

## VEHÍCULO ELÉCTRICO

▼ EN ESTE NÚMERO

INTRODUCCIÓN	<b>2</b>	HOMOLOGACIONES Y NORMATIVA EUROPEA	<b>4</b>	SISTEMA DE FRENADO REGENERATIVO	<b>15</b>
CONDICIONANTES DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO	<b>2</b>	ARQUITECTURA GENERAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	<b>5</b>	SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	<b>17</b>
		COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE TRACCIÓN	<b>6</b>	MANTENIMIENTO	<b>19</b>

## INTRODUCCIÓN

En el sector del automóvil se han visto numerosos avances tecnológicos a lo largo del tiempo, pero sin duda alguna la introducción del vehículo eléctrico ha sido uno de los más destacados.

Las primeras generaciones de vehículo eléctrico datan sobre el año 1839 con Robert Anderson de fabricante. La energía eléctrica se almacenaba en pilas no recargables. Más adelante, en 1880 se inventan las baterías recargables y se comienza a fabricar los vehículos eléctricos en serie antes que los de explosión.

En 1899 se bate el record de velocidad con un vehículo eléctrico denominado "La Jamais Contente" que alcanzó los 105 km/h gracias a las baterías NiFe de Thomas Edison. En pleno auge, el 90% de las ventas eran coches eléctricos.

No obstante, estos vehículos se dejaron de fabricar porque ofrecían una autonomía y un rendimiento relativamente bajo. Por otro lado, los vehículos de combustión estaban evolucionando más rápido sobre todo a causa de los motores de aviación.

En la actualidad, con las exigentes normas de anticontaminación y gracias al desarrollo de los transistores IGBT y baterías con capacidades mejoradas, numerosos fabricantes ven cada vez más la necesidad de invertir en los vehículos eléctricos. El principal objetivo es el aprovechamiento más eficiente de la energía y como consecuencia la reducción de las emisiones procedentes de combustibles fósiles.

A corto plazo, la infraestructura de carga de las baterías no permite que el vehículo eléctrico pueda sustituir al de combustión interna, y además muchos modelos se ven limitados por la autonomía de las baterías y el tiempo de recarga. Esta serie de factores condicionan su plena implantación.

No obstante, la mayoría de vehículos eléctricos actuales recorren menos de 60 km al día, generalmente en zonas urbanas, por lo que son distancias que la mayoría de estos vehículos podrían asumir sin problema.

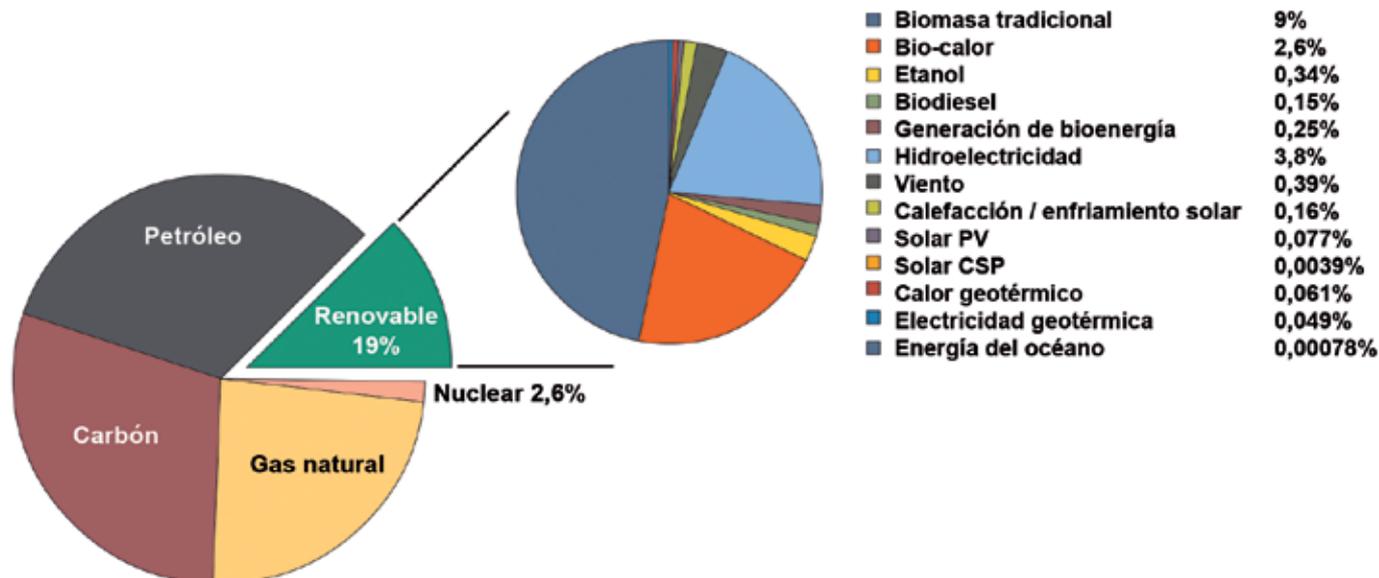
Además, el desarrollo de sistemas de carga más rápidos (en corriente continua) y las nuevas generaciones de batería de iones de litio auguran un futuro más próspero a los vehículos eléctricos.

## CONDICIONANTES DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

### Abastecimiento energético

La sociedad actual, sea cual sea su nivel de bienestar, no puede funcionar ni sobrevivir sin un abastecimiento adecuado y regular de energía, de forma que todo el proceso del ciclo energético (obtención, procesado y suministro) constituye un apartado significativo del sistema económico mundial.

El siguiente gráfico del año 2013 clasifica el consumo energético según su fuente a nivel mundial. De todas las fuentes energéticas conocidas, unas son más contaminantes y económicas que otras.

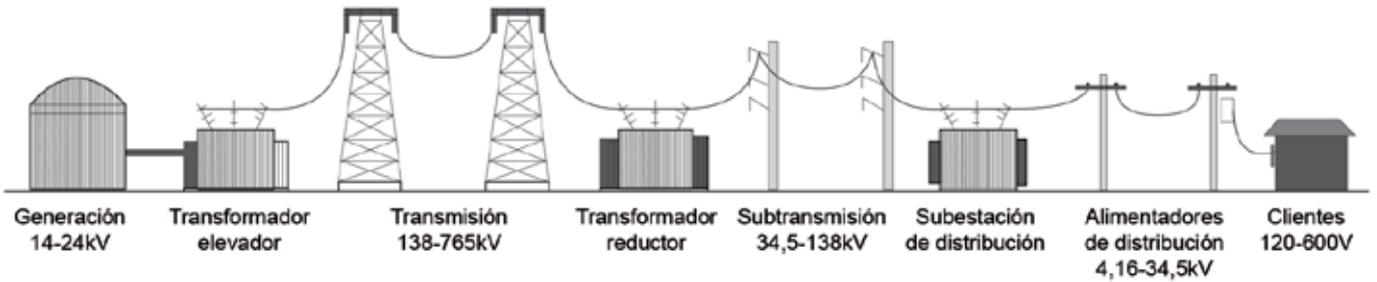


Para que la energía eléctrica aporte ventajas de sostenibilidad, su procedencia no debe ser a través de centrales de fisión nuclear o térmicas, si no de la procedencia de energías renovables y de las futuras centrales de fisión nuclear.

Además, las previsiones de demanda energética en el futuro auguran un crecimiento que podría comprometer la sostenibilidad del sistema energético actual. Por ello se intentan esfuerzos en el desarrollo de las energías renovables y en mejorar la eficiencia de la distribución energética.

Para que el vehículo eléctrico esté disponible a gran escala, dependiendo del país, es necesario un cambio profundo en el sistema energético actual desde su producción hasta el último eslabón en la cadena de distribución.

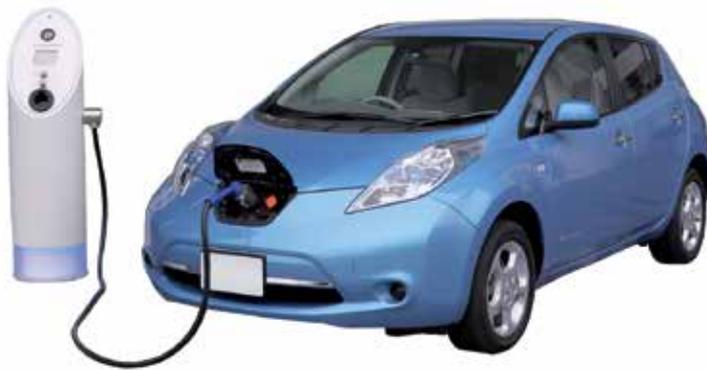
El resultado es que una gran parte de la energía debe ser consumida en el mismo lugar donde se genera.



## Eficiencia energética

Si a un vehículo con motor de combustión se le analiza el rendimiento desde el depósito a la rueda y a un vehículo eléctrico actual se analiza su rendimiento desde las baterías a la rueda, se observa que el rendimiento

de un vehículo eléctrico es muy superior a otro con motor de combustión (motor diésel con Start-Stop, Euro V, frenado regenerativo y otras mejoras de eficiencia).



**83%**

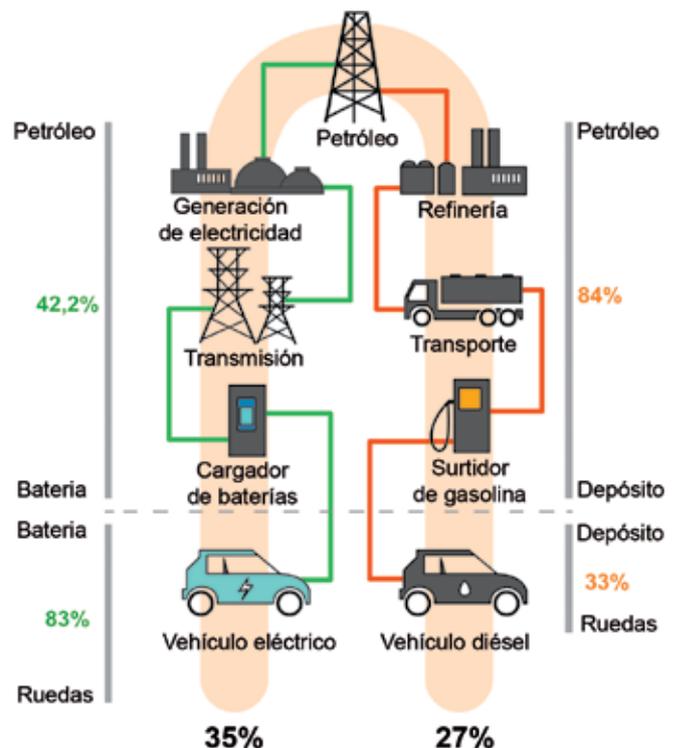


**33%**

Sin embargo, partiendo de la comparativa de generar electricidad a partir del petróleo, si se considera el análisis desde el pozo de petróleo a la rueda, la eficiencia del vehículo eléctrico no es tan superior a la de un vehículo diésel.

Consecuentemente, la energía eléctrica no debería de tener un origen basado en los hidrocarburos.

Además, en la medida de lo posible, debería ser obtenida en el mismo punto de consumo.



## Impacto medioambiental

La principal ventaja de un vehículo eléctrico es que no emite ningún gas contaminante en el lugar donde está funcionando. Hay estudios que demuestran que con la introducción de 1.000 vehículos eléctricos en una ciudad, se dejarían de emitir 30.000 kg anuales de gases contaminantes y más de dos toneladas de CO<sub>2</sub>.

Otra gran ventaja de los vehículos eléctricos es que prácticamente no emiten ruido, los motores eléctricos emiten muy pocos decibelios. Conducir un vehículo silencioso y sin vibraciones producidas por un motor de combustión es un hecho valorable positivamente.

Como contrapartida, la ausencia de ruido afecta a la seguridad de peatones o ciclistas que circulan por la calle “de oído”.

## HOMOLOGACIONES Y NORMATIVA EUROPEA

Un vehículo eléctrico que circula por la carretera debe cumplir una serie de normas de homologación, sobre todo en materia de seguridad y medio ambiente donde se definan requisitos específicos.

En Europa existe **el reglamento 100 ECE**, donde se incluyen los requisitos específicos para vehículos eléctricos en cuanto a su fabricación y su seguridad funcional. El 4 de diciembre de 2010 entró en vigor la serie 01 de enmiendas de dicho reglamento donde fue obligatorio su cumplimiento dos años más tarde.

**Reglamento 100.00 ECE:** Es aplicable solo a vehículos eléctricos excluyendo a los híbridos y a los vehículos de categoría M y N con velocidades máximas que superen los 25km/h. En este reglamento se encuentran definidos los requisitos de construcción (protección contra contactos eléctricos, resistencia de aislamiento y carga), los requisitos funcionales y los requisitos de emisiones de hidrógeno.

**Reglamento 100.01 ECE:** Es la evolución de la anterior. En este reglamento se incluyen los vehículos híbridos dentro del ámbito de aplicación. Además se añaden o modifican otros puntos del reglamento, como la redefinición de la alta tensión pasando a ser entre 60V y 1500V en corriente continua y entre 30V y 1000V a corriente alterna. En cuanto a seguridad se establecen requisitos para los conectores, el aislamiento de los cables de alta tensión debe ir marcado en color naranja y entre otros puntos se modifican procedimientos de medición separando circuitos de DC y AC.

A continuación aparecen otros apartados generales que afectan de forma específica a los vehículos eléctricos:

- **R10:** Se define la **compatibilidad electromagnética** de los vehículos, sobre pruebas de emisiones de ondas electromagnéticas e inmunidad a las mismas.
- **R13 y R13H:** Consiste en el **frenado de vehículos de turismo y comerciales**, donde se tiene en cuenta también el sistema de freno

regenerativo de los vehículos eléctricos.

- **R79:** Referente a los **sistemas de dirección**, se definen las características de construcción, los esfuerzos máximos sobre estos mecanismos y otros reglamentos sobre sistemas electrónicos de control del vehículo.
- **R85:** Define la **potencia de los motores**. En un anexo se añade la determinación de la potencia de los motores eléctricos de tracción sobre un ensayo a potencia neta y otro a potencia máxima de 30 minutos.
- **R94 y R95:** Hacen referencia a la protección de los ocupantes ante el choque frontal y lateral en un vehículo.
- **R101:** Consiste en las **emisiones de CO<sub>2</sub>** y el **consumo** de combustible en motores de combustión o híbridos, y del consumo y autonomía de vehículos eléctricos.

**La directiva 2000/53** define el final de vida útil de un vehículo y **la directiva 2005/64** define la homologación de un vehículo en su aptitud de reutilización, reciclaje y su valor. Para un vehículo eléctrico estas normativas son importantes ya que se deben idear y fabricar teniendo en cuenta el impacto medioambiental de las baterías, tanto su fabricación como utilización y reciclado.

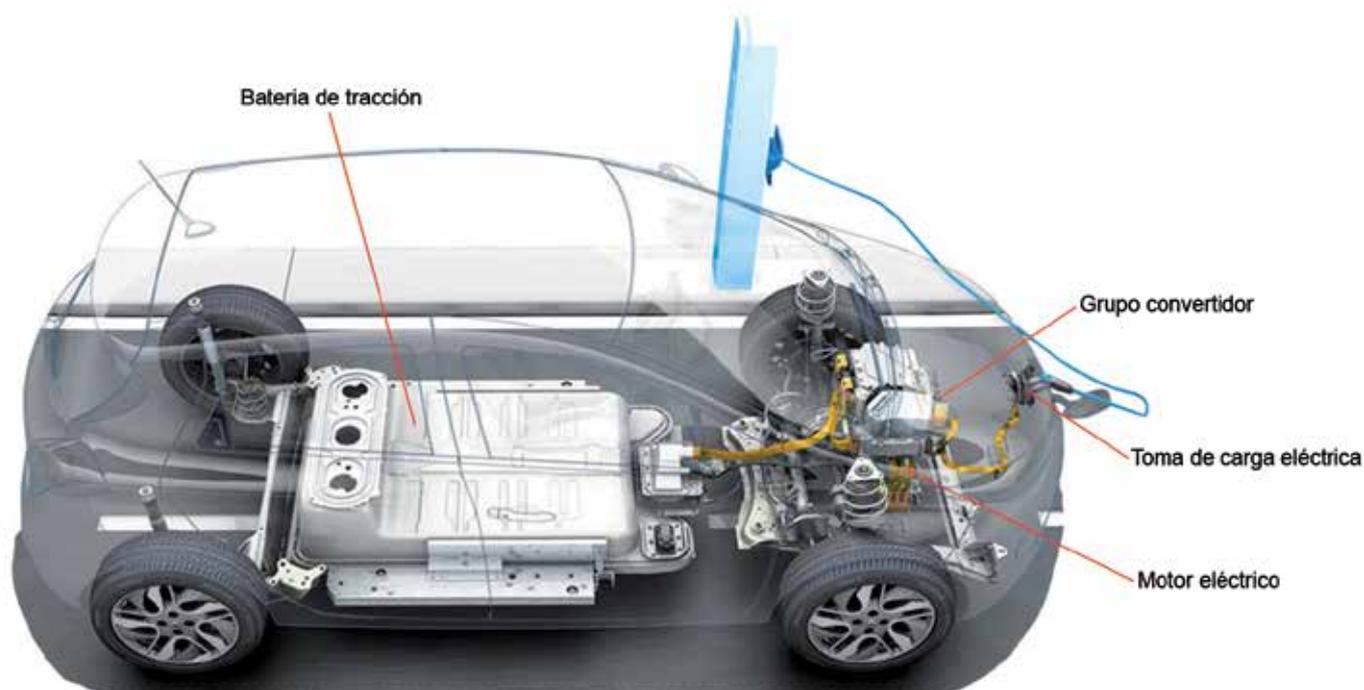
Fuera de Europa, también existen **otras reglamentaciones** específicas para los vehículos eléctricos como la estadounidense “Federal Motor Vehicle Safety Standards” y la japonesa “Attachment 110 & 111”. Estas potencias mundiales son pioneras en el diseño y fabricación de dichos vehículos.

A nivel Europeo, cada fabricante capacita sus operarios para realizar trabajos de alta tensión sobre el vehículo eléctrico. Las Normativas Europeas que regulan los trabajos en alta tensión son la **EN 50110-1 y EN 50110-2**. En ellas, se contemplan algunos apartados como **la directiva 89/391/CEE**, referente a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores.

# ARQUITECTURA GENERAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Generalmente la mayoría de los vehículos eléctricos emplean componentes muy similares para su funcionamiento. A continuación se

pueden observar los componentes eléctricos más significativos en un Renault ZOE.



## Tipo de redes

Como norma general, un vehículo eléctrico está formado por una red de 12 voltios, un grupo de redes multiplexadas para la comunicación entre las diferentes unidades de mando y una red de alta tensión entre 150 y 400 voltios.

**Red de 12 voltios:** La función de esta red es la misma que en un vehículo convencional. Se emplea en todos los sistemas de seguridad (activa y pasiva), carga de la batería de 12 V, iluminación, confort, alimentación de las unidades electrónicas...

**Redes multiplexadas:** Todos los sistemas de un vehículo eléctrico, incluido el de gestión de la alta tensión, son controlados por unidades de mando que necesitan comunicarse entre sí. Al igual que en

un vehículo convencional, la comunicación entre unidades es a través de un sistema multiplexado.

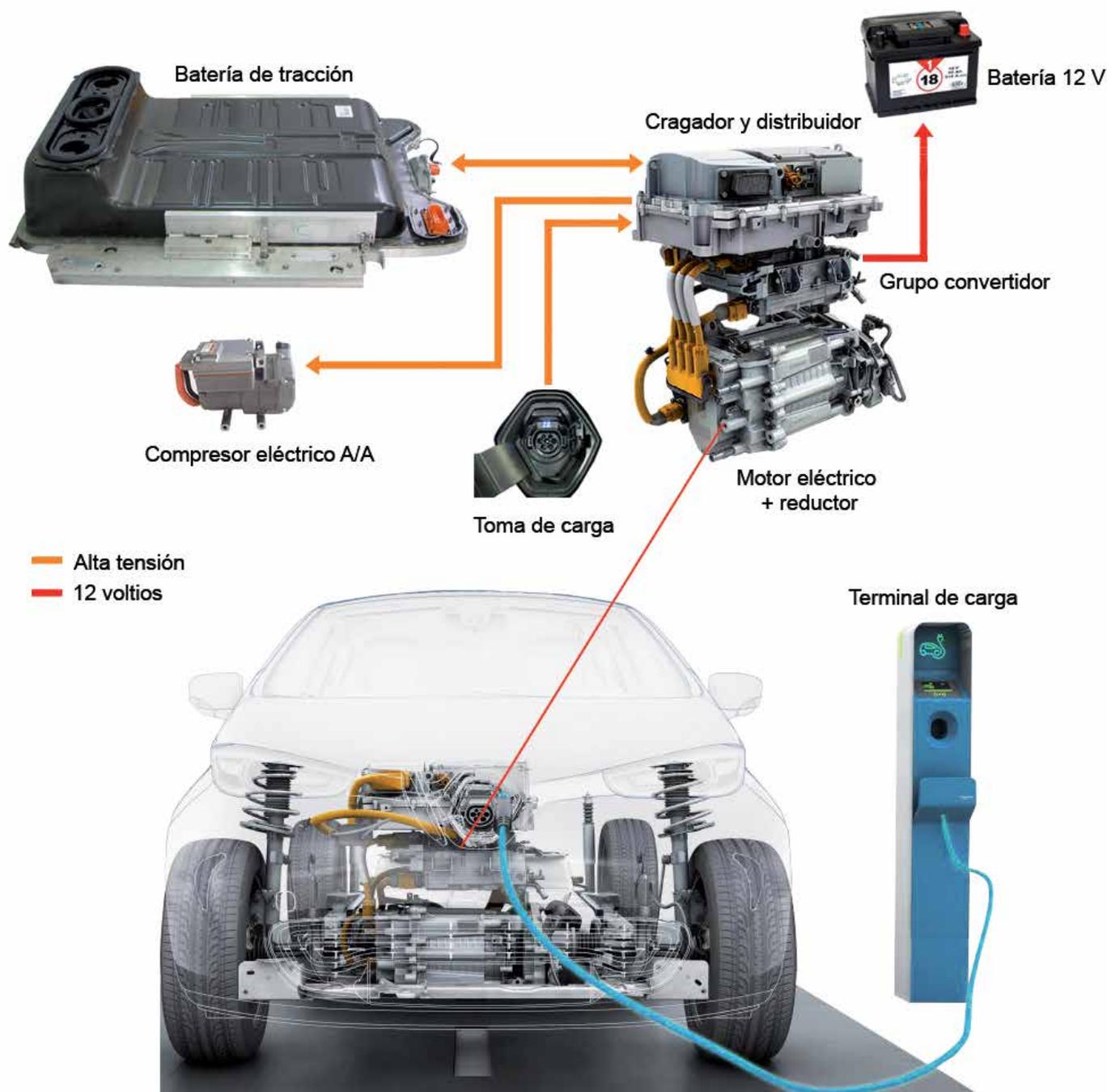
**Red de alta tensión:** Para la gestión de una tracción eléctrica es necesario disponer de un grupo de componentes específicos. Normalmente, suelen ser: una toma de carga eléctrica, una batería de tracción, un motor eléctrico, un grupo convertidor y un sistema de freno que combina el freno eléctrico regenerativo con el freno mecánico. Además incorpora un sistema de climatización tanto para la batería de tracción como para el habitáculo. El resto de componentes del vehículo son similares a un vehículo convencional.

## Funcionamiento general del sistema de tracción eléctrica

Estos vehículos, se abastecen de corriente eléctrica procedente de la red doméstica, de una estación de recarga rápida urbana y de la frenada regenerativa.

La energía que utiliza el sistema de tracción eléctrica es almacenada en una batería de gran capacidad denominada batería de tracción. La batería suministra corriente continua al grupo convertidor a través del

distribuidor, donde dicha corriente es transformada a corriente alterna. La corriente alterna alimenta al motor eléctrico para que genere movimiento de rotación. El movimiento de rotación es transformado en un grupo reductor para obtener un desarrollo correcto en las ruedas de tracción.



## COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE TRACCIÓN

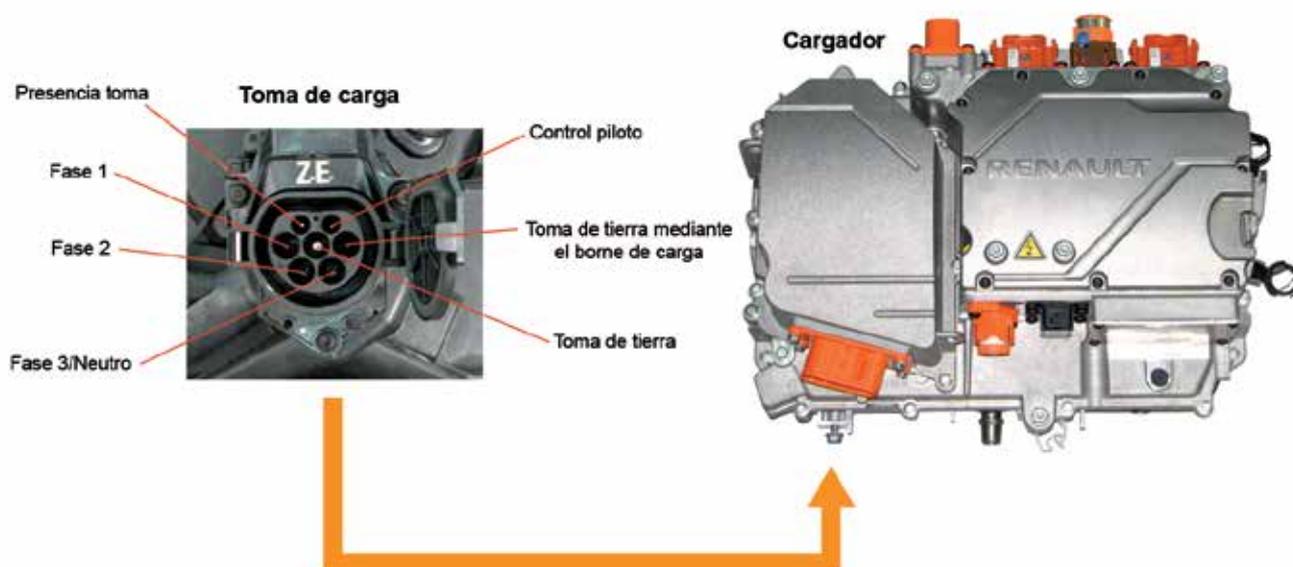
### Toma de carga eléctrica y cargador

Cuando se adquiere un vehículo eléctrico es necesario disponer de un terminal de carga dónde poder enchufar al vehículo y recargar la batería. La conexión hacia el vehículo se hace a través de la toma de carga, donde ésta puede recibir diferentes alimentaciones según la carga sea monofásica o trifásica.

La corriente doméstica es alterna. Debido a su naturaleza, ésta no se puede almacenar en una batería. La corriente que almacena y proporciona una batería, del tipo que sea, es continua. Por lo tanto se

necesita un transformador para adaptar la corriente alterna doméstica a la corriente continua de la batería.

Para una mayor comodidad y poder conectar directamente a 220V, la mayoría de fabricantes optan por embarcar un cargador en el propio vehículo. Dicho cargador controla los procesos de carga y de convertir la corriente alterna a continua necesaria para el funcionamiento de la batería de tracción. Además, establece una comunicación entre dicho cargador y el terminal de carga.



El inconveniente de estos cargadores es que se pierde espacio y se aumenta el peso del vehículo.

## Tipos de recarga

Cada tipo de batería necesita una recarga específica. Esto da a entender que en el mercado existe una gran variedad de cargadores diferentes, siendo necesario consultar al fabricante cuál es el más adecuado. Cuanta más potencia eléctrica se disponga, menor será el tiempo empleado para la recarga de la batería. En función de la potencia y del tipo de corriente eléctrica disponible se pueden encontrar tres tipos de recarga:

- **Recarga convencional:** Emplea la intensidad y el voltaje eléctricos convencionales de una vivienda con corriente monofásica (según la potencia contratada: 3,7-11 kW, 230 voltios).
- **Recarga semi-rápida:** Se emplea en terminales de carga urbanos y talleres que suelen usar corriente alterna trifásica. Ofrecen potencias bastante superiores a las domésticas, reduciendo el tiempo de carga considerablemente (1 hora).
- **Recarga rápida:** Los cargadores rápidos trabajan con corrientes de 125 amperios y tensiones de 500 voltios, proporcionando una potencia de salida del orden de 60 kW. Esta carga debe ser concebida como extensión de autonomía o carga de conveniencia. El tiempo de recarga de la batería es muy inferior en comparación a los otros tipos de recarga.

## Protocolos de carga y conectores

Los fabricantes de vehículos eléctricos han establecido sus propios protocolos de comunicación que forman parte de los procesos de la carga de la batería. Estos protocolos informan acerca del estado de la batería, el nivel de carga, la protección durante la carga y el propio proceso de carga. Debido a la incompatibilidad entre los diferentes

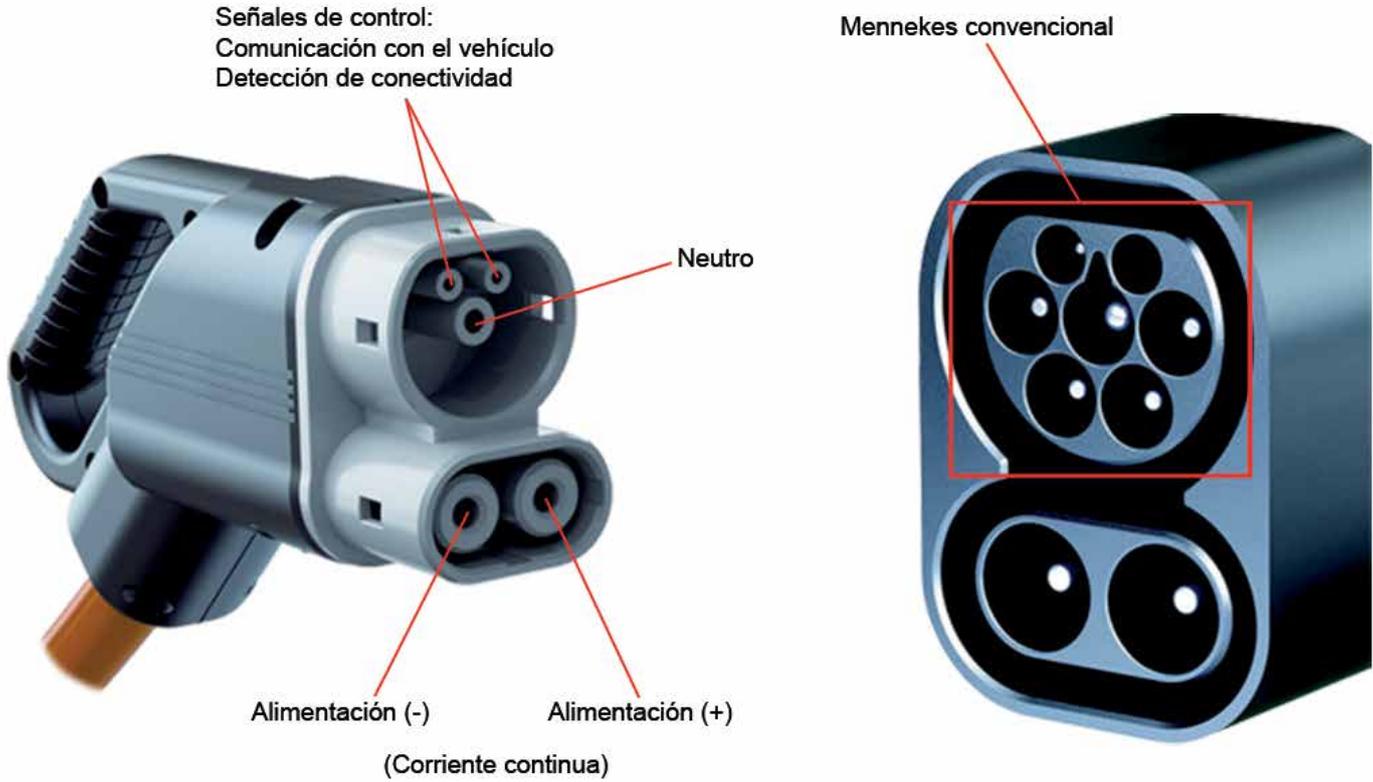
protocolos y conectores, tanto en la comunicación como en la construcción del conector, los fabricantes tratan de estandarizar sus sistemas de carga habiéndolo conseguido no exento de dificultades. Según los diferentes mercados se pueden encontrar diferentes protocolos de carga estandarizados:

- **Conector Mennekes:** TE es el estandarizado en Europa. Está basado en el estandar internacional IEC 62196 (Comisión Electrotécnica Internacional).



Corriente alterna	Monofásica y trifásica de hasta 16-63 A
Tensión	100-500 V
Potencia	Hasta 43,8 kW
Protocolo de comunicación	PLC (Power Line Comun.)

Existe la variante combinada de Mennekes para poder cargar con corriente continua. Se denomina Mennekes CCS Combined Charging Systemy consta de dos clavijas más para + y - CC. Así se permite la carga rápida con potencias de hasta 100 kW.

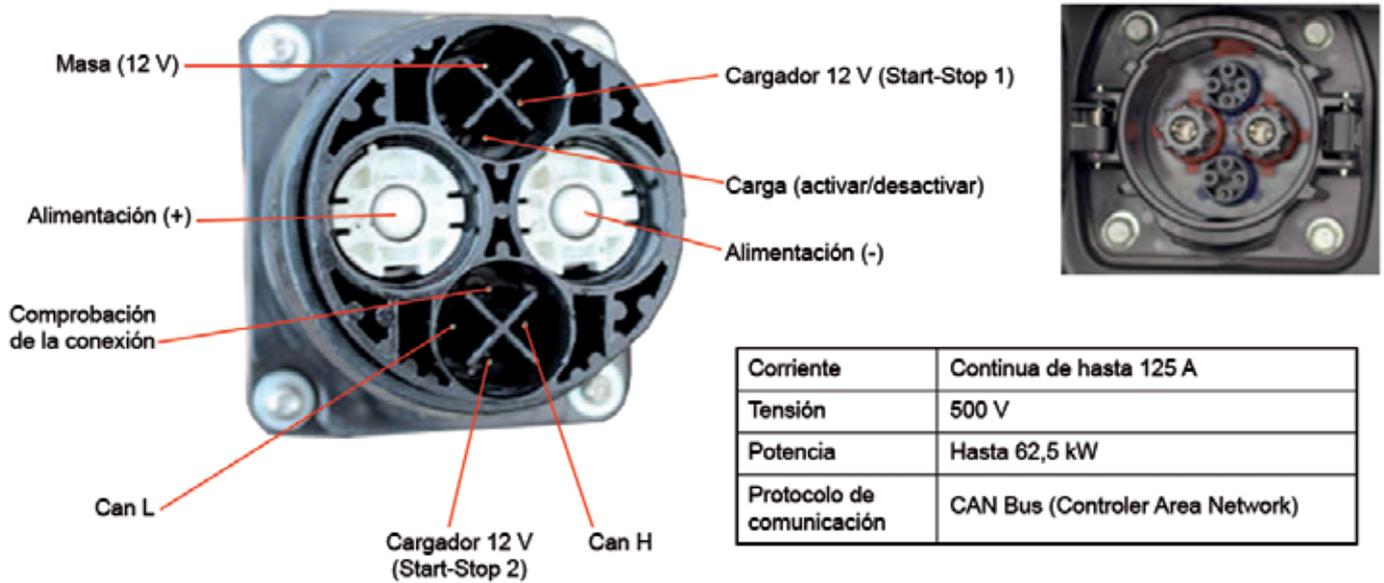


- **SAE J1772 o Yazaki:** Está desarrollado en EEUU. Solo para el estándar americano.



Existe la variante combinada de SAE J1772 para poder cargar con corriente continua. Se denomina SAE CCS Combo Coupler Systemy consta de dos clavijas más para + y - CC. Así se permite la carga rápida con potencias de hasta 90 kW.

- **Conector CHAdeMO:** CHArge de MOve (carga para moverse) del Japonés “tomamos un café”. Se trata del estándar Japonés para carga rápida. Está diseñado exclusivamente para corriente continua y el seguro de la fijación es manual.



Debido a la gran variedad de conectores, algunos fabricantes optan por equipar en sus vehículos con más de un tipo de conector (uno por la recarga convencional en el domicilio y otro para la recarga rápida).



## Batería de tracción

Es un elemento que almacena energía en forma química que, al conectarse a un circuito eléctrico, se transforma en energía eléctrica y realiza un trabajo. Suele estar localizada debajo del piso del vehículo, de esta forma ayuda a equilibrar el peso entre la parte delantera y trasera del vehículo y mantener un centro de masas bajo. Esto facilita una óptima tracción y confiere al vehículo una excelente estabilidad.

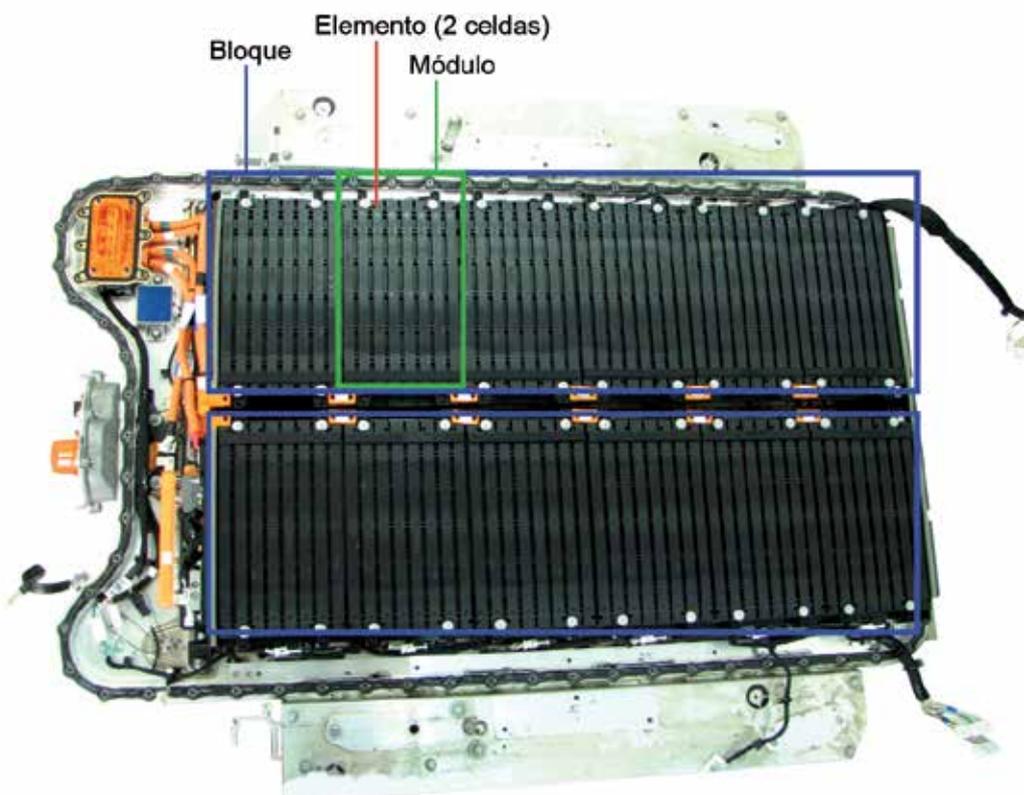
Existen de varios tipos, la principal diferencia entre las baterías así como la potencia y el voltaje que entregan, radica básicamente en el material de fabricación de los electrodos positivo y negativo. Las baterías más conocidas son:

Tipo de batería	Plomo-ácido	Níquel-cadmio	Níquel-metalhidruro	Sodio-níquel (Zebra)	ión-litio
Material del electrodo negativo	Plomo	Cadmio	Hidruros metálicos	Sodio	Grafitos, nitruros y aleaciones de litio
Material del electrodo positivo	Óxido de plomo	Hidróxido de níquel	Hidróxido de níquel	Níquel	Litio óxido de cobalto, óxido de vanadio...
Electrolito	Ácido sulfúrico	Hidróxido de potasio	Hidróxido de potasio	Sodio-níquel-cloro	Disolvente orgánico + sal de litio
Energía/peso (Wh/kg)	30 - 50	48 - 80	60 - 120	120	110 - 160
Tensión por elemento (V)	2	1.25	1.25	2.6	3.70
Duración (ciclos de carga-descarga)	1000	500	1000	1000-2000	4000
Tiempo de carga (h)	8 - 16	10 - 14	2 - 4	-	2 - 4
Autodescarga por mes (% del total)	5	30	20	-	25
Eficiencia de carga	82.5	72.5	70	92.5	90

Las **baterías de ion-litio** son las más recientes. El uso de nuevos materiales como el litio ha permitido conseguir altas densidades energética, alta eficiencia, la eliminación del efecto memoria, ausencia de mantenimiento y facilidades en su reciclaje.

Una batería de estas características esta forma por un gran número de celdas, donde estas son agrupadas en módulos y repartidas en blo-

ques. En la imagen siguiente se puede observar un ejemplo de batería de tracción con 192 celdas repartidas en 96 elementos y conectados en serie. Ésta en concreto, ofrece un voltaje nominal de 360V pudiendo trabajar a una tensión máxima de 400 voltios. Su capacidad energética ronda sobre los 22 kWh y entre cargas puede ofrecer unos 150 km de autonomía.



**Nota:** Algunos vehículos más sofisticados como el Tesla Model S llega a incorporar más de 8.000 celdas en su batería. La capacidad que ofrece es de 100 kW/h y una autonomía de más de 500 km entre recargas.

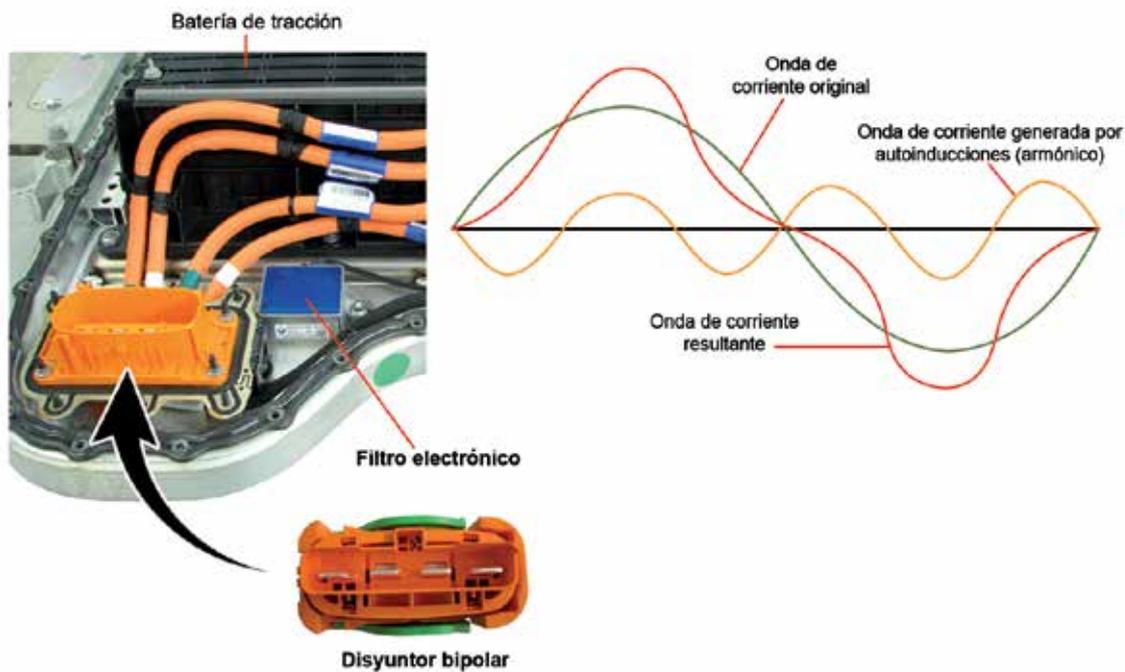
Con el fin de mejorar la eficiencia energética, estas baterías van provistas de un sistema de refrigeración autónomo que mantiene las celdas a una temperatura de trabajo óptima. En este caso se utiliza el refrigerante del aire acondicionado para, mediante un evaporador y una turbina, enfriar una corriente de aire que traspasa todos los módulos de la batería.

Los voltajes de carga y descarga por celda en estas baterías de tracción deben estar comprendidos en unos límites establecidos por el fabricante. Para ello se incorpora una gestión electrónica que monitoriza

y equilibra los ciclos de carga/descarga y su correcto funcionamiento. En dicha gestión se requieren elementos como sensores de temperatura, sensores de corriente, fusibles, resistencias, etc

Por seguridad en estas baterías, se incorpora un disyuntor bipolar que permite la desconexión de los polos negativo y positivo de la batería de tracción con el resto de la instalación del vehículo. Es un sistema de seguridad que evita la existencia de corrientes peligrosas en el resto de cableado y componentes de alta tensión.

Otro elemento necesario para garantizar una larga durabilidad y un buen funcionamiento de la batería de tracción, es la incorporación de un filtro electrónico conectado al borne negativo. Este filtro absorbe los armónicos que contiene la corriente que entra y sale de la misma.



## Grupo convertidor

Es el encargado de transformar la corriente continua de la batería de tracción en corriente trifásica alterna para que el motor de alto rendimiento pueda funcionar. Además, en los momentos de des-

aceleración convierte la energía eléctrica generada por el motor, de nuevo en corriente continua para volverla a almacenar en la batería.



La comunicación entre el grupo convertidor y el motor eléctrico se hace a través de un cableado específico. Todos los cables de alta tensión están apantallados con el fin de evitar al máximo los parásitos.

A su vez, el convertidor gestiona el encendido de las fases del estator en función de la posición del rotor, la demanda de potencia,

**Importante:** En estos vehículos eléctricos, no utilizar el sistema de 12 voltios para arrancar otro vehículo convencional. La potencia eléctrica que suministra el sistema de baja tensión no está diseñado para soportar la demanda de consumo eléctrico que el motor de arranque de un vehículo de combustión necesita.

Con el fin de impedir el sobrecalentamiento de los componentes del

el freno regenerativo y de si el vehículo debe circular hacia delante o hacia atrás.

Además, el convertidor reduce la alta tensión de la batería de tracción a baja tensión para abastecer a los consumidores de la red de 12 voltios, cargando también una pequeña batería de 12 voltios.

sistema motopropulsor (grupo convertidor, cargador, motor eléctrico, grupo reductor...), se instala un sistema de refrigeración por agua. La temperatura en este sistema de refrigeración oscila sobre los 50°C, donde simplemente con un sensor de temperatura, se evita el uso de un termostato.

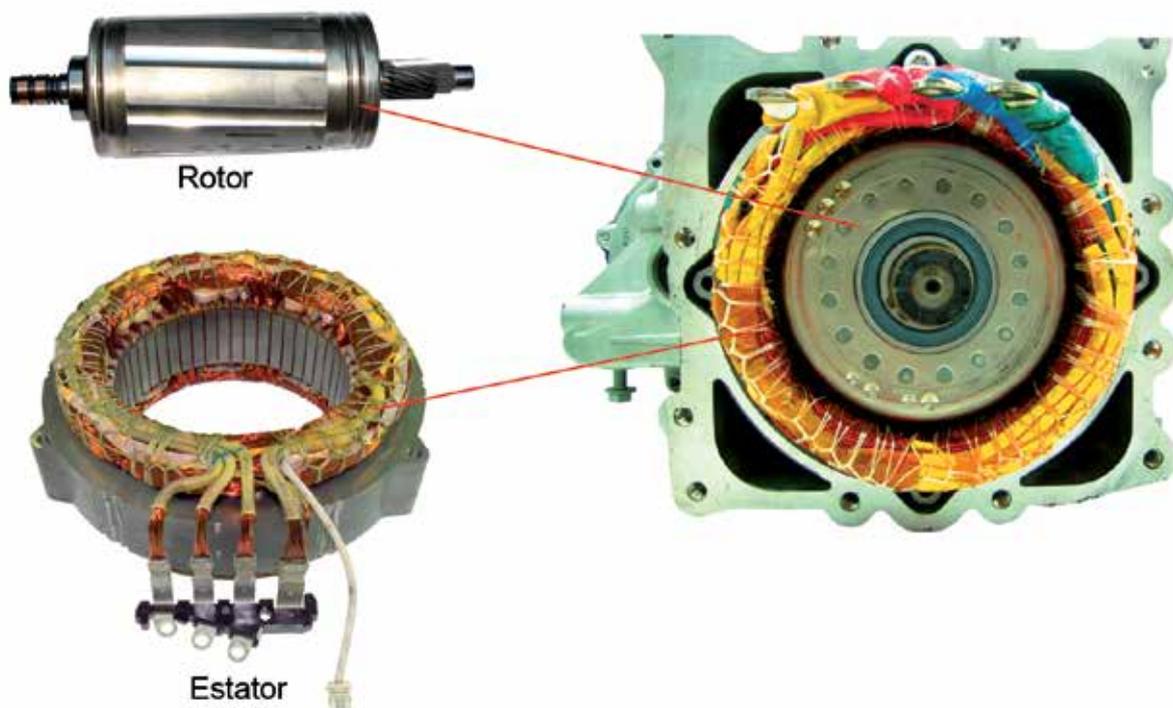
## Motor de tracción eléctrica + grupo reductor

El motor de tracción es un componente importante dentro de la arquitectura del vehículo eléctrico. Es el encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica aplicada en las ruedas.

El principio de funcionamiento de un motor eléctrico consiste en inducir un campo magnético generado en un estator donde interactúa con el campo magnético generado en el rotor. La interacción o "choque" entre ambos campos, provoca el giro del eje del motor eléctrico. Estos motores, también tiene la capacidad de comportarse como un generador en los momentos de desaceleración del vehículo, proporcionando corrien-

te alterna que posteriormente es rectificadora a corriente continua (en el convertidor) para ser almacenada en la batería.

Los principales componentes de estos dispositivos son el estator que permanece inmóvil, donde se localizan las bobinas inductoras que forman los arroyamientos de cobre que se muestran en la imagen. Y el rotor que es el núcleo magnético que al girar transmite movimiento al grupo reductor.



### Tipo de motores

Los motores eléctricos se pueden clasificar básicamente de dos formas; los motores síncronos y los asíncronos. La diferencia entre ambos radica en su funcionamiento.

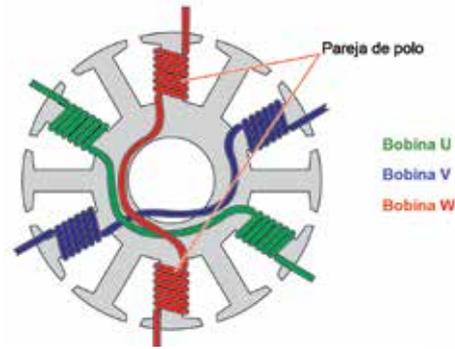
En los motores síncronos la velocidad de giro del rotor es igual a la velocidad de giro del campo magnético del estator. Mientras que en los

motores asíncronos o motores de inducción, la velocidad del rotor es siempre inferior a la velocidad de giro del campo magnético del estator. Como ejemplo, el Renault ZOE y el Nissan Leaf utilizan motores síncronos y Tesla utiliza motores asíncronos.

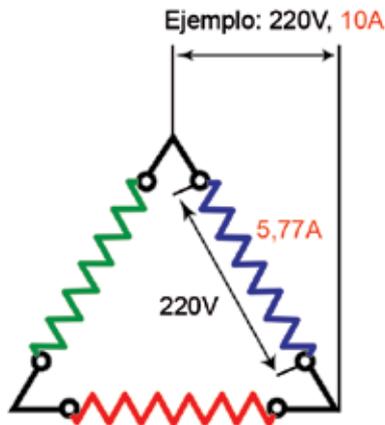
## El estator

Este componente es prácticamente igual tanto en un motor síncrono como asíncrono. Lo más habitual es que el estator sea trifásico y esté formado por tres bobinados distribuidos de forma uniforme alrededor de su carcasa. El nombre de ambos bobinados suele ser U, V y W.

Según como se distribuyen los bobinados alrededor de la carcasa, se obtiene un mayor o menor número de polos magnéticos.

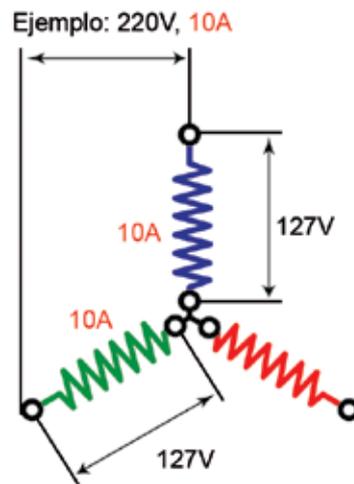


### -Conexión en triángulo-



$$I_{\text{fase}} = \frac{I_{\text{línea}}}{\sqrt{3}} \quad V_{\text{fase}} = V_{\text{línea}}$$

### -Conexión en estrella-



$$V_{\text{fase}} = \frac{V_{\text{línea}}}{\sqrt{3}} \quad I_{\text{fase}} = I_{\text{línea}}$$

La conexión de estas bobinas puede ser en estrella (todos los terminales de las bobinas conectados en un punto común) o en triángulo (conectando en serie el final de cada fase con el principio de la siguiente alimentando el sistema por los puntos de unión). En la siguiente imagen se pueden observar estos dos tipos de conexiones que, al alimentarlos a 220 V y a 10 A tienen unas intensidades y voltajes distintos en sus líneas. La potencia de giro de un motor conectado en estrella o en triángulo es la misma. Sin embargo, cuando se conectan las fases

en triángulo la intensidad y par motor es menor en comparación con uno conectado en estrella, en contra partida su velocidad de giro y tensión son superiores. Por otro lado, cuando se conectan las fases en estrella la velocidad y la tensión son inferiores en comparación con una configuración en triángulo, en contra partida, la intensidad y el par motor son superiores. Por ello, los motores empleados en los vehículos eléctricos suelen estar conectados en estrella para conseguir el máximo par motor.

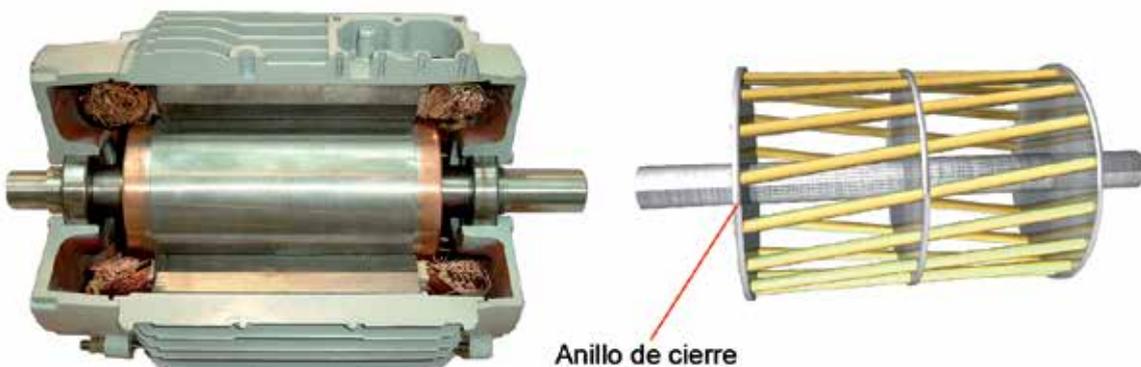
## El rotor

Dependiendo de si el motor es asíncrono o síncrono, puede llevar un rotor u otro. Los motores asíncronos incorporan un rotor de jaula de

- **El rotor de jaula de ardilla** se compone de unos conductores distribuidos por la periferia del rotor (normalmente de cobre). Los extremos de estos conductores están cortocircuitados a través de un anillo de cierre, sin que exista la posibilidad de conexión del devana-

ardilla. Mientras que los motores síncronos normalmente utilizan un rotor de imanes permanentes.

do del rotor con el exterior. El campo magnético del estator induce una corriente en el rotor que posteriormente se transformará en el campo magnético necesario para que el eje empiece a rotar.



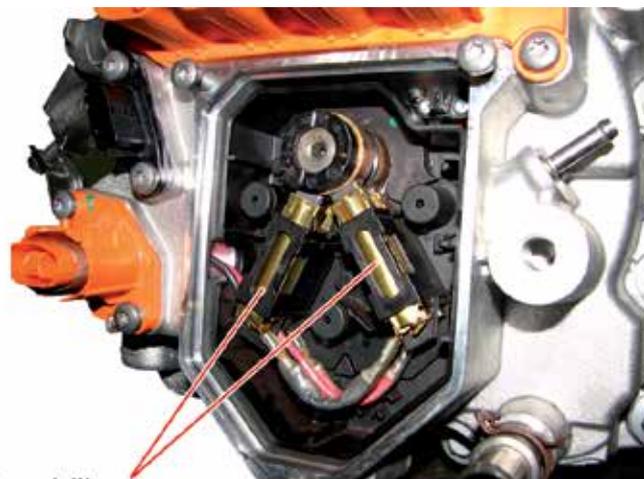
Anillo de cierre

- **El rotor bobinado** se distingue por incorporar un devanado de cobre enrollado en el interior que se conecta con el exterior a través de dos anillos colectores montados sobre el mismo eje. Estos anillos

reciben una alimentación constante a través de unas escobillas para alimentar el devanado de rotor cuyo objetivo es generar un campo magnético en el mismo.



Anillos colectores



Escobillas

- El rotor de rotor **imanes permanentes** tiene la propiedad de que no le hace falta "crear" un campo magnético absorbiendo corriente de una fuente de alimentación, pues los propios imanes ya

son los generadores de este campo magnético. El neodimio es un material que se emplea a menudo para este tipo de imanes.

## Grupo reductor

El elevado número de revoluciones a las que puede girar el motor eléctrico (12.000 rpm) y el alto par disponible, hacen que el vehículo no necesite ningún tipo de caja de cambios. A su vez, como el motor eléctrico puede entregar potencia desde el instante 0 (no precisa de ralenti), también permite suprimir cualquier sistema de embrague.

Sin embargo sí es necesario incorporar un sistema de reducción (grupo reductor) para transformar el elevado número de revoluciones del motor eléctrico en par de arrastre.

El reductor está formado por el eje del motor eléctrico (rotor), un piñón reductor y un diferencial convencional.

Rotor del motor eléctrico



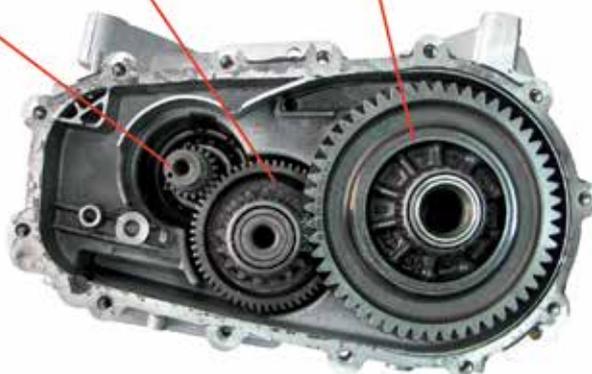
Piñón reductor



Diferencial



Tapa del grupo reductor



Para la función de marcha atrás, tampoco se precisa el acople de un tercer piñón, es suficiente con invertir el giro del motor eléctrico.

## SISTEMA DE FRENADO REGENERATIVO

Es habitual encontrar dos sistemas de frenado diferentes en un vehículo eléctrico, pero a efectos del conductor el sistema de frenada debe comportarse como si hubiera una única fuerza de frenada. El equipo de frenado se compone del sistema clásico hidráulico y el sistema de frenado regenerativo, donde interviene el motor eléctrico de tracción (cuando se comporta como generador de corriente).

El sistema de frenado convencional (hidráulico) suele llevar un amplificador de frenado que funciona por vacío. En un vehículo convencional, el vacío proviene del colector de admisión (motor gasolina) o depresor de freno (motor diésel). En el caso de un vehículo eléctrico, este vacío puede realizarse generalmente de dos formas:

- Mediante una bomba de vacío eléctrica, donde esta se activa según la señal de un sensor de depresión montado en el propio amplificador de frenado.
- O que el propio motor eléctrico empleado para el sistema ABS genere la presión hidráulica que se utilizará en el circuito hidráulico.

El frenado regenerativo en este tipo de vehículos se pone en funcionamiento en el momento de soltar el pedal del acelerador. En este instante, el motor eléctrico deja de dar tracción hacia las ruedas para invertir su función a generador. La inercia del rotor provoca una inducción electromagnética en las bobinas del estator, generando por lo tanto una corriente alterna. Esta corriente alterna es rectificadora a corriente continua por el grupo convertidor para luego ser almacenada en la batería de tracción. A medida que se pisa el pedal de freno y se incrementa la presión sobre el mismo, mayor absorción de energía realiza la batería sobre el generador y más retención le provoca.

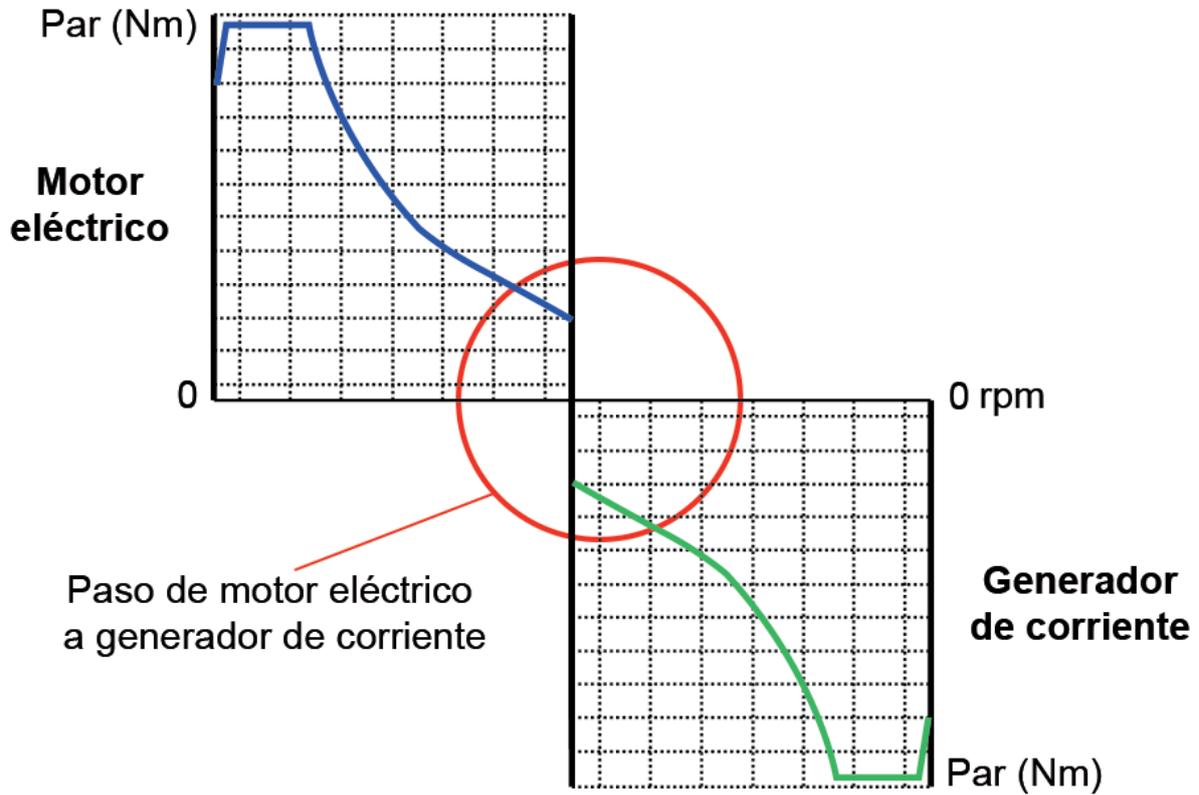
Con el freno regenerativo se aumenta de forma considerable la autonomía del vehículo eléctrico, sobre todo en la circulación dentro de ciudad. Al mismo tiempo, se reduce el desgaste de los frenos del mismo. Para que el frenado de un vehículo eléctrico sea efectivo y, a su vez, beneficiarse al máximo del freno regenerativo para la recarga de la batería de tracción, es necesario un sistema de frenos que combine continuamente ambos sistemas de frenado.



El par resistivo de un generador depende, en parte, del número de revoluciones al que gira. En el paso de motor eléctrico a generador de corriente, existe un breve espacio de tiempo en que no se dispone de ningún tipo de par, momento en el cuál el frenado tiene que ser 100% hidráulico. En cuanto ya se dispone de un par resistivo, el sistema de

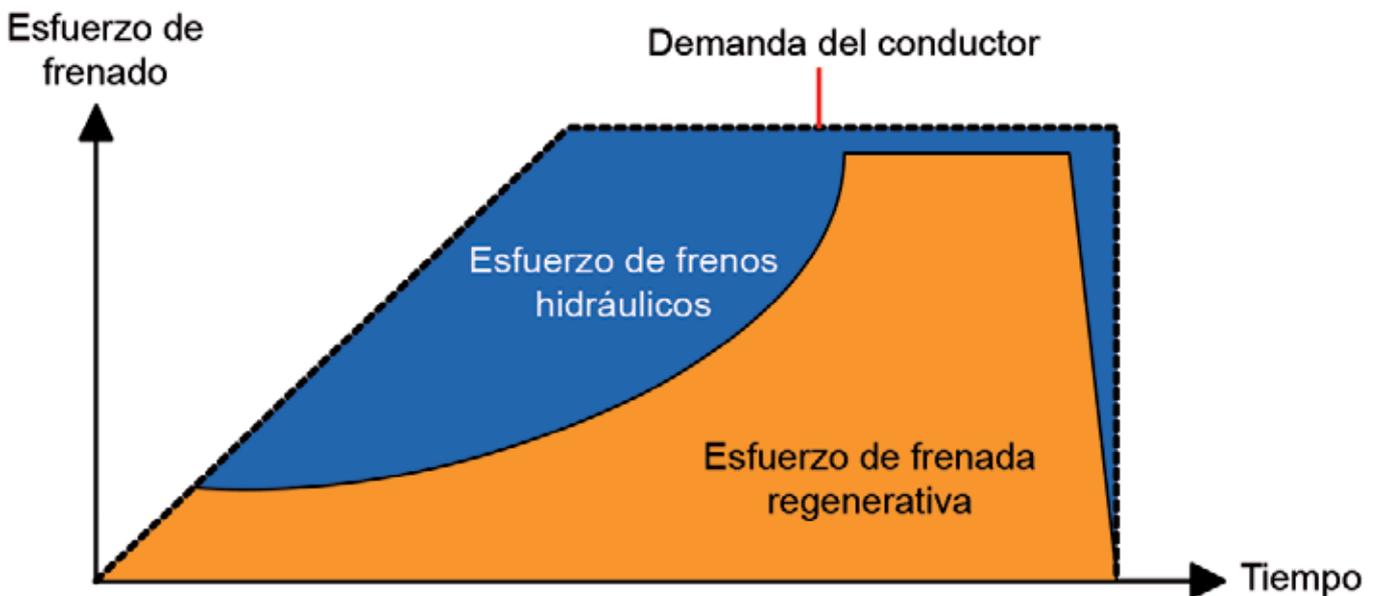
frenos debe ser capaz de reducir o incluso anular el frenado hidráulico para poder beneficiarse del frenado regenerativo. Con la disminución de la velocidad de rotación del generador, se deja de tener par resistivo. En este momento, el frenado hidráulico tiene que aplicarse de nuevo.

**-Curva par motor / generador-**



Así pues, el sistema de frenos de un vehículo eléctrico interrumpe la presión generada por el conductor en la bomba de frenos, para poder

combinar el frenado hidráulico y el frenado regenerativo según las necesidades de frenado solicitadas.



## SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

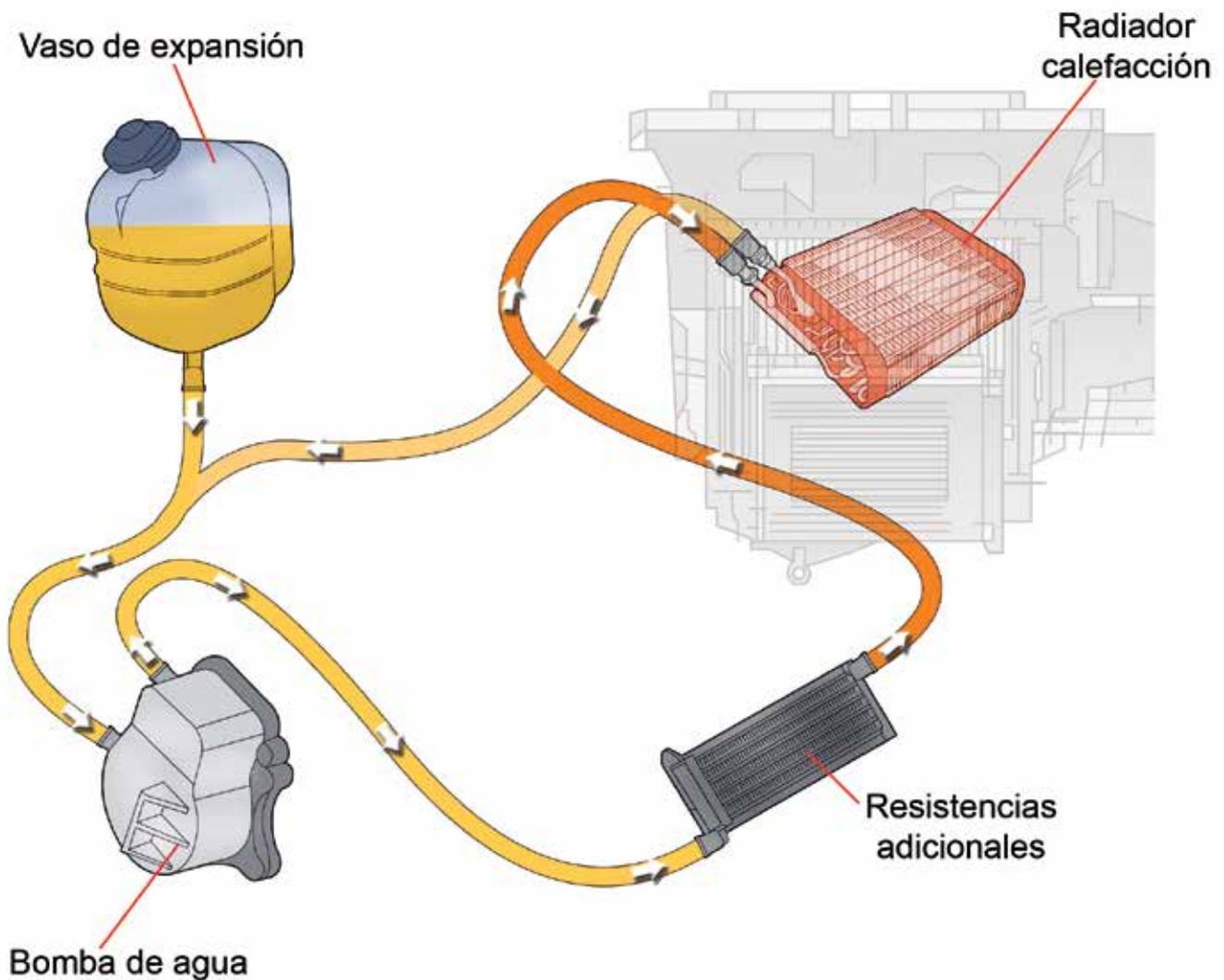
Al no disponer de un motor de combustión interna, los fabricantes de vehículos eléctricos se plantearon dos cuestiones:

- Cómo accionar el compresor del A/A.
- Y cómo disponer de una fuente de calor para la calefacción.

Referente a la fuente de calor para la calefacción, los primeros vehículos eléctricos equipaban una calefacción estacionaria que funcionaba a través de un pequeño depósito de combustible (gasolina o diésel); algo parecido a una calefacción doméstica.

Otra opción adoptada más moderna, es utilizar unas resistencias adicionales que trabajan al voltaje de la batería de tracción. El sistema cuenta, además, con los siguientes componentes:

Las resistencias adicionales calientan el líquido que circula a través del circuito. Se activan cuando el vehículo está en marcha y se solicita la función de calefacción.



En el bucle frío, se utilizan los mismos componentes que en un vehículo convencional, con la diferencia de que el compresor del aire acondicionado es accionado a través de un motor eléctrico integrado en su interior.

Este tipo de compresores suelen ser del tipo Scroll y su ubicación es la misma que en un vehículo convencional, es decir, en el vano motor

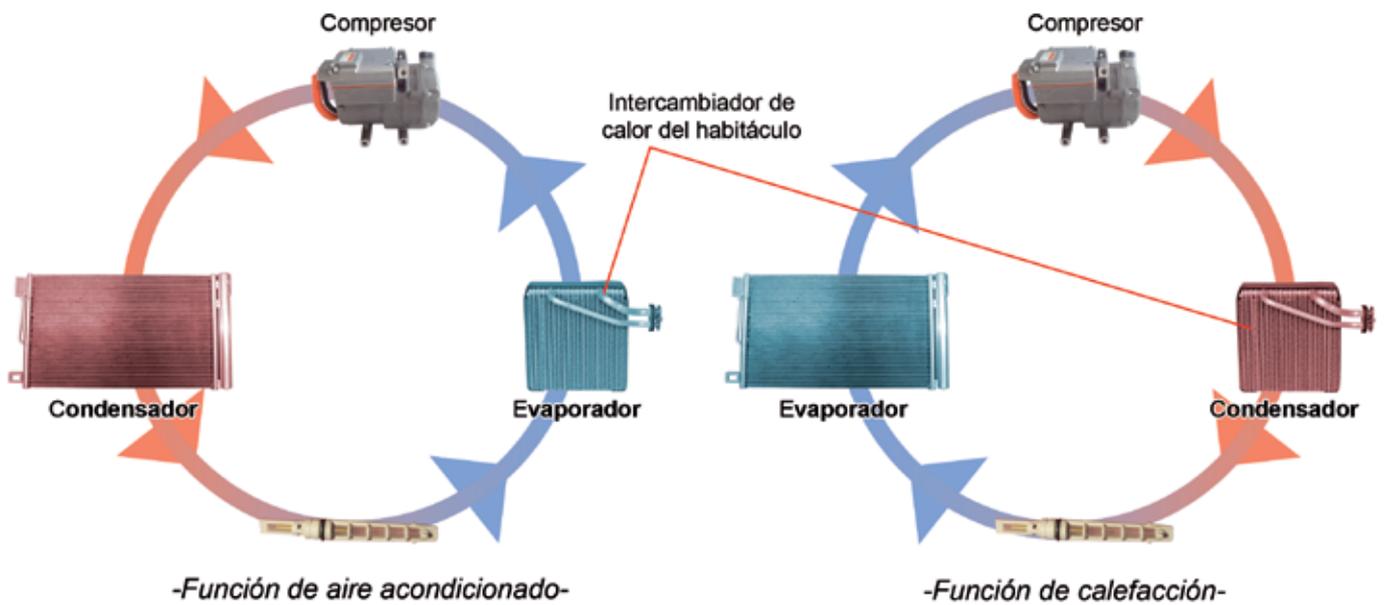
El gas utilizado depende del año de fabricación del vehículo. Los más habituales son el R-134a y el 1234-yf.



Con el fin de aumentar la autonomía, muchos vehículos eléctricos disponen de un programa que permite anticipar el calentamiento o refrigeración del habitáculo mientras se está cargando la batería del vehículo. En este caso, la energía necesaria para este proceso proviene de la red eléctrica doméstica, en lugar de la batería del vehículo.

A su vez, el equipo de climatización del vehículo también interviene en la refrigeración de la batería de tracción.

Otros vehículos como el Renault ZOE emplean un sistema de climatización reversible, esta se refiere a un sistema que permite calentar y enfriar el aire. El intercambiador de calor del habitáculo se comporta como un condensador para desprender calor, o bien como un evaporador para emitir aire fresco. Un grupo de electroválvulas son las encargadas de revertir la función de ambos intercambiadores.



## MANTENIMIENTO

Al igual que los vehículos de combustión, los vehículos eléctricos también tienen su propio mantenimiento. De los mantenimientos más genéricos destacan las siguientes intervenciones y revisiones:

- La sustitución del líquido refrigerante se recomienda cada 150.000 km o 5 años aproximadamente, para ello, hay que tener en cuenta las especificaciones del fabricante.
- La sustitución del líquido de frenos, los fabricantes recomiendan realizarla a los 120.000 km o 4 años. Al mismo tiempo cabe destacar que las pastillas de freno en estos vehículos suelen tener mayor durabilidad que en un vehículo convencional, ya que el freno regenerativo en los vehículos eléctricos reduce el desgaste en dichas pastillas de freno.
- El grupo reductor emplea aceite para los engranajes de transmisión. Este aceite es recomendable revisar su nivel cada 30.000 km (estos datos van en función de la revisión del vehículo).
- La batería de 12 V en estos vehículos eléctricos, por precaución, algunos fabricantes recomiendan su sustitución cada 3 años.
- El filtro habitáculo es recomendable su sustitución cada 30.000 km.

Respecto a los neumáticos que emplean muchos vehículos eléctricos, hay que destacar que son de un tipo especial.

Debido al alto par que ofrecen estos vehículos, se han diseñado neumáticos con un alto coeficiente de agarre. Algunos fabricantes apuestan en la utilización de neumáticos con diámetro mayor pero de sección estrecha, donde éstos ofrecen una baja resistencia a la rodadura para poder aumentar la autonomía del vehículo (aumento del 10% según vehículo). Su periodo de sustitución va en función de su desgaste.

- El filtro deshidratante del aire acondicionado se recomienda cambiarlo cada 2 años. Cuando se abre el circuito del aire acondicionado hay que tener en cuenta las especificaciones de aceite del compresor, siendo en este caso de tipo POE. Es un aceite que tiene propiedades específicas de aislamiento eléctrico que protegen al compresor de descargas eléctricas producidas por el motor.

De la misma manera que un vehículo convencional, también es necesario comprobar periódicamente los neumáticos, el líquido del lavaparabrisas, los limpiaparabrisas, las luces y mantener y reemplazar si es necesario los componentes móviles tales como:

- Elementos del freno hidráulico
- Juntas de rótula
- Rodamientos
- Piezas de dirección y suspensión





## Tecnología al día en automoción

El boletín de noticias Eure!TechFlash es complementario al programa de formación de ADI Eure!Car y tiene una misión clara:

Proporcionar una visión técnica actualizada sobre las innovaciones en el mundo de la automoción.

Con la asistencia técnica de AD Technical Centre (España y Irlanda) y con la ayuda de los principales fabricantes de piezas de repuesto, Eure!TechFlash intenta desmitificar las nuevas tecnologías y hacerlas transparentes para estimular a los técnicos profesionales para que sigan el ritmo de la tecnología y motivarlos a invertir en educación técnica de manera continua.

Eure!TechFlash se publicará 3 o 4 veces al año.



El nivel de competencia técnica de los mecánicos es vital y en el futuro puede ser decisiva para la existencia continuada

El programa Eure!Car contiene una exhaustiva serie de cursos de formación técnicos de alto nivel para técnicos profesionales, que están impartidos por las organizaciones nacionales de AD y sus distribuidores en 39 países.

del técnico profesional.

Eure!Car es una iniciativa de Autodistribution International, con sede en Kortenberg, Bélgica ([www.ad-europe.com](http://www.ad-europe.com)).

Visite [www.eurecar.org](http://www.eurecar.org) si desea más información o desea ver los cursos de formación.

Los socios industriales apoyando a Eure!Car



## Tecnología híbrida



**Nota limitativa:** Las informaciones contenidas en esta guía no son exhaustivas y se facilitan únicamente a título informativo. No comportan responsabilidad alguna por parte del autor.