UniEVercity

ACADEMIA DE ELECTROMOVILIDAD · AUTO AVANCE

GUÍA DE ESTUDIO · NIVEL 1

Seguridad en alto voltaje

Reconoce el sistema de alto voltaje, entiende sus riesgos, elige el equipo de protección y deja el vehículo sin tensión con el procedimiento correcto.

M1	Electromovilidad: tipos de vehículo y arquitectura de alto voltaje
M2	Riesgos eléctricos y químicos
M3	Identificar el sistema de alto voltaje
M4	Equipo de protección y herramientas
M5	Desenergizar y reenergizar: el procedimiento seguro
M6	Vehículos dañados, inundados o en incendio; remolque y almacenamiento

Estudia este nivel en línea, con práctica en el simulador:
autoavance.co/curso-electromovilidad

UniEVercity es la academia de electromovilidad de Auto Avance, su propietaria y desarrolladora.

© Auto Avance · www.autoavance.co

Sobre este nivel

El Nivel 1 trata la seguridad frente al alto voltaje: qué tipos de vehículo electrificado existen y cómo está armado su sistema de alto voltaje, qué riesgos eléctricos y químicos tiene, cómo se reconoce cada componente, qué equipo de protección se usa y cómo se desenergiza y se vuelve a energizar un vehículo con un procedimiento ordenado. Cierra con los casos que más accidentes causan: vehículos chocados, inundados o en llamas, el remolque y el almacenamiento de baterías.

Es para todo el que trabaja cerca de estos vehículos: mecánicos, electricistas, latoneros y pintores, lavadores, recepción, grúa y bodega. Es requisito para los niveles 2 y 3. No necesitas experiencia previa en alto voltaje, pero sí la electricidad básica del vehículo: ley de Ohm, circuito en serie y en paralelo y manejo del multímetro.

Este nivel es formación teórica. Para intervenir un sistema de alto voltaje real necesitas además práctica supervisada en vehículos reales y la autorización escrita de tu empleador. Así funciona en Alemania, Francia, Países Bajos e Italia, donde la habilitación la da la empresa después de la formación y una prueba; en el Reino Unido existen además calificaciones reguladas.

Con qué certificaciones internacionales se alinea

- **Europa:** el contenido teórico se alinea con lo exigido a la persona instruida (1S) y con la parte teórica de la persona cualificada en alto voltaje (2S) de la DGUV Information 209-093 de Alemania, incluidas las cinco reglas de seguridad de la EN 50110-1; con los conocimientos de aislar y reponer el sistema del IMI Level 2 del Reino Unido; y con la teoría de las habilitaciones B0L y BCL de la NF C18-550 de Francia.
- **Estados Unidos:** el contenido teórico se alinea con los temas de las certificaciones ASE xEV Electrical Safety Level 1 y Level 2 (aislar el sistema y verificar la tensión, asegurarlo contra la reactivación, vehículos accidentados, área de trabajo segura y equipo de protección) y con los conceptos de condición eléctricamente segura de la NFPA 70E.
- **Latinoamérica:** el contenido teórico se alinea con la parte de trabajo seguro en alto voltaje del estándar de competencia EC1528 del CONOCER en México y con los conceptos de seguridad eléctrica de la NR-10 que se usan como referencia en Brasil.
- **Asia y Oceanía:** el contenido teórico se alinea con la parte de aula de la educación especial para mantenimiento de vehículos eléctricos del Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón, con los conocimientos de la unidad AURETH101 de Australia (desenergizar y reiniciar vehículos eléctricos) y con las unidades 31806 y 31416 de Nueva Zelanda.

© Auto Avance · www.autoavance.co

N1 · M1

Electromovilidad: tipos de vehículo y arquitectura de alto voltaje

Lectura: ≈ 25 min · 4 preguntas de autoevaluación

Un híbrido suave de 48 V, un híbrido de división de potencia con batería de unos 200 V y un eléctrico con arquitectura de 800 V pueden verse iguales sobre el elevador. Las precauciones no son iguales. Lo primero que haces con un vehículo electrificado es saber qué tienes delante y dónde está la energía.

Los tipos de vehículo electrificado

La clasificación se hace por dos preguntas: quién mueve las ruedas y de dónde sale la energía.

- **Híbrido suave (MHEV).** Un motor-generador de correa o integrado ayuda al motor de combustión en el arranque y en la aceleración, y recupera energía al frenar. Casi siempre trabaja a 48 V. No mueve el vehículo solo.
- **Híbrido completo (HEV).** Puede mover el vehículo en modo eléctrico a baja velocidad y no se enchufa: la batería se carga con el motor de combustión y con la frenada regenerativa. Hay arquitecturas serie, paralelo y de división de potencia, en la que un engranaje planetario reparte la potencia entre el motor de combustión y dos motor-generadores.
- **Híbrido enchufable (PHEV).** Tiene una batería más grande que se recarga desde la red con un cargador a bordo, y recorre decenas de kilómetros solo con electricidad. Una variante es el híbrido enchufable de autonomía extendida, que prioriza la tracción eléctrica y usa el motor de combustión sobre todo como generador.
- **Eléctrico de batería (BEV).** No tiene motor de combustión. Toda la energía viene de la batería de tracción, que se carga en corriente alterna con el cargador a bordo o en corriente continua desde un cargador rápido.
- **Eléctrico de pila de combustible (FCEV).** La pila genera electricidad a partir de hidrógeno guardado en tanques a alta presión (en vehículos ligeros, típicamente 70 MPa, unos 700 bar). Lleva también una batería de alto voltaje de respaldo. Suma dos riesgos: alto voltaje e hidrógeno.

Tipo	Voltaje típico de la batería	Se enchufa	Motor de combustión
Híbrido suave	48 V (clase A)	No	Sí, es el principal

Tipo	Voltaje típico de la batería	Se enchufa	Motor de combustión
Híbrido completo	Del orden de 100 a 300 V; algunos elevan a 500–650 V para los motores	No	Sí
Híbrido enchufable	Del orden de 300 a 400 V	Sí	Sí
Eléctrico de batería	350–400 V nominal; 800 V en plataformas recientes	Sí	No
Pila de combustible	Batería de respaldo de alto voltaje más la pila	No (se reposta hidrógeno)	No

Los bloques del sistema de alto voltaje

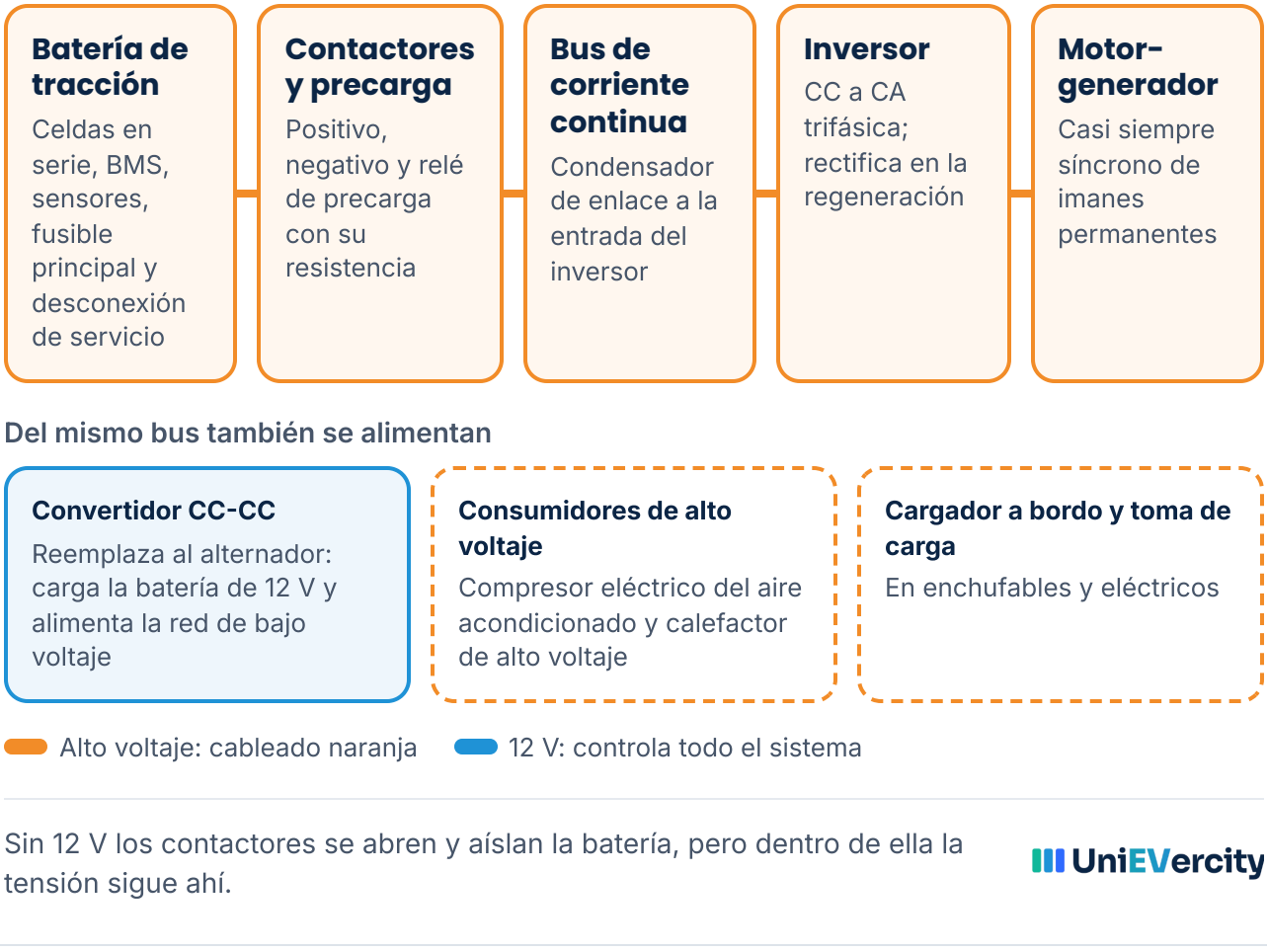
Cambian la forma y el lugar, pero los bloques se repiten en todos los vehículos:

- **Batería de tracción.** Módulos de celdas en serie, el sistema de gestión (BMS), sensores de temperatura y corriente, fusible principal y los **contactores**: relés de potencia en el polo positivo y en el negativo que conectan o aíslan la batería del resto del sistema.
- **Precarga.** Al poner el vehículo en READY, un contactor de precarga con una resistencia carga primero el condensador del inversor; luego cierra el contactor principal. Sin precarga, la corriente de arranque soldaría los contactos.
- **Inversor.** Convierte la corriente continua de la batería en alterna trifásica para los motores y la rectifica en la regeneración. Tiene un condensador de enlace de gran capacidad en la entrada. Algunos híbridos agregan un convertidor elevador antes del inversor.
- **Motor(es)-generador(es)**, casi siempre síncronos de imanes permanentes.
- **Convertidor CC-CC.** Reemplaza al alternador: baja el alto voltaje para cargar la batería de 12 V y alimentar la red de bajo voltaje.
- **Cargador a bordo y toma de carga** en enchufables y eléctricos.
- **Consumidores de alto voltaje:** compresor eléctrico del aire acondicionado, calefactor de alto voltaje y, en algunos modelos, la bomba de dirección o de vacío.

Todo lo controla la red de 12 V. Si el vehículo pierde los 12 V, los contactores se abren. Eso aísla la batería del resto del sistema, pero no la descarga: dentro de la batería la tensión sigue ahí.

INFOGRAFÍA

Los bloques del sistema de alto voltaje



Sin 12 V los contactores se abren y aíslan la batería, pero dentro de ella la tensión sigue ahí.

UniEVercity

Las clases de voltaje

La norma ISO 6469-3 y el Reglamento UN ECE R100 dividen los circuitos en dos clases:

- **Clase A:** hasta 30 V CA rms y hasta 60 V CC. La red de 12 V y los sistemas de 48 V están aquí.
- **Clase B:** más de 30 V y hasta 1000 V CA rms, o más de 60 V y hasta 1500 V CC. Es lo que llamamos alto voltaje en el vehículo.

El sistema de clase B es **flotante**: no usa el chasis como retorno, ningún polo va a masa. Por eso una sola falla de un polo contra el chasis no electrocuta necesariamente a quien toca la carrocería; pero si aparece una segunda falla en el otro polo, o si tocas el polo sano y el chasis, el circuito se cierra a través de tu cuerpo. El vehículo vigila de forma continua la resistencia de aislamiento entre el sistema y el chasis. El R100 exige como mínimo 100 Ω por voltio en circuitos de corriente continua y 500 Ω por voltio en circuitos de alterna, salvo protecciones adicionales cuando ambos están conectados: para una batería de 400 V en continua, al menos 40 kΩ. Cada fabricante fija además su propio umbral de advertencia.

Alto voltaje: un vehículo apagado no es un vehículo sin tensión. La batería de tracción siempre está cargada, aunque marque poca carga. Los contactores abiertos solo la separan del resto del sistema.

En el taller: si el tablero muestra READY, el sistema está energizado aunque no se oiga nada. En un híbrido, el motor de combustión puede arrancar solo para cargar la batería, y el vehículo puede moverse en eléctrico sin ruido. Antes de meter las manos en el vano motor, confirma que el sistema está apagado y que la llave está lejos.

Practica en el simulador

Abre Diagrama HV en el SUV híbrido de división de potencia y sigue la energía desde la batería hasta los motor-generadores: ubica los contactores, el convertidor elevador, el inversor y el convertidor CC-CC. Luego cambia al híbrido enchufable de autonomía extendida y busca qué bloque aparece que el otro no tiene.
Abrir el simulador de vehículos híbridos

Para profundizar

- Tipos de vehículos eléctricos
- Manual Sistemas Híbridos – Tren Motriz, Inversor y Batería (manual en PDF)
- MG1 y MG2: los motor-generadores de un híbrido

Autoevaluación

1. **¿Un sistema de 48 V es de alto voltaje?**

   Respuesta. No. Está por debajo de 60 V CC, así que es clase A según ISO 6469-3 y R100. Aun así, una batería de 48 V entrega corrientes muy altas en cortocircuito y puede causar arcos y quemaduras, así que se trabaja con cuidado y sin joyas.

2. **Un vehículo tiene un polo de alto voltaje en contacto con el chasis. ¿Por qué el que toca la carrocería no siempre recibe una descarga?**

   Respuesta. Porque el sistema es flotante: con un solo polo a chasis no hay circuito cerrado a través de la persona. El riesgo aparece si se suma otra falla en el otro polo o si la persona toca el otro polo y el chasis a la vez. Por eso una falla de aislamiento se trata siempre como un peligro real.

3. **Desconectas la batería de 12 V. ¿Qué pasa con el sistema de alto voltaje?**

   Respuesta. Los contactores pierden alimentación y se abren, y la batería de tracción queda aislada. Pero la batería sigue cargada, y el condensador del inversor puede guardar tensión un tiempo. Desconectar los 12 V es un paso del procedimiento, no el procedimiento completo.

4. **¿Qué resistencia de aislamiento mínima pide el R100 para una batería de 400 V CC?**

   Respuesta. 100 Ω por voltio en corriente continua: 400 × 100 = 40 000 Ω, es decir 40 kΩ. Los circuitos de alterna piden 500 Ω por voltio. En la práctica el vehículo advierte la falla según el umbral que fije el fabricante.

© Auto Avance · www.autoavance.co

N1 · M2

Riesgos eléctricos y químicos

Lectura: ≈ 25 min · 4 preguntas de autoevaluación

El alto voltaje del vehículo mata por tres caminos: la corriente que atraviesa el cuerpo, el arco de un cortocircuito y el fuego de una batería que entra en fuga térmica. Saber cómo actúa cada uno explica cada paso del procedimiento seguro.

Qué hace la corriente en el cuerpo

El daño depende de la corriente, del recorrido por el cuerpo, del tiempo y de si es alterna o continua. La norma IEC 60479-1 describe estos efectos. Para corriente alterna de 50/60 Hz, de mano a pies:

Corriente (CA 50/60 Hz)	Efecto típico
Del orden de 0,5 mA	Umbral de percepción: cosquilleo.
Del orden de 5 a 10 mA	Umbral de no soltar: los músculos se contraen y la mano se cierra sobre el conductor.
Decenas de mA durante fracciones de segundo, o más	Riesgo de fibrilación ventricular: el corazón deja de bombear. Cuanto más dura el paso de corriente, menor la corriente que basta.

En corriente continua los umbrales son más altos (la percepción empieza en torno a 2 mA) y no hay un umbral de no soltar definido, pero eso no da margen: con los voltajes de tracción la corriente supera de sobra los niveles peligrosos. La resistencia del cuerpo de mano a mano, a estos voltajes, es del orden de 1000 Ω, y baja con sudor o humedad. Con 400 V y 1000 Ω pasan unos 400 mA.

Además de la fibrilación hay quemaduras internas en el recorrido de la corriente, que por fuera pueden verse pequeñas, y lesiones secundarias: el reflejo que te lanza contra el borde del capó o te hace caer del elevador.

Arco eléctrico

Una batería de tracción puede entregar miles de amperios en cortocircuito. Si una llave cae entre dos terminales, si cortas un cable energizado o si se abre un conector con carga, se forma un arco: plasma a varios miles de grados, metal fundido proyectado, luz ultravioleta intensa y una onda de presión. Las lesiones típicas son quemaduras de cara y manos y daños en los ojos.

© Auto Avance · www.autoavance.co

El arco en corriente continua es más difícil de apagar que en alterna, porque la corriente no pasa por cero cien o ciento veinte veces por segundo. Un arco de CC puede mantenerse mientras haya distancia corta y energía disponible.

Tensión residual en los condensadores

El condensador de enlace del inversor guarda energía después de abrir los contactores. Normalmente un circuito de descarga activa lo baja a un valor seguro en pocos segundos, y unas resistencias de descarga pasiva lo terminan de vaciar. Si la descarga activa falla, la tensión puede mantenerse varios minutos. Por eso el manual exige un tiempo de espera, de varios minutos según el fabricante (5 o 10 minutos son valores frecuentes), y después hay que medir.

Otra fuente de tensión que se olvida: un motor de imanes permanentes que gira es un generador. Si empujas o remolcas el vehículo con las ruedas motrices en el piso, el motor produce tensión en sus fases aunque la batería esté desconectada.

> **Alto voltaje:** la tensión puede venir de tres lugares aunque el vehículo esté apagado: la batería, el condensador del inversor y un motor que gira. El procedimiento seguro ataca los tres.

Fuga térmica de la batería de ion de litio

Cuando una celda de ion de litio sufre un cortocircuito interno (defecto de fabricación, golpe, perforación, sobrecarga o sobrecalentamiento), empiezan reacciones químicas que generan más calor del que la celda puede disipar. El separador se funde, la celda ventea gases y la temperatura sube hasta encender las celdas vecinas. Eso es la fuga térmica, y se propaga de celda en celda.

- **Gases:** hidrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y fluoruro de hidrógeno, que se forma a partir de la sal fluorada del electrolito. Son inflamables y tóxicos; en un espacio cerrado pueden acumularse y explotar.
- **Señales:** silbido o chasquidos desde la batería, humo blanco o gris con olor dulzón o químico, calor en el piso del habitáculo.
- **Reignición:** una batería que se apagó puede volver a encenderse horas o días después.

Electrolito

En baterías de ion de litio el electrolito es un solvente orgánico inflamable con una sal de litio: irrita piel, ojos y vías respiratorias. No lo toques, ventila y absórbelo con material inerte según la hoja de seguridad. En baterías de níquel-metal hidruro el electrolito es hidróxido de potasio, alcalino y corrosivo: quema la piel y los ojos. Estas baterías son menos propensas a la fuga térmica, pero pueden calentarse y liberar hidrógeno. La hoja de seguridad del fabricante indica cómo neutralizar un derrame alcalino.

© Auto Avance · www.autoavance.co

Campos magnéticos de los motores

Los rotores de imanes permanentes producen campos magnéticos fuertes. Los fabricantes advierten que los portadores de marcapasos o desfibriladores implantables no deben manipular rotores ni trabajar en el sistema de alto voltaje sin una evaluación médica. El imán también atrae herramientas y puede aplastar dedos al sacar o meter un rotor.

> **En el taller:** anillos, relojes, cadenas y pulseras se quitan antes de entrar al área. Una argolla en un dedo puede cerrar un cortocircuito y calentarse al rojo en segundos. Si alguien recibe una descarga de alto voltaje, aunque diga que está bien, debe ir a evaluación médica: las arritmias pueden aparecer horas después.

Practica en el simulador

Abre la pestaña Batería del híbrido enchufable con batería de ion de litio y anota el voltaje del paquete. Con ese valor y una resistencia corporal de 1000 Ω, calcula la corriente que pasaría por el cuerpo y compárala con la tabla de efectos. Repite con el voltaje de la batería del SUV híbrido.
Abrir el simulador de vehículos híbridos

Para profundizar

- Baterías de ion litio
- Manual Batería de Vehículos Híbridos – Alto Voltaje (HV) (manual en PDF)
- Inversor automotriz

Autoevaluación

1. **¿Por qué un arco en corriente continua es más peligroso de cortar que uno en alterna?**

   Respuesta. Porque la corriente continua no pasa por cero. En alterna el arco tiende a apagarse en cada cruce por cero; en continua puede mantenerse mientras la distancia y la energía lo permitan.

2. **Abriste los contactores hace 30 segundos. ¿Puedes tocar los bornes del inversor?**

   Respuesta. No. El condensador de enlace puede conservar tensión si la descarga activa falló. Hay que esperar el tiempo que indica el fabricante, por lo general varios minutos, y verificar la ausencia de tensión con un instrumento probado.

3. **Una batería dañada dejó de humear. ¿Se puede guardar dentro del taller?**

   Respuesta. No. La fuga térmica puede reiniciarse horas o días después. Se guarda afuera, en cuarentena y lejos de edificios y otros vehículos, y se vigila su temperatura.

4. **Un compañero tiene marcapasos. ¿Qué tareas debe evitar?**

   Respuesta. Manipular rotores de imanes permanentes, desarmar motores y trabajar en el sistema de alto voltaje. Debe consultar a su médico y seguir las advertencias del fabricante del vehículo.

N1 · M3

Identificar el sistema de alto voltaje

Lectura: ≈ 25 min · 3 preguntas de autoevaluación

Muchos accidentes con alto voltaje no ocurren reparando el sistema, sino al lado: perforando una lámina, levantando el vehículo con el gato bajo la batería o soldando cerca de un cable naranja. Reconocer qué es alto voltaje antes de tocar es la competencia que necesita todo el personal del taller.

El cableado naranja

La práctica recomendada SAE J1673 usa el color naranja para los cables de alto voltaje del vehículo, y el Reglamento UN ECE R100 exige que los cables de alto voltaje que no están dentro de una carcasa tengan cubierta exterior naranja. También son naranja los tubos corrugados que los protegen y muchos conectores.

- El naranja se decolora con calor y años: puede verse café, rosado o casi gris.
- Dentro de la batería y del inversor puede haber barras y cables de alto voltaje de otros colores, protegidos por la carcasa.
- En conversiones caseras o reparaciones mal hechas puede haber cables de alto voltaje sin identificar.

Conclusión práctica: el naranja indica alto voltaje, pero que un cable no sea naranja no prueba que sea seguro.

Etiquetas y símbolos

Las carcasas de componentes de clase B llevan el triángulo amarillo con rayo negro de advertencia eléctrica (ISO 7010 W012), como exige el R100. Además vas a encontrar:

- Etiquetas de "peligro, alto voltaje" en la batería, el inversor, el compresor y bajo el capó.
- La placa de la batería con su química, voltaje nominal, capacidad o energía y número de parte.
- Etiquetas de "no abrir" y de puntos de corte para rescatistas.
- En muchos vehículos, un código QR que lleva a la ficha de rescate según ISO 17840, con la ubicación de batería, cables, airbags y puntos de corte. Esa ficha sirve también en el taller.

La desconexión de servicio

El tapón o desconector de servicio (service plug) es una pieza removible que abre el circuito de la batería, casi siempre en un punto intermedio entre módulos. En muchos casos lleva dentro el fusible

principal y los contactos del HVIL. Se encuentra bajo el asiento trasero, en el baúl, en la consola central o debajo del vehículo.

- Al retirarlo, la batería queda partida en dos mitades, pero **cada mitad sigue energizada**. No descarga nada.
- No descarga en el acto el condensador del inversor.
- Se retira con guantes aislantes, porque estás trabajando junto a la batería.

Algunos vehículos no tienen tapón de servicio. En ellos se desenergiza por el método del fabricante: un conector o fusible específico, o una función de desactivación de alto voltaje desde el escáner. Para emergencias, muchos tienen además un lazo de corte para rescatistas: un cable de 12 V etiquetado que, al cortarlo, abre los contactores.

HVIL: el lazo de enclavamiento

El HVIL (high voltage interlock loop) es un circuito de bajo voltaje que pasa en serie por los conectores de alto voltaje y por algunas tapas. Si se abre un conector o una tapa, el lazo se interrumpe, el módulo de control abre los contactores y registra un código de falla.

En muchos conectores los pines del HVIL son más cortos que los de potencia: al desconectar, el HVIL se abre primero y los contactores se abren antes de que se separen los pines de potencia, lo que evita el arco. El HVIL es una protección, no un procedimiento: un puente mal hecho o una falla del lazo lo anulan. Nunca lo uses como sustituto de desenergizar.

> **Alto voltaje:** retirar el tapón de servicio abre el circuito, pero cada mitad de la batería conserva su tensión. La batería nunca se descarga en el taller, y nadie abre la carcasa de una batería en el Nivel 1.

Dónde vive cada componente

Componente	Ubicación típica
Batería de tracción	Bajo el piso en eléctricos; bajo el asiento trasero o en el baúl en híbridos, a veces con rejillas de entrada de aire en el habitáculo
Inversor o unidad de control de potencia	Vano motor, sobre la transmisión o junto al motor eléctrico
Motor(es)-generador(es)	Dentro de la transmisión híbrida o en el eje (adelante, atrás o ambos)

Componente	Ubicación típica
Convertidor CC-CC	Integrado en la unidad de potencia o como módulo aparte
Cargador a bordo	Cerca de la toma de carga o en la parte trasera
Compresor eléctrico y calefactor de alto voltaje	Vano motor, parte frontal
Cables naranja	Bajo el piso, a lo largo de los rieles, entre batería e inversor y hacia los consumidores

En el taller: antes de subir un eléctrico al elevador o meter un gato, revisa en la información de servicio los puntos de apoyo. Un gato bajo la batería la deforma y puede causar un corto interno que se manifiesta días después. En latonería, antes de perforar, cortar o soldar, ubica los cables naranja detrás del panel y sigue lo que pide el fabricante sobre soldadura en vehículos electrificados.

Practica en el simulador

Abre Vano motor en el SUV híbrido y señala cada componente de alto voltaje que puedes identificar: inversor, compresor, cables naranja. Luego abre Diagrama HV y ubica los puntos donde se abre el circuito de la batería.
Abrir el simulador de vehículos híbridos

Para profundizar

- Manual Lectura de Diagramas Eléctricos Automotrices (manual en PDF)
- Baterías de vehículos híbridos y eléctricos

Autoevaluación

1. **Un cable gris pasa junto a la batería de un eléctrico. ¿Puedes cortarlo?**

   Respuesta. No sin confirmarlo en el diagrama del fabricante. El naranja indica alto voltaje, pero el color se decolora y dentro de carcasas o en reparaciones previas puede haber alto voltaje en otros colores.

2. **Retiraste el tapón de servicio. ¿La batería está descargada?**

   Respuesta. No. El circuito queda abierto, pero cada mitad de la batería sigue con su tensión, y el condensador del inversor puede conservar carga. Hay que esperar y verificar la ausencia de tensión.

3. **¿Por qué los pines del HVIL suelen ser más cortos que los de potencia?**

   Respuesta. Para que al desconectar se abra primero el HVIL, el control abra los contactores y la corriente se corte antes de que se separen los pines de potencia. Así se evita el arco en el conector.

N1 · M4

Equipo de protección y herramientas

Lectura: ≈ 25 min · 4 preguntas de autoevaluación

El equipo de protección es la última barrera, no la primera: primero va el procedimiento que deja el sistema sin tensión. Pero el día que algo falla, unos guantes revisados y un multímetro de la categoría correcta son la diferencia entre un susto y un accidente.

Guantes aislantes clase 0

Los guantes de caucho aislante se fabrican y ensayan según IEC 60903. Para vehículos se usa la **clase 0**, con tensión máxima de uso de 1000 V CA y 1500 V CC. La clase 00 llega a 500 V CA y 750 V CC: no alcanza para sistemas de 800 V.

- **Marcado:** el guante lleva el símbolo del doble triángulo, la clase (la etiqueta de clase 0 es roja), la talla, la fecha y las letras de propiedades especiales, por ejemplo resistencia a aceite o a ozono.
- **Protectores de cuero:** van encima del guante aislante y lo protegen de cortes, astillas y puntas. El cuero solo no aísla. El protector debe ser más corto que el guante para dejar un margen de caucho expuesto en el puño.
- **Almacenamiento:** en su bolsa, sin doblar, lejos de sol, calor, aceites y fuentes de ozono como motores eléctricos.

La prueba de inflado antes de cada uso

1. Revisa por fuera y por dentro: cortes, pinchazos, grietas, zonas pegajosas, hinchadas o endurecidas, y la fecha del último ensayo.
2. Atrapa aire enrollando el puño hacia los dedos, o usa un inflador de guantes.
3. Con el guante inflado, mira, escucha y acércalo a la cara para sentir fugas, sobre todo entre los dedos.
4. Si hay cualquier duda, el guante sale de servicio. No se reparan.

Ensayos periódicos

Además de la revisión diaria, los guantes necesitan un ensayo dieléctrico en laboratorio. La práctica más extendida, y lo que exige la OSHA 1910.137 en Estados Unidos, es ensayarlos antes de entregarlos por primera vez y luego cada 6 meses; un guante que pasa más de 12 meses guardado después de su ensayo se vuelve a ensayar antes de usarlo. La IEC 60903 da sus propias recomendaciones; el intervalo final lo fija tu empleador. Lleva un registro con la fecha de cada par.

© Auto Avance · www.autoavance.co

Alto voltaje: un guante con un pinchazo invisible no aísla. La prueba de inflado se hace cada vez que te los pones, no una vez por semana.

Protección de cara y ropa

Para retirar un tapón de servicio, medir ausencia de tensión o trabajar cerca de partes que pueden estar energizadas, usa careta facial con protección contra arco y gafas de seguridad debajo. La ropa debe ser de algodón o resistente al arco: las fibras sintéticas se funden y se pegan a la piel. Fuera joyas, relojes y objetos metálicos en los bolsillos.

Herramientas aisladas

Las herramientas aisladas según IEC 60900 están marcadas con el doble triángulo y "1000 V", y sirven hasta 1000 V CA y 1500 V CC. Cada herramienta se ensaya en fábrica a una tensión muy superior. Revisa el aislamiento antes de usarla: si está cortado, quemado o se ve el metal, sale de servicio. Usa también llaves de torque y extensiones aisladas cuando trabajes cerca de bornes.

Instrumentos de medida

- **Multímetro** CAT III 1000 V como mínimo según IEC 61010, con puntas y cables de la misma categoría o superior, puntas con protector y fusibles originales. Un multímetro CAT II o con cables de baja categoría puede estallar en un transitorio.
- **Comprobador de tensión bipolar** según EN 61243-3. La DGUV 209-093 lo prefiere al multímetro para verificar la ausencia de tensión, porque no depende de elegir bien el rango ni la función.
- **Megóhmetro** para medir la resistencia de aislamiento. Se usa en los niveles 2 y 3.

Área de trabajo y rescate

- **Alfombra aislante** (IEC 61111) en el piso del puesto de trabajo, y mantas aislantes para cubrir partes energizadas vecinas.
- **Gancho de rescate** con mango aislante, colgado a la vista: sirve para separar a una persona de una parte energizada sin tocarla.
- **Delimitación:** cinta o cadena, letrero de "trabajo en alto voltaje, no tocar" y solo personal autorizado dentro.
- Extintor adecuado, botiquín y una segunda persona que sepa cortar la energía y pedir ayuda.

En el taller: los protectores de cuero se contaminan con limalla, aceite y viruta metálica, y esas partículas terminan perforando el caucho. Guarda guantes y protectores juntos pero limpios, y cambia el protector cuando el cuero esté roto o impregnado.

Practica en el simulador

Abre Taller seguro en el híbrido enchufable y revisa el equipo de protección que pide el procedimiento. Compara cada elemento con lo visto en este módulo: clase del guante, revisión antes de usarlo, protección facial y categoría del instrumento.
Abrir el simulador de vehículos híbridos

Para profundizar

- Mantenimiento de vehículos eléctricos
- Cómo probar una batería de un vehículo híbrido

Autoevaluación

1. **¿Sirven guantes clase 00 para un eléctrico de 800 V?**

   Respuesta. No. La clase 00 está limitada a 750 V CC. Para vehículos se usa la clase 0, hasta 1500 V CC, que cubre todas las arquitecturas actuales.

2. **El guante pasó la prueba de inflado pero el último ensayo de laboratorio fue hace 8 meses. ¿Lo usas?**

   Respuesta. Con el intervalo más extendido (6 meses), no: está vencido y debe volver al ensayo. La prueba de inflado detecta pinchazos y fugas, no reemplaza el ensayo dieléctrico.

3. **¿Por qué no basta un multímetro cualquiera para verificar la ausencia de tensión?**

   Respuesta. Debe ser al menos CAT III 1000 V con puntas de la misma categoría, para soportar los transitorios del sistema. Y hay que comprobarlo antes y después de medir. Por eso la DGUV recomienda un comprobador bipolar según EN 61243-3.

4. **¿Para qué sirve el gancho de rescate?**

   Respuesta. Para separar a una persona que quedó pegada a una parte energizada sin tocarla con las manos, y así no convertirse en la segunda víctima.

© Auto Avance · www.autoavance.co

N1 · M5

Desenergizar y reenergizar: el procedimiento seguro

Lectura: ≈ 30 min · 4 preguntas de autoevaluación

Desenergizar no es "quitar el tapón". Es una secuencia en la que cada paso cubre una falla del anterior: el contactor que quedó pegado, el condensador que no se descargó, el compañero que conecta el tapón sin saber que estás trabajando. El orden importa tanto como los pasos.

Las cinco reglas de seguridad

Vienen de la norma EN 50110-1 para instalaciones eléctricas y se aplican al vehículo:

1. Desconectar completamente.
2. Asegurar contra la reconexión.
3. Verificar la ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito.
5. Cubrir o aislar las partes vecinas que siguen en tensión.

En el vehículo, las reglas 1 a 3 se aplican siempre. La 4 y la 5 se aplican según el caso y lo que indique el fabricante. La batería nunca queda sin tensión, así que la regla 5 aparece cada vez que trabajas cerca de ella.

Desenergizar, paso a paso

Esta es la secuencia general. El procedimiento del fabricante para ese vehículo manda sobre ella, incluido el orden exacto entre la batería de 12 V y el tapón de servicio.

1. **Preparar.** Identifica el vehículo y consigue el procedimiento del fabricante. Lee los códigos de falla: si hay una falla de aislamiento, el chasis puede estar comprometido y el trabajo se trata con más precaución (módulo 6). Revisa el equipo de protección y delimita el área.
2. **Apagar y asegurar el vehículo.** Sistema en OFF, sin READY. Palanca en P, freno de estacionamiento, cuñas en las ruedas. Llave o llave inteligente fuera del alcance de las antenas del vehículo, guardada por ti.
3. **Desconectar la batería de 12 V** (borne negativo) y aislar el terminal. Los contactores se abren. El orden entre este paso y el siguiente varía según el fabricante; si la desactivación se hace con el escáner, los 12 V se desconectan después, porque el escáner los necesita.
4. **Retirar el tapón de servicio** con guantes clase 0 y careta, o aplicar el método del fabricante: fusible, conector o desactivación de alto voltaje desde el escáner.

© Auto Avance · www.autoavance.co

5. **Bloquear y etiquetar.** El tapón queda en tu poder o en una caja con candado. Pon tu candado personal donde corresponda y una etiqueta con tu nombre, la fecha y el motivo. Si trabajan varios, cada uno pone su propio candado en un multicandado.
6. **Esperar** el tiempo que indique el fabricante para la descarga de los condensadores, por lo general varios minutos.
7. **Verificar la ausencia de tensión con el método vivo-muerto-vivo** (abajo).
8. **Cubrir** los bornes y conectores abiertos con tapas o mantas aislantes.
9. **Registrar** en la hoja de trabajo: quién desenergizó, a qué hora, qué valores midió.

INFOGRAFÍA

Desenergizar, en nueve pasos

ANTES DE TOCAR

1 Preparar
Procedimiento del fabricante, códigos de falla, equipo de protección y área delimitada

2 Apagar y asegurar
Sin READY, palanca en P, freno, cuñas; la llave lejos y en tu poder

AISLAR

3 Desconectar la batería de 12 V
Borne negativo, terminal aislado

4 Retirar el tapón de servicio
Con guantes clase 0 y careta, o el método del fabricante

5 Bloquear y etiquetar
Candado y etiqueta personales; cada persona pone el suyo

6 Esperar la descarga
El tiempo que indica el fabricante para los condensadores

COMPROBAR

7 Vivo-muerto-vivo
Los tres pares: positivo a negativo, positivo a chasis y negativo a chasis

8 Cubrir
Bornes y conectores abiertos, con tapas o mantas aislantes

9 Registrar
Quién desenergizó, a qué hora y qué valores midió

Vivo
Mide una fuente conocida en el rango de trabajo

Muerto
Prácticamente 0 V en los tres pares

Vivo otra vez
El instrumento sigue midiendo bien

El orden entre los pasos 3 y 4 lo fija el fabricante. Si mides tensión en el paso 7, no sigas: eso ya es diagnóstico.

UniEVercity

Vivo-muerto-vivo

Antes de dar por muerto un circuito, demuestra que tu instrumento funciona:

1. **Vivo:** mide una fuente conocida, de preferencia un comprobador de tensión que genere un voltaje en el rango que vas a medir, y confirma que el instrumento lee bien. La batería de 12 V solo prueba el rango bajo del instrumento.
2. **Muerto:** mide en los puntos que indica el fabricante, normalmente a la entrada del inversor o en la caja de distribución: positivo a negativo, positivo a chasis y negativo a chasis. Debe leer prácticamente 0 V, dentro del umbral que dé el fabricante.
3. **Vivo otra vez:** vuelve a medir la fuente conocida. Si el instrumento falló entre medición y medición, el "0 V" no vale.

Si mides tensión, no sigas: espera, vuelve a medir y, si persiste, hay un contactor pegado, una descarga que no funciona u otra fuente. Eso ya es diagnóstico, no mantenimiento.

> **Alto voltaje:** mide los tres pares, no solo positivo a negativo. Un contactor pegado puede dejar tensión entre un polo y el chasis aunque entre polos leas cero.

Reenergizar

1. Confirma que el trabajo terminó: torques, conectores enclavados, tapas puestas (el HVIL lo pide) y ninguna herramienta olvidada. Cuenta las herramientas.
2. Si el fabricante lo pide, mide la resistencia de aislamiento antes de energizar (nivel 2).
3. Cada persona retira su propio candado y su etiqueta. Nadie retira el candado de otro.
4. Instala el tapón de servicio con guantes, o revierte el método del fabricante.
5. Conecta la batería de 12 V. Como al desenergizar, el orden entre estos dos pasos lo fija el fabricante; la reactivación con escáner necesita los 12 V conectados.
6. Pon el vehículo en READY y revisa que no haya testigos de falla. Lee los códigos: borra los que generó la desconexión y confirma que no hay fallas de aislamiento ni del HVIL.
7. Retira la delimitación y cierra el registro.

> **En el taller:** el accidente típico no es del técnico que desenergizó, sino de quien llega después: el compañero del turno siguiente que ve el tapón en la mesa y lo conecta "para probar". El candado personal y el tapón en tu bolsillo existen para eso. Si cambias de turno, el vehículo se entrega con su registro o se vuelve a verificar.

Este procedimiento se aprende aquí en teoría y en el simulador. Ejecutarlo en un vehículo real exige práctica supervisada con vehículos reales y la autorización de tu empleador.

Practica en el simulador

Abre Taller seguro en el híbrido enchufable y haz la secuencia completa: equipo de protección, bloqueo y etiquetado, desactivación de alto voltaje con el escáner y verificación de ausencia de tensión con el método vivo-muerto-vivo. Compara el orden que sigue el simulador con la secuencia de este módulo.
Abrir el simulador de vehículos híbridos

Para profundizar

- Mantenimiento de vehículos híbridos
- Inversor automotriz

Autoevaluación

1. **¿Por qué se mide una fuente conocida antes y después de medir el circuito?**

   Respuesta. Porque un instrumento dañado, con un fusible abierto o con la función equivocada también lee 0 V. Probarlo antes y después demuestra que el cero que leíste es real.

2. **Entre positivo y negativo lees 0 V, pero entre positivo y chasis lees 200 V. ¿Qué puede pasar?**

   Respuesta. Un contactor pegado deja un polo conectado a la batería, y el chasis, a través de la resistencia de aislamiento, queda a un potencial intermedio; una falla de aislamiento también puede dar esa lectura. El sistema no está desenergizado: detente y trátalo como un problema de diagnóstico.

3. **Terminaste el trabajo y tu compañero todavía tiene su candado puesto. ¿Lo retiras para avanzar?**

   Respuesta. No. Cada persona retira solo su candado. Mientras haya un candado puesto, alguien puede estar trabajando en el sistema.

4. **¿Cuáles de las cinco reglas se aplican siempre en un vehículo?**

   Respuesta. Las tres primeras: desconectar, asegurar contra la reconexión y verificar la ausencia de tensión. La puesta a tierra y la protección de partes vecinas se aplican según el caso y el fabricante.

© Auto Avance · www.autoavance.co

N1 · M6

Vehículos dañados, inundados o en incendio; remolque y almacenamiento

Lectura: ≈ 25 min · 4 preguntas de autoevaluación

Un vehículo chocado o inundado rompe las suposiciones del procedimiento normal: la carcasa puede estar deformada, el aislamiento comprometido y la batería dañada por dentro sin que se vea. Al taller llegan por grúa, y la grúa, el patio y la bodega son parte del riesgo.

Vehículo chocado

En un choque con despliegue de airbags, el sistema abre los contactores y muchos vehículos disparan además un desconector pirotécnico que corta el circuito de la batería. Eso aísla la batería, pero no la descarga ni repara un daño interno.

- Inspecciona desde afuera: humo, vapor, silbidos, chasquidos, olor dulzón o químico, líquido bajo el vehículo, deformación de la carcasa de la batería, cables naranja cortados o aplastados.
- El líquido puede ser refrigerante del circuito de la batería o electrolito. No lo toques sin protección hasta saber qué es.
- Inmoviliza el vehículo: P, freno de estacionamiento, cuñas, sistema apagado y llave lejos. Desconecta los 12 V si se puede hacer sin riesgo.
- Consulta la ficha de rescate del modelo para ubicar batería, cables y puntos de corte.

Indicadores de falla de aislamiento

El vehículo vigila la resistencia de aislamiento entre el sistema de alto voltaje y el chasis. Cuando cae por debajo de su límite muestra un testigo de falla del sistema híbrido o eléctrico, un mensaje de falla de aislamiento o guarda un código de falla de aislamiento, y puede impedir el READY o abrir los contactores.

Con una falla de aislamiento activa, un polo puede estar conectado al chasis. Una segunda falla, o tocar el otro polo, cierra el circuito por la persona. Ese vehículo se trata como si todo el chasis pudiera estar energizado: guantes y procedimiento completo, aunque solo vayas a tocar la carrocería.

Vehículo inundado

El agua, sobre todo la salada, conduce, corroe conectores y puede entrar en la batería. La corrosión forma puentes conductores entre celdas o hacia la carcasa, y el corto interno puede aparecer días o semanas después y terminar en fuga térmica. Un vehículo inundado no se enciende, no se pone en

© Auto Avance · www.autoavance.co

READY y no se carga. Se lleva en plataforma a la zona de cuarentena y se espera el diagnóstico del fabricante.

> **Alto voltaje:** una batería que se mojó o recibió un golpe puede entrar en fuga térmica días después. No la guardes dentro del taller ni junto a otros vehículos.

Vehículo en incendio

Un incendio de batería de ion de litio necesita enormes cantidades de agua aplicadas durante mucho tiempo para enfriar las celdas, y eso es trabajo de bomberos. En el taller: evacua, llama a los bomberos, diles que es un vehículo electrificado y aléjate del humo, que es tóxico. Un extintor portátil puede apagar un conato en el habitáculo, pero no detiene una fuga térmica dentro de la batería.

Cuarentena

El vehículo o la batería dañada se ubica al aire libre, señalizado, sobre piso no combustible, lejos de edificios, de otros vehículos y de materiales inflamables. Las guías de respuesta a emergencias suelen recomendar una separación del orden de 15 m. Se vigila la temperatura durante varios días, idealmente con cámara térmica, y se tiene un plan de qué hacer si empieza a calentarse.

Remolque

- **Plataforma** es la opción preferida, y la única para vehículos dañados.
- Con las ruedas motrices en el piso, el motor de imanes permanentes gira y genera tensión que puede dañar el inversor o sobrecalentar componentes, y la transmisión puede quedarse sin lubricación. Solo si el manual lo permite, a la velocidad y distancia que indique, o con plataformas de rodillos bajo las ruedas motrices.
- Si es de tracción en las cuatro ruedas, ninguna rueda debe girar en el piso.
- Usa los puntos de anclaje del manual. Las cadenas y ganchos no se apoyan sobre la batería ni sobre cables naranja.

Arranque con cables

Un híbrido o eléctrico con la batería de 12 V descargada no entra en READY. Se puede auxiliar la batería de 12 V en los bornes que indique el manual, a veces bornes remotos bajo el capó. La batería de alto voltaje nunca se auxilia con cables. Muchos fabricantes prohíben usar un híbrido o un eléctrico para auxiliar a otro vehículo: su convertidor CC-CC no está hecho para la corriente de arranque de un motor de combustión.

Almacenamiento y transporte de baterías

- Las baterías de ion de litio son mercancía peligrosa de clase 9. Una batería suelta va como UN 3480; instalada en un equipo o embalada con él, como UN 3481. Las baterías dañadas o

defectuosas tienen exigencias especiales de embalaje y transporte, y el transporte de mercancías peligrosas requiere personal capacitado.

- Guárdalas en un lugar seco, fresco y ventilado, sobre superficie no combustible, con los bornes cubiertos y sin apilarlas sobre la carcasa.
- Respeta el estado de carga de almacenamiento que indique el fabricante y revísalo cada cierto tiempo.
- Una batería dañada se separa de las sanas y va a la zona de cuarentena.

> **En el taller:** define hoy, antes de necesitarla, dónde está tu zona de cuarentena, quién la vigila y a quién se llama. El día que llega el vehículo chocado nadie tiene tiempo de pensar dónde ponerlo, y termina parqueado dentro, al lado de los demás.

Practica en el simulador

Pide al instructor que inyecte una falla de aislamiento desde Fallas. Abre Escáner, lee el código y los datos relacionados con el aislamiento, y decide qué precauciones cambian antes de tocar el vehículo y dónde lo dejarías mientras se diagnostica.
Abrir el simulador de vehículos híbridos

Para profundizar

- Baterías de vehículos híbridos y eléctricos
- Mantenimiento de vehículos eléctricos

Autoevaluación

1. **Llega un eléctrico chocado con los airbags desplegados. ¿La batería quedó segura?**

   Respuesta. Quedó aislada, porque se abrieron los contactores y quizá se disparó el desconector pirotécnico, pero sigue cargada y puede estar dañada por dentro. Se inspecciona, se inmoviliza y se lleva a cuarentena si hay señales de daño.

2. **¿Por qué no se remolca un eléctrico con las ruedas motrices en el piso, salvo que el manual lo permita?**

   Respuesta. Porque el motor de imanes permanentes gira con las ruedas y genera tensión que puede dañar el inversor o sobrecalentar componentes, y la transmisión puede quedarse sin lubricación.

3. **Un vehículo inundado se secó y parece funcionar. ¿Lo cargas para entregarlo?**

   Respuesta. No. El agua pudo dejar corrosión y puentes conductores dentro de la batería que causan un corto y una fuga térmica días después. No se enciende ni se carga hasta que pase el diagnóstico.

4. **¿Qué clase de mercancía peligrosa es una batería de ion de litio suelta y con qué número viaja?**

   Respuesta. Clase 9, como UN 3480. Si está instalada en un equipo o embalada con él, es UN 3481. Dañada o defectuosa, tiene exigencias especiales.

UniEVercity
ACADEMIA DE ELECTROMOVILIDAD · AUTO AVANCE

Sigue estudiando en la academia

Esta guía es la versión para leer sin conexión del Nivel 1 de UniEVercity, la academia de electromovilidad de Auto Avance. En línea encuentras además el plan del nivel, la práctica guiada en el simulador y la biblioteca completa.

Nivel 1 en línea
Los mismos módulos, con la práctica en el simulador y la autoevaluación interactiva.

Nivel 2 · Servicio y mantenimiento
El siguiente paso de la ruta de la academia.

Biblioteca digital de electromovilidad
Guías, infografías, manuales en PDF, artículos, casos de vehículos y temarios.

Simulador de vehículos híbridos
Batería abierta, contactores, inversor, megóhmetro, escáner y fallas reales.

Cursos de vehículos híbridos y eléctricos
Clases en video, evaluación y certificado de Auto Avance.

La academia enseña y evalúa conocimientos. No reemplaza la práctica supervisada ni la autorización de tu empleador para trabajar en alto voltaje. Auto Avance es la propietaria y desarrolladora de UniEVercity. Todos los derechos reservados.
www.autoavance.co