



VEHÍCULOS ELÉCTRICOS FUNCIONAMIENTO Y MANIPULACIÓN SEGURA



- ▶ Historia del vehículo eléctrico
- ▶ Prevención de Riesgos Laborales
- ▶ Medidas de seguridad y protección
- ▶ Funcionamiento y diagnóstico de las baterías de alta tensión
- ▶ Funcionamiento, diagnóstico y reparación de los motores eléctricos
- ▶ Diagnóstico del sistema de alta tensión
- ▶ Protocolo de desconexión del sistema de alta tensión
- ▶ Trabajos de mantenimiento del vehículo eléctrico
- ▶ Diagnóstico mediante EOBD
- ▶ Calefacción y climatización de los vehículos eléctricos
- ▶ Cuestionarios de autoevaluación

Manuales prácticos
autoformativos



Página	Concepto
1	Generalidades
1	Introducción
2	Reducción de emisiones
3	Historia y desarrollo cronológico del vehículo eléctrico
5	Configuración básica de un vehículo eléctrico
6	Elementos generales y funciones del vehículo eléctrico
10	Seguridad
10	Normas de seguridad para vehículos eléctricos
11	Peligros del recorrido de la corriente por el cuerpo humano
12	Efectos de la corriente
13	Primeros auxilios en accidentes eléctricos
14	Accidentes con baterías
15	Perfiles y responsabilidad de los técnicos de alta tensión
17	Equipos de protección individual (EPIs)
18	Herramientas aisladas y aislantes
19	Las cinco reglas de oro
22	Medidas de protección, cableado de alta tensión
24	Medidas de protección, línea piloto o línea de seguridad
25	Medidas de protección, separación galvánica
26	Medidas de protección, cables de compensación de potencial
27	Medidas de protección, instrumental necesario
28	Medidas de protección, medición a cuatro puntas
29	Medidas de protección, voltímetro
30	Medidas de protección, aislamiento del sistema de alta tensión
31	Medidas de aislamiento, medición directa
36	Medidas de aislamiento, medición indirecta
40	Verificación de instrumentos
41	Verificación de herramientas y epis
42	Protocolo de actuación para la desconexión del HV
43	Cuestionario: generalidades y seguridad
45	Baterías
45	Baterías auxiliares de la red de 12 voltios
46	Baterías de alta tensión, níquel cadmio
47	Baterías de alta tensión, Ion-Litio, ferrofosfato, nuevas baterías
50	Baterías de alta tensión, gestión de carga, balanceo de celdas
51	Baterías de alta tensión de Ion-Litio
53	Baterías de alta tensión, estado de carga (SOC)
54	Desconexión baterías de alta tensión, modelo 1 Toyota, VW
55	Desconexión baterías de alta tensión, modelo 2 Renault
56	Desconexión baterías de alta tensión, modelo 3 Nissan
57	Desconexión baterías de alta tensión, corte línea piloto
58	Diagnóstico de las baterías de alta tensión, conexionado interno
59	Diagnóstico de las baterías de alta tensión, EOBD
61	Diagnóstico de las baterías de alta tensión, ópticos, términos..
62	Diagnóstico de las baterías de alta tensión, medidas de temperatura

Página	Concepto
63	Baterías (continuación)
63	Clasificación de las baterías de alta tensión
65	Reparación de las baterías de alta tensión
67	Motores-generadores
67	Características de las máquinas eléctricas
68	Motores de corriente continua
70	Motores de corriente alterna
72	Motores de tracción
74	Funcionamiento de los motores de tracción
75	Funcionamiento de las máquinas eléctricas
76	Sensores de las máquinas eléctricas, reparación de motores
78	Disposición de elementos en el Nissan Leaf
79	Disposición de elementos en el Nissan Leaf y E-NV 200
80	Disposición de elementos en Renault Kangoo
82	Verificaciones en el conjunto motopulsor
84	Disposición de elementos en el e-Golf
85	Diagnóstico EOBD de las máquinas eléctricas
86	Cuestionario Baterías y motores de tracción
88	Información, Hojas de rescate
88	Hojas de rescate
89	Simbología estándar
90	Hoja de rescate Opel Ampera-e
91	Desactivación del sistema de alto voltaje
94	Información general sobre la batería de alta tensión
95	Precauciones para el remolque/recuperación del vehículo
96	Gestión de potencia
96	Módulo de potencia
98	Cargador de batería
99	Unidad de control electrónico del motor
100	Calefacción eléctrica de alta tensión PTC
101	Calefacción combinada PTC y caldera
102	Compresor eléctrico de alta tensión
103	Climatización mediante bomba de calor
104	Gestión de carga y conectores de carga
106	Mantenimiento
107	Mantenimiento de los vehículos eléctricos
108	Vehículos eléctricos
108	Autonomía de los vehículos eléctricos
110	Tipos de vehículos eléctricos
111	Características de los vehículos eléctricos
111	Audi e-Tron quattro, Axiom Mega e-City, Bmw i-3
112	Bdy E6, Chevrolet Bolt, Citroën Berlingo Electric
113	Citroën C-Zero, Citroën E-Mehari, Ford Focus Electric
114	Hundai Ioniq, Kia Soul EV, Maxus EV80
115	Mercedes clase B ED, Mercedes SLS AMG, Mitsubishi I-Miev

INTRODUCCIÓN

HISTORIA Y DESARROLLO CRONOLÓGICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

2008 Sale al mercado norteamericano el Tesla Roaster fabricado por la empresa Tesla Motors. Se trata de un vehículo de tracción exclusivamente eléctrica dotado de 6187 celdas de baterías de litio similares a las de los ordenadores portátiles y conectadas en serie. Consigue acelerar de 0 a 100 Km/h en 3,8 segundos.

2009 Algunos países como Alemania ponen en marcha políticas de apoyo a la movilidad eléctrica. El objetivo es impulsar la investigación y el desarrollo de vehículos no contaminantes que utilicen la energía eléctrica como fuente de propulsión.

2023 Actualmente todos los fabricantes importantes de automóviles disponen de modelos de vehículos con propulsión 100% eléctrica. Es un mercado en gran expansión que pretende conseguir cotas de mercado importantes en los próximos años.

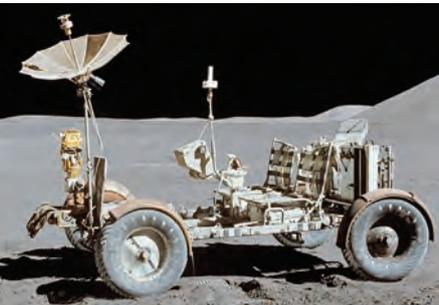
GENERALIDADES



1881 triciclo eléctrico G. P. Treuvé



1900 Porsche Lohner



1969 Lunar Roving Vehicle



1898 Jeantaud eléctrico



1960 Baker solar



1902 Tribelhorn eléctrico



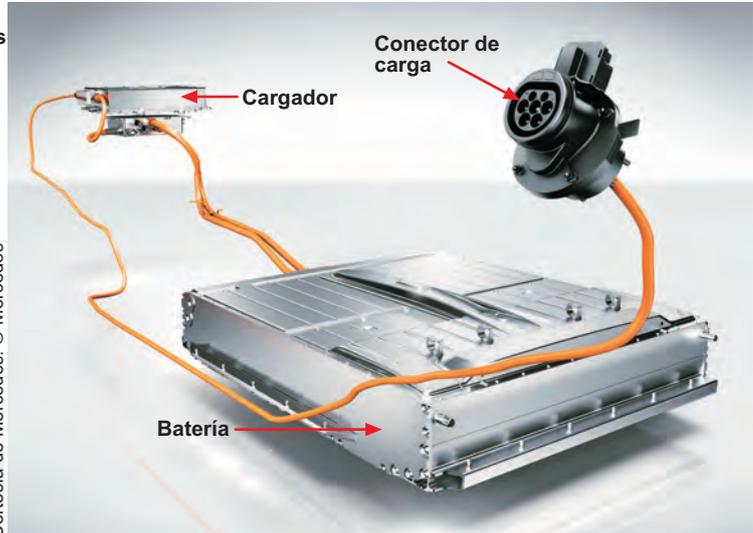
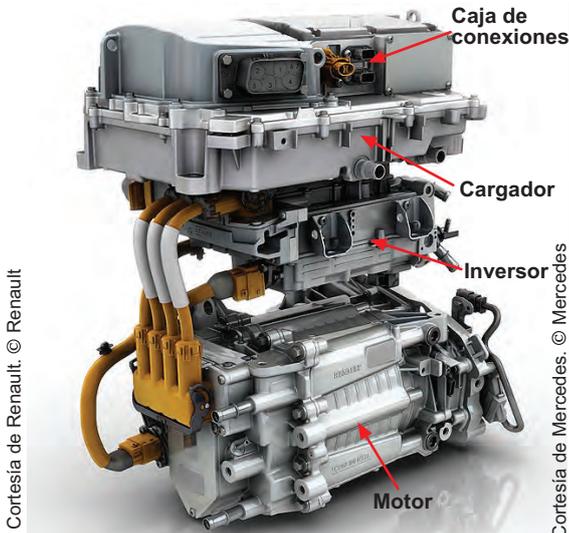
1902 Tribelhorn eléctrico



2017 Coche solar Nuna9 ganador de World solar Challenge

ELEMENTOS GENERALES Y FUNCIONES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

CARGADOR DE A BORDO



Cortesía de Renault. © Renault

Cortesía de Mercedes. © Mercedes

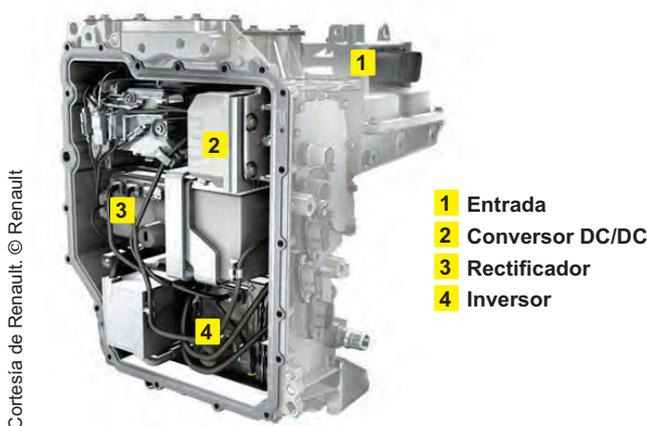
En los vehículos eléctricos es necesario cargar la batería de alta tensión desde la red eléctrica general. Para ello, los vehículos eléctricos disponen de un cargador de a bordo que transforma la corriente alterna de la red en la corriente continua necesaria para cargar la batería.

Hay modelos de vehículos en los que sólo se puede cargar la batería desde la red eléctrica general de forma lenta. En función de la potencia que sea capaz de soportar el cargador, el proceso normal de carga puede durar entre 8 y 12 horas.

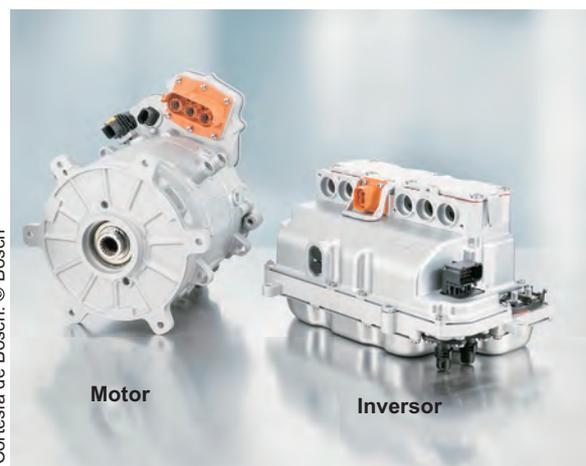
Hay otro modelos, que además de la carga lenta mediante corriente alterna, pueden ser cargados directamente con corriente continua de alta intensidad. Los que disponen de esta opción nos permiten cargar la batería al 80% de su capacidad en aproximadamente media hora.

Los datos proporcionados respecto a los tiempos de carga son aproximados. En cada caso dependerán de los vatios de potencia capaz de suministrar el cargador y de la capacidad de la batería.

INVERSOR-CONVERSOR



Cortesía de Renault. © Renault



Cortesía de Bosch. © Bosch

INVERSOR

Es el elemento encargado de transformar la corriente continua de la batería en corriente alterna para alimentar el motor de tracción. También rectifica la corriente alterna generada por el motor de tracción cuando funciona como generador en las retenciones y frenadas. El paso de corriente por este elemento es muy elevado, razón por la cual necesita un circuito de refrigeración.

CONVERSOR

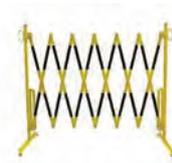
Es el componente que baja la tensión (DC) de la batería de tracción (200 a 400 V) a un valor de 14 V (DC) para cargar la batería de accesorios de la red de baja tensión para el alumbrado, cierre centralizado, elevalunas, equipo de audio, etc.

LAS CINCO REGLAS DE ORO

¡CUMPLE SIEMPRE!

CON LAS CINCO REGLAS DE ORO PARA TRABAJAR SIN TENSIÓN

SEGURIDAD



EQUIPO NECESARIO



1. Desconectar



2. Prevenir cualquier posible realimentación



3. Verificar la ausencia de tensión



4. Poner a tierra y en cortocircuito



5. Impedir el acceso a elementos en tensión y señalar la zona

PRIMERA REGLA DE ORO: DESCONECTAR EL CIRCUITO ELÉCTRICO DE ALTA TENSIÓN

- Hay que realizar un proceso de desconexión de la alta tensión del vehículo sin que ello suponga ningún peligro para los operarios.
- Se trata de un procedimiento para la separación de la alta tensión de la batería del resto del vehículo. Naturalmente en el interior de la batería sigue existiendo alta tensión, con este proceso no se descarga la batería.
- Antes de iniciar cualquier trabajo eléctrico o mecánico sobre los componentes de alta tensión, es necesario establecer el estado sin tensión del vehículo.



Para desconectar la alta tensión de un vehículo eléctrico, habrá que respetar siempre las instrucciones del fabricante. Como norma general, el procedimiento es como sigue:

- Acordonar el vehículo mediante un balizado adecuado y señalar su estado.
- Desconectar el encendido, inmovilizar el vehículo y situar la llave fuera del alcance del arranque sin llave, en un lugar al que sólo tenga acceso el Técnico de Alto Voltaje (HVT).
- Desconectar el terminal negativo de la batería auxiliar de 12 voltios.
- En función del vehículo: abrir el conector de servicio de color verde que corta la línea piloto y la alimentación de los contactores de alta tensión, o sacar el conector de servicio de color naranja que corta la batería. Este trabajo hay que realizarlo con guantes aislantes. Para sacar el conector de servicio hay que estirar de la anilla, girar 90 grados para desacoplar y estirar del conector para extraerlo. En su lugar es aconsejable colocar una tapa ciega para cerrar el hueco.
- Esperar al menos 10 minutos, o el tiempo estipulado por el fabricante del vehículo, para que se descarguen los condensadores, antes de manipular en el circuito de alta tensión.

MEDIDAS DE AISLAMIENTO

SEGURIDAD

VERIFICACIÓN DE AISLAMIENTO MEDIANTE MEDICIÓN DIRECTA (sin tensión con un megaóhmetro)








INSTRUCCIONES DE USO DE UN MEGAÓHMETRO

<https://www.youtube.com/watch?v=XAUNZIOj8wE>

MEGAÓHMETRO

Es un aparato capaz de medir la resistencia de aislamiento entre la red de alta tensión y la carrocería del vehículo. Para realizar esta operación inyecta una tensión de prueba seleccionable de entre 50 y 1000 voltios de corriente continua.

REGLAS BÁSICAS DE UTILIZACIÓN DE UN MEGAÓHMETRO

- Las mediciones se han de realizar sin tensión en la red de alto voltaje.
- Asegurarse de que el circuito está descargado.
- Como norma general, utilizaremos una tensión de prueba de 500 voltios.
- Se deben utilizar cables de conexión apropiados para la prueba y asegurarse de su perfecto estado. Es preferible utilizar pinzas de cocodrilo antes que puntas de prueba que hay que sujetar. O mejor aún utilizar los conectores específicos del fabricante del vehículo. **"La tensión de 500 voltios de prueba es peligrosa"**.
- Se deben utilizar los EPI's de protección para evitar el contacto eléctrico.

REQUERIMIENTOS PREVIOS A LA VERIFICACIÓN DE AISLAMIENTO

- 1.- Haber superado satisfactoriamente la prueba de los cables de nivelación de potencial.
- 2.- El vehículo debe seguir en estado sin tensión (conector de mantenimiento quitado).
- 3.- Hay que comprobar con un voltímetro que no existe tensión en el circuito de alta, antes de realizar la prueba de aislamiento.
- 4.- Es recomendable desconectar la batería de 12 voltios.

Una vez conectado el instrumento hay que pulsar la tecla TEST durante un máximo de 60 segundos y observar que la lectura de aislamiento va aumentando durante la prueba.

Resultado de la medición en MΩ



Tensión de prueba real inyectada

Tensión de prueba seleccionada



PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA DESCONEXIÓN DEL HV

ANOTAR EN LA TABLA LOS PASOS SEGUIDOS Y LAS POSIBLES INCIDENCIAS

OPERACIONES A REALIZAR	SI	NO	OBSERVACIONES
1.- Preguntar al cliente si existe otra llave en el vehículo			
2.- Colocar el vehículo en la zona especial de trabajo			
3.- Acordonar y señalizar la zona de trabajo			
4.- Desconectar el encendido			
5.- Separar y guardar la llave fuera del alcance del arranque sin llave			
6.- Quitarse cualquier elemento metálico (relojes, pendientes, pulseras, etc.)			
7.- Desconectar el negativo de la batería de 12 voltios			
8.- Si el fabricante lo recomienda, sacar los fusibles indicados			
9.- Comprobar el perfecto estado de los guantes, gafas y herramientas			
8.- Colocarse correctamente los guantes aislantes y la protección ocular			
9.- Extraer el conector de servicio			
10.- Guardar en un sitio seguro el conector de servicio o colocar candado en el desconectador de alimentación y línea piloto			
11.- Esperar 10 minutos para que descarguen los condensadores			
12.- Comprobar el funcionamiento de milióhmetro			
13.- Verificar los cables equipotenciales (trenzas de masa). ¿La resistencia es inferior a $0,1\Omega$?			
14.- Utilizando gafas, guantes aislantes y herramientas aisladas desmontar las tapas del convertidor-inversor o desconectar el cable de alimentación que llegue desde la batería de HV			
15.- Verificar el funcionamiento del voltímetro y del megaóhmetro			
16.- Verificar con el voltímetro, la ausencia de tensión de alto voltaje (HV)			
17.- Verificar con el megaóhmetro el aislamiento de HV+			
18.- Verificar con el megaóhmetro el aislamiento de HV-			
19.- Verificar con el megaóhmetro el aislamiento del motor eléctrico			
20.- Verificar con el megaóhmetro el aislamiento de compresor			
21.- Verificar con el megaóhmetro el aislamiento de las resistencias del sistema de calefacción PTC			
22.- Emitir un certificado que indique el estado sin tensión del vehículo, el nombre del técnico, fecha y firma. Colocarlo en el vehículo			

El Técnico en Alto Voltaje (HVT): _____

CERTIFICA que el vehículo marca: _____ modelo: _____ matrícula: _____

Se encuentra desconectado de la alta tensión y se puede trabajar con seguridad en todos sus componentes **EXCEPTO EN LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN.**

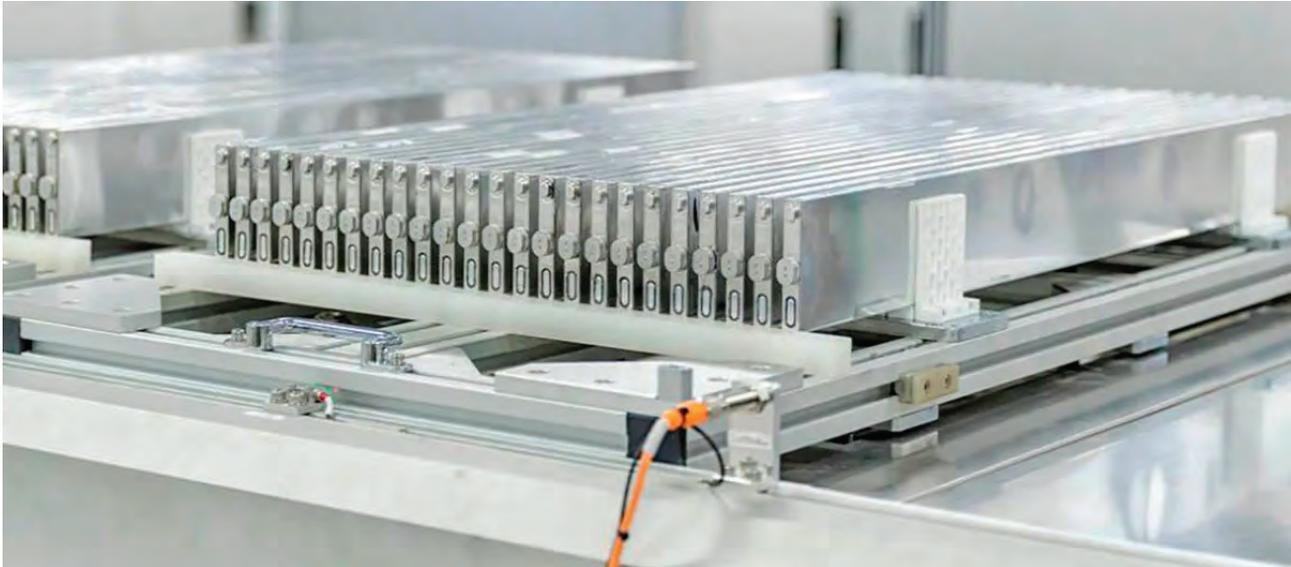
En: _____ a _____ de _____ de 20__

Firma:

BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN

BATERÍAS DE LITIO FERROFOSFATO

Cortesía de BYD. © BYD



BATERÍAS

Algunos fabricantes de vehículos eléctricos muy importantes a nivel mundial como BYD y Tesla, están montando en sus vehículos baterías de litio ferrofosfato (LFP) (LiFePO_4).

Este tipo de baterías ofrecen menor densidad energética que las convencionales de litio. Pero son más sostenibles al no utilizar el cobalto y más seguras y estables por el alto contenido en hierro.

Las materias primas que se utilizan para su fabricación son abundantes y se encuentran disponibles en varios países del mundo. Por este motivo son menos costosas que las que utilizan (NCM) níquel cobalto y manganeso. Su tecnología va evolucionando y en las últimas generaciones ya se alcanzan los 200 Kw/Kg. Posiblemente en poco tiempo, alcancen los 250-270 Kw/Kg igualando a las de níquel.

Gotion Hith Tech, socio de la multinacional Volkswagen, tiene previsto comenzar de inmediato la producción de una batería LFP con una densidad energética de 230 Kw/kg.

Las baterías LiFePO_4 ofrecen otros beneficios y ventajas respecto a las de Ion-Litio. Son ampliamente conocidas por su fuerte perfil de seguridad, gracias a una química extremadamente estable.

Las baterías a base de fosfato ofrecen una estabilidad térmica y química superior que proporciona un aumento de la seguridad respecto a las baterías de iones de litio.

Aparte de ser incombustibles, también pueden resistir condiciones duras, ya sea un frío glacial, un calor abrasador o un terreno complicado geográficamente. El rango de trabajo se establece entre los -20 °C y los 75 °C . Cuando ocurren eventos peligrosos, como un golpe o un cortocircuito, no explotan ni se incendian, lo que reduce significativamente cualquier posibilidad de daño.

Tiene un ciclo de vida en más de 2.000 veces en comparación con las de iones de litio, que se quedan en un máximo de 1.100 ciclos completos de carga.

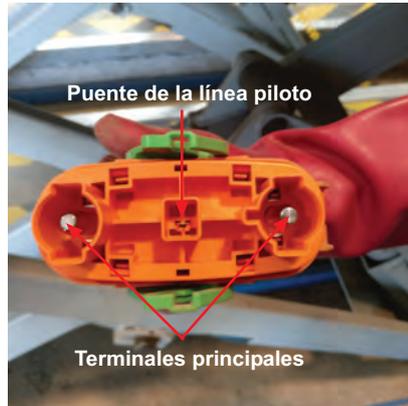
Estas razones han llevado al fabricante californiano de Tesla a apostar fuerte por las baterías LFP como el futuro de las baterías de una buena parte de sus coches eléctricos: **el 50 % de los vehículos que ha fabricado Tesla últimamente ya las implementan.**

DESCONEXIÓN DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN

CONECTORES DE SERVICIO PARA LA DESCONEXIÓN DE LA BATERÍA DE HV

MODELO 2 Renault

Exponemos como ejemplo el de la Renault Kangoo, localizado en la parte lateral inferior izquierda tras una tapa de plástico. Tiene incorporado un fusible de 225A.



PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

Recordemos que sólo un operario formado como Técnico en Alta Tensión (HVT) puede realizar el trabajo de desconexión del conector de servicio.

En la furgoneta Renault Kangoo, lo encontramos protegido con una tapa de plástico en el lateral inferior izquierdo, junto a la batería.

Al extraerlo se corta el conexionado interno de la batería por la mitad y se interrumpe la alimentación de alta tensión. Dispone de dos terminales redondos grandes para la conexión principal y un puente pequeño que desconecta la línea piloto. En su interior alberga un fusible de 225A que protege la instalación de alta tensión en caso de cortocircuito.



Para retirar la tapa de protección, hay que deslizar un seguro que libera las pestañas de sujeción de la tapa y estirar de ésta.

Para extraer el conector debemos presionar ligeramente sobre la pestaña de bloqueo, girar 90 grados la anilla y estirar hacia afuera del conector.

Tal como se ha explicado en el apartado de medidas de seguridad, el conector de servicio hay que guardarlo en un lugar seguro, protegido con llave para que ninguna persona no autorizada lo vuelva a conectar. También existen tapones de bloqueo con un candado que impiden la manipulación en el orificio del conector de servicio.



REPARACIÓN DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN



Actualmente, pocos fabricantes de automóviles o de baterías suministran recambios para la reparación de baterías de alta tensión.

La mayoría de fabricantes de automóviles eléctricos prohíben explícitamente abrir la carcasa de la batería de alta tensión en sus talleres. En caso de avería, la consigna es enviarla a fábrica o al centro de reciclaje.

REPARACIÓN DE BATERÍAS POR EMPRESAS EXTERNAS

Existen empresas ajenas al fabricante que se dedican a la reparación de las baterías de alta tensión y a la venta de recambios necesarios para la reparación. (Celdas, conectores, puentes, aislantes, etc.).

Actualmente, podemos encontrar sin problemas baterías de alta tensión reparadas de los modelos híbridos de Toyota que son los que más tiempo llevan en el mercado. Los fabricantes suelen dar una garantía de la batería de alta tensión que ronda los 8 años. Una vez agotado el periodo de garantía, en caso de avería, el fabricante del vehículo sólo da opción de cambiarla por otra nueva.

Si se dispone de medios, formación y equipos de protección adecuados, las baterías de alta tensión son reparables y como en cualquier campo donde puede haber negocio, cada vez serán más los modelos de baterías que se vendan reparadas y recambios para su reparación.

DESMONTAJE DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN DEL VEHÍCULO

Para que la batería quede lo más descargada posible, circularemos con el vehículo hasta que quede poca autonomía. Después en el taller podemos gastar más batería encendiendo las luces, conectando el aire acondicionado, etc. hasta que el indicador del vehículo indique el 0% de carga.

Sabemos que esta información no es real, la batería aún mantiene un 30% de carga y por tanto es peligrosa.

A continuación hay que establecer el estado sin tensión del vehículo siguiendo escrupulosamente el protocolo indicado en la página 42 de este manual.

A partir de aquí, hay que desconectar los cables de salida de alta tensión y con herramientas aisladas, desmontar los tornillos que sujetan la batería. Suelen ser bastante pesadas, por tanto hay que disponer de plataformas o grúas adecuadas.

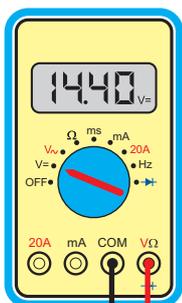


La colocaremos en un banco de trabajo de madera y procederemos a abrir las carcasas. Siempre con guantes, herramientas aislantes y protección ocular.

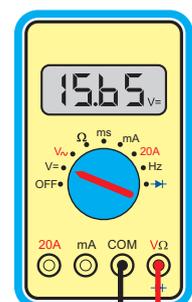
La primera comprobación será visual. Hay que observar que no haya ninguna celda deformada, rota o hinchada. También miraremos el estado de las conexiones, no están sulfatadas y están correctamente apretadas.

Después comprobaremos la tensión de cada uno de los módulos. Ha de haber aproximadamente la misma tensión en todos. Una celda defectuosa de las baterías de Niquel-Metalhidruro bajará la tensión del módulo 1,2 voltios y en las baterías de Litio la bajada será de 3,7 voltios.

DEFECTUOSA

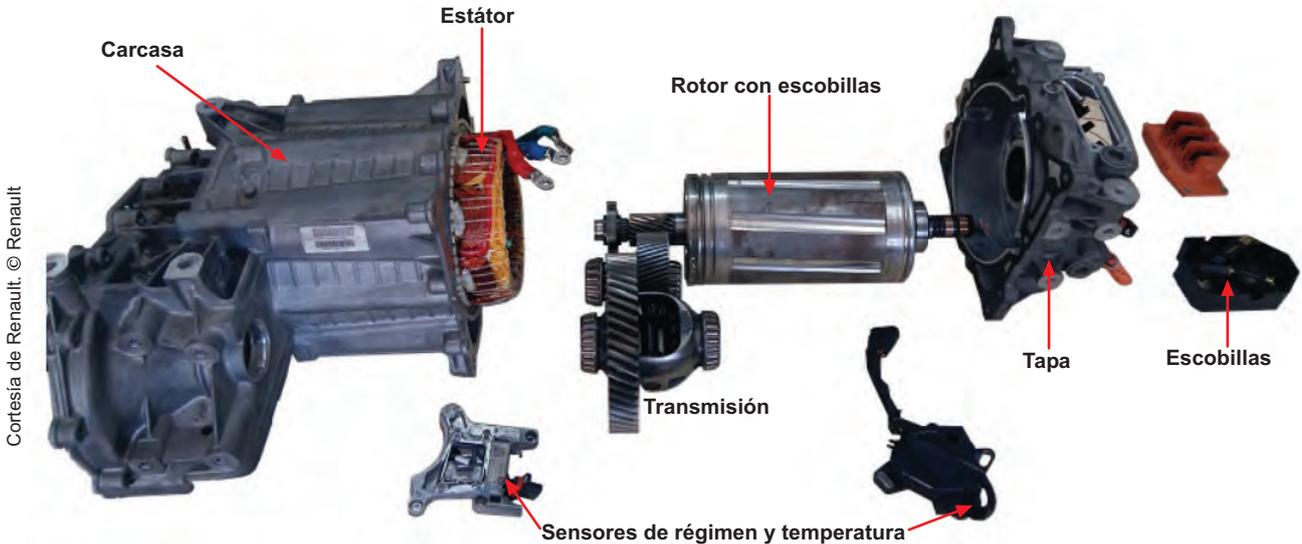


BIEN



KIT DE JUNTAS Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS

DESPIECE DEL MOTOR ELÉCTRICO DE RENAULT



MOTORES-GENERADORES

En los últimos motores Continental de Renault ya no se utiliza un rotor de imanes permanentes de neodimio, en su lugar se monta un rotor bobinado que alimentado por unas escobillas y mediante la aplicación de corriente eléctrica se genera un campo magnético contrario al del rotor para producir el giro del motor. La principal ventaja de este motor es su precio más reducido al no utilizar imanes tan caros y su inconveniente es que tiene mantenimiento de cambio periódico de escobillas.



COMPROBACIONES ELÉCTRICAS

Hay que proceder de forma similar a las comprobaciones de un alternador:

- Sobre el estátor verificar la continuidad, el valor de resistencia de cada fase y el aislamiento a masa.
- Sobre el rotor. Si es bobinado, la resistencia del bobinado y su aislamiento a masa, si es de imanes permanentes comprobaremos el rodamiento y el estado mecánico.

El instrumental necesario es un polímetro y un magaoímetro.

El en montaje, hemos de sustituir todas las juntas y los rodamientos del rotor.

JUEGO DE JUNTAS DE MOTOR Y RODAMIENTO DEL ROTOR

Ya existen en el mercado paralelo, recambios para la reparación de motores eléctricos. Aquí se muestra el kit comercializado por Ajusa, un importante fabricante de recambios para motores térmicos que ahora también cubre algunos modelos eléctricos.

juntas para
vehículo eléctrico

Ref. 77038500

RENAULT ZOE

NUEVO PRODUCTO

Disponible

VERIFICACIONES EN EL CONJUNTO MOTOPROPULSOR

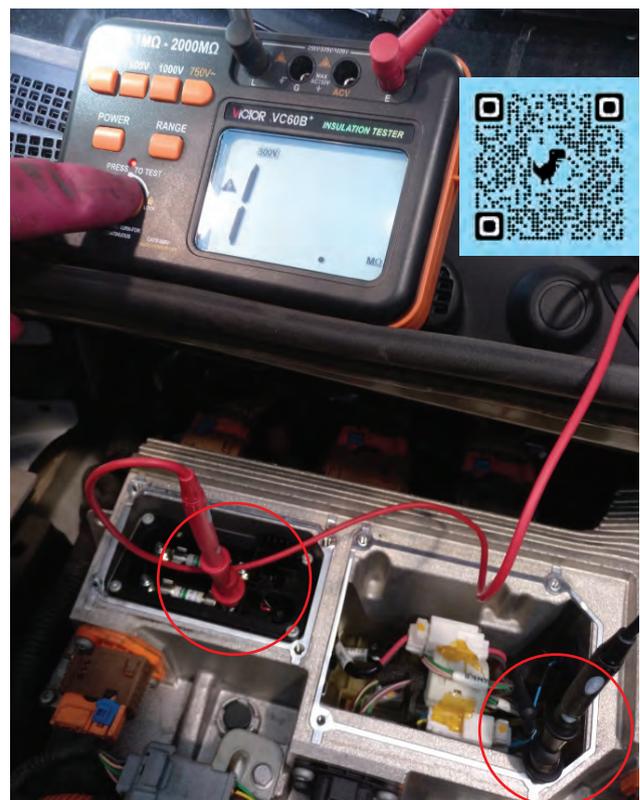
MEDIDA DE AISLAMIENTO MEDIANTE MEDICION DIRECTA (SIN TENSIÓN EN EL CIRCUITO) DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA PUNTUAL O A CORTO PLAZO



Antes de realizar la prueba de aislamiento, hay que verificar el funcionamiento del megaóhmetro tal como se indica en la página 40 de este manual. El circuito de alta tensión ha de estar desconectado. El megaóhmetro ha de indicar la impedancia de entrada del voltímetro (10 MΩ) y el voltímetro la tensión insuflada por el medidor de aislamiento (aproximadamente 500 voltios).



Aunque la corriente del megaóhmetro está estrechamente controlada, puede generar chispas y quemaduras leves pero dolorosas. Trabajar a distancia de los sistemas cargados y utilizar guantes aislantes.



La medición directa es el método más sencillo y seguro para medir el aislamiento. Aplicamos tensión de ensayo en los componentes a verificar (motor eléctrico, compresor, inversor, resistencias de calefacción y cargador de batería). Es suficiente con una tensión de ensayo de 500 voltios durante 1 minuto. Para hacer la prueba de aislamiento, hay que utilizar pinzas de cocodrilo, nunca sujetar las puntas de prueba directamente. Es normal que al iniciar la prueba, indique una resistencia alta de MΩ y a los pocos segundos, el megaóhmetro marque un valor de resistencia infinito. El valor de resistencia de aislamiento ha de ser superior a 500 Ω/V. Para una tensión de trabajo de 400 voltios, el valor mínimo ha de ser de $400 \times 500 = 200.000\Omega = 0,2 \text{ M}\Omega$. Lo ideal, naturalmente, es que el valor de resistencia de aislamiento sea infinito.

Si en esta prueba detectamos fallos de aislamiento, realizaremos las pruebas más completas de: índice de polarización (PI), relación de absorción dieléctrica (DAR) o método de prueba de descarga dieléctrica (DD). Estos procedimientos están descritos en las páginas 33, 34 y 35 de este manual.

Ante cualquier fallo de aislamiento, hay que sustituir el componente defectuoso.