado de las fibras de aramida y los problemas ambientales y de salud relacionados con el uso de asbestos y cobre las fibras

naturales suponen una alternativa muy atractiva gracias a las elevadas propiedades mecánicas, bajo coste y reducido impacto ambiental [16].

Se trabaja en un material orgánico que no se desintegre a altas temperaturas de frenado y mantenga sus características de fricción en un ancho rango de temperaturas. Un material que admita el desgaste sin dañar las otras superficies. Se pretende la obtención de nuevos materiales con prestaciones superiores y más respetuosas con el medio ambiente y con las personas.

En general, las pastillas de freno disponibles a nivel comercial se subdividen según el material de que se componen en materiales semi-metálicos, parcialmente metálicos u orgánicos sin asbestos [16]. En alguna bibliografía también se habla de materiales de fricción orgánicos, en base carbono o metálicos [17]. En la industria de la automoción son muy utilizados los primeros.

En la actualidad la mayoría de los fabricantes de fricción emplea en mayor o menor medida los componentes que a continuación se detallan [16,17]:

- Las fibras o refuerzos: Las fibras son los elementos encargados de aglutinar y ligar el resto de los elementos. Es decir, las fibras son el “armazón” de las pastillas de freno, que a través de sus múltiples ramificaciones van uniendo el resto de los elementos. Existen tres tipos principales de fibras: asbestos, orgánicas sin asbestos y metálicas ligadas con resinas (semimetálicas). Las más usuales en el campo de la fricción son: fibras de vidrio, fibras de aramida, lana de roca, etc..
- Las cargas minerales: Las cargas minerales son las encargadas de dar consistencia mecánica al conjunto, es decir, le aportan resistencia a la abrasión, resistencia a cortadura, etc.. Están encargadas también, de aportar resistencia a las altas temperaturas. Las más usuales son: barita, magnesita, talco, mica, carbonato, feldespato y otros.
- Modificadores de fricción o componentes metálicos: Las partículas metálicas sirven para controlar el desgaste y las propiedades térmicas del material de fricción. Se añaden en forma de polvo o viruta para conseguir homogeneizar el coeficiente de fricción así como la transferencia de calor de la pastilla al caliper. Los más usuales son, latón, cobre, bronce entre otros. No obstante una gran parte de los componentes metálicos usados en los materiales de fricción, tienen efectos nocivos sobre la salud por lo que se recomienda seguir estrictamente la legislación referente a los productos que contengan tales metales pesados.
- Los lubricantes sólidos o modificadores de coeficiente: Son los encargados de hacer variar el coeficiente de fricción normalmente a la baja, dependiendo del rango de temperatura de funcionamiento y estabilizarlo. Son empleados en forma de polvo suelen ser grafitos, cokes, sulfuros, antracitas, etc.
- Los ligantes o materiales orgánicos: Son los encargados de aglomerar el resto de los materiales. Cuando alcanzan una determinada temperatura fluyen y ligan el resto de componentes, hasta que se polimerizan. Las más importantes son los polímeros termoendurecibles (resinas fenólicas termoendurecibles) con

posibles adiciones de caucho y resinas naturales de procedencia vegetal [17], aunque también son empleados diferentes tipos de cauchos, ceras, aceites...

- Los abrasivos: Cumplen principalmente la misión de incrementar el coeficiente de fricción y también renuevan y limpian la superficie del disco permitiendo la formación de la capa intermedia o también conocida como **tercera capa**.

La Figura 89 muestra la distribución de la composición de los materiales de fricción [15].

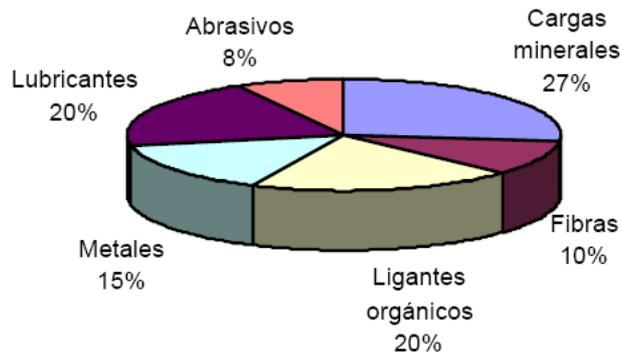


Figura 89. Composición del material de fricción.

La mezcla ideal de los distintos componentes que forman un material de fricción depende del desgaste, rango de temperaturas de trabajo y del coeficiente de fricción que se requiera.

## 2.4.6. Legislación

### 2.4.6.1. Propósitos y objetivos de una legislación

Dos aspectos importantes llevan a todo gobierno a la necesidad de crear legislación en el ámbito de los vehículos de carretera:

- **Seguridad:** Sin excepción alguna, todos los vehículos de carretera (coches, autobuses, camiones) representan un peligro potencial de muerte para sus usuarios o los no usuarios, lo cual hace necesario tener legislación que garantice un mínimo de seguridad.
- **Impacto medioambiental:** Durante la última década, la sociedad se ha sensibilizado sobre como la sociedad incide en el medioambiente y en como minimizarlo. Esta sensibilización influye en la necesidad de regular este impacto.

En lo que concierne al sistema de frenos, este marco legislativo principalmente establecerá por un lado un mínimo de requisitos para el desarrollo del sistema y sus componentes con el objetivo de garantizar y detener el movimiento del vehículo de forma controlada, y por otro lado, regulará la fabricación de componentes de manera que se minimice el impacto medioambiental.

#### 2.4.6.2. Legislación en el ámbito europeo

En el ámbito europeo, la Comisión Europea (EC) establece las directivas técnicas que todo vehículo de motor, sus sistemas y componentes deben cumplir para su homologación en los países miembros.

También en este marco regulatorio, la UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), fórum que incluye países de Norte América, Europa y Asia central, en su división de transporte, homologa sistemas y componentes. La Comisión Europea considera estos reglamentos como alternativas aceptables a ciertas directivas y a lo largo de la historia, publicaciones de un organismo y otro se han ido solapando y complementando.

El primer marco para la homologación del vehículo de motor fue introducido en los años 70 con la directiva 70/156/EEC aunque hasta 1998 no fue de obligado cumplimiento para los vehículos de transporte de pasajeros. No es hasta la recién 2007/46/EC del Parlamento europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, que extiende el cumplimiento a todas las categorías (M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> y N), y se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y sus remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinadas a dichos vehículos.

Este marco no establece ningún requisito específico para el vehículo eléctrico. La directiva 70/156/EEC contiene una clausula de exención (en el artículo 8) que restringe la homologación en el caso que el vehículo incorpore nuevas tecnologías que por su naturaleza no puedan cumplir con la regulación establecida. El estado miembro donde se da la situación deberá mandar una solicitud a la Comisión que demuestre para esta nueva configuración, un nivel equivalente relativo a seguridad e impacto medioambiental.

Desde este punto de vista, la directiva 2007/46/EC levanta la restricción y permite a los estados miembros conceder la homologación a los vehículos que incorporen nuevas tecnologías aunque sujetos en última instancia a la concesión de la Comisión Europea.

La directiva marco enumera una serie de directivas técnicas por separado que el vehículo debe cumplir para conseguir la homologación. En el ámbito del sistema de frenos estas directivas han ido evolucionado en base a progresos técnicos y a la experiencia adquirida [10].

##### Directiva 71/320/EEC

La directiva técnica de frenos de la EEC 71/320/EEC que se desarrolló a partir del reglamento de la UNECE R13, sólo aplica a aspectos relacionados con su construcción. Establece normas de seguridad, un sistema de prueba de la eficacia de los dispositivos de frenado y un sistema de control de los vehículos. Los Estados miembros no pueden denegar la homologación CEE ni la homologación nacional de un vehículo por motivos que se refieran a sus dispositivos de frenado si dicho vehículo está equipado con los dispositivos previstos en los anexos de la directiva y si tales dispositivos se ajustan a las prescripciones que figuran en dichos anexos.

#### Directiva 74/132/CEE

Esta directiva adapta la directiva anterior al progreso técnico. Desde la adopción de la Directiva 71/320/CEE, se han producido numerosos accidentes causados por los dispositivos de frenado. La distribución de la fuerza de frenado resultaba inadecuada. Gracias al progreso técnico, es posible instalar en los vehículos de motor y en sus remolques dispositivos que permiten adaptar el frenado a la carga. A tal fin, la Directiva 74/132/CEE modifica los anexos de la Directiva 71/320/CEE en lo que respecta, en particular, a las pruebas de frenado, las prestaciones de los dispositivos de frenado y la distribución del frenado entre los ejes de los vehículos.

#### Directiva 75/524/CEE

Esta directiva complementa la Directiva 74/132/CEE. Esta última se refería únicamente a los correctores de frenado y no a las condiciones de compatibilidad entre vehículos tractores y vehículos remolcados. Debido a problemas de incompatibilidad, ciertas combinaciones de vehículos no ofrecen todas las garantías de seguridad desde el punto de vista del frenado. La Directiva 75/524/CEE añade a las disposiciones vigentes determinadas condiciones de compatibilidad entre vehículos tractores y vehículos remolcados.

#### Directiva 79/489/CEE

Sobre la base del progreso técnico y de la experiencia adquirida en este ámbito, la Directiva 79/489/CEE establece prescripciones sobre frenado más estrictas y mejor adaptadas a las condiciones reales de prueba.

#### Directiva 88/194/CEE

Habida cuenta de los progresos realizados en la técnica del frenado en general y en la producción de dispositivos antibloqueo en particular, la Directiva 88/194/CEE establece disposiciones relativas a la instalación obligatoria de dispositivos de este tipo en determinados vehículos pesados y remolques con el fin de aumentar la seguridad en la carretera.

#### Directiva 91/422/CEE

Con objeto de aumentar la seguridad vial y sobre la base del progreso técnico, esta directiva establece prescripciones más estrictas en materia de frenado y, más concretamente, hace obligatoria la instalación en determinados vehículos pesados y remolques de aproximadores automáticos de forros de frenado.

#### Directiva 98/12/CEE

A fin de garantizar el mantenimiento de las normas de seguridad y fiabilidad de los forros de freno de repuesto vendidos fuera de la red de concesionarios oficiales, la directiva regula la calidad y el rendimiento de tales productos en el mercado. Dentro de esta directiva se engloba el Reglamento 90, que se encarga de establecer unos estándares mínimos de calidad del material de fricción de las pastillas o zapatas de freno, no sólo del producto final, sino también del proceso de fabricación de la misma. [11].

### Directiva 2002/78/CE

A partir del 1 de enero de 2003, los Estados miembros no podrán prohibir la venta o la puesta en servicio de forros de freno de repuesto por motivos relacionados con los sistemas de frenado del vehículo, si dichos forros de freno de repuesto cumplen los requisitos de la Directiva 71/320/CEE, modificada por la presente Directiva.

Es evidente que ciertos aspectos del vehículo eléctrico son completamente diferentes a los de los vehículos convencionales y puede haber riesgos no contemplados en la regulación existente. La Comisión Europea está trabajando en este sentido, encargando trabajos que revisen la legislación existente en materia de seguridad e impacto medioambiental y así poder ampliar el marco a las nuevas tecnologías que conllevan la aparición del vehículo eléctrico, sus sistemas y componentes [9]. Estos trabajos deben:

- Proporcionar recomendaciones sobre el cumplimiento de los requisitos de homologación del vehículo eléctrico.
- Evaluar los riesgos potenciales asociados con la propulsión eléctrica que no están cubiertos por la legislación actual.
- Formular recomendaciones sobre las medidas legislativas apropiadas una vez identificados los riesgos potenciales

En lo que concierne al sistema de frenos, los requisitos fundamentales que marcan legislación pueden ser aplicados independientemente de si el sistema de tracción es de combustión o eléctrico. En todo caso, la introducción en estos últimos del freno regenerativo plantea cuestiones relativas al desarrollo de estos sistemas. La directiva 71/320/EEC no contiene ninguna disposición para vehículos equipados con freno regenerativo, pero la UNECE R13 y 13H en sus enmiendas más recientes incluye definiciones y requisitos técnicos para su montaje, funcionamiento y modos a prueba de fallos.

Aspectos a considerar que plantea la actuación de la frenada regenerativa son:

- ✓ Algunos sistemas de frenada regenerativa producen una fuerza de freno cuando se levanta el pie del acelerador, que puede ser superior al convencional freno de motor. La UNECE R13 no permite iluminar la luz de freno para alertar a los vehículos que circulan detrás en estas circunstancias lo que puede llevar a problemas de seguridad dependiendo del grado de desaceleración. La UNECE ya ha hecho una enmienda que permite la iluminación de la luz de freno cuando en el vehículo eléctrico equipado con el freno regenerativo produce una cierta desaceleración. La discusión se centra en la definición de los umbrales de esta desaceleración para la activación y la desactivación de la luz de freno.
- ✓ Como proteger la sobrecarga de la batería en caso que esté llena y el freno regenerativo pueda actuar. Se hace necesario que el sistema de control de frenos tenga conocimiento del estado de carga de la batería (SOC) para que pueda decidir si el freno regenerativo puede actuar o no.

- ✓ Estudios revelan que la frenada regenerativa en superficies de baja fricción y en vehículos sin ABS causa el bloqueo de las ruedas traseras. El sistema de control de frenos debe evitar este problema. La UNECE R13 define como se deben de repartir las fuerzas entre las ruedas.

#### 2.4.6.3. Legislación en el ámbito español

La Directiva 2007/46/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y sus remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos fue transpuesta al derecho interno español a través de la Orden ITC/1620/2008, de 5 de junio, por la que se actualizan los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, de 6 junio, sobre las normas para la aplicación de determinadas directivas de la CE, relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos. La citada directiva entró en vigor el 29 de abril de 2009.

El Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación permitía las reformas de los vehículos antes de su matriculación mientras que la Directiva 2007/46/CE no contempla esta posibilidad.

El nuevo Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, tiene como objeto unificar criterios de la legislación española en la materia y la emitida por la Unión Europea. Este real decreto mantiene la coherencia entre la normativa europea de homologación de vehículos y la nacional sobre las reformas de los mismos, su aplicación permitirá mantener las condiciones de seguridad activa y pasiva de los vehículos y su comportamiento en lo que se refiere a la protección al medio ambiente. Asimismo establece la documentación que se debe presentar ante los órganos de la Administración competente en materia de Inspección técnica de vehículos, la tramitación y los requisitos específicos exigibles serán los contenidos en este Manual de Reformas de vehículos [12].

#### 2.4.7. Normativa

Las normas técnicas, voluntarias, indican cómo debe ser un producto o cómo debe funcionar un servicio para que sea seguro y responda a lo que el consumidor espera de él. Las normas se elaboran con la participación de todas las partes implicadas, son fruto del consenso y la transparencia y están al alcance de todos.

El vehículo eléctrico es un asunto prioritario en la agenda europea y puede contribuir, de forma muy significativa a lograr el objetivo de reducción de emisiones fijado para 2020. Representa un nuevo entorno de desarrollos técnicos en constante evolución. En el marco de las distintas acciones para impulsar el vehículo eléctrico hay distintos campos de actuación. Se tratan aspectos relacionados con la seguridad y la protección eléctrica, el sistema de recarga, rendimiento energético para la reducción de emisiones de carbono, baterías, protocolos de comunicación, bases y clavijas entre otros.

Se quiere que esta estandarización sea lo más internacional posible, y así evitar problemas de interoperabilidad y poder proporcionar un paquete de normas reducido.

Las normas que se desarrollen en este ámbito asegurarán la interoperabilidad y la conectividad entre el punto de suministro de la electricidad y el cargador del vehículo y garantizarán la seguridad de las baterías eléctricas y su compatibilidad electromagnética.

En Europa, con el previsible impulso de la Comisión Europea, se normalizarán varios aspectos para impulsar el coche eléctrico en la UE, en el seno de los organismos de normalización europeos en coordinación con los organismos internacionales. AENOR, como representante español ante los organismos de normalización europeos e internacionales, participará activamente en el desarrollo de las futuras normas.



Figura 90. Ámbito normativo VE.

#### 2.4.7.1. Normativa en ámbito internacional y europeo

Organismos Europeos:

- CEN: Comité Europeo para la Estandarización.
- CENELEC: Comité Europeo de normalización Electrotécnica.
- ETSI: Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones

Organismos Internacionales Europeos:

- ISO: Asociación Internacional de Normalización.
- IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

Las organizaciones europeas de normalización, CEN, CENELEC y ETSI han recibido de la Comisión Europea un mandato para que elaboren normas que permitan desarrollar un sistema común de carga para el vehículo y motocicletas eléctricas. El objetivo es que los enchufes y los conectores utilizados para la carga de estos vehículos sean iguales en toda Europa, lo que permitirá que cualquier vehículo y sus baterías sean recargadas, de forma segura y fácil, en cualquier país miembro.

CEN y CENELEC han creado un grupo de trabajo que preparará una respuesta inicial al mandato, evaluando las necesidades europeas para que las normas internacionales den respuesta a estas cuestiones. Se espera que este informe esté listo en marzo de 2011. [Fuente AENOR]

Las normas ISO para la industria automotriz cubren todos los aspectos de los vehículos: seguridad, ergonomía, rendimiento, métodos de ensayo, medio ambiente, y despliegue de tecnologías innovadoras. En relación con los sistemas de energía alternativa, las normas ISO, actualmente en desarrollo por ISO/TC 22 abordan la propulsión eléctrica de vehículos y vehículos impulsados por combustibles gaseosos.

ISO e IEC han suscrito un memorando de entendimiento que reconoce que cuando el vehículo está en modo autónomo (funcionando), los fabricantes de vehículos son responsables de la definición de las normas requeridas, principalmente las desarrolladas por ISO. Cuando se conecta a la red, las normas deben ser acordadas en forma conjunta entre los fabricantes de vehículos y la industria del suministro de electricidad como se representa en IEC.

El memorando de entendimiento también está diseñado para aprovechar la considerable evolución en los vehículos de controles mecánicos o hidráulicos hacia sistemas electrónicos. Esta evolución requiere una colaboración más fuerte entre los fabricantes de vehículos, principalmente representados en el comité técnico ISO/TC 22, Vehículos de rodado, y los fabricantes de componentes electrónicos activos en una serie de comités específicos de IEC.

#### 2.4.7.2. Normativa en el ámbito español

Organismo AENOR

- UNE ISO: Adopción de Norma Internacional.
- UNE NE: Adopción de Norma europea.
- UNE: Norma nacional

En España, AENOR ha constituido diferentes grupos de trabajo para crear estándares de normalización y homologación del vehículo eléctrico que previsiblemente acaben su tarea en marzo de 2011.

#### 2.4.8. Patentes

Dentro del estado del arte del sistema de frenado del vehículo eléctrico también se ha procedido a hacer una búsqueda en bases de datos de patentes para determinar las patentes solicitadas en el ámbito del **sistema de frenos del vehículo eléctrico**.

La Figura 91 muestra una tabla con un resumen de la información obtenida de dicha búsqueda.

Países		IPC principal		Solicitante principal		Inventor principal		Fecha de publicación	
Nombre	No	Nombre	No	Nombre	No	Nombre	No	Fecha	No
PCT	9192	B60T	2111	TOYOTA MOTOR CO LTD	854	HEAP ANTHONY H	69	2001	905
European Patent Office	7637	B60K	1511	HONDA MOTOR CO LTD	467	SHEPPARD, Paul, O.	33	2002	970
Republic of Korea	363	F16H	945	TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA	376	KUMAR, Ajith, Kuttannair	31	2003	1038
South Africa	352	B60R	804	HITACHI LTD	298	SAWADA MAMORU	20	2004	1112
Israel	176	B60L	724	NISSAN MOTOR	258	KAMATA TAKESHI	20	2005	1286
Mexico	21	B62D	569	DELPHI TECH INC	157	YASUI YUJI	19	2006	1443
Singapore	1	B60W	545	HYUNDAI MOTOR COMPANY	146	TABATA ATSUSHI	18	2007	1617
ARIPO	1	F16D	523	EATON CORP	145	SNIDER, Chris, R.	18	2008	1580
		F02D	455	DENSO CORP	140	RAGHAVAN, Madhusudan	18	2009	1571
		B60G	371	ZYMOGENETICS, INC.	136	CONKLIN, Darrell, C.	18	2010	1098
								2011	196

Figura 91. Tabla resumen de la búsqueda de patentes en el ámbito del sistema de frenos del vehículo eléctrico.

Se puede ver como la mayoría de las patentes disponibles son patentes internacionales PCT y patentes europeas. Se detecta un número mucho más reducido de patentes de la República de Corea, Sur África e Israel (Figura 92).

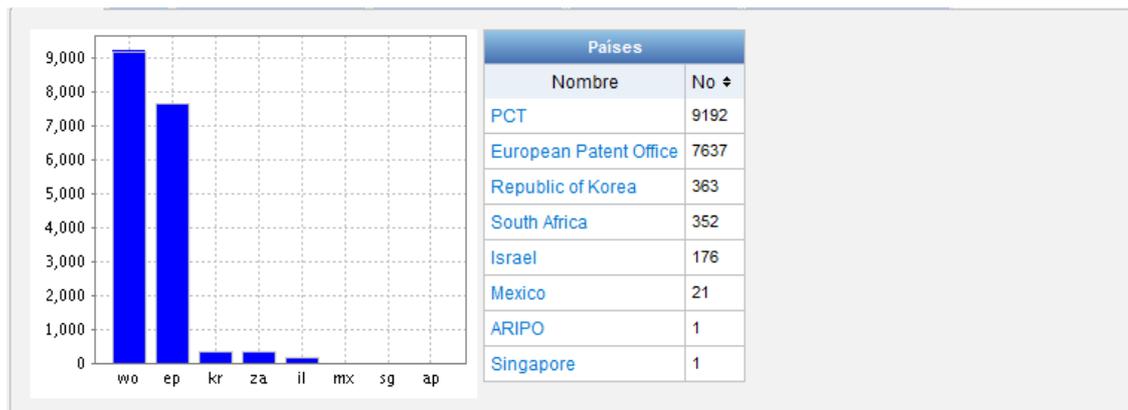


Figura 92. Gráfico donde se representa la procedencia de las solicitudes de patentes tramitadas.

En cuanto a la clasificación internacional de patentes (IPC), tal y como se puede observar en la Figura 93, la mayoría de las patentes encontradas pertenecen a las categorías B60T y B60K, donde B60 corresponde a Vehículos en General, siendo el total de dichas patentes de 3622.

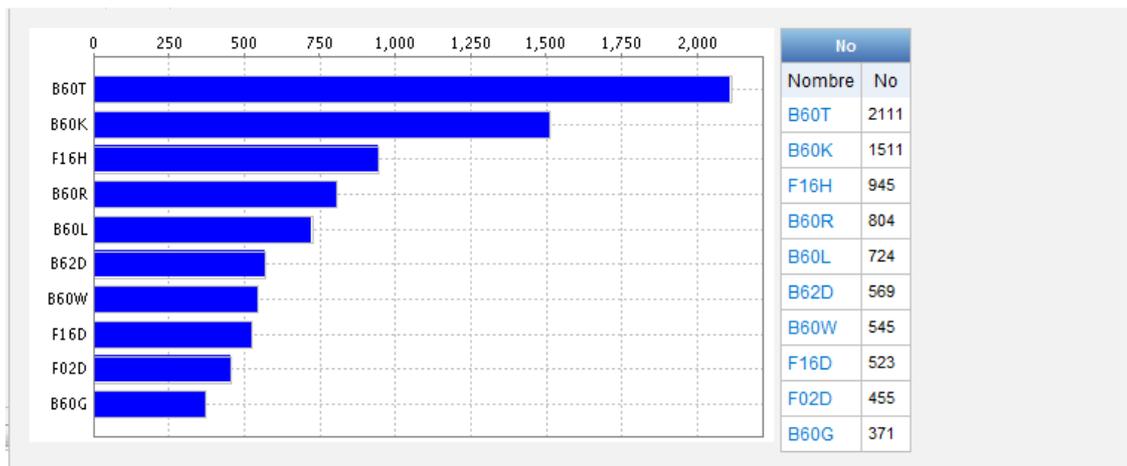


Figura 93. Gráfico donde se representan las categorías de la IPC a las cuales pertenecen las patentes solicitadas.

La **IPC B60T** corresponde a la siguiente definición: Sistemas de control del frenado del vehículo o componentes parciales; sistemas de control del frenado o componentes parciales, en general (control de sistemas de frenado electrodinámico B60L 7/00; control conjunto de los frenos y otras unidades del vehículo B60W); Disposición de los elementos de frenado en los vehículos en general; dispositivos portátiles para impedir el movimiento no deseados de los vehículos; modificaciones del vehículo para facilitar el enfriamiento de los frenos.

La **IPC B60K** se define como: Disposición o montaje de las unidades de propulsión o transmisión en vehículos; Disposición o montaje de varios motores principales diversos; Accionamientos auxiliares; Instrumentación o cuadros de mando para vehículos; Disposición relacionada con enfriamiento, entrada de aire, gas de escape, o suministro de combustible, de las unidades de propulsión, en vehículos.

La Figura 94 presenta una gráfica que muestra el número de patentes por año de publicación y solicitante principal, demostrándose que el número de patentes solicitadas en esta materia ha aumentado notablemente desde 2005-2006. El número más importante de patentes se ha observado entre 2007 y 2009.

Los solicitantes más destacados de las patentes han sido las grandes empresas del sector del automóvil, siendo la principal Toyota Motor CO LTD y seguida a cierta distancia por Honda Motor CO LTD. Otras empresas que también han presentado un número importante de solicitudes de patentes son Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Hitachi LTD y NISSAN Motor.

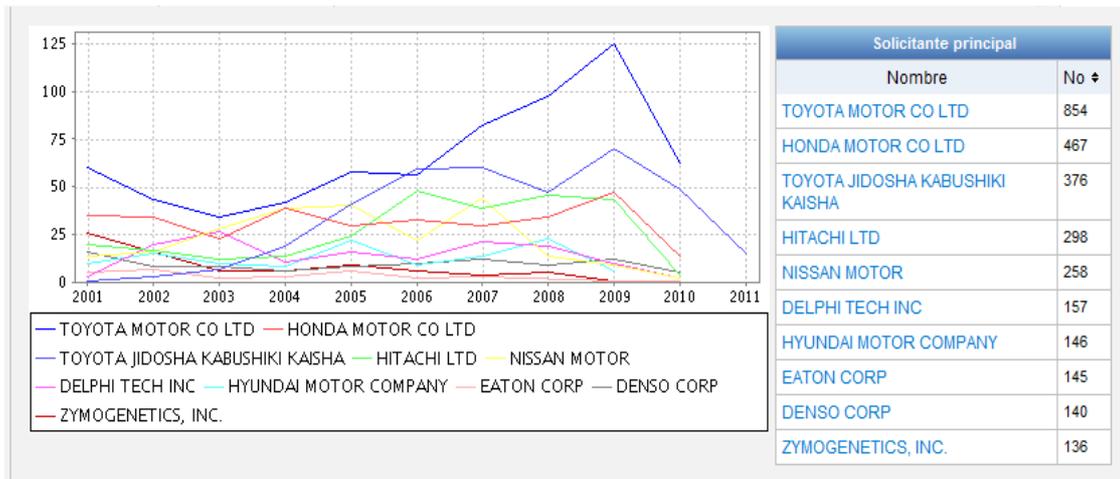


Figura 94. Gráfico con los solicitantes principales de patentes y su año de publicación.

Si se centra el estudio en las categorías de la IPC principales, la B60T y B60K, las tablas resumen con los datos de la búsqueda de patentes son las que se reflejan en la Figura 95 y Figura 96.

Países		IPC principal		Solicitante principal		Inventor principal		Fecha de publicación	
Nombre	No	Nombre	No	Nombre	No	Nombre	No	Fecha	No
European Patent Office	1018	B60T	2111	TOYOTA MOTOR CO LTD	125	ISONO HIROSHI	11	2001	126
PCT	913			CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG	66	HARRIS ALAN LESLIE	11	2002	122
Republic of Korea	146			HONDA MOTOR CO LTD	59	GANZEL, Blaise, J.	11	2003	113
South Africa	25			HYUNDAI MOTOR COMPANY	51	WOOD JAMES A	10	2004	109
Mexico	6			KELSEY-HAYES COMPANY	49	TAIG, Alistair, Gordon	9	2005	144
Israel	3			CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG	49	SHIRAI KENJI	9	2006	149
				ALLIED-SIGNAL INC.	48	MATSUNO ISAO	9	2007	158
				ROBERT BOSCH GMBH	44	HILBERER EDUARD	9	2008	152
				TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA	38	BREARLEY MALCOLM	8	2009	115
				HITACHI LTD	38	BARBERIS DARIO	8	2010	87
								2011	16

Figura 95. Tabla resumen de la búsqueda de patentes para la categoría de la IPC B60T.

Países		IPC principal		Solicitante principal		Inventor principal		Fecha de publicación	
Nombre ↕	No ↕	Nombre ↕	No ↕	Nombre ↕	No ↕	Nombre	No ↕	Fecha ↕	No ↕
European Patent Office	749	B60K	1511	TOYOTA MOTOR CO LTD	126	TABATA ATSUSHI	10	2001	84
PCT	714			NISSAN MOTOR	84	WAKASHIRO TERUO	9	2002	91
Republic of Korea	25			HONDA MOTOR CO LTD	71	GRAY, Charles, L., Jr.	9	2003	107
South Africa	12			TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA	62	YANG TAI-HER	7	2004	119
Israel	8			HITACHI LTD	32	VAN DRUTEN, Roëll, Marie	7	2005	153
Mexico	2			EATON CORPORATION	22	YAMADA EIJI	6	2006	134
ARIPO	1			EATON CORP	22	SAWADA MAMORU	6	2007	115
				VOLVO LASTVAGNAR AB	19	KADOTA KEIJI	6	2008	110
				AISIN AW CO	18	KANO SEIGO	5	2009	99
				NEW VENTURE GEAR INC	17	AI, Xiaolan	5	2010	87
								2011	14

Figura 96. Tabla resumen de la búsqueda de patentes para la categoría de la IPC B60K.

Se observa como la mayor parte de patentes de estas categorías son patentes internacionales PCT y patentes europeas.

En el caso de la categoría B60T, las principales empresas que han solicitado patentes han sido Toyota Motor CO LTD, Continental Teves AG & CO OHG, Honda Motor CO LTD y Hyundai Motor Company. Para la categoría B60K, la principal empresa solicitante ha sido Toyota Motor CO LTD, seguida por NISSAN Motor, Honda Motor CO LTD y Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha.

Las publicaciones de las patentes de la categoría B60T han sido importantes durante los años 2001 y 2002. Posteriormente, en el periodo 2005-2008 se observa otro incremento importante de las publicaciones y un descenso marcado a partir de 2009. En el caso de la categoría B60K, se ha detectado un aumento notable de las publicaciones en el periodo 2004-2006, observándose una disminución a partir de 2007.

Las Figuras 97, 98 y 99 resumen las características de las distintas patentes referentes a los **sistemas de frenos regenerativos en el vehículo eléctrico**.

Países		IPC principal		Solicitante principal		Inventor principal		Fecha de publicación	
Nombre	No	Nombre	No	Nombre	No	Nombre	No	Fecha	No
European Patent Office	1227	B60K	510	TOYOTA MOTOR CO LTD	372	HEAP ANTHONY H	33	2001	120
PCT	1201	B60L	449	TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA	166	RAGHAVAN, Madhusudan	18	2002	120
Republic of Korea	84	B60W	236	HONDA MOTOR CO LTD	152	OYOBE HICHIROSAI	18	2003	137
South Africa	26	B60T	150	HITACHI LTD	99	WAKASHIRO TERUO	16	2004	142
Israel	12	H01M	116	NISSAN MOTOR	74	ICHIKAWA SHINJI	15	2005	177
Mexico	5	F16H	106	HYUNDAI MOTOR COMPANY	52	OVSHINSKY, Stanford, R.	14	2006	210
		H02K	92	GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC	43	KITANAKA HIDETOSHI	12	2007	259
		H02J	88	GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS, INC.	31	ATARASHI HIROFUMI	11	2008	290
		H02P	82	GENERAL MOTORS CORPORATION	26	BUCKNOR, Norman, K.	10	2009	367
		H02M	65	GENERAL ELECTRIC COMPANY	24			2010	269
								2011	49

Figura 97. Tabla resumen de la búsqueda de patentes en el ámbito de los frenos regenerativos en el vehículo eléctrico.

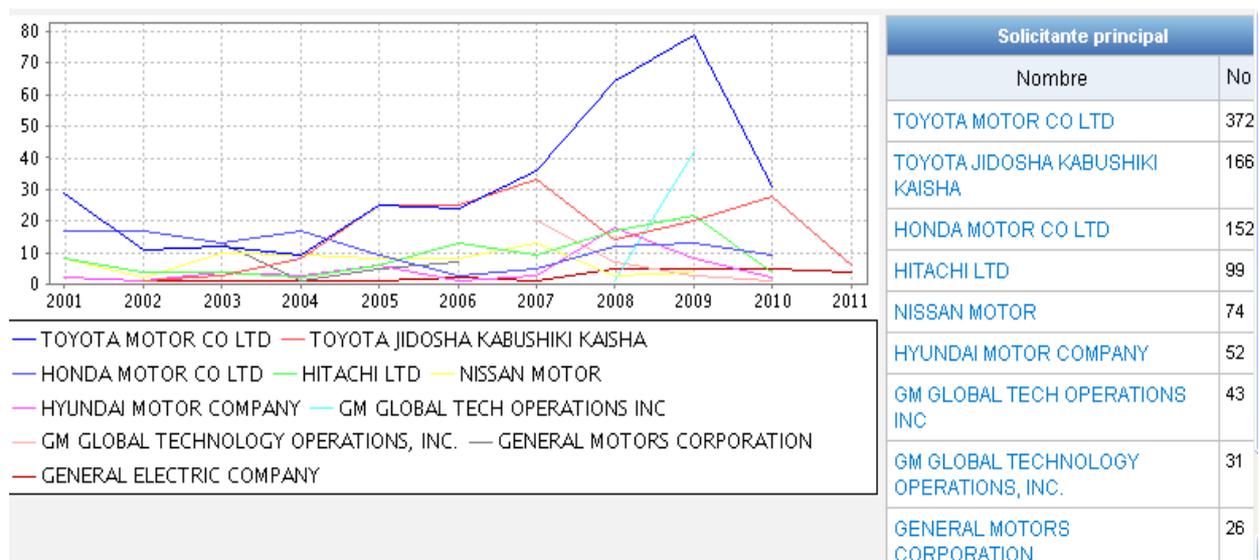


Figura 98. Gráfico con los solicitantes principales de patentes y su año de publicación.

Toyota Motor CO LTD sigue como destacado en la presentación de solicitudes con un máximo en el año 2009.

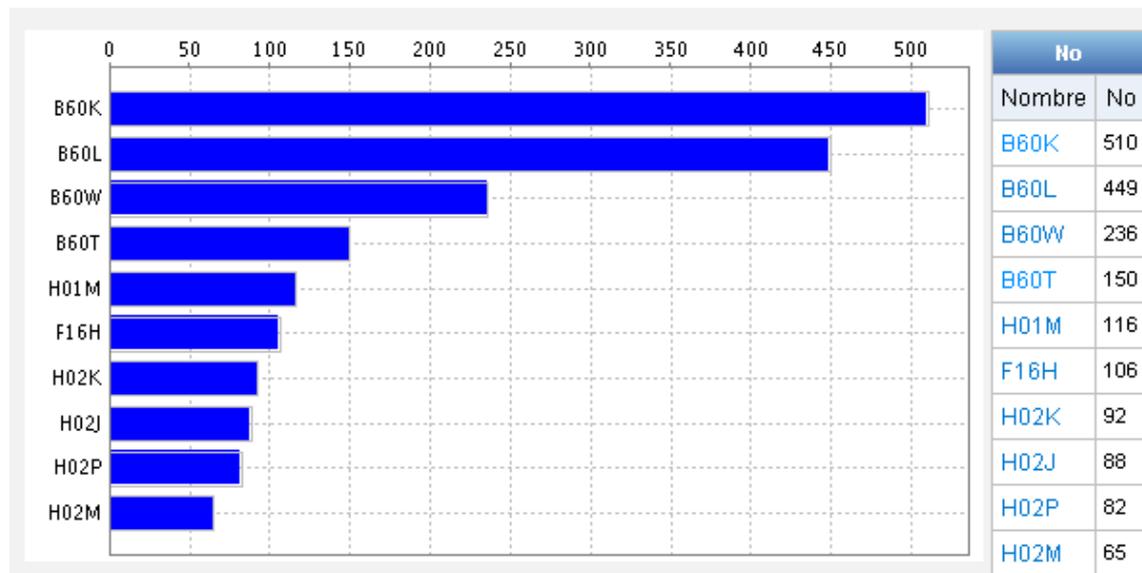


Figura 99. Gráfico donde se representan las categorías de la IPC a las cuales pertenecen las patentes solicitadas.

Respecto a la clasificación IPC, las que pertenecen al grupo B60L, que clasifica a las patentes relativas a “propulsión eléctrica de vehículos; sistemas de frenos electrodinámicos (que el motor actúa como generador), tienen ahora un peso importante en cuanto a cantidad.

#### 2.4.9. Conclusiones

Una cantidad significativa de energía es consumida durante el frenado y se pierde por lo que el diseño del sistema de frenado regenerativo reducirá la necesidad energética global del vehículo, especialmente en ciclos urbanos, ya que permitirá tener una fuente auxiliar de provisión de energía.

Por este motivo, las futuras tecnologías deben honrar en encontrar nuevos tipos de motores que sean más eficientes como generadores y teniendo en cuenta el sistema de freno regenerativo a la hora de diseñar los sistemas motrices. Se priorizarán los sistemas eléctricos menos propensos a las pérdidas energéticas de todo tipo y que sean capaces de compensar cualquiera de ellas.

El uso de los ultracapacitores como sistemas auxiliares de almacenamiento de energía para poder absorber los picos de energía y así poder recuperar una mayor cantidad de energía que la batería de litio convencional, a nivel tecnológico y de simulación es muy interesante. A nivel práctico, si se tiene en cuenta su peso y volumen se tiene que evaluar ya que en tanto en cuanto estos valores no sean reducidos su uso puede no ser interesante.

Parece lógico pensar que en los vehículos eléctricos, la mayoría de sistemas hidráulicos tenderán a desaparecer. Esto también afecta a los sistemas de frenos que tendrán que cambiar de concepto para adaptarse al motor eléctrico. Cuando se demuestre su seguridad y eficacia, la tendencia será usar sistemas como el *brake by*

wire, que sustituye a los elementos tradicionales (bombas, fluidos, discos, etc) por sensores y elementos electrónicos.

En referencia al estudio de los posibles materiales, se considera necesario profundizar en componentes como los discos de freno y las pastillas de freno ya que el estudio de los materiales alternativos para su fabricación, teniendo en cuenta los criterios específicos de altas prestaciones del producto, diseño óptimo, economía, etc. suponen un potencial importante para la mejora del comportamiento ambiental del vehículo eléctrico.

En el ámbito legislativo, se está trabajando en enmiendas a las directivas existentes para incluir la frenada regenerativa y varias propuestas están en discusión para definir los umbrales de la fuerza de freno que activen y desactiven las luces de freno.

En el ámbito normativo, los distintos órganos normalizadores están trabajando para dotar al sistema de estándares lo más universales posibles que faciliten la interoperabilidad.

#### 2.4.10. Bibliografía

0. Directiva 71/320/CEE
1. Crolla D. Automotive Engineering. Powertrain, chassys system and vehicle body. Butterworth-Heinemann. Elsevier. 2009. Section 12: 362-364.
2. <http://www.roadhouse.es/soporte.htm>
3. Manual técnico de la pastilla de freno. Capítulo 3: el sistema de frenado. [<http://www.roadhouse.es/manual/cap3.PDF>]
4. Ehsani M, Gao Y, Gay S, Emadi A. Modern electric, hybrid electric, and fuell cell vehicles. Chapter 11.
5. Electric and Hybrid Vehicles. Design fundamentals.
6. H. Gao, Y. Gao, and M. Ehsani, Design issues of the switched reluctance motor drive for propulsion and regenerative braking in EV and HEV, in Proceedings of the SAE 2001 Future Transportation Technology Conference, Paper No. 2001-01-2526, Costa Mesa, CA. 2001.
7. Ehsani M, Gao Y, Gay S, Emadi A. Modern electric, hybrid electric, and fuell cell vehicles. Chapter 2.
8. Y. Gao and M. Ehsani, Electronic braking system of EV and HEV — integration of regenerative braking, automatic braking force control and ABS, in *Proceedings of the SAE 2001 Future Transportation Technology Conference*, Paper No. 2001-01-2478, Costa Mesa, CA. 2001.

9. C Visvikis, P Morgan, P Boulter, B Hardy, B Robinson, M Edwards, M Dodd and M Pitcher (TRL). Electric vehicles: Review of type-approval legislation and potential risks. 2010.
10. [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/laboratorio-de-tecnologias-iv/proyectos/Proyecto\\_Tecnico.pdf](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/laboratorio-de-tecnologias-iv/proyectos/Proyecto_Tecnico.pdf)
11. [http://www.roadhouse.es/pdf\\_tambor/6.pdf](http://www.roadhouse.es/pdf_tambor/6.pdf)
12. <http://www.mityc.es/es-ES/Documentacion/DocumInteres/ManualReformasVehiculos14Enero2011.pdf>
13. Denton T. Automobile Electrical and Electronic Systems. Chapter 15.9. 398.
14. Manual Técnico de la pastilla de freno. Capítulo 5: los discos de freno. [<http://www.roadhouse.es/manual/cap5.PDF>]
15. Manual Técnico de la pastilla de freno. Capítulo 4: pastillas de freno. [<http://www.roadhouse.es/manual/cap4.PDF>]
16. Rongping, Y. et al. Performance and evaluation of eco-friendly brake friction materials. Tribology International, 2010; 43: 2010–2019.
17. Kinkaid, N.M. et al. Automotive discbrake squeal. Journal of Sound and Vibration, 2003; 267:105–166.

## 2.5. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

### 2.5.1. Introducción

El sistema de climatización de un vehículo puede afectar significativamente al consumo combustible y a las emisiones de gases de efecto invernadero y de partículas. Estos efectos son comunes a las diferentes tipologías de vehículos actuales, pero cobran una especial importancia para vehículos híbridos y eléctricos, ya que el uso de dichos sistema supone una disminución considerable del alcance de estos, aspecto fundamental y requisito básico para su uso extendido.

Para un vehículo de tamaño medio, el consumo de combustible del sistema de climatización puede llegar a ser hasta del 20% y las emisiones aumentan (NOx en casi un 80% y CO<sub>2</sub> en un 70%).

La energía necesaria para operar un compresor de aire acondicionado es significativa, siendo superior a la necesaria para mover un vehículo de tamaño medio a una velocidad constante de 56 km/h.

El tamaño del sistema de aire acondicionado está relacionado con la máxima temperatura que la cabina del vehículo puede alcanzar en condiciones de extremo calor.

Un automóvil es usado, de media, 41 minutos al día y el aire acondicionado permanece encendido entre el 43% y el 49% del tiempo. Dichos datos depende, por supuesto, de multitud de variables: condiciones climatológicas, hora del día, época del año, tipo de vehículo, color del vehículo, parking interior / exterior, ropa de los ocupantes, longitud del viaje, velocidad del vehículo, etc. [1] [2].

En la Figura 100 se recogen unas gráficas que representan el aumento del consumo de los vehículos a causa del aire acondicionado en diferentes tipos de vía [3].

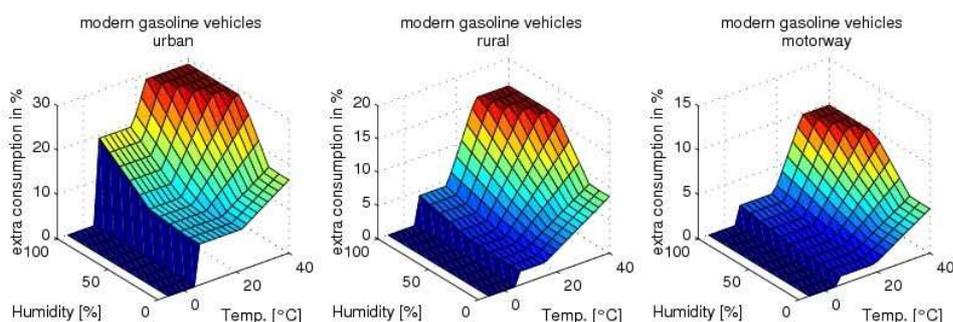


Figura 100. Aumento del consumo debido al aire acondicionado.

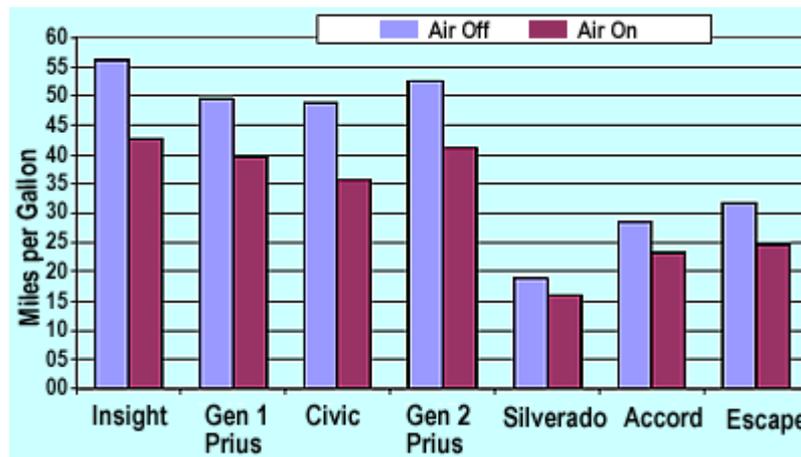


Figura 101. Disminución de la autonomía de vehículos híbridos debida al aire acondicionado.

En la Figura 101, podemos ver los resultados de unos estudios realizados en 2.006 con los primeros vehículos híbridos existentes en el mercado [4].

Los primeros vehículos propulsados por combustibles no fósiles que están llegando a popularizarse son los vehículos híbridos, que integran un motor de combustión interna propulsado por combustibles fósiles, de pequeño tamaño y un motor eléctrico. Se han realizado diversos estudios sobre dicha tipología de vehículos y la repercusión del aire acondicionado en la disminución del alcance de estos.

Estamos asistiendo a una avalancha de nuevos proyectos de vehículos híbridos y eléctricos que están llegando al mercado. Los sistemas de aire acondicionado por los que los fabricantes están optando para dichos vehículos, de primera generación, se dividen en las siguientes categorías:

- no instalar sistema de aire acondicionado: dependiendo del uso del vehículo y del clima / horario / época durante la cual va a ser utilizado, determinados fabricantes deciden que es suficiente con el uso de un ventilador, priorizando el alcance del vehículo.
- Motor de doble eje: esta es la opción más parecida a la empleada en vehículos con motores de combustión interna. Las ventajas son simplicidad y similitud con vehículos estándar. El problema es que el A/C sólo funcionará cuando el motor esté girando, es decir, cuando el vehículo esté en movimiento.
- Motor accesorio: otra opción es colocar un motor auxiliar que mueva al compresor. Este sistema permite que el A/C sea utilizado aún cuando el motor eléctrico principal esté parado. El problema es que añade peso y complica el sistema.
- Compresor con motor eléctrico integrado: sistema parecido a las unidades de A/C domésticas. Es la opción más empleada en los primeros vehículos híbridos de grandes series como la primera generación de el superventas, Toyota Prius.
- Sistemas de pre-enfriamiento asistidos por energías renovables, como en la 3ª generación del Prius.

Los últimos lanzamientos de vehículos híbridos y eléctricos, están introduciendo nuevas tecnologías para abordar la climatización del habitáculo.

### 2.5.2. Funcionamiento del circuito de aire acondicionado tradicional

El objetivo del sistema de aire acondicionado consiste en que el fluido frigorífico absorba el calor del aire que entra al habitáculo (mediante el evaporador), para posteriormente cederlo al medio ambiente mediante el condensador.

El principio de funcionamiento del circuito de aire acondicionado se puede explicar siguiendo las siguientes etapas:

#### 2.5.2.1. Etapa 1: Compresión

El fluido en estado gaseoso es aspirado por el compresor a baja presión y baja temperatura (3 bar, 5°C) y sale comprimido a alta presión y alta temperatura (20 bar, 110°C). La energía necesaria para llevar a cabo este trabajo de compresión se la aporta la correa del alternador.

#### 2.5.2.2. Etapa 2: Condensación

El fluido en estado gaseoso entra en el condensador a alta presión y temperatura. Empieza la cesión de calor del fluido al aire que atraviesa el intercambiador, produciéndose la condensación del fluido frigorífico, saliendo del condensador en estado líquido a alta presión y temperatura media (19 bar, 60°C).

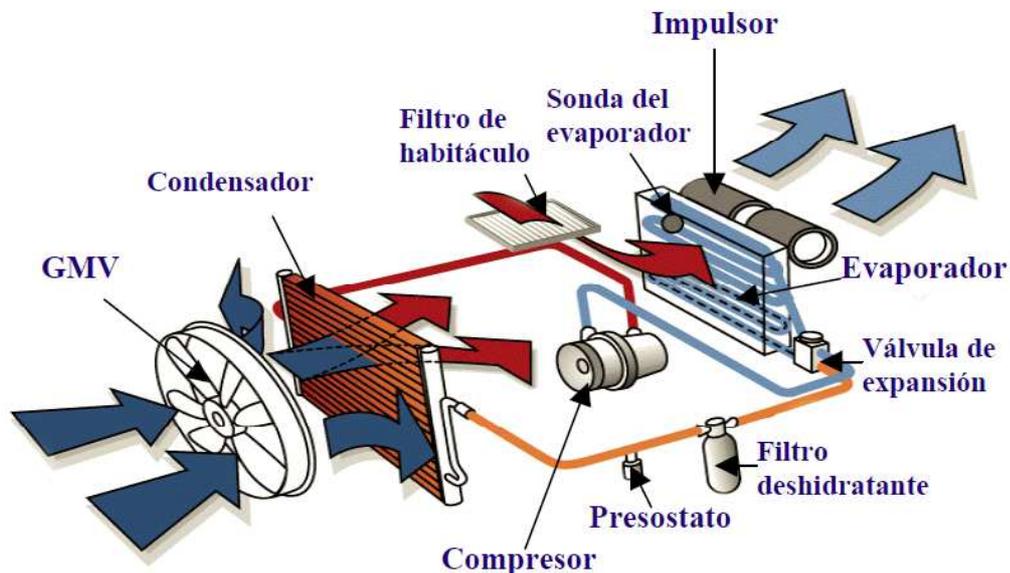


Figura 102. Funcionamiento del sistema de aire acondicionado tradicional. Fuente: Valeo, 2001.

#### 2.5.2.3. Etapa 3: Filtrado y desecado

El fluido en estado líquido pasa por el filtro deshidratante, que absorbe la humedad que pueda contener el fluido. Además, pasa a través de un elemento filtrante que retiene las impurezas presentes en el líquido.

#### 2.5.2.4. Etapa 4: Expansión

El fluido en estado líquido a 19 bar y 60°C penetra en la válvula de expansión termostática, produciéndose una caída brusca de presión y temperatura. El fluido sale de la válvula en estado difásico, a una presión de 3 bar y una temperatura de 0°C.

#### 2.5.2.5. Etapa 5: Evaporación

El fluido en estado difásico penetra en el evaporador, donde comienza el intercambio de calor con el aire exterior que penetra al habitáculo. El fluido necesita absorber calor para poder evaporarse, y lo toma del aire que atraviesa el evaporador. A su vez, la humedad presente en este aire se condensa sobre las aletas (superficie fría) y se acumula en una bandeja bajo el intercambiador, para después ser evacuada al exterior mediante un conducto de desagüe.

#### 2.5.2.6. Etapa 6: Control

El fluido a la salida del evaporador y por lo tanto a la entrada del compresor debe estar en estado gaseoso, para evitar posibles deterioros en el compresor. En los circuitos equipados con una válvula de expansión termostática, el control se realiza a la salida del evaporador, mediante el recalentamiento, o diferencia entre la temperatura a la salida del evaporador y la temperatura de evaporación.

Dicho valor debe estar comprendido entre 2 y 10°C, y en caso de encontrarse fuera de estos márgenes, la válvula se abre más o menos para permitir la entrada de una caudal mayor o menor al evaporador. Es por lo tanto imprescindible no variar el tarado de dicha válvula.

Una vez garantizada la evaporación de la totalidad del fluido, éste pasa de nuevo por el compresor, y el ciclo comienza de nuevo.

#### 2.5.2.7. Refrigerantes

A partir del 2011, todos los nuevos vehículos a motor de nueva homologación de peso inferior a 3,5 toneladas deberán utilizar para el sistema de climatización el refrigerante R1234yf, menos contaminante que el actual R134a.

Los fabricantes se han decidido por el Tetrafluorpropeno (TFP o R1234yf) mientras lo más lógico sería emplear simple y llanamente refrigerante R744, esto es, anhídrido carbónico.

Tras el descubrimiento, en los años 70 del agujero en la capa de ozono y de la aprobación, en 1987, del Protocolo de Montreal, en los aparatos de aire acondicionado y de climatización, incluyendo los de los automóviles, comenzaron a sustituir los CFC (Clorofluorocarbonos) por un gas refrigerante llamado R134a. Al tratarse de un Hidrofluorocarbono (HFC) es mucho menos perjudicial para la capa de ozono que los primitivos Clorofluorocarbonos (CFC) desarrollados en su día por ingenieros de General Motors, pero en contrapartida tiene una capacidad 1.300 veces superior al CO<sub>2</sub> para provocar efecto invernadero.

Un coche normal, con sus inevitables pérdidas de gas del equipo de aire acondicionado, viene a tener unas emisiones equivalentes a liberar, solo del funcionamiento del sistema de climatización, unos 7 gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro. Son

cantidades pequeñas, pero multiplicadas por el número de coches y por el elevado poder de efecto invernadero de este gas, son equiparables a la emisión de millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

La directiva europea 2006/40/EG obligará, a partir del 1 de enero de 2011, a sustituir el R 134a por otro gas menos dañino para el clima. Los fabricantes parecen haberse dejado llevar por los intereses económicos de la poderosa industria química y han optado, tal y como anunciaron el pasado mes de mayo, por el Tetrafluorpropeno, que si bien cumple las normas europeas, presenta algunas desventajas.

En primer lugar, su poder como gas de efecto invernadero es superior al del CO<sub>2</sub> pero, aparte del hecho de ser mucho más costoso de producir, diversas pruebas efectuadas demuestran que puede resultar peligroso en caso de accidente. De ocurrir un incendio podría formarse ácido fluorhídrico, un compuesto muy venenoso, altamente corrosivo y fácilmente inflamable.

Las ventajas, en este caso, del CO<sub>2</sub> resultan más que evidentes: tiene menor capacidad para provocar efecto invernadero que el Tetrafluorpropeno, presenta un aceptable rendimiento como gas refrigerante, no es inflamable y, para colmo de males, resulta barato y accesible, además de que, al contrario que con el TFP, en su proceso productivo no aparecen productos de deshecho. Claras ventajas desde el punto de vista ambiental y de seguridad, pero serios inconvenientes desde la perspectiva del beneficio económico de unos pocos, empeñados en hacernos ver que si algo no es bueno para el mercado tampoco lo es para el planeta [5].

### *2.5.3. Sistemas de aire acondicionado para vehículos eléctricos*

Un aspecto importante a tener en cuenta es que los requisitos de refrigeración, en vehículos eléctricos, se ve bastante reducido, debido a que la principal fuente de calor, el motor de explosión interna es sustituido por un generador eléctrico. En un motor movido por la quema de combustibles fósiles, tanto el motor, como la transmisión, el sistema de refrigeración del motor y el sistema de escape irradian cantidades enormes de calor. La eficiencia energética de un motor de explosión interna es del orden del 15%, siendo lo demás pérdidas en forma de calor, del cual un importante porcentaje se traduce en carga térmica para el habitáculo, lo que incrementa de manera importante la potencia necesaria de aire acondicionado.

En climas muy fríos, donde la calefacción de la cabina es fundamental, el vehículo eléctrico posee varias fuentes de calor. Un vehículo de esta clase tiene una eficiencia energética aproximada del 80%, siendo el 20% restante calor disipado por la electrónica de potencia, el generador y las baterías. Dichos elementos, actualmente poseen sistemas de refrigeración líquida, por lo que el calor disipado puede ser aprovechado de igual manera a como lo hacen los sistemas de vehículos convencionales.

La carga térmica recibida por el habitáculo de un vehículo es debida a los siguientes factores:

- Carga térmica por radiación solar a través de las superficies acristaladas: parabrisas y ventanas (26-44%).

- Calor conducido mediante las superficies metálicas externas del vehículo incluyendo techo y motor (12-18%),
- Calor por conducción desde el suelo (6-11%),
- Carga térmica transmitida por los ocupantes del vehículo (16-27%),
- Pérdidas de temperatura debidas a la entrada de aire del exterior (9-17%),
- Carga térmica debida al condensador del sistema de aire acondicionado (4-7%).

Para mejorar el confort de los ocupantes del vehículo y reducir el consumo energético de los sistemas de climatización, fijándonos únicamente en los tres primeros aspectos, se está trabajando en las siguientes direcciones:

- Reducción de la carga térmica debida a la radiación solar: empleo de cristales tintados progresivos en parabrisas y ventanillas así como de eficaces cristales reflectantes.
- Empleo de aislantes más efectivos y ligeros para todas las superficies metálicas que rodean la cabina.
- Empleo de pinturas reflectantes más efectivas en el exterior del vehículo para reducir la entrada de calor.
- Reducción de la carga térmica procedente del motor mejorando el aislamiento y estudiando la distribución de componentes bajo el capot y posibilitar el flujo de aire debajo del vehículo.
- Calentando, mediante resistencias eléctricas, los asientos en invierno o refrigerando, mediante módulos termoelectricos, los asientos en verano y controlados por un sistema de pre-calentamiento / enfriamiento para que dichos sistemas entren en funcionamiento antes de que los ocupantes del vehículo entren en él, alrededor de 20 minutos de antelación. Investigaciones demuestran que asientos optimizados con sistemas de enfriamiento / calentamiento mejoran el confort térmico de los ocupantes del vehículo posibilitando un rango de temperaturas aceptables para la cabina entre 10,8 °C y 34 °C.

### 2.5.3.1. Principales Patentes

La búsqueda se ha realizado en bases de datos de patentes, tanto de cobertura nacional (INVENES) como internacional (WPI; EPODOC). En relación a la estrategia de búsqueda hay que decir que la base de datos EPODOC se ha utilizado para realizar búsquedas mediante los códigos de la Clasificación Interna de la Oficina Europea de Patentes, que en este campo de la técnica es más detallada que la Clasificación Internacional. Posteriormente se ha realizado una búsqueda cruzada con palabras clave en la base de datos WPI, para de esta forma poder incluir las referencias bibliográficas de dicha base de datos, ya que contiene títulos y resúmenes más completos y además agrupa las familias de patentes en una única referencia. Por lo tanto, sólo aparecen en el listado de EPODOC aquellas referencias que, bien por ser muy recientes o por ser muy antiguas, no se encuentran en la base de datos DWPI.

Algunos documentos de la lista de INVENES pueden pertenecer a una familia que se incluye en la lista de documentos de WPI. Se considera interesante aportar esta información duplicada, debido a que por un lado se tiene el resumen en español y por

otro se accede al resumen de WPI, que como se ha comentado suele ser más completo.

El solicitante no aporta documentación adicional para la realización del informe, únicamente la descripción recogida en el formulario de solicitud de Informe Tecnológico de Patentes, recogido en el objeto de la búsqueda antes presentado.

Se considera que la clasificación europea que mejor recoge el estado de la técnica relativo a sistemas de aire acondicionado en vehículos eléctricos es la B60H1/00H4. Dicha clasificación recoge los sistemas de aire acondicionado para vehículos con propulsión eléctrica, como por ejemplo vehículos híbridos o vehículos con pila de combustible. La clasificación europea (ECLA) en este campo está más detallada que la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) por lo que se centrará la búsqueda en este conjunto de documentos.

La base de datos World Patent Index (WPI) tiene una clasificación propia, denominada Manual Codes. Los Manual Codes que mejor recogen el objeto de la búsqueda son los siguientes:

- X21: *Electric Vehicles*
  - X21-C: *Electric vehicles accesories*
  - X21-C02: *Passenger compartment air conditioning systems*
  
- X22: *Automotive Electrics*
  - X22-J02: *Heating, ventilating, air-conditioning*
  - X22-J02E: *Air conditioning; climate control*

Se ha decidido centrar la búsqueda en la clasificación ECLA en lugar de los Manual Codes, debido a que la base de datos WPI no es de acceso público.

A día de hoy, el número total de documentos contenidos en esta clasificación es de 1 058 documentos. Según el código del número de publicación, las solicitudes son fundamentalmente americanas, japonesas, solicitudes PCT o solicitudes de patente europea. España figura en el octavo lugar, detrás de las solicitudes previamente mencionadas, Francia y China. Se presentan a continuación una tabla con todos los documentos recogidos en la clasificación de referencia, B60H1/00H4.

Los principales solicitantes de estas patentes son DENSO, TOYOTA y GENERAL MOTORS, con 75 o más patentes cada empresa. A continuación, aparece un grupo numeroso de empresas con más de veinte patentes, tal y como se aprecia en la siguiente tabla, donde se recogen las solicitudes de empresas con más de veinte patentes (debe tenerse en cuenta que una misma empresa matriz puede tener diferentes solicitantes de patentes, como ocurre con TOYOTA, GM, VALEO, etc.).

Se comentarán en detalle documentos recientes de las principales empresas solicitantes, con el ánimo de aportar una idea del estado de la técnica actual respecto a sistemas de aire acondicionado en vehículos de tracción eléctrica. Asimismo, se aportarán los resúmenes de los documentos publicados desde 2009 en las bases de datos de WPI y de EPODOC, y los 22 resúmenes de los documentos españoles en español, extraídos de la base de datos de INVENES.

De acuerdo con la estrategia expuesta en la sección anterior, se ha efectuado una búsqueda exhaustiva en las bases de datos nacionales e internacionales mencionadas. Como resultado de dicha búsqueda, se han seleccionado como documentos más relevantes un total de diez documentos internacionales relacionados con el campo técnico objeto del estudio.

1. El documento DE102009032871, de la empresa DENSO, divulga un sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos, vehículos eléctricos o vehículos con pila de combustible. El sistema tiene dispositivos de restricción del flujo del medio de enfriamiento, incluyendo electroválvulas y válvulas de control. El sistema funciona independientemente del funcionamiento del motor. El diseño planteado permite reducir la presión interna del sistema de enfriamiento.

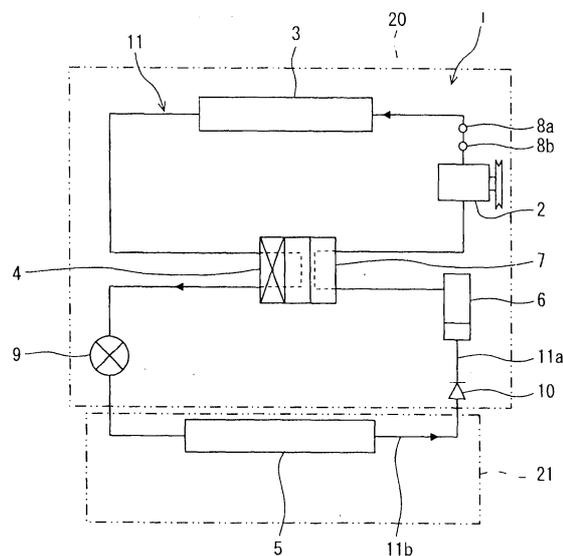


Figura 103. Documento DE102009032873.

2. El documento WO2006070287, de las empresas TOYOTA y DENSO, divulga una unidad de control electrónico (ECU) para el sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos. La ECU controla el motor de combustión interna y el ventilador, de modo que entren o funcionamiento o paren según las condiciones planteadas (conducción económica, por ejemplo).

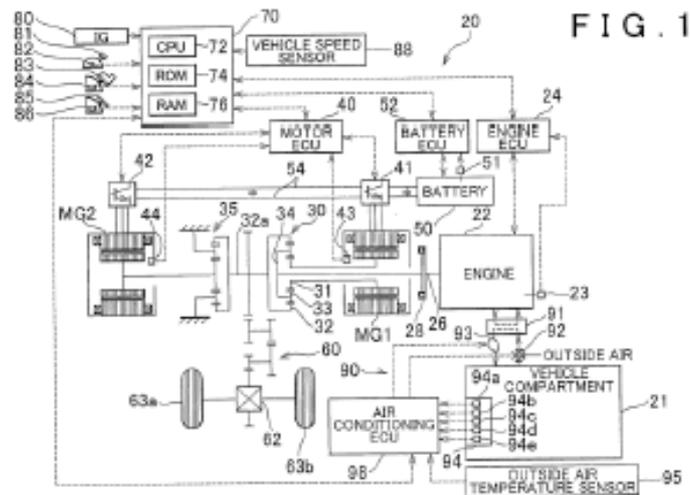


Figura 104. Documento WO2006070287.

- El documento EP1059181, de las empresas GENERAL MOTORS y MITSUBISHI HEAVY IND., divulga un sistema de aire acondicionado para vehículos híbridos que emplea una bomba de calor. La bomba de calor incluye un compresor, una resistencia por estrangulación y una válvula de cuatro vías, y está conectada por una trayectoria refrigerante a un intercambiador de calor interno y a un intercambiador de calor externo unido al motor. El sistema de aire acondicionado puede emplearse para calentar el habitáculo utilizando las pérdidas de calor del motor.

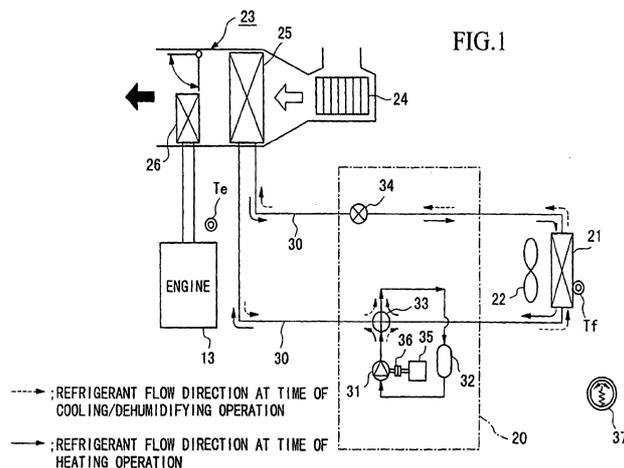


Figura 105. Documento EP1059181.

- El documento WO2009052781, de la empresa ENERDAY, divulga módulos de alojamiento para pilas de combustible y sistema de aire acondicionado. Al menos comprenderá un área de montaje combinada de módulos de pila

de combustible y módulos de aire acondicionado, que contemplará la posibilidad de acoplamiento de energía o fluido tanto para la pila de combustible como para el sistema de aire acondicionado.

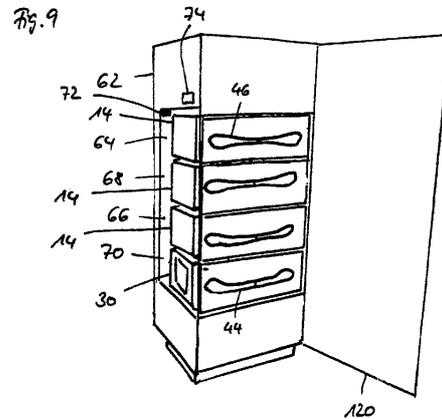


Figura 106. Documento WO2009052781.

- El documento WO2008025916, de la empresa PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES, divulga un sistema de aire acondicionado para un vehículo, en particular para un vehículo híbrido. El sistema está equipado con un motor térmico y un circuito hidráulico, implicando dicho sistema un evaporador, un generador de aire caliente y un tanque hidráulico.

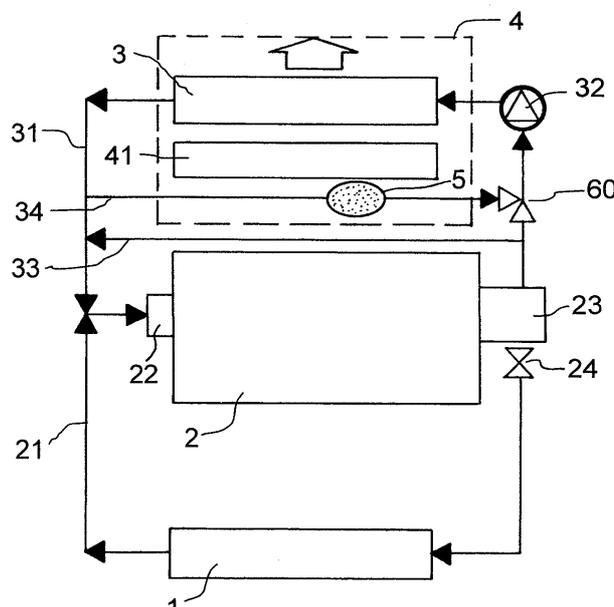


Figura 107. Documento WO2008025916.

- El documento DE102006003424, de la empresa WEBASTO, divulga un vehículo con un módulo solar. Dicho vehículo puede ser híbrido e incluye una unidad de control climática, con un compresor eléctrico alimentado por una batería cargada por un generador o por una batería cargada mediante un módulo solar.

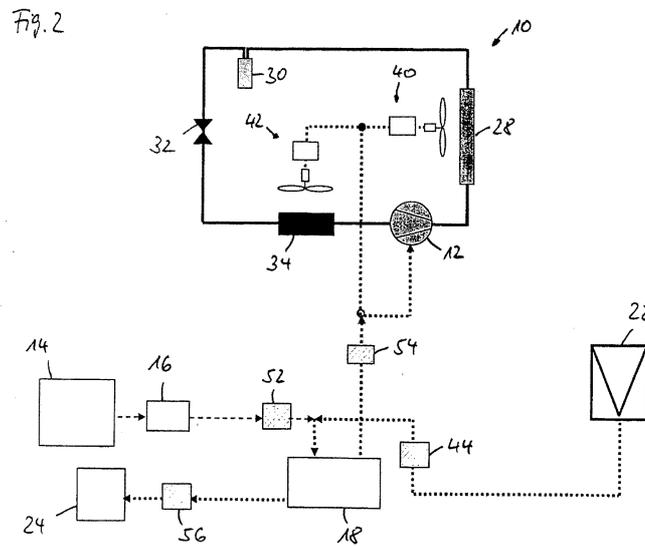


Figura 108. Documento DE102006003424.

7. El documento US2006222910, de la empresa HONDA, divulga un sistema eléctrico para vehículos con pila de combustible. El sistema eléctrico comprende una pila de combustible para generar electricidad y un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica. Por un lado se tiene una primera línea de alimentación de electricidad que parte de la pila de combustible y una segunda línea de alimentación de electricidad que parte del sistema de almacenamiento. Esta segunda línea de alimentación de electricidad aportará la energía necesaria para hacer funcionar un sistema de aire acondicionado.

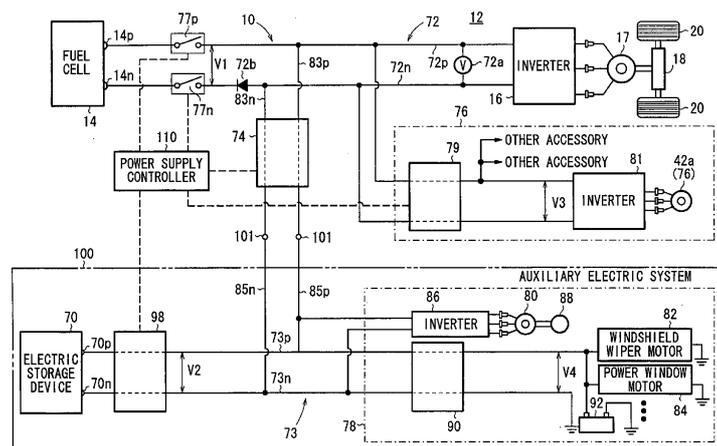


Figura 109. Documento US2006222910.

8. El documento FR2936445, de la empresa VALEO, divulga un sistema de calefacción o aire acondicionado para vehículos eléctricos o híbridos. El sistema incluye un circuito en el que el refrigerante que circula entre tres

unidades distintas: una unidad de evaporación, una unidad de enfriamiento y una unidad reversible.

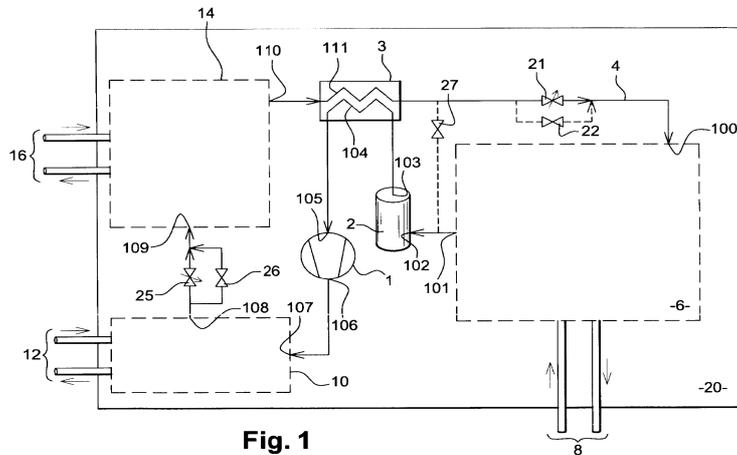


Fig. 1

Figura 110. Documento FR2936445.

- El documento DE102006042162, de la empresa VISTEON, divulga un sistema de gestión de la energía para un vehículo que puede ser híbrido. Contiene un sistema de almacenamiento térmico acoplado a la ventilación de la calefacción y al dispositivo de aire acondicionado (HVAC: Heating, Ventilating and Air Conditioning) que convierte energía eléctrica en energía térmica.

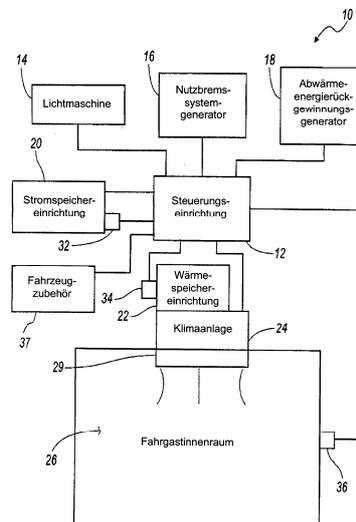


Figura 111. Documento DE102006042162.

- El documento EP2275292, de la empresa BEHR, divulga un sistema de aire acondicionado para vehículos, en particular para vehículos eléctricos o híbridos. El sistema comprende un alojamiento, un ventilador para la

circulación del aire y un dispositivo de calefacción eléctrico. Mediante un enchufe se conecta el dispositivo de calefacción eléctrico con una fuente de alta tensión.

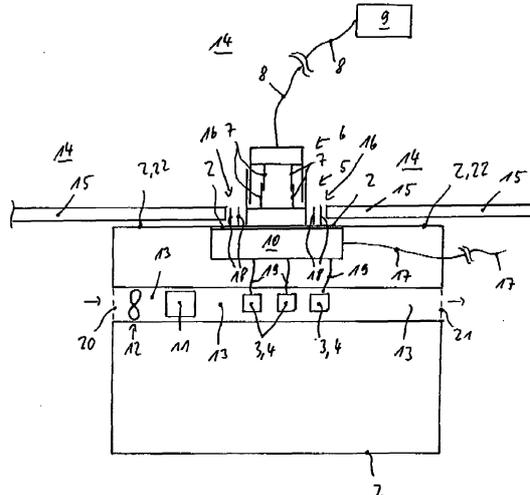


Figura 112. Documento EP2275292.

#### 2.5.4. Principales corrientes tecnológicas

A continuación, resumiremos los desarrollos más recientes en este campo:

Los mayores avances obtenidos en la última década fueron debidos a una mejora en los sistemas de sensorización y control del sistema de aire acondicionado. Además, se han realizado numerosos avances en todos y cada uno de los componentes del sistema, fundamentalmente dirigidos a una reducción de costes de fabricación, haciendo estos más compactos y eficientes.

##### 2.5.4.1. Compresores eléctricos con inversor (Inverter)

En los vehículos eléctricos, no se dispone de un cigüeñal que haga funcionar el compresor del sistema de aire acondicionado, por lo que éste ha de ser movido eléctricamente. Partiendo de aquí, nos podemos encontrar con sistemas de climatización parecidos a los que se instalan en las viviendas, es decir, el empleo de compresores de velocidad variable movidos por inversores aparece como la opción más eficiente, debido a que las principales pérdidas se producen en los repetidos arranques y paros del motor eléctrico que mueve el compresor.

De igual manera que los sistemas residenciales de climatización, con la adición de una simple válvula, dicho sistema puede funcionar en el ciclo inverso proporcionando calor en lugar de refrigeración.

- El compresor tiene un motor alimentado eléctricamente por el alternador.
- Ya no está ligado al motor mediante una correa.
- No existe dependencia del régimen motor.
- Posibilidad de preacondicionar el habitáculo.
- Aumento del confort térmico.

- Reducción de solicitudes de par al motor.
- Disminución del consumo energético.
- Disminución del nivel sonoro.

Inconvenientes:

- Necesidad de una gran tensión.
- Necesidad de intensidades muy importantes.
- La electrónica de control es costosa y compleja.
- El mercado no está todavía preparado.

En las Figuras 113 y 114 se muestran unos esquemas del sistema de aire acondicionado del Toyota Prius III [10].

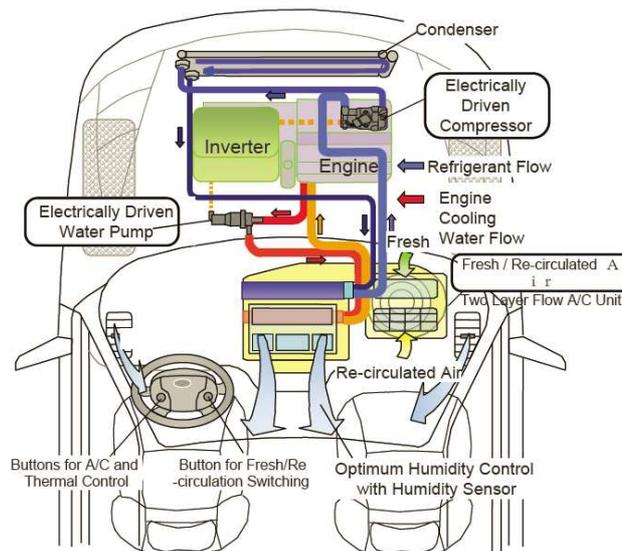


Figura 113. Sistema de Aire Acondicionado del Toyota Prius III.

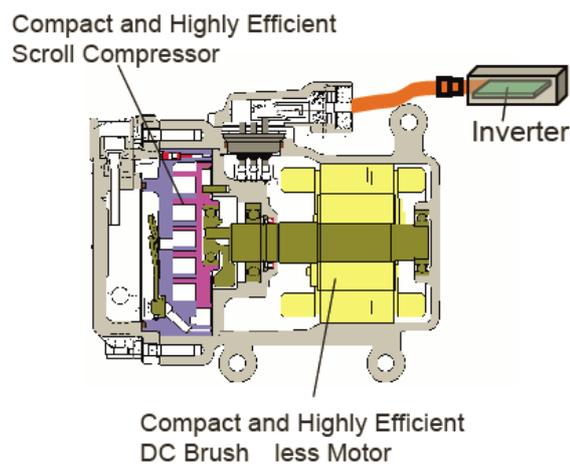


Figura 114. Sistema de Aire Acondicionado del Toyota Prius III.

#### 2.5.4.2. Sistemas Termoeléctricos

Denominamos efectos termoeléctricos a la conversión directa de diferencias de temperatura en tensión eléctrica y viceversa [6].

El efecto Seebeck es la conversión de las diferencias de temperatura directamente en electricidad. Este efecto fue descubierto por Thomas Johann Seebeck, en 1821, que encontró que existía una tensión entre dos extremos de una barra de metal cuando existe un gradiente de temperatura en ella.

Por otro lado, el efecto Peltier fue observado por primera vez en 1834 por Jean Peltier, y supone el efecto opuesto al efecto Seebeck.

Basado en el efecto Seebeck, el sistema generador termoeléctrico (TEG) tiene como ventaja que no es necesario mover ningún elemento, además de tener un funcionamiento muy silencioso y resistente. Para vehículos híbridos, los residuos de calor del escape pueden ser recuperados directamente en energía eléctrica para cargar las baterías.

Basado en el efecto Peltier, el sistema termoeléctrico de control de la temperatura (TETC) tiene como ventajas ser un sistema de control directo, directo y no necesita de ningún refrigerante. Todo ello hace que sea un sistema muy eficiente y que aumenta la eficiencia del vehículo.

Si se compara con la refrigeración convencional, el refrigerante en forma líquida y vapor se sustituye por dos conductores distintos. La unión fría (evaporador-superficie) se convierte en frío a través de la absorción de energía por los electrones que pasan desde el nivel de energía baja al de alta. El compresor se sustituye por una fuente de energía eléctrica (EMF) que provoca que los electrones salten de un semiconductor al otro (un disipador de calor sustituye a las aletas del condensador convencional).

Los módulos termoeléctricos de efecto Peltier tienen numerosas ventajas [7], [8]:

- pequeño tamaño y peso;
- capacidad para enfriar por debajo de 0 °C;
- capacidad de producir frío y calor con el mismo dispositivo;
- control preciso de la temperatura;
- alta fiabilidad;
- funcionamiento silencioso;

Fig. 3. Heat sink with fins along the (a) width and (b) length.

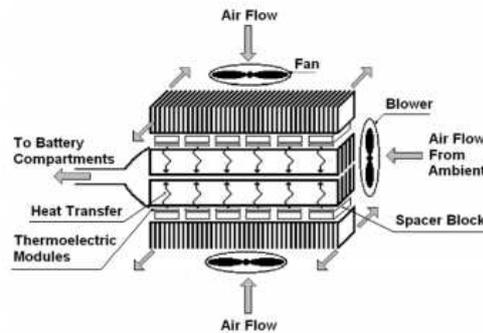


Fig. 4. Basic thermal unit setup.

Figura 115. Fundamentos de un sistema con efecto Peltier.

### 2.5.4.3. Enfriamiento / calentamiento localizado

Los sistemas de aire acondicionado actuales enfrían y caliente toda la estructura interna del habitáculo: parabrisas, ventanas, suelo y parte trasera de los asientos, además de a los ocupantes.

Estos sistemas consumen entre 3 500 y 5 000 W. Para reducir dicho consumo, dicha carga térmica puede ser aplicada directamente en los asientos. Dichos asientos son llamados *Climate Controlled Seats (CCS)* y poseen conductos internos, su propios calentadores y una tapicería perforada.

Como los asientos se encuentran en contacto directo con los ocupantes, tenemos una conductividad térmica muy alta, en comparación con el aire que es pésimo conductor térmico. De esta manera pasaríamos a necesitar del orden de 700 W, en lugar de 5 000 W para calentar / enfriar todo el habitáculo.

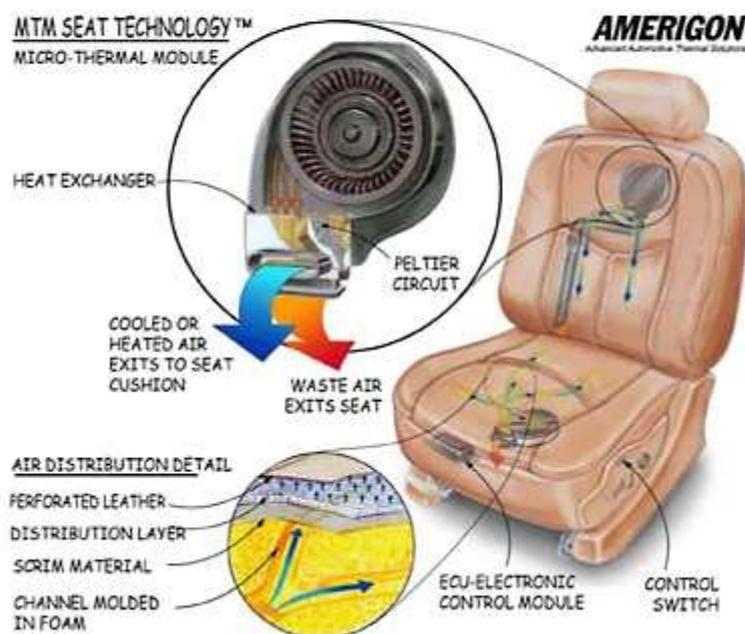


Figura 116. Fundamentos de un sistema Climate Controlled Seats. Fuente Amerigon

### 2.5.5. Normativa actual

- Directiva 2006/40/CE de 17 de mayo, relativa a emisiones procedentes de sistemas de aire acondicionado en vehículos a motor (DOUE L 161, de 14 de junio de 2006).
- Reglamento 842/2006 de 17 de mayo sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero (DOUE L 161, de 14 de junio de 2006). En su artículo 5, establece la aprobación de programa de certificación del personal involucrado en la instalación, mantenimiento, control de fugas y recuperación de sistemas frigoríficos fijos, así como de sistemas de extinción de incendios fijos, que utilicen los gases fluorados.
- Reglamento 307/2008 de la Comisión de 2 de abril por el que se establecen los requisitos mínimos de los programas de formación y las condiciones de reconocimiento mutuo de los certificados de formación del personal en lo que respecta a los sistemas de aire acondicionado de ciertos vehículos de motor que contengan determinados gases fluorados de efecto invernadero (DOUE L 92, de 3 de abril de 2008).
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (BOE nº 275, de 16 de noviembre de 2007). Se modifica la disposición adicional 8.1, por LEY 51/2007, de 26 de diciembre.
- Real Decreto 795/2010, de 16 de junio, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan (BOE nº 154, de 25 de junio de 2010). Supone el desarrollo de la Ley 34/2007 en cuanto que se establecen una serie de requisitos de control a la venta y distribución de estos fluidos, así como de determinados equipos, el desarrollo del Reglamento nº 1005/2009 en cuanto a las sustancias de los grupos I, II, III, VII, VIII y IX de su anexo I y del Reglamento 842/2006.

### 2.5.6. Bibliografía

- [1] Sand, J. R.; Fischer, S. K. Total Environmental Warming Impact (TEWI) Calculations for Alternative Automotive Air-Conditioning Systems. SAE International Congress, Detroit, Michigan.
- [2] Martin F. Weilenmann\*, Robert Alvarez and Mario Keller, Fuel Consumption and CO<sub>2</sub>/Pollutant Emissions of Mobile Air Conditioning at Fleet Level - New Data and Model Comparison, *Environ. Sci. Technol.*, 2010, 44 (13), pp 5277–5282
- [3] R. Farrington and J. Rugh, Impact of Vehicle Air-Conditioning on Fuel Economy, Tailpipe Emissions, and Electric Vehicle Range, Earth Technologies Forum Washington, D.C. October 31, 2000
- [4] Air Conditioning and Hybrid Mileage. Idaho National Laboratory, 2006.
- [5] Fernando Moreno. Diario motor. 2010

- [6] Smith K, Thornton M. Feasibility of thermoelectrics for waste heat recovery in hybrid vehicles. Paper no. 266. In: International electric vehicle symposium and exposition; 2007.
- [7] Hohm DP, Popp ME. Comparative study of maximum power tracking algorithms. Prog Photovolt: Res Appl 2003:47–62.
- [8] Chuang Yu \*, K.T. Chau. Thermoelectric automotive waste heat energy recovery using maximum power point tracking. Energy Conversion and Management 50 (2009) 1506–1512.
- [9] How to power heating and A/C in an electric car. Electric Vehicle News. 2009.
- [10] Ken Matsunaga. Electric Inverter A/C System for Toyota Prius Hybrid Vehicle. Denso Corporation.
- [11] T. Malik and C. W. Bullard. Air Conditioning Hybrid Electric Vehicles while Stopped in Traffic. Air Conditioning and Refrigeration Center, University of Illinois. 2004.
- [12] E. Janotkova and M. Pavelek. New Trends in the Field of Automobile Air Conditioning. Department of Thermomechanics and Environmental Engineering, Brno University of Technology, Czech Republic. 2004.
- [13] Gregory P. Meisner. Advanced Thermoelectric Materials and Generator Technology for Automotive Waste Heat at GM. 2011 Thermoelectrics Applications Workshop.
- [14] Frank Kreith. Handbook of Heating, Ventilation, and Air Conditioning. CRC Press LLC. 2001

## 2.6. EQUIPOS AUXILIARES DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

A continuación se presenta una exhaustiva lista de equipos auxiliares del vehículo eléctrico con sus características. La mayor parte de los elementos auxiliares, tales como la iluminación, por ejemplo, se encuentran tanto en el coche de gasolina clásico como en el vehículo eléctrico. Las cifras que se presentan aquí son valores típicos proporcionados por los fabricantes de vehículos de gasolina actuales.

### 2.6.1. Iluminación

Tabla 17. Listado de equipos de iluminación.

Nombre	Potencia consumida	Utilización
Iluminación exterior		
Luces de posición	2 x 5 W	<i>Función:</i> iluminación mínima delantera del vehículo.  <i>Utilización:</i> uso en caso de disminución de la luminosidad con el fin de señalar la presencia del vehículo a otros conductores.
Luces de carretera y de cruce	2 x 60 W (carretera)	<i>Función:</i> iluminación principal delantera del vehículo para la conducción nocturna.
	2 x 55 W (cruce)	<i>Utilización:</i> uso continuado por la noche y excepcionalmente de día (aparcamientos subterráneos, túneles...). Las luces de carretera y de cruce nunca se usan simultáneamente.  <i>Observación:</i> según modelos, los faros pueden estar equipados con una única bombilla de dos filamentos (ej. bombilla H4) o con dos bombillas de un filamento (ej. bombilla H7). También es posible utilizar dos bombillas de xenón de bajo consumo (típicamente 35 W).
Luces traseras (luces de posición y luces de frenado)	2 x 21 W (posición)	<i>Función:</i> señalización trasera del vehículo a otros conductores.
	1 ó 2 x 5 W (frenado)	<i>Utilización:</i> uso de las luces de posición de forma continuada por la noche y excepcionalmente de día (aparcamientos subterráneos, túneles...). Las luces de freno sólo se encienden en los momentos de frenado.
Luz de frenado suplementaria (3ª luz de freno)	5 W	<i>Función:</i> señalización trasera del vehículo a otros conductores.  <i>Utilización:</i> esta luz sólo se enciende en caso de frenado. Está situada en general en la parte superior de la luna trasera del vehículo.

Nombre	Potencia consumida	Utilización
Luz de marcha atrás	2 x 21 W	<p><i>Función:</i> señalización trasera del vehículo a otros conductores en caso de circulación en marcha atrás.</p> <p><i>Utilización:</i> empleo en caso de circulación en marcha atrás del vehículo (sea cual sea la luminosidad exterior).</p>
Antiniebla	2 x 55 W (delantera) 2 x 21 W (trasera)	<p><i>Función:</i> iluminación del vehículo para la conducción con niebla.</p> <p><i>Utilización:</i> uso continuado con niebla.</p>
Intermitentes (indicadores de dirección)	2 x 21 W (para 1 intermitente delantero + 1 trasero)	<p><i>Función:</i> advertir al resto de conductores en caso de cambio de dirección del vehículo o señalización excepcional de la posición del mismo (función "warning").</p> <p><i>Utilización:</i> uso puntual en caso de cambio de dirección del vehículo (encendido de los intermitentes delantero, trasero y lateral de un único lado del vehículo). Con la función "warning", todos los intermitentes se activan de forma simultánea.</p>
Iluminación de la placa de matrícula	5 W	<p><i>Función:</i> iluminación de la placa de matrícula trasera del vehículo.</p> <p><i>Utilización:</i> uso continuado durante la noche.</p>
<b>Iluminación interior</b>		
Luz interior	1 ó 2 x 5 W	<p><i>Función:</i> iluminación del habitáculo.</p> <p><i>Utilización:</i> las luces interiores están compuestas como mínimo por una luz central trasera y una luz central delantera que se encienden cuando lo desea el usuario o de forma automática cuando se abren las puertas, por ejemplo.</p>
Luz del maletero	5 W	<p><i>Función:</i> iluminación del interior del maletero.</p> <p><i>Utilización:</i> se encienden cuando se abre el maletero.</p>
Salpicadero	≈ 5 W (retroiluminación clásica) 7 a 12 W (salpicadero TFT)	<p><i>Función:</i> iluminación del salpicadero.</p> <p><i>Observación:</i> los salpicaderos de algunos modelos están equipados con pantallas TFT, las cuales están encendidas tanto de día como de noche. Su consumo es superior al de los sistemas de retroiluminación clásicos.</p> <p><i>Utilización:</i> encendido nocturno (retroiluminación clásica) o continuo (pantallas TFT).</p>

### 2.6.2. Otros equipos auxiliares

#### Indicadores y testigos

Los testigos luminosos del salpicadero indican al conductor:

- El funcionamiento de ciertos elementos auxiliares (ej. luces encendidas, freno de mano echado, etc.).
- Los fallos de funcionamiento del vehículo (ej. fallo en el ABS, puerta abierta, etc.).

El número de indicadores varía según el tipo de vehículo, y no se encienden simultáneamente. En un salpicadero clásico (sin pantalla TFT), el consumo asociado a cada LED es de en torno a 0,25 W. Por ello, es razonable estimar la potencia total necesaria en unos 2 W para el conjunto de testigos e indicadores del salpicadero.

#### Ordenador de a bordo

El consumo eléctrico de un ordenador de a bordo no es el mismo en un vehículo eléctrico que en uno de gasolina ya que los periféricos que hay que controlar no son los mismos. Es necesario llevar a cabo un estudio más en profundidad sobre este tema.

#### GPS

Algunos vehículos vienen equipados de serie con un GPS. Según el modelo y el tamaño de la pantalla, el consumo eléctrico está comprendido entre 5 y 7 W.

#### Bocina eléctrica

La bocina eléctrica, también llamada claxon, es un dispositivo de uso obligado por el código de circulación. Útil en caso de peligro para dar a conocer su posición a los individuos de alrededor. Una bocina clásica está compuesta por un interruptor y un altavoz dirigido al exterior. Su potencia eléctrica de alimentación es del orden de 80 W a 100 W.

#### Regulador / Limitador de velocidad

En los vehículos eléctricos, al contrario que en los vehículos de gasolina, la regulación de velocidad está integrada en el sistema de control del vehículo.

#### Limpiaparabrisas

Los limpiaparabrisas son indispensables para la conducción con lluvia. Requieren dos circuitos de control (uno delantero y otro trasero) y dos motores para accionar las escobillas.

#### Elevalunas eléctricos

El accionamiento eléctrico de las lunas se ha convertido en un dispositivo común para la mayor parte de los vehículos. De esta forma, cada ventanilla está equipada con un motor que permite subirla o bajarla empleando un circuito de control.

## **Airbag**

Los airbags se utilizan para proteger a los pasajeros en caso de colisión y así evitar que se golpeen de forma violenta contra elementos del habitáculo del coche. Cada airbag se compone de un acelerómetro que dispara el mecanismo de hinchado del cojín inflable a partir de un determinado umbral, calculado mediante pruebas de choque. Lo más frecuente es que este mecanismo esté formado por una bombona de gas que se descomprime brutalmente dentro de una bolsa inflable.

## **Dirección asistida**

La dirección asistida es un sistema que ha pasado a ser indispensable debido al aumento de la velocidad de los vehículos. Se trata de un dispositivo de ayuda al control de la dirección del vehículo. El volante es el elemento de control que acciona un motor eléctrico que acciona a su vez la columna de dirección de las ruedas delanteras.

## **Autorradio**

El consumo máximo típico de una autorradio es de 4 x 45 W. Este valor varía mucho en función del material instalado en el vehículo.

## **Sensores**

Los vehículos actuales están equipados con un gran número de sensores que envían al conductor información sobre la velocidad del vehículo, el nivel de la batería, el correcto cierre de las puertas, cinturones de seguridad abrochados, presión de los neumáticos... Una red de comunicaciones, basada en el protocolo CAN, permite recuperar el conjunto de informaciones enviadas por los sensores.

## **Los elementos siguientes también forman parte de los equipos auxiliares:**

- Mecanismo de deshielo de la luneta trasera.
- Encendedor.
- Bloqueo automático de puertas.
- Retrovisores eléctricos.
- Freno de mano eléctrico.
- Asistencia al aparcamiento, sensor de distancia de marcha atrás.
- Etc.

Es muy difícil conocer con precisión el consumo del conjunto de equipos auxiliares ya que va a depender demasiado del equipamiento del coche y de su modo de uso (trayecto nocturno, presencia de niebla...). Además, hasta ahora, la tendencia consistía en ofrecer siempre el máximo confort al usuario sin preocuparse por el consumo eléctrico de los equipos auxiliares, para los cuales es difícil, finalmente, obtener datos fiables de consumo. Para lograr diseñar un coche más ecológico se necesita repensar el conjunto de equipos para que consuman menos energía y sean más ligeros. Se ha realizado en ese sentido un importante esfuerzo por parte de los diseñadores de la iluminación del automóvil, pero aún queda trabajo por hacer para los demás elementos auxiliares.

## 2.7. SEGURIDAD EN LOS DISPOSITIVOS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

La seguridad es el elemento más importante para cualquier dispositivo o equipo técnico. A fin de lograr un funcionamiento fiable y seguro de un vehículo eléctrico se deben satisfacer las necesidades de seguridad tanto eléctricas como mecánicas de cada uno de los dispositivos que lo componen, alcanzando así los requerimientos y regulaciones de seguridad para todo el vehículo.

### 2.7.1. Seguridad eléctrica

La seguridad eléctrica no se consigue aplicando únicamente los estándares establecidos para cada componente. Para poder evaluar la seguridad en un vehículo eléctrico, todo el sistema eléctrico, incluyendo la generación, distribución, almacenamiento y carga, ha de ser definido, evaluado y armonizado.

#### 2.7.1.1. Seguridad frente a descargas eléctricas

Los requerimientos de seguridad eléctrica para vehículos traccionados por energía eléctrica aparecen recogidos en los siguientes estándares (Tabla 18), donde entre otros aspectos se mencionan la protección funcional del dispositivo, la protección ante fallos del dispositivo y la protección del usuario.

*Tabla 18. Estándares de la ISO 6469.*

ISO6469-1:2001	Electric road vehicles – Safety specifications – Part 1: On-board electrical energy storage
ISO6469-2:2001	Electric road vehicles – Safety specifications – Part 2: Functional safety and protection against failures
ISO6469-3:2001	Electric road vehicles – Safety specifications – Part 3: Protection of persons against electric hazards

Estos tres estándares de la ISO 6469 corresponden a los estándares europeos **EN1987-1: 1997**, **DIN-EN1987-2** y **DIN-EN1987-3** respectivamente.

#### 2.7.1.2. Compatibilidad electromagnética (EMC)

Los estándares internacionales que se aplican para testear la compatibilidad electromagnética en los vehículos de combustión interna también son aplicables en los vehículos eléctricos.

Las distorsiones causadas por los campos electromagnéticos ocurren por:

- Contacto directo con antenas de dispositivos de comunicaciones.
- Efecto directo de la radiación electromagnética causada por las corrientes y tensiones inducidas.

Dentro de un inversor eléctrico se concentra gran cantidad de potencia conmutando a altas frecuencias que implican un reto añadido a la hora de superar estos test.

### 2.7.1.3. Medidas protectoras contra campos electromagnéticos

Se pueden tomar varias medidas para proteger los equipos frente a emisiones electromagnéticas. En esta protección no se hacen distinciones entre las interferencias generadas artificialmente, las externas o las internas.

La protección debe considerarse durante la fase de diseño. Para lograr la EMC, es necesario analizar todos los equipos, determinando sus valores característicos.

Algunas de las acciones determinantes para proteger nuestros equipos son:

- Selección apropiada de componentes para reducir y en algún caso suprimir del todo el efecto de las emisiones electromagnéticas.
- Optimizar el layout al máximo para evitar que se formen “antenas” parásitas.
- Dimensionar adecuadamente los filtros de la fuentes de alimentación para reducir significativamente el efecto de las interferencias, armónicos y fluctuaciones.
- Evitar acoplamiento con una buena disposición del cableado de potencia.
- Realizar conexiones a tierra, en el caso del vehículo, al chasis.
- Apantallar los dispositivos electrónicos así como el cableado de potencia.

### 2.7.2. Estándares en los dispositivos de vehículos eléctricos

Para poder gestionar la creciente complejidad técnica de los dispositivos que nos rodean, y para asegurar unos niveles altos de seguridad y calidad en los nuevos productos, la estandarización es absolutamente necesaria.

Tal y como se ha mostrado en los apartados 2.7.1.1 y 2.7.1.2 existen multitud de estándares y normativas referentes a la seguridad eléctrica y protección frente a EMC en los vehículos eléctricos.

En el apartado que nos ocupa, se muestran los estándares más relevantes referentes a las máquinas eléctricas y los inversores, así como los estándares del vehículo eléctrico aplicables a estos dos componentes.

#### 2.7.2.1. Estándares internacionales para los vehículos eléctricos

Los estándares internacionales son publicados por organizaciones como ISO (para estandarizaciones generales) y IEC (para estandarización electrotécnica) (Tabla 19). Dentro de estos dos organismos, los vehículos eléctricos están siendo tratados por los comités técnicos **ISO TC22 SC21** y **IEC TC69**. A nivel europeo los estándares están siendo preparados por los comités CEN y CENELEC.

**Tabla 19. Estándares IEC para vehículos eléctricos.**

IEC/TR60783	Wiring and connectors for electric road vehicles
IEC/TR60784	Instrumentation for electric road vehicles
IEC/TR60785	Rotating machines for electric road vehicles
IEC/TR60786	Controllers for electric road vehicles

Estos cuatro informes técnicos (Tabla 19) fueron publicados en 1984 y no han sido revisados desde entonces. Contienen especificaciones sobre seguridad que actualmente cubre la ISO 6469.

Actualmente el comité IEC TC69 está trabajando exhaustivamente para la estandarización del vehículo eléctrico, sobre todo en lo referente al grupo de potencia o *powertrain*.

Los estándares de la Tabla 20 han sido preparados por el comité ISO TC22 SC21 para permitir mediciones en vehículos eléctricos.

**Tabla 20. Estándares ISO para vehículos eléctricos.**

ISO8714	Electric road vehicles – Road operating ability
ISO8715	Electric road vehicles – Energy consumption and range

### 2.7.2.2. Estándares internacionales en máquinas eléctricas

Los estándares de la serie IEC60349 (Tabla 21) están direccionados a tracción ferroviaria y se han utilizado muy poco para vehículos de carretera, ya que los test que deben realizarse son muy caros para la producción en masa. Además, no existe tradición de estándares para motores en el mundo de la automoción.

**Tabla 21. Estándares internacionales para máquinas eléctricas de tracción.**

IEC60349-1:1999	Electric traction. Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 1: Machines other than electronic converter-fed alternating current motors.
IEC60349-2:1999	Electric traction. Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 2: electronic converter-fed alternating current motors.
IEC60349-3:1999	Electric traction. Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 3: Determination of the total losses of converter-fed alternating current motors by summation of the component losses.

Los estándares de la serie IEC60349 están direccionados a tracción ferroviaria y se han utilizado muy poco para vehículos de carretera, ya que los test que deben realizarse son muy caros para la producción en masa. Además, no existe tradición de estándares para motores en el mundo de la automoción.

### 2.7.2.3. Estándares en EMC

Las medidas mencionadas en el apartado 2.7.2.3 deberán hacer cumplir los siguientes estándares para automoción en general (Tabla 22).

**Tabla 22. Estándares de la ISO 1145.**

ISO 1145: 2004(E)	Road vehicles – Electrical Disturbances by Narrowband Radiated Electromagnetic Energy – Vehicle Test Method
ISO 1145.1: 2004(E): Part 1:	General and Definitions
ISO 1145.1: 2004(E): Part 2:	Off Vehicle Radiation Source
ISO 1145.1: 2004(E): Part 3:	On Board Transmitter Simulation

Dentro de la comunidad europea se han de tener en cuenta la directiva respecto a la protección de los vehículos frente a las emisiones electromagnéticas: **95/54/EC**.

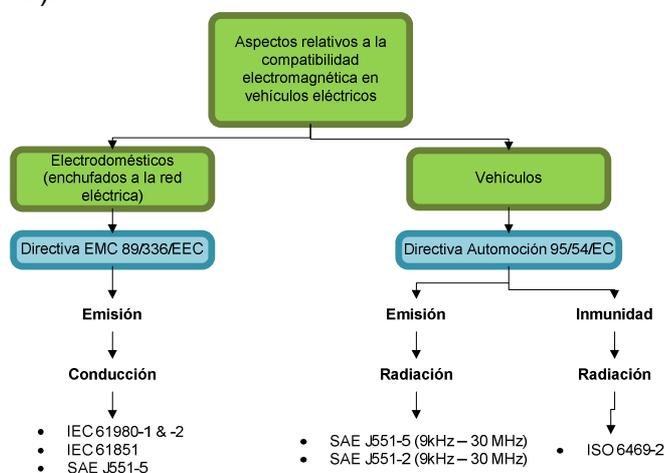
Además, la EMC es mencionada en los siguientes estándares de automoción:  
**IEC61851** y **ISO 6469-2**.

Otros documentos de gran interés relativos a la EMC para dispositivos electrónicos son (Tabla 23):

**Tabla 23. Estándares relativos a la EMC para dispositivos electrónicos.**

CISPR12: 2001	Vehicles, boats and internal combustion engine drive devices – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of receivers except those installed in the vehicle/boat/device itself or in adjacent vehicles/boats/devices.
CISPR16-1: 1999	Specification of radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measurement apparatus.
CISPR16-2: 1996 + A1:1999	Specification of radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2: Methods of measurement of disturbances and immunity .
CISPR16-3: 1999	Specification of radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: Reports and recommendations of CISPR
CISPR22: 1997	Information technology equipment – radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement

Finalmente se muestran los estándares específicos que deben cumplir los vehículos eléctricos (Figura 117):



*Figura 117. Estándares EMC para vehículos eléctricos.*

### 3. UTILIZACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

La utilización de las energías renovables supone una apuesta importante para el desarrollo de vehículos más limpios. Este capítulo presenta algunos ejemplos existentes.

#### 3.1. EL COCHE SOLAR

Por definición, un coche solar es un coche eléctrico que recarga sus baterías parcial o totalmente gracias a la energía solar. Tiene las ventajas de no emitir ningún gas ni partículas nocivas y de tener un bajo coste de funcionamiento ya que no necesita ningún carburante. Hay que destacar también que los paneles solares presentan la ventaja de ser utilizables ininterrumpidamente, esté el coche parado o en funcionamiento. Por el contrario, los vehículos solares están en general limitados por su baja autonomía y su elevado precio.

Desde hace casi 30 años, los inventores rivalizan en ingenio para diseñar vehículos solares con mejores prestaciones. Algunos vehículos experimentales que emplean únicamente la energía del sol se enfrentan todos los años en carreras de automóviles como la *World Solar Challenge*, prueba de 3 021 km a través de Australia central, entre las ciudades de Darwin y Adelaide. La competición reúne a equipos provenientes de numerosos países de todo el mundo, y la mayor parte de dichos equipos está ligada a universidades o empresas afiliadas a escuelas superiores. El objetivo de esta competición es impulsar la investigación en coches eléctricos y, de manera general, promover el uso de las energías renovables.



*Figura 118 Coche solar Nuna 3 participando en el World Solar Challenge (velocidad media 90 km/h, 6 m<sup>2</sup> de células solares).*

A largo plazo, la idea buscada es incitar a los participantes a diseñar coches solares que se parezcan cada vez más a los vehículos tradicionales en cuanto a prestaciones, seguridad y comodidad. Por el momento, estos vehículos se aproximan más a la ciencia ficción que a un coche familiar.

Sin embargo, el coche eléctrico podría hacer aparición en nuestras carreteras un día no muy lejano tanto en forma de prototipo como en series muy limitadas. A modo de ejemplo, el fabricante Venturi, ubicado en Mónaco, propone uno de los primeros vehículos comerciales con energías renovables: el Eclectic. Este vehículo está equipado con baterías que se recargan de forma autónoma gracias a las energías renovables (solar o eólica) o, en caso de necesidad, gracias a la electricidad proporcionada por la red. Las características de este vehículo aparecen en la ficha siguiente.



### Venturi – Eclectic concept

Tipo	Vehículo 3 plazas electro-solar.
Motor	Tipo: asíncrono
	Potencia: 16 kWp
	Régimen máx: 3 500 rev/min
	Par: 50 Nm
Reductor	Relación: 1/10
	Módulos NIV-7 (Níquel Metal Hidruro) 72V 100 Ah
Baterías	Energía embarcada: 7 kWh
	Peso: 108 kg
	Refrigeración líquida
Carga	Vida útil de las baterías: 2 500 ciclos (>a 10 años)
	Recarga completa en 5h con cargador embarcado (1,5 kW) conectado a la toma estándar de 16A
	2.5 m <sup>2</sup> de células fotovoltaicas (rendimiento 14%)
	Potencia: 330 W
Techo solar	Aportación solar media: 7 km/día
Peso sin carga	350 kg
Prestaciones	Autonomía de las baterías: 50 km
	Velocidad: 50 km/h (refrenado electrónicamente)



[www.venturi.fr](http://www.venturi.fr)

A pesar del importante esfuerzo de innovación realizado, el vehículo propuesto por Venturi queda muy alejado de los vehículos actuales en términos de prestaciones y comodidad como para conocer un éxito comercial inmediato.

La tendencia actual consiste en la incorporación de paneles fotovoltaicos a los vehículos híbridos. Sirvan como ejemplo las versiones del Toyota Prius entre 2004 y 2009, vehículo híbrido equipado opcionalmente con un techo solar. Ese techo de 2,5 m<sup>2</sup>, fabricado por la empresa americana SEV (Solar Electrical Vehicles, especializada en la instalación de techos solares en vehículos híbridos), es de silicio monocristalino y permite, según el fabricante, generar una potencia del orden de 215 Wp. La electricidad producida por el techo se almacena en una batería suplementaria de 3 kW y permite, dependiendo de las condiciones climatológicas y de conducción, un ahorro de combustible de hasta un 29 %. Según el fabricante, los techos solares, cuyo precio oscila entre los 1 500 € y los 2 000 €, se amortizarían en 3 años.



Figura 119. Toyota Prius equipado con techo solar SEV.



Figura 120. Paneles solares Kyocera instalados en un Toyota Prius

Además, desde 2009, Toyota ha firmado un acuerdo con la empresa Kyocera Corp (Japón) para el suministro de techos solares (superficie de  $0,8 \text{ m}^2$ ) formados por células de silicio policristalino con un rendimiento del 16,5%. La potencia máxima suministrada es de 56 W y alimenta el sistema de ventilación y climatización. El precio de este sistema es del orden de 2 000 €.

Así pues, la tecnología solar interesa cada vez más a los fabricantes, aunque todavía sea de forma puntual. El aumento de las prestaciones de las células unido a la disminución de su precio llevará, probablemente, a su uso generalizado en el futuro.

### 3.2. INTEGRACIÓN DE AEROGENERADORES EN LOS VEHÍCULOS

Un coche con aerogenerador es un vehículo eléctrico que emplea la energía del viento para recargar parcial o totalmente sus baterías. El aerogenerador sólo puede ser usado con el vehículo parado, ya que su utilización con el vehículo en marcha originaría un sobreconsumo.

Los principales frenos al empleo de los aerogeneradores son la dificultad de integración en los vehículos así como las restricciones asociadas a su uso. Aunque ciertas empresas como Venturi (ver capítulo anterior) intentan usar aerogeneradores, su empleo es anecdótico y los aerogeneradores sólo se emplean en vehículos prototipo. Es posible citar, por ejemplo, el proyecto *Icare*, cuyo objetivo es dar la vuelta al mundo (40 000 km) con un coche "aero-solar". Esta vuelta al mundo, iniciada en mayo de 2010, tiene como objetivo presentar y popularizar iniciativas interesantes en materia de desarrollo sostenible, e insistir más particularmente en los mecanismos de reducción del  $\text{CO}_2$ . Sin embargo, la producción eléctrica solar en este vehículo es 20 veces superior a la producción del aerogenerador.



Figura 121. Coche aero-solar del proyecto "Icare".

### 3.3. EMPLEO DE OTRAS FUENTES DE ENERGÍA

El aumento del precio del petróleo y la necesidad de desarrollar tecnologías más respetuosas con el medio ambiente están llevando a los fabricantes a identificar todas las pérdidas de energía de un vehículo y a encontrar soluciones para recuperar la energía perdida.

#### 3.3.1. Amortiguadores con recuperación de energía

La recuperación de energía cinética en las fases de frenado y la recuperación de energía potencial en las bajadas, difícilmente realizable en vehículos de gasolina, se puede lograr de forma natural en el vehículo eléctrico mediante el uso de convertidores bidireccionales.

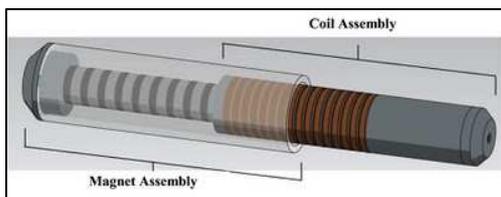


Figura 122. Amortiguador con recuperación de energía. Universidad de Nueva York.

interior de una bobina de cobre. La variación del campo magnético permite convertir las vibraciones del amortiguador en corriente eléctrica para recargar la batería. Un prototipo realizado a escala 0,5 ha permitido demostrar que, en el caso de un vehículo real, la potencia recuperable sería del orden de

Otra tecnología prometedora es la relativa a la recuperación de energía a partir de la absorción de las irregularidades de la carretera. A modo de ejemplo, investigadores de la Universidad de Nueva York han puesto a punto un amortiguador capaz de recuperar la energía, formado por un tubo magnético que se desliza por el



Figura 123. Amortiguador recuperador de energía (hidráulico) comercializado por la empresa LevantPower (EE. UU.).

250 W para una velocidad de 70 km/h. Este valor, por supuesto, depende mucho del trayecto recorrido.

Otras tecnologías de amortiguadores con recuperación de energía ya existen, como por ejemplo, los sistemas hidráulicos. Algunos de estos sistemas ya se comercializan y pueden ser instalados en los vehículos actuales.

### *3.3.2. Empleo de materiales piezoeléctricos*

Los materiales piezoeléctricos tienen la capacidad de transformar la energía mecánica que reciben en señal eléctrica. La piezoelectricidad es un fenómeno ampliamente empleado hoy en día y que es objeto de numerosas investigaciones, particularmente desde la óptica de la producción de energía a menor coste y sin polución.

Es posible recuperar a gran escala la fuerza del peso mediante transductores piezoeléctricos que transforman en energía eléctrica el paso de personas o vehículos. Esta técnica ya ha sido probada en aparcamientos y en estaciones de metro. A escala más pequeña, se pueden realizar hilos piezoeléctricos capaces de generar energía a partir de una simple fricción. Hay estudios en curso para la utilización de dichos hilos en el tejido de la ropa, y también en zapatos y en neumáticos. Sin embargo, el uso de estos materiales piezoeléctricos es por el momento anecdótico ya que la producción de este tipo de materiales es costosa en comparación con la energía que generan. Seguramente, los fabricantes de automóviles sabrán cómo aprovechar esta tecnología para recuperar la energía de los vehículos.

### *3.3.3. Recuperación del calor perdido*

En los vehículos tradicionales de gasolina, la pérdida de energía en forma de calor es considerable. Algunos fabricantes, como BMW, han desarrollado sistemas de recuperación del calor. El sistema desarrollado por BMW en 2005, el "Turbosteamer", permite recuperar el calor de los gases de escape. Este sistema es extremadamente complejo y su entrada en el mercado no se espera antes de 2015.

Las tecnologías de recuperación de calor son difíciles de aplicar en un vehículo ya que el calor se pierde por diferentes lugares y las temperaturas son muy diferentes.

## **3.4. CONCLUSIONES**

El estudio presentado en este informe demuestra que es difícil evaluar el consumo total del conjunto de equipos auxiliares de un vehículo. En efecto, por una parte los fabricantes no siempre especifican las características eléctricas de los equipos y por otra, su consumo real depende mucho del modo de utilización del vehículo.

Las observaciones siguientes deben tenerse en cuenta para el trabajo futuro:

- El consumo de los equipos auxiliares es bajo comparado con el consumo del motor principal. Es por ello que, excepto para la iluminación, se han realizado pocos trabajos orientados a la optimización de los equipos auxiliares desde los puntos de vista energético y de su huella medioambiental.
- En lo concerniente al uso de energías renovables, el empleo de energía solar está en un nivel de desarrollo casi industrial. Los demás sistemas

(aerogenerador, materiales piezoeléctricos, etc.) están en un estado inferior pero tendente a desarrollarse debido a la cada vez más fuerte necesidad de ahorro de energía.

- Según la utilización del vehículo, la duración del trayecto e incluso las condiciones de circulación, la alimentación de los equipos auxiliares mediante energías renovables será o no suficiente. Es por tanto ilusorio pensar que, por ejemplo, con el estado actual de conocimiento, las energías renovables puedan alimentar a los equipos auxiliares de un vehículo que circule varias horas de noche o con niebla. En esos casos, es necesario alimentar los equipos auxiliares mediante baterías.

A partir de estas constataciones, se propone el esquema siguiente:

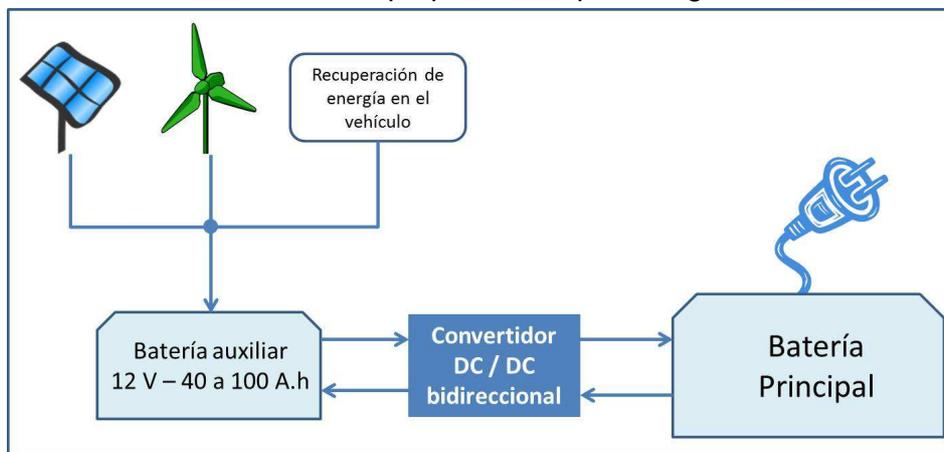


Figura 124. Esquema de alimentación de los equipos auxiliares mediante energías renovables

El sistema propuesto tiene las siguientes funciones:

- La batería auxiliar permite alimentar los equipos auxiliares de un vehículo. Cuando esta batería está vacía, la energía necesaria para el funcionamiento de los equipos auxiliares se toma directamente de la batería principal.
- La batería auxiliar está alimentada por un sistema basado en energías renovables. Cuando está llena, las energías renovables permiten cargar también la batería principal a través del convertidor.
- Cuando la batería principal está conectada a la red eléctrica para su recarga, se prevé también la carga de la batería auxiliar (si fuese necesario) hasta un nivel de carga mínimo que hay que determinar.

Por último, el estudio muestra que es posible utilizar energías renovables y que existen algunos sistemas comerciales. Por el contrario, quedan en el aire numerosas preguntas relativas al consumo de los equipos auxiliares y por ello es necesario un esfuerzo importante para reducir su consumo eléctrico. ¿Cuál es el consumo de los equipos auxiliares? ¿Cómo varía según los trayectos y los usuarios? ¿Se puede aceptar menos comodidad para el usuario a cambio de reducir el consumo? Se espera el proyecto Green-Car Eco-Design arroje respuestas útiles para el conjunto de la sociedad.

### 3.4.1. Bibliografía

#### Publicaciones:

- Amortiguador recuperador de energía: "A New Type of Eddy Current Damper with Increased Energy Density," Lei Zuo, Xiaoming Chen, Samir Nayfeh, ASME Journal of Vibration and Acoustics, April 2011
- "Design and Characterization of an Electromagnetic Energy Harvester for Vehicle Suspensions," Lei Zuo, Brian Scully, Jurgen Shestani, and Yu Zhou, Smart Materials and Structures, Vol 19 n4, 2010. (Highlighted as a feature story at the PhysOrg on March 17th 2010)
- Trabajos de investigación sobre cerámicas termomecánicas y piezoeléctricas: Laboratoire des Matériaux et Procédés (LMP), Universidad de Valenciennes, Francia, <http://www.univ-valenciennes.fr/LMP/>

#### Páginas web:

- Historia del vehículo eléctrico: [www.voitureelectrique.net](http://www.voitureelectrique.net), [www.voiture-electrique-populaire.fr](http://www.voiture-electrique-populaire.fr), [www.wikipedia](http://fr.wikipedia.org/wiki/Voiture_%C3%A9lectrique) ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Voiture\\_%C3%A9lectrique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Voiture_%C3%A9lectrique)).
- Carrera de automóviles World Solar Challenge: <http://www.worldsolarchallenge.org/>.
- Nuon Solar Team, diseñadores de coches solares: <http://www.nuonsolarteam.nl/>.
- Proyecto ICARE: <http://www.projet-icare.ch/>

#### Páginas web de fabricantes:

- [www.venturi.fr](http://www.venturi.fr): fabricante de automóviles creador del Eclectic.
- Toyota: <http://www.toyota-global.com/innovation/>
- Amortiguador regenerativo Levant Power: [www.levantpower.com](http://www.levantpower.com).
- BMW TurboSteamer: página web del grupo [www.bmwgroup.com](http://www.bmwgroup.com), sección investigación y desarrollo / scienceclub, artículo del 02/02/2006.
- General Motors: [www.gm.com](http://www.gm.com). Publicación 2008-01-0458 The electrification of the automobile: from conventional hybrid, to plug-in hybrid, to extended range electric vehicles.

#### Patentes

##### Alimentación de vehículos mediante energía solar:

- US2010018785, Electric charging roof on an automobile, Toyota Eng & MFG North America, 2010-01-28.
- US2010300096, Systems and method for producing mechanical energy, Toyota Motor engineering and MFG north America, 2010-12-02.
- JP2010268576, Power supply distribution control apparatus, Toyota motor corp., 2010-11-25.

##### Sistemas de amortiguadores recuperadores de energía:

- WO20110116843, Hydraulic Energy Transfer, Levant Power Corporation, 2011-02-10.

- US2010281858, Regenerative suspension with accumulator systems and methods, Physics Lab of Lake Havasu (USA), 2010-11-11.
- US2010207309, Regenerative damping apparatus for vehicle, Park Kyu Shik, 2010-08-19.
- CN101749353, Electrohydraulic energy-regenerative type shock absorber, 2010-06-23.
- WO2009129363, Regenerative shock absorber, Levant Power Corporation, 2009-10-22.
- GB2465423, Regenerative shock absorber comprising electromagnetic linear generator or mechanical movement converter, Shachar Harel, 2010-05-26.
- US2009229902, Regenerative suspension with accumulator systems and methods, Physics Lab of Lake Havasu (USA), 2009-09-17.
- JP2003156099, Regenerative shock absorber, Arvin Meritor Technology LLC, 2003-05-30.
- JP8048169, Auxiliary power generating device of electric car, Narita Toshio, 1996-02-20.

#### 4. REGULACIÓN INTERNACIONAL (ECE) PARA EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

---

En este apartado se aglutina la regulación referente al vehículo eléctrico para su aprobación como tipo o clase de vehículo y su integración en la legislación europea de tráfico.

La ECE (United Nations Economic Commission for Europe) es un organismo que se encarga de favorecer la cooperación económica entre los estados miembros, centrándose en el análisis económico, la energía sostenible, el comercio, el transporte, la industria y el desarrollo empresarial. Entre sus actividades se incluyen el desarrollo de regulaciones y estándares.

En el campo del transporte, la ECE ha establecido el reglamento técnico para el vehículo por carretera, su equipamiento y partes. En 1998 se estableció un nuevo acuerdo llamado "*Agreement concerning the establishing of global technical regulations for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and or be used on wheeled vehicles*". Dentro de este acuerdo se pueden identificar regulaciones que de forma explícita hacen referencia a los vehículos de propulsión eléctrica y más concretamente a su tren de potencia:

- ECE 13: *Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking:*

Esta regulación hace referencia a los sistemas de frenado, teniendo en cuenta dos tipos de frenado eléctrico regenerativo:

- "Categoría A": Frenado regenerativo que no es parte del servicio de frenado. Para vehículos ligeros (categorías M1 y N1), el frenado debe ser activado únicamente mediante el control de aceleración y/o el selector marcha en posición de Neutro.
- "Categoría B": Sistema de frenado regenerativo que es parte del servicio de frenado. Corresponde al control del frenado regenerativo a través del pedal de freno. En este caso, el sistema encargado del servicio de frenado debe encontrarse confinado en un único dispositivo, y no debe ser posible desconectar manualmente parte o el total del sistema de frenado.

La regulación ha sido expandida para incorporar tests funcionales a los sistemas de frenado regenerativo.

- **ECE 51:** *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles having at least four wheels with regard to their noise emissions.*

Esta regulación contiene una metodología para la medición de ruido emitido por vehículo de 4 ruedas o más. Concernientes al vehículo eléctrico:

- Las emisiones de ruido deben realizarse únicamente cuando el vehículo está en movimiento.
- La velocidad a la cual debe medirse el ruido es la máxima, o 50km/h, sea cual sea la más baja de las dos.

- **ECE 68:** *Uniform provisions concerning the approval of power-driven vehicles including pure electric vehicles with regard to the measurement of the maximum speed.*

Este documento concuerda con el estándar europeo **EN 1821** “Electrically propelled road vehicles – Measurement of road operating ability – Part 1: Pure electric vehicles”.

- **ECE 85:** *Uniform provisions concerning the approval of internal combustion engines or electric drive trains intended for the propulsion of motor vehicles of categories M and N with regard to the measurement of the net power and the maximum 30 minutes power of electric drive trains.*

Los trenes de potencia considerados en este apartado están compuestos por la máquina eléctrica y el inversor encargados de la tracción del vehículo.

La ECE 85 distingue dos niveles de potencia:

- La potencia de los “30 minutos”, definida como la potencia máxima que un tren de potencia eléctrico puede suministrar continuamente durante un periodo de 30 minutos o superior.
- La potencia nominal, la cual es definida como la potencia medida en el eje del la máquina en un banco de pruebas, con controlador trabajando en condiciones nominales y con un número de sistemas auxiliares también conectados, con medidas tomadas desde que el motor se encuentra parado hasta que alcanza su velocidad máxima.

La regulación ECE 85 testea la máquina y el controlador como único sistema. Esta es también la visión que tiene el comité **IEC TC69** para futuras normativas.

#### **4.1. DIRECTIVAS MEDIOAMBIENTALES SOBRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

En los últimos 10 años el volumen de transporte por carretera está constituyendo una mayor presión sobre el medio ambiente, especialmente por lo que al cambio climático y la pérdida de biodiversidad se refiere [22]. La unión Europea desde comienzos de la década de 1990 ha puesto en marcha normas progresivamente más estrictas en materia de emisiones de vehículos [22]. Estas normas en combinación con los avances tecnológicos han hecho que las emisiones a la atmosfera de gases nocivos disminuyan en gran medida. Aun así, los automóviles son responsables del 12% de las emisiones de gases de efecto invernadero y de parte significativa de las emisiones contaminantes [23]. Además, el número de vehículos que se dan de baja o llegan al final de su vida útil aumenta cada año y, se prevé que estas cifras aumenten. Un ejemplo de ello es que cada año en el mundo se generan alrededor de 30 millones de Vehículos Fuera de Uso (VFU), de los cuales, 14 millones se generan en Europa [24] y, se estima que para el año 2015 este número se incrementará hasta los 17 millones de VFU [25].

Las directivas de la Comisión Europea referidas al medio ambiente legislan las emisiones de gases de efecto invernadero, el uso de sustancias peligrosas en la fabricación del vehículo y sus componentes, el fin de vida (*end of life, EOL*) y la eficiencia energética de los motores. Muchas de estas directivas, hasta la fecha, afectan únicamente a los vehículos de motor de combustión de gasolina o de gasóleo.

Al incorporarse al mercado los VE será necesario modificar las directivas actuales para ajustarlas a la casuística del VE. A continuación se muestra un análisis de cómo puede verse afectado el VE por las directivas relativas a:

- Emisiones a la atmosfera
- Fin de Vida y uso de sustancias peligrosas
- Directiva sobre la eco-eficiencia de los motores

#### 4.1.1. Emisiones a la atmósfera

Las directivas recientes de la comisión Europea referidas a la contaminación atmosférica causada por los vehículos a motor, obligan a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> por su contribución al calentamiento global. El objetivo es reducir las emisiones CO<sub>2</sub> a 120 g de CO<sub>2</sub> por km a partir del 2005 en 2010 como muy tarde [26]. En concordancia con esta estrategia comunitaria el reglamento CE n 715/2007 introduce nuevas exigencias comunes relativas a las emisiones de los vehículos de motor y de sus recambios. Este reglamento también contempla una gama alta de emisiones contaminantes, como Monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no metanos e hidrocarburos totales, óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas (PM). El VE puro, tiene una emisión mínima, la cual está muy por debajo de lo marcado en las normas mencionada anteriormente. Sin embargo, se prevé que estas pueden pasar de calcularse únicamente en la fase de uso a considerar todo el ciclo de vida, desde la fase de producción hasta la fase de fin de vida, en este caso se contabilizaría el CO<sub>2</sub> creado por el uso de los materiales, procesos de producción, transporte y fin de vida. En el VE, las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen en gran parte del origen de la electricidad. Por ello se impulsaran políticas energéticas que apuesten por un mix con un porcentaje alto de energías renovables.

Desde 1999 los coches nuevos incluyen información acerca del consumo y de las emisiones CO<sub>2</sub> (Tabla 24). El objetivo es garantizar que la información pertinente y comparable sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos ofrecidos en venta o alquiler en la Unión Europea se ponga a disposición de los consumidores a fin de que puedan elegir con conocimiento de causa. Impulsando de ese modo a los fabricantes a hacer lo necesario para reducir el consumo de los automóviles.

**Tabla 24. Directiva y reglamento sobre emisiones CO<sub>2</sub>.**

1999/94/CE	Relativa a la información sobre el consumo de combustible y sobre las emisiones de CO <sub>2</sub> facilitada al consumidor al comercializar turismos nuevos.
2003/73/CE	Modifica el anexo III de la Directiva 1999/94/CE del parlamento Europeo y del Consejo
Reglamento (CE) n° 715/2007	Sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los...

#### 4.1.2. Fin de vida y uso de sustancias peligrosas

El Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil (VFU), define a estos como:

“los vehículos de motor con al menos cuatro ruedas, destinados al transporte de personas y que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo; los vehículos de motor con al menos cuatro ruedas, destinados al transporte de mercancías y que tengan una masa máxima no superior a 3,5 toneladas, y los vehículos de tres ruedas simétricas provistos de un motor de cilindrada superior a 50 centímetros cúbicos, si es de combustión interna, o diseñados y fabricados para no superar una velocidad de 45 km/h, con exclusión de los ciclomotores.”

En base a la definición de VFU expresada, se calcula que el parque nacional de vehículos en España a 31 de diciembre de 2007 tenía 26 453 648 unidades. Los turismos aportaban el grueso de vehículos con un total de 21 760 174 unidades [27], representando el 82,26%. Según el PNIR 2008-2015, en España en el año 2010 se generaron 849 131 t de residuos de VFU (Figura 125).

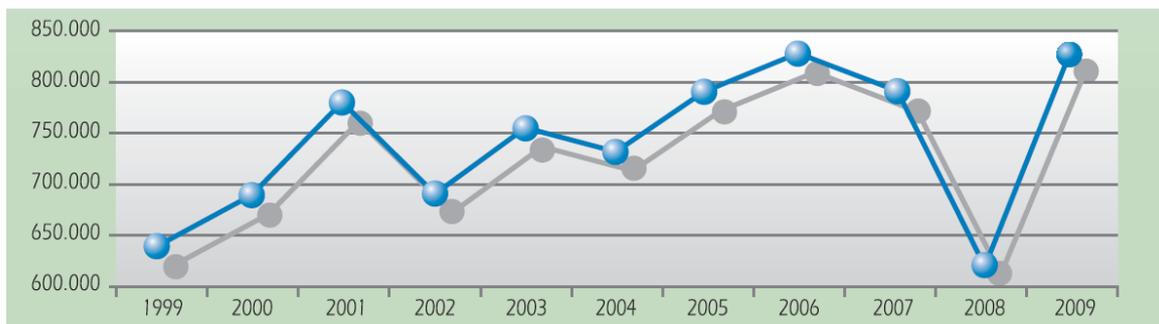


Figura 125. Evolución de bajas de turismo[28]

Con el fin de reducir el impacto medioambiental que pueden suponer todos estos vehículos al final de su vida útil, la directiva 2000/53/CE tienen como objetivo: prevenir los residuos procedentes de vehículos y adicionalmente favorecer la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización para reducir la eliminación de residuos-. Para ello sólo se pueden comercializar los vehículos si son reutilizables y/o reciclables en un mínimo de 85% en masa y reutilizables y/o valorizables en un mínimo del 95 % en masa (Tabla 25).

Tabla 25. Objetivos de la directiva 2000/53/CE.

Objetivo	Año 2006	Año 2015
Reutilización y reciclado[%en peso de VFU]	80%	85%
Valorización (incluye reutilización y reciclado) [% en peso de VFU]	85%	95%

La configuración de los vehículos eléctricos en comparación con los de combustión ha variado. Esta variación puede que limite o mejore el alcance de los objetivos marcados en la VFU. Por ellos habrá que analizar el fin de vida de los vehículos eléctricos y adaptarla en beneficio del medioambiente.

Según el Listado Europeo de Residuos (LER) el VFU generado es catalogado como residuo peligroso (RP) 160104 VEHÍCULO AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL. Por ello, se deben de retirar los elementos considerados peligrosos como líquidos y fluidos, además de otras sustancias y elementos que tengan la consideración de RP, como pueden ser: aceites hidráulicos, combustibles, líquidos de frenos, líquidos anticongelantes/refrigerantes, filtros, baterías, y otros elementos o componentes.

Además, ciertas sustancias peligrosas como el plomo, mercurio, cadmio. Están limitadas en su uso.

Tal como se ha comentado anteriormente, en el sector de la automoción se genera gran cantidad de residuos. Por ellos, se ha puesto en marcha el Plan Nacional integrado de residuos 2008-2015, el cual sirve de guía para el desarrollo de políticas específicas que mejore la gestión de los residuos, disminuyendo su generación impulsando su correcto tratamiento en coordinación con las comunidades autónomas y entes locales. Los objetivos y medidas incluidas en este Plan tienen, en muchos casos, carácter estratégico y pretenden servir de guía para el desarrollo de políticas específicas de gestión destinadas a cambiar la gestión de los residuos en España. En este plan lo apartados vehículos fuera de uso (PNVFU) y descontaminación y eliminación de PCB PTC y de aparatos que lo contengan son las que impactan directamente en el vehículo eléctrico (Tabla 26).

**Tabla 26. Directivas sobre fin de vida de los vehículos y sustancias peligrosas.**

2000/53/CE	Vehículos Fuera de Uso (VFU)
Decisión 02 de la comisión de 27 de febrero 2003	Se establecen las normas de codificación de los componentes y materiales para vehículos en aplicación de la directiva 2000/53/CE relativa a la homologación de tipo de los vehículos de motor en lo que concierne a su aptitud para la reutilización, el reciclado y la valorización y por la que se modifica la Directiva 70/156/CEE del Consejo
2005/64/CE	Restricción de uso de ciertas sustancias Peligrosas en los Aparatos eléctrico electrónicos (RoHS)
2002/95/EC	Decisión de la comisión de 18 de agosto de 2005
96/59/CE	Eliminación de los Policlorobifenilos de los policloroterfenilos(PCB/PCT)

#### 4.1.3. Directivas sobre eco-eficiencia en los motores eléctricos

Durante el ciclo de vida de un motor eléctrico, la fase de uso es la de mayor impacto medioambiental. La cantidad anual de energía consumida por los motores eléctricos en su fase de uso asciende a 1 067 TW correspondiente a 427 Mt de CO<sub>2</sub> en 2005. En ausencia de medidas que limiten este consumo, se estima que este incremente a 1 252 TWh en 2020. Con medidas reguladoras como la directiva 2005/32/EC este consumo puede ser reducido llegando a ahorrar alrededor de 5 500 PJ de energía y 135 TWh de electricidad para 2020 comparando con un la situación donde no se hayan tomado medidas reguladoras [29].

**Tabla 27. Directiva sobre productos que usan energía.**

2005/32/EC	Ecodesign requirements for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC and Directives 96/57/EC and 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council
------------	--

## 4.2. EVALUACIÓN DE LA MEJORA AMBIENTAL. NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES

Aunque todavía existen muchas incertidumbres sobre el VE, la ventaja energética y medioambiental que ofrece es clara, por ellos desde los distintos agentes se está impulsando el desarrollo y la entrada en el mercado de vehículos “limpios “ y energéticamente más eficientes, entre ellos el VE. La comisión ha aprobado la directiva 2009/33/CE (Tabla 28), sobre la promoción de vehículos limpios de transporte por carretera mediante la contratación pública, con el objetivo de impulsar la compra y uso de vehículos limpios y energéticamente más eficientes. Las pautas a seguir para la justificación del impacto medioambiental no están definidas en la propia norma. Posibles vías para la justificación del impacto ambiental del vehículo, reconocidas a nivel Europeo son el ACV, el uso de eco etiquetas o la obtención de normas como la Norma certificable UNE 150.301 sobre “Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Ecodiseño” aprobada en 1 de junio de 2003, la cual se traspone en breve en Norma ISO 14006, que pretende guiar a las empresas en la implantación de la metodología de eco diseño en sus productos y/o servicios y premiar a aquellas empresas que lo hagan bien [30].

*Tabla 28. Directivas y normas sobre mejora ambiental.*

2009/33/CE	Relativa a la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes
ISO 14006	Environmental management systems -- Guidelines for incorporating ecodesign
UNE 150.301	Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Ecodiseño

Por otra parte las eco etiquetas ayudan a Identificar aquellos productos o servicios cuyos efectos medioambientales durante todo su ciclo de vida sean menores que los de su misma categoría que no pueden obtener el distintivo. En casi todos los casos, la eco etiqueta se otorga de acuerdo con una evaluación del impacto ambiental basada en un análisis de ciclo de vida. Aunque todavía hoy no existe ninguna categoría de eco etiquetado que implique al vehículo eléctrico completo, existen certificaciones ambientales oficiales para diferentes productos usados en vehículos como neumáticos y aceites ecoetiquetas que inciden en el uso del vehículo. Este listado posiblemente aumente en un futuro teniendo en cuenta cada vez más componentes del vehículo [31].

Desde Principios de de 2003 en España, los automóviles llevan una etiqueta que muestra la clasificación por consumo comparativo con otros de su mismo tamaño. La asociación Española de Fabricantes de Automóviles y camiones (ANFA), la asociación de importadores (ANIACAM) y el IDEA se pusieron de acuerdo para implantar esta normativa de etiquetaje voluntariado. Estas etiquetas ofrecen una clasificación siguiendo una gama de letras y colores. Al igual que con otros productos de la UE, como los electrodomésticos, estas "eco-etiquetas" ofrecen una clasificación siguiendo una gama de letras y colores. Así, el color verde y la letra A indican que se está comprando el automóvil más ecológico, con el menor gasto de combustible y que permite el mayor ahorro. Además las diferentes marcas de Automoviles como Citroën, Renault, Seat y Volkswagen han creado sus propias ecoetiquetas ecológicas: Citroën: Airdream, Renault: ECO 2, Seat: Ecomotive, Volkswagen: BlueMotion.

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LA TOPOLOGÍA DE VEHÍCULO SELECCIONADA

---

En este capítulo, se describen las características principales y una propuesta de topología del sistema eléctrico del vehículo.

### 5.1. ESPECIFICACIONES FUNCIONALES

#### Uso

El vehículo se usará para recorridos principalmente urbanos, y con una capacidad de 5 plazas.

#### Autonomía

Se establece una autonomía de 140 km en recorrido urbano y velocidad promedio de 35 km/h. Esta autonomía es suficiente para satisfacer el 80% de los recorridos.

#### Velocidad y pendiente máxima

Velocidad máxima 120 km/h, con capacidad de superar pendientes del 20%.

#### Recarga

El vehículo se recarga por la noche en con sistema de recarga residencial. Puede contemplarse una recarga rápida, aunque la recarga habitual será la recarga lenta.

### 5.2. TOPOLOGÍA DEL VEHÍCULO

#### 5.2.1. Sistema de tracción

El sistema de tracción consiste en un motor eléctrico unido a una caja diferencial, reductora unida al tren delantero. Se prefiere la tracción delantera porque permite una mayor recuperación de la energía cinética durante la frenada.

El motor y inversor pueden funcionar como freno regenerativo. El motor permite una potencia de pico del orden de 60 kW.

El inversor obtiene la potencia del bus de continua.

#### 5.2.2. Sistema de acumulación de energía

Hay dos elementos que acumulan energía:

- Batería principal. Guarda la energía dedicada a la tracción. Se carga mediante un cargador al enchufar el coche en un puesto de recarga. También se carga con la energía del frenado regenerativo. Suministra potencia al motor de

tracción, al compresor del aire acondicionado y a un convertor DC/DC que alimenta a la batería secundaria. La batería principal dispone de un sistema de gestión de batería, que controla la carga de esta, así como el voltaje en el bus de continua.

- Batería secundaria. Se carga mediante elementos renovables, o a partir de energía de la batería principal. Su objetivo es suministrar alimentación a dispositivos que requieren una alimentación con voltaje constante y de poca potencia.

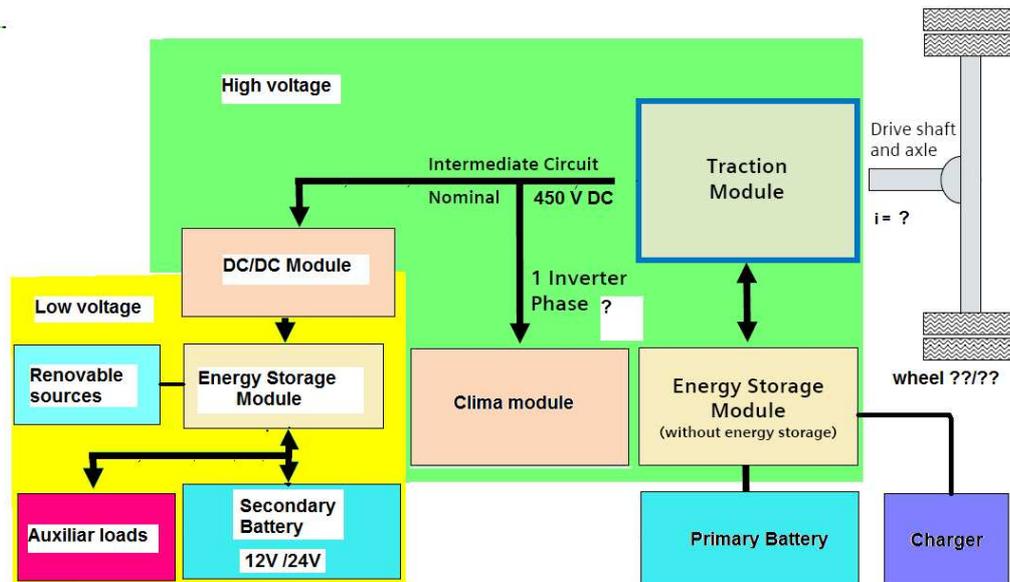


Figura 126. Esquema de la topología del vehículo elegida.

### 5.2.3. Elementos auxiliares

Los elementos auxiliares se conectan a la batería secundaria. Se propone utilizar una batería de 12 V, aunque no se descarta el uso de otros voltajes (24V, 48V). (Debe comprobarse el voltaje con el sistema de frenos). Los auxiliares incluyen:

- Luces.
- Ejevalunas.
- Movimiento y calefacción de retrovisores.
- Calefacción de luneta trasera.
- Indicadores del panel de mandos.
- Radio / Sistema de navegación / Comunicaciones.
- ECUs que necesiten alimentación a baja tensión.
- Otros.

#### *5.2.4. Sistema de frenos*

Los frenos delanteros son de disco y los traseros de tambor.

La HECU (Hydraulic Electronic Control Unit) gestiona con el módulo de tracción el frenado del vehículo. Este puede ser puramente eléctrico, solo por fricción o una mezcla de fricción y eléctrico.

#### *5.2.5. Sistema de aire acondicionado*

El sistema de aire acondicionado es, con la tracción, uno de los grandes consumidores de energía. Por esto se conecta directamente al bus de continua de alta tensión, evitando tener que sobredimensionar el convertidor DC/DC y las pérdidas de eficiencia asociadas al convertidor.

#### *5.2.6. Sistema de recarga*

El sistema de recarga lenta permite una duración mayor de las baterías y es el que se utilizará habitualmente para un coche de uso particular.

#### *5.2.7. Chasis y carrocería*

El chasis y carrocería no serán objeto del eco-rediseño. Por ello, se elige utilizar datos de un vehículo real con prestaciones similares. Para los cálculos de prestaciones con el modelo virtual, se utilizarán los valores correspondientes a un chasis y carrocería del Toyota Prius.

#### *5.2.8. Sistema de transmisión y dirección*

Inicialmente se considera un reductor con diferencial y sin cambio de marchas. Se estudiará con la simulación la necesidad de utilizar un cambio de marchas de dos velocidades para mantener las prestaciones de velocidad máxima y máxima pendiente cuando se seleccione el motor de tracción. La asistencia a la dirección es eléctrica. La ECU de la dirección asistida se conecta como una carga auxiliar a la batería secundaria.

## 6. OPORTUNIDADES Y BARRERAS TÉCNICAS Y SOCIALES EXISTENTES EN LA ACTUALIDAD PARA SU UTILIZACIÓN EXTENDIDA

---

### 6.1. INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el medioambiente ha impulsado el gran interés y el rápido desarrollo de los vehículos eléctricos. El vehículo no sólo está cambiando el modo de transporte, sino que está revolucionando el sector de la automoción como lo es de multitud de sectores relacionados con él, abriendo infinitas oportunidades y nuevos retos para las empresas, gobiernos y usuarios. El VE es algo más que un nuevo medio de transporte, pues provoca sinergias positivas de eficiencia entre este sector de actividad y el de la energía, sin obviar los aspectos industriales e innovadores. El vehículo eléctrico, se ha convertido en una alternativa real del vehículo de propulsión. A pesar de las grandes ventajas que aporta, no hay que olvidar que conlleva grandes inversiones y un compromiso ambicioso tanto del sector público como del sector privado.

Una de las grandes ventajas de los VE es la mejora medioambiental. Con el uso del VE se reducen prácticamente a cero las emisiones de gases, tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). La energía eléctrica, a diferencia de los productos petrolíferos, ofrece la oportunidad de poder producir mediante energías renovables y "limpias". Un mix energético con un porcentaje alto de energías renovables favorecerá la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Además gracias al motor eléctrico se reduce el ruido, evitando así la contaminación acústica que padecen muchas ciudades.

A las ventajas medioambientales que ofrecen estos vehículos hay que añadirles las ventajas económicas. El uso de la electricidad a la hora de la recarga del vehículo reduce considerablemente el coste en la fase de uso del vehículo. Según la IDAE (Instituto para la Diversificación y ahorro) el coste TOTAL de recorrer 100 km con un coche eléctrico como el Nissan Leaf es de unos 1,26 €-1,33 € dependiendo siempre de la calidad del cargador de baterías. El mantenimiento de los motores eléctricos también es menor que los motores mecánicos, ya que son más simples. Según la campaña nacional de Canadá para los vehículos eléctricos, el mantenimiento de un coche eléctrico es tres veces menor que el de un coche de gasolina. El uso, como el mantenimiento del VE se presenta más económico, no así el precio de salida. Esto se debe al coste de las baterías de ion Litio que es del orden de 10 000 € para las baterías de 1,5 kWh.

El consumo de electricidad de la red derivado de la recarga de baterías de los vehículos eléctricos tiene la gran ventaja de poder realizarse en el momento elegido, al disponerse de las baterías de los vehículos como sistema de acumulación de la misma, lo que no ocurre con la mayoría de los consumos eléctricos. Esto le confiere la cualidad de ser susceptible de gestionar en beneficio del conjunto del sistema eléctrico. De esta manera se favorece el rendimiento global del sistema eléctrico por el aplanamiento de la curva de demanda y permite una mayor incorporación de energías renovables en los momentos de menor demanda, sin riesgo de desestabilización del sistema.

Entre las incertidumbres destacan, por un lado, la aceptación ciudadana de este nuevo modo de propulsión, que hoy tiene limitaciones de autonomía y la evolución tecnológica de la capacidad de almacenamiento eléctrico que condiciona, a su vez, la referida autonomía de desplazamiento. IBERDROLA afirma que, en situaciones óptimas, se pueden realizar hasta 203 km con una sola carga, aunque hay que tener en cuenta que ésta varía en función del estilo de conducción, el tipo de vía por la que se circule y si se está haciendo o no uso de la calefacción o el aire acondicionado. El tiempo de recarga de estas baterías es de unas 8h con una toma de 120 V, y se reduce a 3 h con una toma de 240 V. Aunque se está barajando la posibilidad de cambio de baterías y métodos de carga rápida aun están en periodo de desarrollo.

Existen algunos inconvenientes respecto a la gestión térmica de los vehículos eléctricos. A bajas temperaturas ambientales, se desperdicia parte de la carga de la batería en calentar el interior. A altas temperaturas ambientales, se desperdicia energía en sistemas de aire acondicionado e incluso refrigerando la propia batería. Por último cabe mencionar la escasez de ofertas en cuanto al coche eléctrico, la falta de infraestructuras de carga y la falta de adaptación de la red.

El vehículo eléctrico ha revolucionado el modo del transporte y con ello se espera que también sirva de herramienta para la concienciación de la ciudadanía. Gracias a la necesidad de limitar las emisiones contaminantes y reducir el consumo, el desarrollo de nuevas tecnologías, materiales y procesos productivos implica una nueva vía para realizar desarrollos innovadores e introducir la variable ambiental en los procesos de desarrollo de producto/ servicio "Ecodiseño". El vehículo eléctrico y su red, brinda una gran oportunidad a muchos agentes sociales. Todavía quedan por inventar modelos de negocio que vayan de los productos, a los servicios hallando nuevas soluciones financieras como el "pay as you drive" y adaptando al cambio de las necesidades futuras de movilidad. Tanto el mercado Asiático como el Americano han entrado muy fuertemente, de modo que el mercado Europeo tendrá que ser lo suficientemente competitivo como para hacerse un hueco.

El vehículo eléctrico ofrece nuevas posibilidades y oportunidades para el sector industrial especialmente en el sector de la automoción pero también las relacionadas con las TICs y equipos electrónicos, aumentando el valor añadido de los productos desarrollados y fabricados en España, mejorando la competitividad del país.

### 6.1.1. España

El presidente del Gobierno español presentó una Estrategia y un Plan de Acción para impulsar el VE en España, dotado con un presupuesto de 590 millones de euros para los próximos dos años, y consistente en quince medidas, en los campos de fomento de la demanda, industrialización e I+D+i, desarrollo de infraestructuras de recarga y promoción.

Asimismo, avanzó que, en el ámbito de la comercialización, el programa fija como objetivo alcanzar unas ventas de este tipo de automóviles de 20 000 unidades en 2011 y de 50 000 unidades en 2012, correspondientes en su mayoría a flotas de empresas y servicios.

De esta forma, se resalta el compromiso del Gobierno con el impulso del coche eléctrico en España. Esta estrategia para el impulso del VE en España tiene como

objetivo un modelo de crecimiento sostenible, con la renovación de los sectores principales de la economía, el apoyo a las acciones de I+D+i y la lucha contra el cambio climático.

En el siguiente apartado se especificará la aplicación de las políticas públicas e iniciativas privadas que han ocurrido en el territorio español, que han supuesto un paso adelante para mejorar la competitividad del país.

### 6.1.2. Francia

El Gobierno galo anunció que destinará 250 millones de euros a fomentar la adquisición de 50 000 automóviles eléctricos por parte de los ciudadanos franceses entre 2011 y 2012.

Esta fue una de las iniciativas recogidas en el proyecto presentado por los ministros de Medio Ambiente y de Industria de Francia, que se orienta a fomentar la movilidad eléctrica en el país. La intención de este proyecto es hacer del coche eléctrico una realidad en Francia, creando una demanda básica de este tipo de automóviles que se empezaron a vender en Europa a finales del 2010.

A continuación se va a contextualizar el caso francés a nivel país y región.

#### **Agenda 21 y Grenelle de l'Environnement en Francia**

La AGENDA 21 (o ACTION 21) es un plan de acción para el siglo XXI adoptado por 173 jefes de Estado, entre ellos Francia, durante la cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, en 1992. Con sus 40 capítulos, este plan de acción describe los sectores en los cuales debe aplicarse el desarrollo sostenible. También formula una serie de recomendaciones en campos tan variados como la salud, la contaminación del aire, el tratamiento de residuos, el transporte, etc..

En paralelo a este plan de acción, se adoptó una declaración sobre medio ambiente y desarrollo que enumera 27 puntos a seguir para poner en marcha la Agenda 21. Dentro del marco del capítulo 28 de la Agenda 21 de Río, los diferentes colectivos territoriales fueron llamados a poner en marcha el programa de la Agenda 21 dentro de sus posibilidades, integrando los principios de desarrollo sostenible: nace así la Agenda 21 local. Los colectivos territoriales "juegan, en el nivel administrativo más cercano a la población, un papel esencial en la educación, la movilización y la concienciación del público a favor del desarrollo sostenible".

Con el fin de intensificar los actos a favor del desarrollo sostenible y partiendo de la base de que Francia atravesaba una crisis climática y ecológica considerable, el Presidente de la República, Nicolas Sarkozy, inició el Grenelle Environnement el 21 de mayo de 2007.

El Grenelle Environnement reunía, por primera vez, al Estado y a los representantes de la sociedad civil para definir una hoja de ruta a favor de la ecología, el desarrollo y la ordenación sostenibles. En lo que concierne al sector del transporte, el Grenelle Environnement ha abierto el camino a nuevas formas de desplazar y transportar las mercancías. En particular, relativo al desplazamiento de personas, se ha puesto el acento en la reducción del

número de vehículos en circulación mediante el desarrollo del transporte público, la promoción de compartir coche, el desarrollo de los carriles bici... Concerniente al uso de vehículos más limpios, el gobierno francés puso en marcha, en diciembre de 2007, un sistema de “bonificación-penalización ecológica” con el objetivo de recompensar, mediante bonificaciones, a los compradores de coches nuevos que emitan menos CO<sub>2</sub>, y a penalizar, mediante un recargo, a aquellos que optan por modelos más contaminantes.

También hay que indicar que las ciudades que desarrollan redes de transporte público optan cada vez más por los vehículos eléctricos, de gas o de aire comprimido.

En paralelo a todo esto, el gobierno francés, como los demás países europeos, está comprometido claramente con la política de reducción de residuos y del uso de fuentes de energía limpias y bien controladas. El modelo francés, en el cual la electricidad es principalmente de origen nuclear, puede frenar el desarrollo de los vehículos eléctricos sobre todo después de los recientes sucesos en Japón, que han replanteado preguntas sobre el futuro de la política energética francesa.

### **La Agenda 21 en Aquitania**

Con un territorio de 41 300 km<sup>2</sup>, Aquitania es una de las regiones más vastas de Francia (la tercera en la lista) y de la Unión Europea (la 18ª de 254 regiones). Aquitania está formada por cinco departamentos: Dordogne (Perigueux), Gironde (Burdeos), Lot-et-Garonne (Agen), Landas (Mont-de-Marsan), Pirineos Atlánticos (Pau). Otras ciudades que no son capitales departamentales, como Bayona o Dax, también figuran entre las más importantes.

Aquitania cuenta con diecisiete áreas urbanas de las cuales, cuatro tienen más de 100 000 habitantes (Burdeos, Pau, Bayona y la dársena de Arcachon). La población de la región, de 3,05 millones de habitantes en 2004, la sitúa 6ª en la clasificación nacional y la 36ª en Europa. Esta población representa el 5,1% del total nacional.

Aquitania se sitúa también entre las regiones menos densamente pobladas de Francia (74 habitantes por km<sup>2</sup>, frente a 111 en Francia y 116 para la Unión Europea) debido principalmente a las extensas áreas forestales que cubren el 44% del territorio. Esta densidad de población presenta una fuerte disparidad. Concerniente al sector del transporte, la región de Aquitania disfruta de una situación favorable en el intercambio de bienes y personas debido a su frontera con España y a su amplia apertura hacia el Océano Atlántico. De este modo, Aquitania puede jugar un papel de plataforma logística y de territorio de paso de personas a escala europea. Sin embargo, esta región sufre el perjuicio del tráfico de larga distancia, principalmente de paso, y tampoco dispone de infraestructuras de transporte que permitan reducirlas.

La región dispone de TGV (pero con vías tradicionales, no de alta velocidad), que une la metrópolis regional, Burdeos, con las principales aglomeraciones de Pau y Bayona y con la capital (París). La red ferroviaria clásica es empleada asimismo por los trenes regionales y para el transporte de mercancías.

Cinco ejes de autopistas permiten unir la región con París, Lyon, Marsella y España. Por otra parte, la red nacional da servicio a las aglomeraciones del territorio aquitano y la red departamental une las zonas más aisladas con los grandes ejes de transporte y contribuye al funcionamiento interior del territorio. Por último, los aeropuertos de Bordeaux-Mérignac, Pau-Pyrénées et Biarritz-Parme aseguran el enlace con París y algún otro destino europeo, y el Puerto Autónomo de Burdeos así como el Puerto de Bayona permiten el transporte de mercancías internacional.

En 2006, la parte debida al transporte en el consumo de energía en Aquitania se eleva al 39% frente al 30% de la media nacional. La baja densidad de población y la dispersión de los núcleos urbanos incrementan la necesidad de desplazamientos, la mayor parte de ellos mediante automóvil.

Aquitania es una región muy turística con un importante patrimonio natural. Los riesgos a los que se expone Aquitania debido al cambio climático son serios y podrían tener un impacto considerable en la economía del territorio. Para permitir que los aquitanos puedan actuar, tanto el Consejo Regional como el Estado y la Agencia del Medio Ambiente y del Control de la Energía (Ademe) han decidido poner en marcha un *Plan Aquitano del Clima (Plan Climat Aquitain)*.

En el marco de este plan, la política nacional de desarrollo sostenible se aplica en el ámbito local. Se han constituido nueve grupos de trabajo en torno a los temas siguientes:

- Viviendas sociales con bajo consumo de energía.
- Urbanismo y efecto invernadero.
- Impacto medioambiental del transporte.
- Plan regional “bosque y energía a base de madera”.
- Prácticas agrícolas y clima.
- Eco-condiciones de las ayudas públicas.
- Carta sobre el clima en las empresas.
- Consumo sostenible y distribución.
- Sensibilización frente al cambio climático y difusión en los medios de comunicación.

### 6.1.3. Portugal

Por su parte, también se puede afirmar que Portugal es uno de los países que está en la línea de frente del VE, para conseguir la reducción de los gases del efecto invernadero y combatir el calentamiento global según lo establecido en el Marco Estratégico Nacional de Referencia (MENR) portugués, en lo que se refiere a promover el crecimiento sostenible, garantizar la cohesión social y garantizar el desarrollo del territorio y las ciudades.

Esto se refleja por ejemplo a través del acuerdo final entre la alianza Renault-Nissan y el gobierno luso para alojar una fábrica de baterías en la localidad de Aveiro (al norte de Lisboa).

En Portugal han introducido varias políticas para fomentar la integración de los VE, algunas de ellas económicas (exención del pago de los impuestos, subvención directa por la compra de vehículos eléctricos de pasajeros que cumplan determinadas condiciones -más de 120 km de autonomía y precio inferior a 50 000 €-, subvención adicional de 1 500 € en la entrega de un vehículo de combustión interna para destruir), y otras referidas a logística e infraestructuras (creación de una red integrada de recarga, que cuenta con, en una etapa inicial, 1 300 puntos de carga normal y 50 puntos de carga rápida en espacios para el acceso del público, creación de zonas de estacionamiento preferencial en los centros urbanos, creación de zonas de bajas emisiones, facilitando el acceso a VE).

## 6.2. ANÁLISIS DAFO

Se han considerado las regiones de los socios participantes en el proyecto para el análisis interno (Fortalezas y Debilidades), siendo los aspectos externos (Amenazas y Oportunidades) referidos al entorno del vehículo eléctrico y sus componentes.

### 6.2.1. Debilidades

#### 6.2.1.1. España

- Ausencia de los principales centros de toma de decisión en el caso de muchas de las compañías fabricantes de automóviles.
- El sector de automoción está experimentando, en los últimos años, una tendencia negativa con pérdida de empleo y ventas.
- Carencia de reglamentación y normativa adecuada en el ámbito de la recarga inteligente de los VE: estandarización de los enchufes de corriente, facilidad de conexión y formas de facturación de la energía, tiempos de recarga, requerimientos de calidad de la red, etc.
- Mix energético con alto porcentaje de carbón.
- Precio de la electricidad muy dependiente del precio del gas natural y del petróleo.

#### Castilla y León

- La heterogeneidad de la Comunidad, que se evidencia en la desigual distribución interprovincial del número de municipios y en la variable densidad poblacional existente entre las nueve provincias de la región

castellana y leonesa, plantea desequilibrios que dificultan el diseño y la puesta en marcha de las políticas públicas (como las enfocadas al apoyo al vehículo eléctrico).

- Insuficiencia de vías rápidas de transporte, tanto de autovías como de trenes de velocidad alta, lo cual resulta imprescindible para la vinculación interregional y regional.
- La profesionalización del sector es un requisito ineludible para el desarrollo del vehículo eléctrico en Castilla y León. Sin una mayor profesionalización difícilmente puede la Comunidad Autónoma hacer frente a la calidad y consolidación de una oferta que permita aumentar productividad en la industria de la automoción.
- Los proveedores regionales deben adaptar y mejorar la cadena de valor de este producto y asegurarse de generar inversiones y empleo.

### *Cataluña*

---

- No existe ningún fabricante ni especialistas de I+D del nuevo sector de baterías.
- Falta de masa crítica por tipología de componente.
- Especialización en el segmento medio.
- Moderado nivel tecnológico y capacidad de desarrollo.
- Reducidas dimensiones empresariales.
- Falta de relación fluida entre la universidad y la empresa.
- Grado de internacionalización bajo.
- Baja capacidad de autofinanciación.
- Retos y modelos de negocio heterogéneos dentro de un mismo ámbito funcional.

### *País Vasco*

---

En la CAV (Comunidad Autónoma Vasca), el 26,75% del empleo se concentra en empresas de más de 100 trabajadores/as que representan el 0,49% de todas las empresas. La mayoría del tejido empresarial vasco está formado por pymes o micropymes. Según datos del EUSTAT, casi el 90% de las empresas de Euskadi tenía menos de cinco empleados en el 2009. El tamaño es un factor cada vez más importante. No es posible responder aisladamente desde la pequeña empresa, o al menos desde un funcionamiento desconectado y aislado, a los retos de la innovación y sostenibilidad, por ello es preciso buscar

fórmulas que dinamicen la actuación estratégica, principalmente a través de nuevas formulas de cooperación.

En la CAV, existe un alto consumo de energía per cápita y muy escasos recursos propios (tanto fósiles como renovables) para dar respuesta a la introducción en el mercado del vehículo eléctrico.

### Andalucía

- La renta per cápita andaluza inferior a la media nacional y el alto nivel de desempleo dificultan la adquisición de los costosos vehículos eléctricos.
- Temperaturas extremas: posibles problemas con determinados componentes.
- Escasa presencia de fabricantes de automóviles.
- Falta de colaboración entre Universidades y Centros Tecnológicos.
- Escasa iniciativa empresarial.
- Inexistencia de legislación autonómica específica.
- Escasa cultura de respeto al medio ambiente.
- Consumo elevado de electricidad debido a las altas temperaturas, lo que complica la energía disponible para la recarga de vehículos eléctricos.
- Niveles elevados de turismo, sobre todo en zonas costeras, que provoca una alta demanda energética.

### Aragón

- Baja densidad de población y dispersión.
- Insuficiente estructura de suministro con cobertura regional.
- Retraso en el desarrollo de componentes clave: baterías, electrónica, motores, etc.
- Falta de coordinación entre los agentes (Empresa-Universidad-Centros Tecnológicos-Administración) en relación a actuaciones sobre VE.

### 6.2.1.2. Francia (Aquitania)

- Electricidad basada principalmente en la producción nuclear.
- Prioridad francesa centrada en el desarrollo del transporte público.
- Muy baja densidad de población que no permite el uso de vehículos eléctricos en ciertos casos (trayectos demasiado largos).
- Presupuesto para transporte dedicado en gran parte a la línea ferroviaria de alta velocidad "Burdeos-España".

### 6.2.1.3. Portugal (Lisboa)

- Los vehículos eléctricos son demasiado caros para la situación económica de un ciudadano medio portugués.
- Según una encuesta realizada recientemente por el Diario de Negocios, con el Centro de Inteligencia en Innovación Inteli y el CEIIA -centro tecnológico de automoción de Portugal- aproximadamente la mitad de los portugueses reacios a comprar un coche que funcione exclusivamente con electricidad achacan su falta de intención a que no están suficientemente informados sobre los beneficios de la movilidad eléctrica.

### 6.2.2. Amenazas

- Tecnología de la batería en fase de desarrollo.
  - El desarrollo de los VE ha estado hasta hoy limitado por el retraso en el sector de la electroquímica y las nuevas baterías.
  - Precio excesivo de las tecnologías más avanzadas de baterías. En la actualidad, el coste de las baterías de un vehículo eléctrico puro con un alcance cercano a 150 km, puede alcanzar casi el 50% del coste total del vehículo.
  - Bajo rendimiento de las baterías. Energía específica reducida.
  - Baja capacidad de almacenamiento comparada con un depósito de carburante.
  - Baterías con ciclo de vida corto comparado con el ciclo de vida del vehículo eléctrico.
  - Cambio significativo en el comportamiento de las baterías cuando la temperatura sufre cambios relevantes.
  - Las baterías de automóviles requieren complejos sistemas de vigilancia, la igualdad de células y la refrigeración para controlar la liberación de energía química.

- Peligrosidad en el uso del sistema de almacenamiento de energía eléctrica: en algunos tipos de baterías de Li-ion la seguridad sigue siendo un problema.
- Condicionamiento del espacio en el coche cuando se pretende cambiar las baterías para permitir una mayor autonomía.
- Problema asociado a la relación precio-prestaciones del VE.
  - Coste de salida del vehículo elevado.
  - Reducida autonomía.
  - Tiempo de recarga elevado.
- Cuestiones sobre la recarga por resolver.
  - Gestión térmica.
  - Carencia de reglamentación y normativa adecuada en el ámbito de la recarga inteligente de los VE.
  - Diseños de equipos de recarga que no sean seguros, robustos, sencillos en su uso y económicos.

- Diseño de una red de puntos de recarga sobredimensionada.

La creación de una red de distribución muy desarrollada con multiplicidad de puntos de recarga que puedan suministrar energía a cualquier hora del día, y no acorde con la capacidad de generación y transporte de energía, podría llevar a problemas de suministro.

- Falta de infraestructuras de suministro de energía.

El punto más débil del sistema sería la distribución de la energía, quedando en segundo término aspectos como la generación o el transporte de ésta.

- Posibles conflictos debido a una mayor complejidad en la demanda de la electricidad.

El mayor problema desde el punto de vista del suministro de energía puede aparecer por la complejidad que representará la orientación y el acondicionamiento de los usuarios hacia una recarga inteligente que sea realizada en las "horas valle", las de menor demanda del sistema, y que se efectúe mayoritariamente de forma lenta.

- Problemas de sobrecarga a la red.

Aunque la situación actual de crisis ha atenuado el problema de capacidad en ciertas horas críticas dentro del sistema eléctrico estatal, es particularmente importante que la introducción del vehículo eléctrico se efectúe, evitando un posible colapso del sistema, o un nivel de ineficiencia

importante (pérdidas elevadas). La posibilidad de que confluyan de manera aleatoria un cierto número de usuarios en momentos de elevada demanda, en cualquier lugar y hora del día, podría ocasionar problemas de sobrecarga a la red.

- Inadaptación de las gasolineras al nuevo sector.

Es necesario un desarrollo tecnológico y normativo para conseguir la carga ultrarrápida que permitiría una renovación del sector.

- Inadaptación de los talleres de reparación al nuevo sector.

Necesidad de llevar a cabo acciones rápidas en el sector de los talleres de reparación de vehículos, tanto para la adecuación de los talleres existentes, como para la preparación de este nuevo segmento de profesionales, contemplando que a parte de los temas específicos de la profesión, también tendrán que estar especializados en aspectos ambientales y en el reciclado de los nuevos equipos y componentes.

- Baja oferta de VE en el mercado. Poca promoción. Escasa demanda de vehículos eléctricos.
- El mercado asiático y americano es una amenaza para los intereses de las empresas del espacio SUDOE.
- Vehículos híbridos. Ofrecen casi todas las ventajas de los vehículos eléctricos y menos desventajas.
- Proliferación del uso de biocombustibles.

### 6.2.3. Fortalezas

#### 6.2.3.1. España

- A nivel del estado español, por las características propias del sector de la automoción fuertemente presente en el tejido industrial, tiene capacidad para posicionarse claramente en la carrera hacia el desarrollo e introducción en el territorio del VE, ya que existen varios países que ya están apostando claramente por el VE (China, Japón, EUA, Alemania, Francia,...).
- Las empresas españolas de la industria de automoción tienen la suficiente experiencia en el negocio para apostar con fuerza por el diseño, desarrollo y producción de vehículos verdes, electrificados y sus componentes y diferenciarse del resto de productores como especialistas en esta tipología de productos. De hecho, la llegada del VE se espera que sea un catalizador y dinamizador para cambiar la tendencia de pérdida continua de puestos de trabajo y de facturación en este sector en España.

### Castilla y León

- En el mes de marzo ha comenzado la experiencia piloto entre Valladolid y Palencia consistente en la instalación de las primeras 30 estaciones de recarga de coche eléctrico en Valladolid y diez en Palencia, gracias a un acuerdo entre la Junta, Iberdrola y los ayuntamientos.
- Se está fomentando la constitución de grupos de trabajo multidisciplinares para el desarrollo de componentes específicos claves de los vehículos eléctricos, así como acuerdos de cooperación con empresas clave para la puesta en marcha de proyectos conjuntos tendentes a la implantación de estos vehículos.
- El sector de automoción es una actividad económica estratégica en la estructura productiva de Castilla y León en términos cuantitativos y cualitativos, por su impulso a la innovación y por su apertura al exterior de la economía.
- Existen ya planes industriales firmados por la multinacional automovilística Renault para sus dos factorías de Valladolid y para la que tiene en Palencia, junto con los diseñados para Nissan en Ávila e Iveco en Valladolid.
- La factoría de Renault de Valladolid fabricará un coche de características urbanas y dimensiones reducidas, el Twizy.



Figura 127. Modelo Twizy, vehículo eléctrico fabricado por Renault.

- Con el desarrollo del Plan Estratégico Castilla y León se convertirá en la primera región ibérica que electrificará e industrializará de forma masiva un vehículo a partir de 2011.
- En general, existe una buena relación entre las Administraciones Públicas y el sector privado, así como una predisposición muy favorable a trabajar de forma conjunta en el desarrollo del vehículo eléctrico en la región.

## Cataluña

---

- Creciente interés en el VE por parte de las empresas punteras del sector de la automoción en Cataluña, habiéndose desarrollado diferentes prototipos de VE y siendo éste un campo al cual se están dirigiendo numerosas investigaciones. Esta tendencia también se ha observado en las instituciones de la Administración y de los municipios donde se están desplegando diferentes actividades para fomentar e impulsar la implantación del VE (como por ejemplo: Barcelona, Figueres, Sabadell, etc.).
- Proporción relativamente importante de empresas del sector de la automoción en Cataluña respecto a las de todo el Estado, con grandes plantas de producción de vehículos (motocicletas, turismos...).
- Fuerte implantación de empresas del sector de componentes de automoción y disponibilidad de una infraestructura adecuada para impulsar este cambio. Cataluña cuenta con una gran tradición y presencia de industrias del sector eléctrico, electrónico, de la informática y de comunicaciones, que constituyen sectores clave para el desarrollo de este nuevo escenario de movilidad eléctrica.
- Grandes capacidades de la industria catalana en la aplicación de nuevos materiales, en su aligeramiento y en la eficiencia energética, tendencias clave en el vehículo verde.
- Grandes capacidades tecnológicas en sus centros tecnológicos e ingenierías y de muchos grupos de trabajo en el ámbito científico. Se cuenta con Centros de diseño, técnicos y laboratorios (ej: IDIADA Automotive Technology (Instituto de Investigación Aplicada del Automóvil), una de las mayores instalaciones europeas dedicadas a la investigación, desarrollo, ensayo y homologación de vehículos o cualquiera de sus componentes).
- Presencia de OEM (Original Equipment Manufacturer).
- Empresas catalanas: amplio espectro de proveedores de primer, segundo o tercer nivel, alto nivel de productividad, alto porcentaje de especialistas de proceso autóctonos.

## País Vasco

---

Según el plan de competitividad empresarial vasco 2010-2013, en la CAV, el tejido empresarial es eficiente y competitivo. Existe un elevado nivel de cualificación y el sistema de innovación cuenta con unas bases sólidas de desarrollo. Además, el tejido empresarial vasco goza de experiencia en mercados internacionales y una tradición de colaboración entre empresa e instituciones que facilita la búsqueda de soluciones globales y sectoriales a los problemas.

En los últimos años se ha extendido un compromiso creciente entre los diferentes tipos de empresas y sectores sobre la importancia de competir, incluso de liderar la nueva economía del futuro.

El gobierno vasco, junto con las empresas de la CAV está cooperando para impulsar el desarrollo del vehículo eléctrico. Los diversos proyectos y actuaciones en marcha en torno al vehículo eléctrico unen a la industria vasca y a la Administración Pública para potenciar y ser competitivos en esta materia. Dentro de la estrategia definida por el gobierno vasco se han identificado cuatro ejes de trabajo. En primer lugar, un impulso al sector de automoción a través del apoyo al diseño de un nuevo vehículo eléctrico producido en Euskadi y la oportunidad de diseñar componentes específicos por empresas vascas de este sector. En segundo lugar, el desarrollo de una infraestructura de puntos de recarga con cobertura total del territorio, garantizando con ello la movilidad en vehículo eléctrico dentro de la comunidad. Además, la creación de una masa crítica de vehículos en circulación, a fin de adelantar el punto de ruptura de mercado. Y por último, la adecuación del marco regulatorio, proponiendo modificaciones normativas que faciliten la rápida incorporación de los vehículos eléctricos.

La energía eléctrica representa el 28% del consumo final de energía en Euskadi. Este papel de vector energético básico para nuestra sociedad se verá reforzado en los próximos años por las grandes ventajas que esta forma de energía tiene frente a otras, minimización de impactos ambientales en el consumo, la posibilidad de llevar de manera eficiente la futura producción renovable al consumidor final y la integración del vehículo eléctrico como alternativa de consumo de petróleo en el transporte.

La CAV es capaz de desarrollar un vehículo eléctrico competitivo a partir de la colaboración público –privada, creando nuevas oportunidades de negocio en el tejido industrial vasco, en concreto, en los sectores vascos de automoción y sector eléctrico electrónico. Para ello es preciso buscar fórmulas que dinamicen la actuación estratégica, principalmente a través de nuevas fórmulas de cooperación como las siguientes:

- MUGIELE une a la industria vasca en el desarrollo de sistemas que permitirán el abastecimiento de energía a vehículos eléctricos.
- Repsol y el ejecutivo vasco firmaron en octubre del 2008 un acuerdo de cooperación sobre vehículo eléctrico.
- Acuerdo entre el ejecutivo vasco y Mercedes Benz para el desarrollo de furgonetas eléctricas.
- La SPRI y la empresa IBIL (gestor de carga de vehículos eléctricos), tienen firmado un convenio de colaboración para impulsar y favorecer el uso del vehículo eléctrico en los polígonos industriales y parques tecnológicos de Euskadi.
- El Ente Vasco de Energía (EVE) y Bergé Automocion, distribuidor en España del fabricante de vehículos eléctricos BYD, tienen un acuerdo de

colaboración para poner en circulación en Euskadi el vehículo eléctrico con el fin de acelerar el proceso de adaptación del parque automovilístico vasco a esta nueva tecnología. El acuerdo contempla la entrega de 30 unidades del BYD F3DM.

- Eroski y EVE firmaron un acuerdo para la mejora de la eficiencia energética en el transporte y que instalará, además, puntos de recarga en los parkings de Eroski en el País Vasco. El convenio compromete a ambas partes a colaborar en un proyecto de fomento del coche eléctrico, que incluye la motorización y evaluación del uso de los vehículos eléctricos e instalaciones de puntos de recarga.
- El proyecto HIRIKO DRIVING MOBILITY es una iniciativa promovida por AFYPAIDA, DENOKINN, y la colaboración de EPSILON EUSKADI y del MIT para el desarrollo de una nueva solución para la nueva movilidad urbana denominada "Citycar". Este proyecto empresarial transformará el concepto inicial de "Citycar" en un innovador proyecto industrial consistente en el desarrollo del prototipo inicial y su industrialización mediante un innovador modelo de producción y distribución.
- Lotus Range Extender. Fagor Ederlan y Lotus Engineering han firmado un acuerdo identificando las claves de desarrollo de un Eco-motor generador para su posterior fabricación. El acuerdo permitirá a Fagor Ederlan desarrollar un nuevo negocio para diseñar, fabricar y comercializar dichos motores para el sector de automoción. El Lotus Range Extender será un nuevo motor ecológico para los automóviles eléctricos del futuro, el cual permitirá una notable reducción de las emisiones de CO2 de los automóviles actuales.
- CIDIA. Nueva cooperativa de servicios recientemente constituida y en la que participan MONDRAGON Automoción y Mondragon Goi Eskola Politeknikoa. Se trata de un centro de I+D para el desarrollo de automóviles que nace con un triple objetivo. MONDRAGON Automoción presentó el 18 de junio de 2010 en el Polo de Innovación Garaia sus credenciales como proveedor de soluciones integrales para automoción ante el nuevo panorama de movilidad sostenible que se avecina en el sector a nivel mundial.

### Andalucía

---

- Un consorcio liderado por Endesa y Mitsubishi, con la colaboración de varias empresas españolas y japonesas, dirigen un proyecto, de cuatro años de duración, para probar y demostrar las ventajas de la movilidad eléctrica en las ciudades. El proyecto 'Zem4all' (Zero Emissions Mobility for All), valorado en 60 M€, se desarrollará en Málaga y consistirá en la introducción de una flota de unos 200 vehículos eléctricos, además de la instalación de 220 puntos de recarga normal y otros 16 más para la recarga rápida.

- Proyecto *Movele*: Sevilla se sitúa como una ciudad muy comprometida con la expansión del uso de vehículo eléctrico con la instalación de 75 postes de recarga.
- Proyecto *Smartcity*: pretende conseguir una integración óptima de las fuentes renovables de energía en la red eléctrica, acercando la generación al consumo a través del establecimiento de nuevos modelos de gestión de la microgeneración eléctrica. Se gestionarán sistemas de almacenamiento energético en baterías para facilitar su consumo posterior en la climatización de edificios, el alumbrado público y el transporte eléctrico. Y se potenciará asimismo el uso de coches eléctricos, con la instalación de postes de recarga y la implantación de una flota de vehículos. Málaga ha sido elegida para el desarrollo de Smartcity porque reúne los requisitos necesarios para garantizar el éxito del proyecto: gran potencial de crecimiento, amplias capacidades tecnológicas, fuerte presencia de Universidad y empresas, apoyo decidido de las administraciones públicas y excelentes infraestructuras eléctricas.
- Málaga también forma parte de las ciudades elegidas para la implantación del proyecto *Green eMotion*, cuyo objetivo es favorecer la electromovilidad en Europa. El proyecto tendrá una duración de unos 4 años aproximadamente durante los cuales se desarrollarán nTICs relacionadas con los vehículos eléctricos, y se consensuará un estándar en cuanto al proceso de carga para facilitar a los usuarios la compatibilidad de sus vehículos con el mayor número de infraestructuras a lo largo de toda Europa.
- La firma *Fundiciones Mecacontrol*, proveedora de Santana Motor y filial del grupo navarro Mecacontrol, ha decidido apostar por el vehículo eléctrico. Para ello, invertirá 15,2 millones de euros en su fábrica del parque de proveedores de Linares para producir un coche eléctrico basándose en el todoterreno Massif.
- La empresa de automóviles Renault-Nissan y la Junta de Andalucía han firmado hoy un convenio mediante el cual proyectarán una "miniciudad sostenible" en el Parque Tecnológico de Andalucía (PTA) donde todos los medios de transporte serán vehículos eléctricos, como modelo extrapolable a grandes ciudades.
- *Cochele*, primer servicio de carsharing eléctrico, en Sevilla.
- Ventajas en parkings:
  - Córdoba: el conductor que opte por recargar la energía de su coche en estos puntos no tendrá coste alguno, por ahora, ya que no existe un decreto que regule la reventa de energía, por lo que será la empresa explotadora del parking la que pague el importe, que está estimado en poco más de un euro para una recarga suficiente para 100 kilómetros (colaboración Endesa + Ayuntamiento Córdoba).
  - Sevilla: a partir del 2010 los coches eléctricos no tendrán que pagar por aparcar en las zonas de estacionamiento regulado.

- Presencia de Centros de Investigación con importantes capacidades.
- Presencia de clusters fabricantes de componentes de automoción como los de Linares y Martos.
- Parte del turismo concienciado con la protección de medioambiente.
- Apoyo político a energías renovables.

### Aragón

---

- Presencia de Centros de Investigación con capacidad en VE (ITA, Tecnoebro, Fundación del Hidrógeno, EUPLA,...). Presencia de Cluster Automoción.
- Existencia de empresas fabricantes de VE propio: Zytel. Importante tejido industrial en automoción con capacidad para impulsar el cambio al VE.
- Presencia de TechnoPark del Motor en el circuito Motorland Aragón.
- Existencia de proyectos de VE de grandes empresas: OPEL General Motors e Hispano TATA.
- Proyecto de Quimera/Sunred para el desarrollo de 1<sup>er</sup> GT de competición 100% eléctrico.
- Primeros puntos de recarga operativos (63 puntos).
- Área metropolitana de Zaragoza concentra más de 700.000 habitantes. (> 60% población en Aragón).
- Región referente en Energías Renovables.

### 6.2.3.2. Francia

- El gobierno está claramente a favor del desarrollo sostenible y de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- La política francesa anima la entrada en el mercado de vehículos más limpios.
- En un estudio realizado por el especialista europeo en el suministro de información para el sector del automóvil EurotaxGlass en colaboración con la firma Harris Interactive se revela que los consumidores europeos más interesados en la adquisición de un vehículo eléctrico son los ciudadanos franceses con una intención de compra del 30% (seguidos por los españoles con un 22%).

### Aquitania

---

- El desarrollo del sector del transporte en Aquitania hoy en día concierne principalmente a la puesta en marcha de una línea ferroviaria de alta velocidad entre Francia y España. Sin embargo, la configuración del territorio (municipios dispersos y poco poblados) obliga a usar vehículos personales y los vehículos eléctricos responden bien a las necesidades de la Región en términos de reducción de molestias (ruido, emisión de gases de efecto invernadero, consumo de petróleo, etc.).
- Región fuertemente comprometida con la política de desarrollo sostenible y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- El territorio de Aquitania se presenta adecuado para el proyecto de introducción de los vehículos eléctricos: por una parte, porque muestra una voluntad real de reducir los inconvenientes debidos al sector del transporte y, por otra parte, porque su geografía propicia el desarrollo del vehículo eléctrico.

#### **6.2.3.3. Portugal**

- Localización de una empresa de fabricación de baterías de Li-ion en Portugal, de la Renault / Nissan.
- Existe una fuerte implantación en Energías Renovables eólica e hídrica, que favorece un reducción del CO<sub>2</sub> generado por un vehículo eléctrico.
- Creciente popularidad en Portugal de los VE como vehículos ecológicos.
- En Portugal la temperatura es moderada, por lo que el rendimiento de la batería no está muy afectado por degradación térmica.
- Decisión política para el fomento de los VE en Portugal: subvenciones, puntos de recarga, etc.
- En el caso portugués, la empresa de distribución de electricidad se ve en la necesidad de, a veces, desligar parques eólicos durante la noche con el fin de equilibrar la producción y el consumo de electricidad. La batería que se recarga durante la noche ayuda a minorar este problema, además de que la tasa de energía es también más barata.

### Lisboa

---

- La distancia media recorrida diariamente en la ciudad de Lisboa es de apenas 56 km (y en la ciudad de Oporto de 25 km), valor que está por debajo de la autonomía de los actuales vehículos eléctricos comerciales, de modo que podría suministrar energía a la red durante las horas punta.

#### 6.2.4. Oportunidades

- Los fabricantes de vehículos convencionales están sumidos en una profunda crisis con lo que un cambio de estrategia hacia la fabricación de VE puede representar un redireccionamiento de la producción y una renovación del mercado.
- El vehículo eléctrico requiere nuevos componentes como las baterías, la electrónica de potencia, los motores eléctricos y los sistemas de recuperación de energía. Las empresas que conforman la industria eléctrica y electrónica pueden aprovechar la oportunidad de negocio que se les abre y posicionarse en la cadena de valor de la automoción con producto propio e incrementar de forma sustancial sus facturaciones y diversificar su negocio.
- Mejora medioambiental (reducción de humos, contaminantes y ruido).
  - El uso de la electricidad en vehículos no produce emisiones de gases de efecto invernadero. Ventajas especiales en ciudad para disminuir la contaminación.
  - Uso de energías renovables y “limpias” para la producción de energía. Aunque el vehículo eléctrico presenta diferencias significativas respecto al vehículo de combustión interna en cuanto a las emisiones de gases contaminantes, deben considerarse las emisiones producidas en la generación de la electricidad que consume.
  - Uno de los aspectos ambientales donde el vehículo eléctrico aporta mejoras respecto a los vehículos convencionales es en relación con el ruido. Este es un elemento de importancia sobretodo en núcleos históricos de las ciudades. Será importante la reducción de los niveles sónicos, a día de hoy excesivos en muchas zonas, especialmente las ciudades del área mediterránea en particular y las grandes urbes en general.
  - Con los nuevos VE deben desaparecer gran parte de los residuos especiales generados por los vehículos de combustión a lo largo de su vida útil, como serían los líquidos refrigerantes, los aceites minerales y otros lubricantes, que deben ser sustituidos periódicamente y que, por su alto potencial contaminante deben ser tratados en plantas especiales, provocando unos costes de gestión y tratamiento considerables.
  - La mejora sustancial en la reducción de peso, por estrictas necesidades mecánicas y de autonomía, al mismo tiempo que supone una mejora de la eficiencia energética también conllevará mejoras ambientales y de conducción.
- Coste reducido de uso.
  - Motores más simples, con menor mantenimiento.

- Alto rendimiento del sistema propulsor.
- Mantenimiento reducido, menos piezas de desgaste.
- Piezas y recambios altamente reciclables.
- Funcionamiento a baja / media velocidad excelente.
- Sistema eléctrico.
  - Mejora en el rendimiento global del sistema eléctrico.
  - Menor dependencia energética del exterior: la introducción del VE representa avanzar hacia un modelo energético más plural y liberarnos de una gran dependencia de los carburantes impulsando el desarrollo de un sistema optimizado de producción / distribución de electricidad desde fuentes renovables.
  - Si el uso diario del vehículo es inferior a su autonomía, éste puede también funcionar como un portador de energía, suministrando energía a la red durante las horas punta. El uso de las smart-grids, permiten potenciar las baterías de los vehículos eléctricos como un cluster para almacenar electricidad.
- Las flotas de vehículos municipales son un nicho de mercado para el VE.
- Concienciación medioambiental de la ciudadanía.
- Por parte de la Administración, será clave el impulso que ésta pueda llevar a cabo para el avance en el desarrollo y la implantación de los VE. Algunas de las medidas que hasta la fecha ha planteado son ayudas a la adquisición, reducción de impuestos y ventajas de aparcamiento.
- Retos a abordar:
  - Desarrollo de nuevas tecnologías, materiales y procesos. En particular, es necesario incentivar la investigación en el campo de las baterías para alcanzar conocimientos más avanzados y potenciar el desarrollo de líneas de I+D de los nuevos sistemas electroquímicos de almacenamiento de la energía. Se trata de un sector muy incipiente en el cual se está empezando a trabajar y que representa el nicho de mercado "clave" para el desarrollo de los VE. Entre la multiplicidad de sistemas y de tecnologías que están en estudio, la versión de ión litio es la que puede acabar imponiéndose debido a las ventajas relativas a la densidad energética y la potencia específica. Se debería fomentar la creación de nuevas empresas en este ámbito, con sistemas de baja, mediana y elevada potencia. El objetivo sería que, sobre la misma base de motor eléctrico que impulse el vehículo, se incentive la introducción de nuevos sistemas (como los supercondensadores y volantes de inercia) para almacenar el máximo de energía y conseguir recuperarla en situación de frenada.

- Para conseguir una recarga inteligente de los vehículos eléctricos, la Administración tendrá que desplegar iniciativas conjuntas que impliquen a las compañías eléctricas, el operador del sistema y los suministradores de equipos, efectuando en paralelo los estudios técnicos y jurídicos necesarios que tengan en cuenta todos los cambios normativos: estandarización de los enchufes de corriente, facilidad de conexión y formas de facturación de la energía, tiempos de recarga, requerimientos de calidad de la red, etc..
- Nuevos modelos de negocio. Promover un cambio en el modelo de movilidad, que fomente que las entidades representativas de los municipios y ciudades acepten el reto y desarrollen proyectos para el despliegue del VE de manera inmediata.
- Introducción del eco diseño. El proyecto Green-Car Eco-Design pretende incluir la variable ambiental en el diseño de distintos componentes para garantizar que el vehículo eléctrico en su conjunto tiene un mejor comportamiento ambiental.

### 6.3. BIBLIOGRAFIA

1. Tendencias tecnológicas del sector de automoción. Repercusión de las líneas de innovación sobre las empresas en España. Observatorio Industrial del Sector Equipos y Componentes de Automoción. Publicado por FEDIT, enero de 2010.
2. Green Cars and leadership opportunities. Instituto de la Pequeña y Mediana Industria Valenciana (IMPIVA), Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE) y SERNAUTO. Marzo de 2009.
3. Asistencia a la II Sesión del Salón del Vehículo y Combustible Alternativos. Feria de Muestras de Valladolid, 14 de octubre de 2010.
4. Monográfico "Vehículos Híbridos y Eléctricos, 2ª monografía, ASEPA
5. Pallisé, J. et al. Diagnosi i perspectives del vehicle elèctric a Catalunya. Informes del CADS- 10. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya. 2010.
6. Soy, A. El repte del vehicle verd per la indústria de sistemes i components de l'automoció. Secretari d'Indústria i Empresa CADS. 2010.
7. Departamento de Industria, innovación, comercio y turismo del gobierno vasco.2010, vitoria- Gazteiz. Plan de competitividad (2010-2013).
8. Eusko Jaurlaritza, Escenarios 2030, claves de implicación para Euskadi,; Euskadi garapen jasangarrirako estrategia 20202010, 1-44, eusko jaurlaritza
9. M. Ormazabal, Euskadi asume el reto Europeo de pilotar el futuro vehículo eléctrico, 2010.

10. V.A El coche eléctrico es la "oportunidad estratégica" para la industria vasca, 2010.
11. Gobierno vasco, Firma del primer acuerdo de la Administración Pública Vasca con IBIL para la recarga de vehículos (23/11/2010).
12. El correo, Bergé Automoción y el EVE colaboran para introducir el coche eléctrico en Euskadi ,2011.
13. MONDRAGON Automoción presenta su proyecto "Coche eléctrico/movilidad sostenible" sala de prensa 21/07/2010

**Páginas web consultadas:**

- [www.fundacionentorno.org](http://www.fundacionentorno.org).
- [www.ecomove.es](http://www.ecomove.es).
- [www.mityc.es](http://www.mityc.es).
- [www.jcyl.es](http://www.jcyl.es).
- [www.smartcitymalaga.es/](http://www.smartcitymalaga.es/)
- [www.cochele.es/](http://www.cochele.es/)
- [www.mugielec.org](http://www.mugielec.org)
- [www.hiriko.com](http://www.hiriko.com)