THE LEAP INSTITUTE PRESENTS

Electric Vehicle Maintenance

Training Workbook

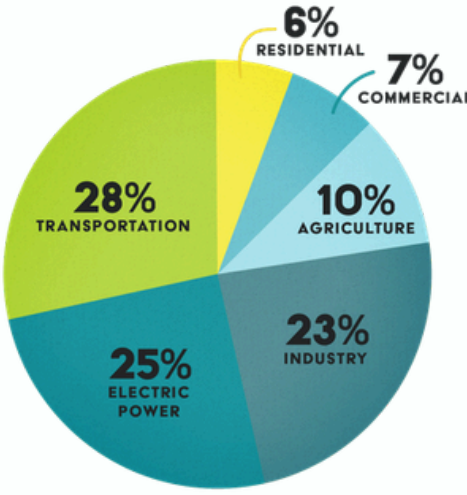


Visit our site for more information:
www.theleapinstitute.org

THE LEAP INSTITUTE

CHAPTER 1
EV HISTORY AND WHAT'S NEXT

For over a century, cars have symbolized freedom and mobility in the United States. Since Henry Ford introduced the assembly line in 1913, car ownership has skyrocketed. By 1950, there were 25 million cars in the U.S. Today, that number has grown to nearly 280 million.



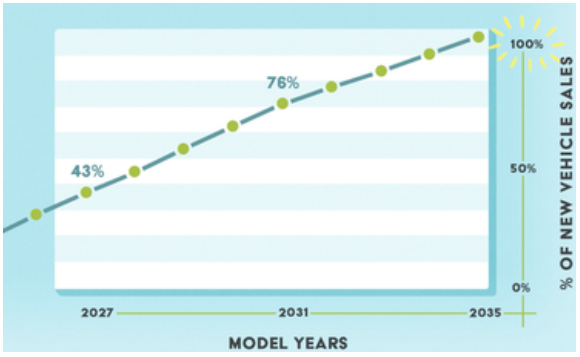
While cars have created economic opportunities for millions of Americans and shaped the way our cities are built, they have also contributed to many of the major environmental crises our planet faces today.

The United States is the biggest producer of transportation emissions worldwide, having released more tons of transportation-related CO2 into the atmosphere than China, India, Russia, and Brazil combined.

For the U.S. to effectively reduce their share of global emissions – something has to change. And that something starts with the way we move.

The Rise of Electric Vehicles (EVs)

Electric vehicles (EVs) have long been looked at as the future of transportation, but in California that future is already here. Under the state's Advanced Clean Cars regulations, all new vehicles sold must be zero-emissions by 2035.

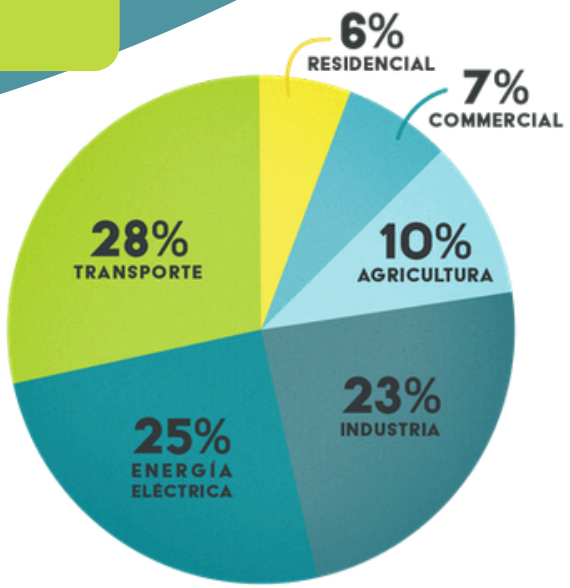


For this shift to be successful, EV infrastructure must expand. This includes more public and private charging stations and a skilled workforce to maintain them.

Despite the growing popularity of EVs, some consumers remain hesitant due to:

- High initial costs
- Limited driving range
- Unreliable charging infrastructure

CAPÍTULO 1
HISTORIA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y EL FUTURO



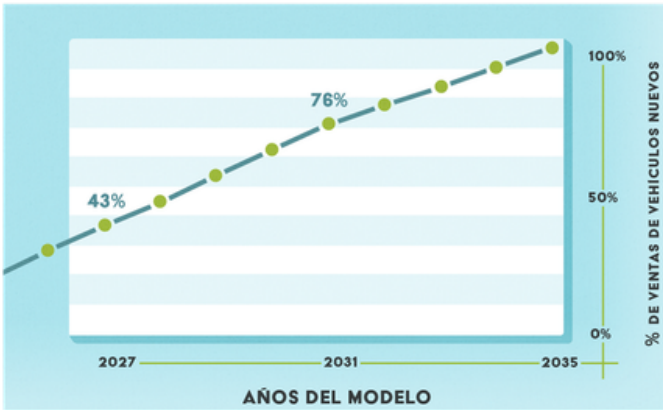
Durante más de un siglo, los automóviles han simbolizado la libertad y la movilidad en los Estados Unidos. Desde que Henry Ford introdujo la línea de montaje en 1913, la propiedad de automóviles se ha disparado. Para 1950, había 25 millones de automóviles en los Estados Unidos. Hoy en día, ese número ha crecido a casi 280 millones

Si bien los automóviles han creado oportunidades económicas para millones de estadounidenses y han dado forma al modo en que se construyen nuestras ciudades, también han contribuido a muchas de las principales crisis ambientales que enfrenta nuestro planeta hoy en día.

Los Estados Unidos es el mayor productor de emisiones del transporte en el mundo, y ha liberado a la atmósfera más toneladas de dióxido de carbono relacionado con el transporte que China, India, Rusia y Brasil juntos. Para que los Estados Unidos reduzcan efectivamente su participación en las emisiones globales, algo tiene que cambiar. Y ese algo comienza con la forma en que nos movemos.

El auge de los vehículos eléctricos (VE)

Desde hace tiempo, los vehículos eléctricos (VEs) se han considerado el futuro del transporte, pero en California ese futuro ya es una realidad. Bajo las regulaciones estatales de Autos Limpios Avanzados, todos los vehículos nuevos que se vendan deberán ser de cero emisiones para 2035.

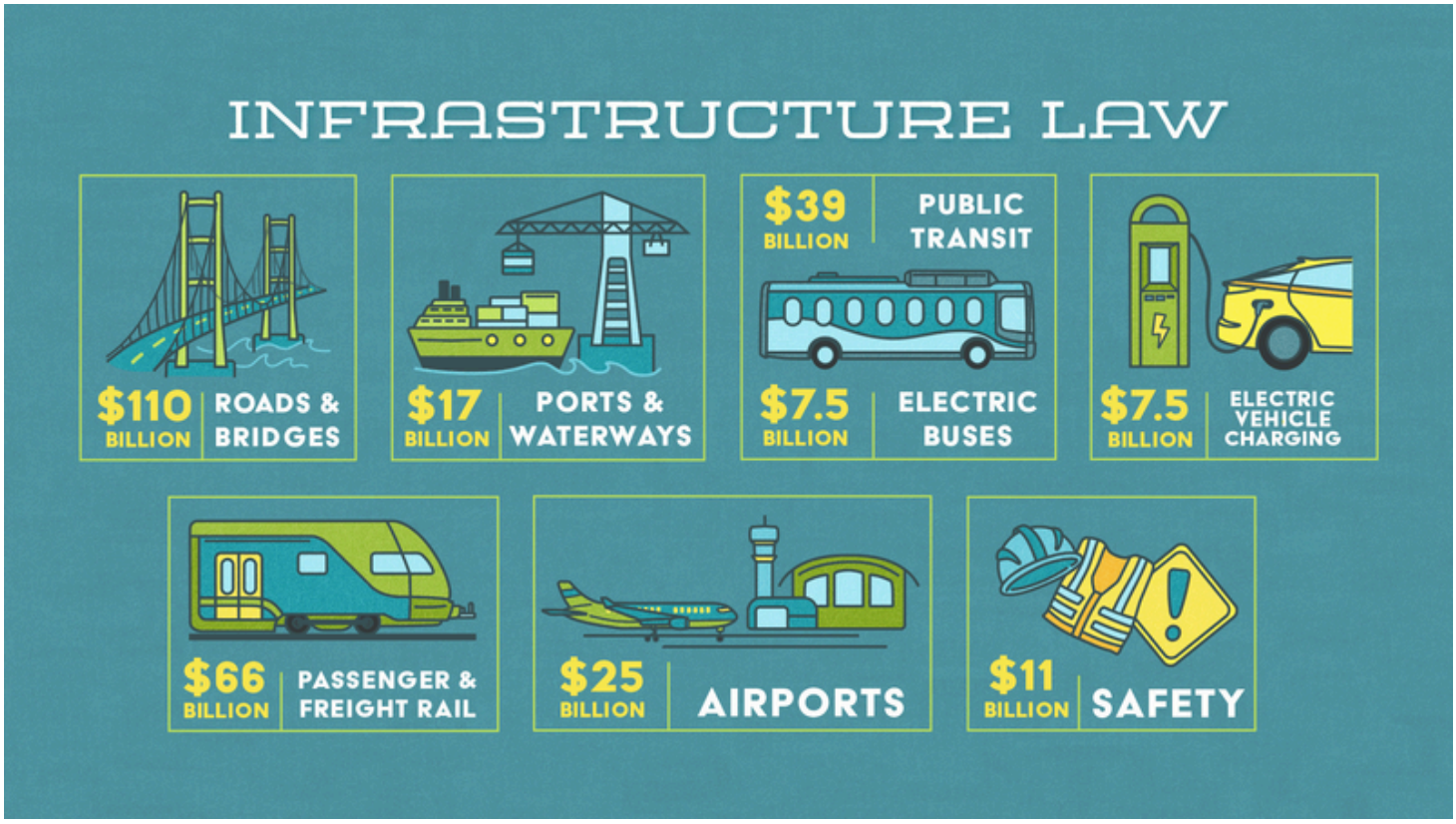


Para que este cambio tenga éxito, es necesario expandir la infraestructura de vehículos eléctricos. Esto incluye más estaciones de carga públicas y privadas y una mano de obra cualificada para su mantenimiento.

A pesar de la creciente popularidad de los vehículos eléctricos, algunos consumidores siguen dudando debido a:

- *Costos iniciales elevados*
- *Autonomía limitada*
- *Infraestructura de carga poco confiable*

However, advancements in technology and investment in infrastructure are rapidly improving public outlook on EV ownership. Studies show that widely available, fast, and reliable public charging stations are essential in building consumer confidence.



Under the Bipartisan Infrastructure Law, the federal government has committed $7.5 billion toward EV charging infrastructure. With this investment, job opportunities in EV technology are expanding.

In the following sections, we will explore:

- Electric vehicle systems and powertrains
- Battery technology
- Inverters and chargers
- EV safety, operation, and maintenance

The EV revolution is just beginning—offering opportunities for economic growth, cleaner communities, and a healthier planet.

Sin embargo, los avances tecnológicos y la inversión en infraestructura están mejorando rápidamente la percepción pública sobre la propiedad de vehículos eléctricos. Los estudios demuestran que las estaciones de carga públicas, rápidas, fiables y ampliamente disponibles son esenciales para fomentar la confianza del consumidor.



En virtud de la Ley Bipartidista de Infraestructura, el gobierno federal ha destinado $7.5 mil millones a infraestructura de carga para vehículos eléctricos. Con esta inversión, se están expandiendo las oportunidades laborales en la tecnología de vehículos eléctricos.

En las siguientes secciones, exploraremos:

- *Sistemas de vehículos eléctricos y sistemas de propulsión*
- *Tecnología de baterías*
- *Inversores y cargadores*
- *Seguridad, operación y mantenimiento de vehículos eléctricos*

La revolución de los vehículos eléctricos apenas comienza y ofrece oportunidades de crecimiento económico, comunidades más limpias y un planeta más saludable.

QUIZ / PRUEBA

1. **About how many cars are owned in the US today? / *¿Aproximadamente cuántos automóviles hay en los Estados Unidos hoy en día?***

   - 25 million / 25 millones
   - 500 million / 500 millones
   - 280 million / 280 millones
   - 75 million / 75 millones

2. **In California, transportation emissions rise to what percentage when including upstream fuel production? / *En California, ¿en qué porcentaje aumentan las emisiones del transporte cuando se incluye la producción de combustible?***

   - 25%
   - 40%
   - 50%
   - 60%

3. **Under California's Advanced Clean Cars regulations, by what year must all new vehicles sold be zero-emissions? / *Bajo las regulaciones de Autos Limpios Avanzados de California, ¿en qué año todos los vehículos nuevos vendidos deben ser de cero emisiones?***

   - 2025
   - 2030
   - 2035
   - 2040

4. **What is the federal government investing in to help expand EV adoption? / *¿En qué está invirtiendo el gobierno federal para ayudar a expandir la adopción de vehículos eléctricos?***

   - Free EVs for every citizen / Vehículos eléctricos gratuitos para todos los ciudadanos
   - Reducing the price of gasoline / Reducir el precio de la gasolina
   - $7.5 billion for EV charging infrastructure / 7.5 mil millones de dólares para infraestructura de carga de vehículos eléctricos
   - Building more gas stations / Construyendo más gasolineras

QUIZ / PRUEBA

5. **What is one key barrier preventing more consumers from adopting electric vehicles (EVs)? / *¿Cuál es una barrera clave que impide que más consumidores adopten vehículos eléctricos (VE)?***

    - Unreliable charging infrastructure / Infraestructura de carga poco fiable
    - High initial costs / Altos costos iniciales
    - Limited driving range / Autonomía de conducción limitada
    - All of the above / Todo lo anterior

6. **True or False: The U.S. produces fewer transportation-related CO2 emissions than China, India, Russia, and Brazil combined. / *Verdadero o falso: Estados Unidos produce menos emisiones de CO2 relacionadas con el transporte que China, India, Rusia y Brasil juntos.***

    - True / Verdadero
    - False / Falso

Short Answer: What are two ways that EV infrastructure needs to expand to support widespread EV adoption, and what jobs could this lead to?

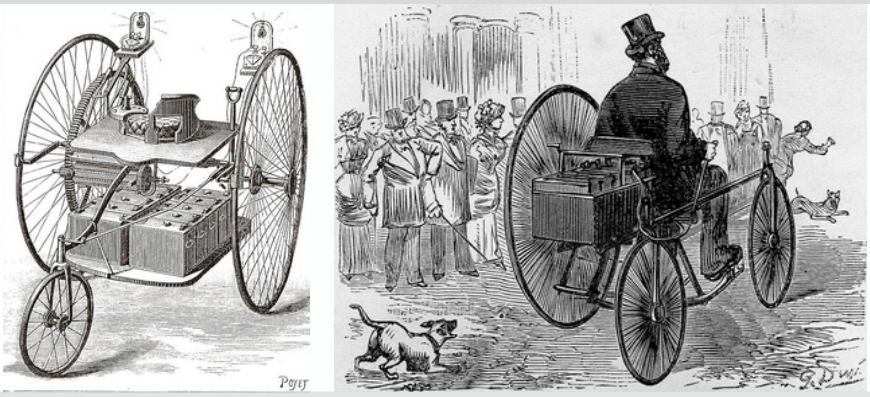
Respuesta corta: *¿Cuáles son dos formas en que la infraestructura de vehículos eléctricos debe expandirse para respaldar la adopción generalizada de vehículos eléctricos y qué empleos podría generar esto?*

CHAPTER 2 / CAPÍTULO 2
TYPES OF EV SYSTEMS
TIPOS DE SISTEMAS VE

A Brief History / Una Breve Historia

Electric Vehicles (EVs) made their global debut all the way back in 1881 when French engineer Gustave Trouvé built and tested the first self-powered electric vehicle in Paris. This early EV was a tricycle fitted with a rechargeable bank of wet cell batteries.

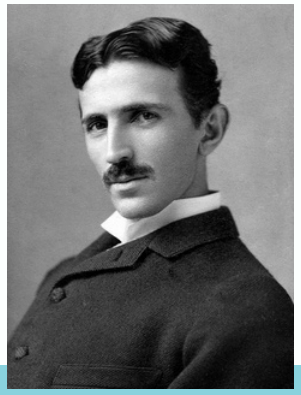
Los vehículos eléctricos (VE) debutaron a nivel mundial en 1881, cuando el ingeniero francés Gustave Trouvé construyó y probó el primer vehículo eléctrico autónomo en París. Este primer VE era un triciclo equipado con un banco de baterías recargables de celdas húmedas.



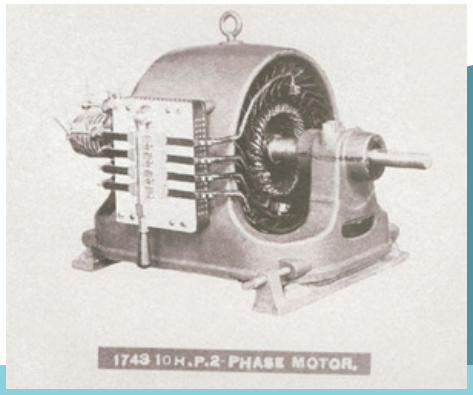
Drawing of Gustave Trouvé's Tricycle / Dibujo del triciclo de Gustave Trouvé

In 1882, Nikola Tesla invented the Alternating Current (AC) Traction Motor, an electric motor capable of performing real work. His innovations contributed to significant global advancements, making all-electric vehicles relatively common by 1900.

En 1882, Nikola Tesla inventó el motor de tracción de corriente alterna (CA), un motor eléctrico capaz de realizar trabajo real. Sus innovaciones contribuyeron a importantes avances globales, haciendo que los vehículos totalmente eléctricos fueran relativamente comunes para 1900.



Nikola Tesla



Tesla's Traction Motor / El motor de tracción de Tesla

By the early 1900s, electric trains and streetcars thrived in major cities like Paris, London, and New York, particularly when connected to the electrical grid.

A principios del siglo XX, los trenes y tranvías eléctricos prosperaron en grandes ciudades como París, Londres y Nueva York, especialmente cuando estaban conectados a la red eléctrica.



Also in the early 1900s, newer electric vehicles not only broke many speed records but also became extremely popular because / *También a principios del siglo XX, los vehículos eléctricos más nuevos no solo rompieron muchos récords de velocidad, sino que también se volvieron extremadamente populares porque*:

- Gas-powered internal combustion engines at that time released toxic gases hurting the lungs of the driver and anyone nearby. / *Los motores de combustión interna a gas de la época liberaban gases tóxicos que dañaban los pulmones del conductor y de cualquier persona cercana.*

- Electric motors at the time were almost silent. Gas-powered on the other hand, were extremely loud. / *Los motores eléctricos de la época eran casi silenciosos. Los motores de gasolina, por otro lado, eran extremadamente ruidosos.*

- Unlike gasoline cars that needed to be hand-cranked to start and often broke down, early electric vehicles were dependable and could be turned on instantly with a single switch. / *A diferencia de los automóviles de gasolina, que necesitaban ser accionados a mano para arrancar y a menudo se descomponían, los primeros vehículos eléctricos eran confiables y podían encenderse instantáneamente con un solo interruptor.*

- Early EV's had much simpler drive trains than their internal combustion engine counterparts with fewer parts, making them much cheaper to maintain. / *Los primeros vehículos eléctricos tenían sistemas de propulsión mucho más simples que sus homólogos con motor de combustión interna y con menos piezas, lo que hacía que su mantenimiento fuera mucho más económico.*



Camile Jenatzy driving an EV in 1899 at a record breaking 60 mph. / Camile Jenatzy conduciendo un vehículo eléctrico en 1899 a una velocidad récord de 60 mph

However, EVs for personal use struggled to gain widespread use once the government realized the scale of economic growth opportunities introduced by gasoline sales and free flowing transportation networks. At the time, even the best electric vehicles capped out at 70 miles per charge, which would have made the sprawling freeway networks we see in most major US cities today impossible.

Sin embargo, los vehículos eléctricos para uso personal tuvieron dificultades para generalizarse una vez que el gobierno se percató de la magnitud de las oportunidades de crecimiento económico que generaban las ventas de gasolina y la fluidez de las redes de transporte. En aquel entonces, incluso los mejores vehículos eléctricos tenían un límite de 112 kilómetros por carga, lo que habría imposibilitado la extensa red de autopistas que vemos hoy en día en la mayoría de las grandes ciudades estadounidenses.

With the expansion of highways and the development of quick refueling gas stations, gasoline-powered cars became the preferred choice for long-distance travel. As a result, electric vehicles fell out of favor until relatively recently.

Con la expansión de las autopistas y el desarrollo de gasolineras de repostaje rápido, los coches de gasolina se convirtieron en la opción preferida para viajes de larga distancia. Como resultado, los vehículos eléctricos cayeron en desuso hasta hace relativamente poco.

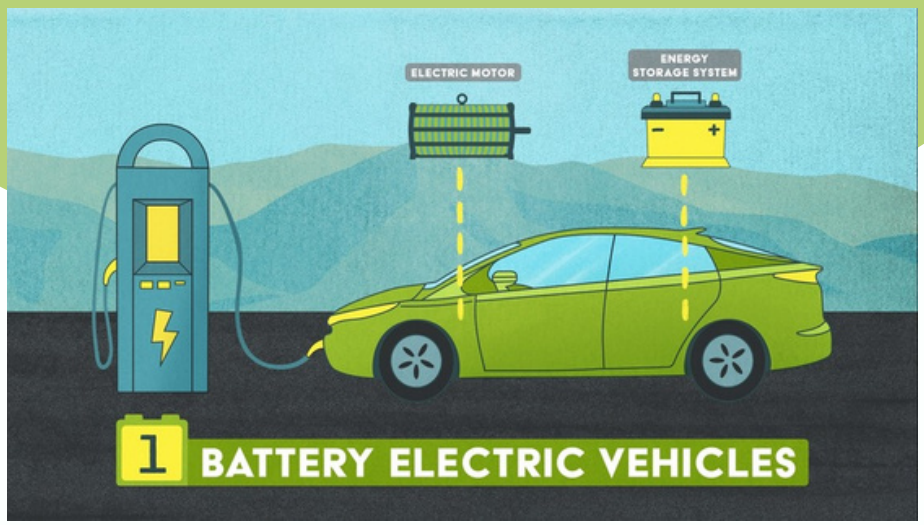
TERM: ENERGY DENSITY

In physics, energy density refers to how much energy can be stored in a certain amount of space. In electric vehicles (EVs), it describes how much electrical energy can be stored in the battery pack. If the vehicle runs only on its battery, the distance it can travel—known as its range—depends on how much energy the battery can store. This stored energy is usually measured in watt-hours (Wh), and larger units like kilowatt-hours (kWh) are often used to describe battery capacity.

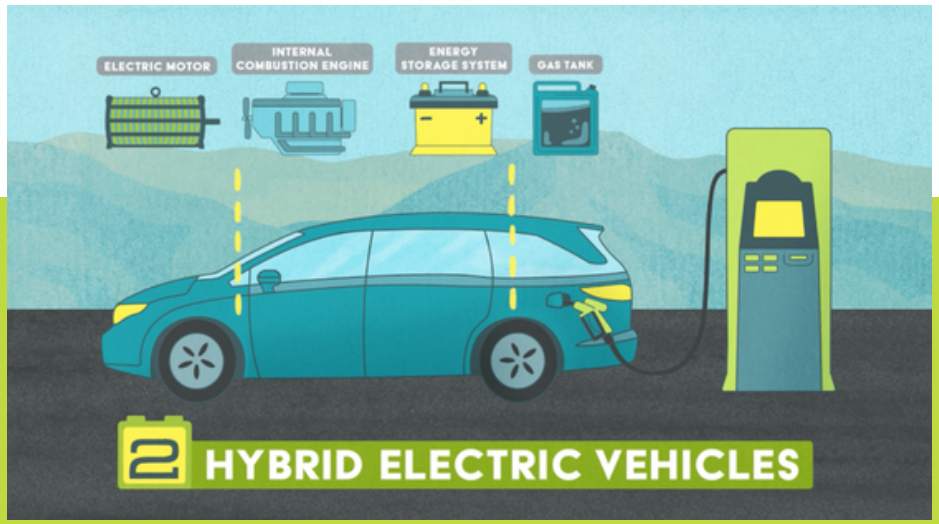
TYPES OF EV'S

Modern EVs can be categorized into four main types:

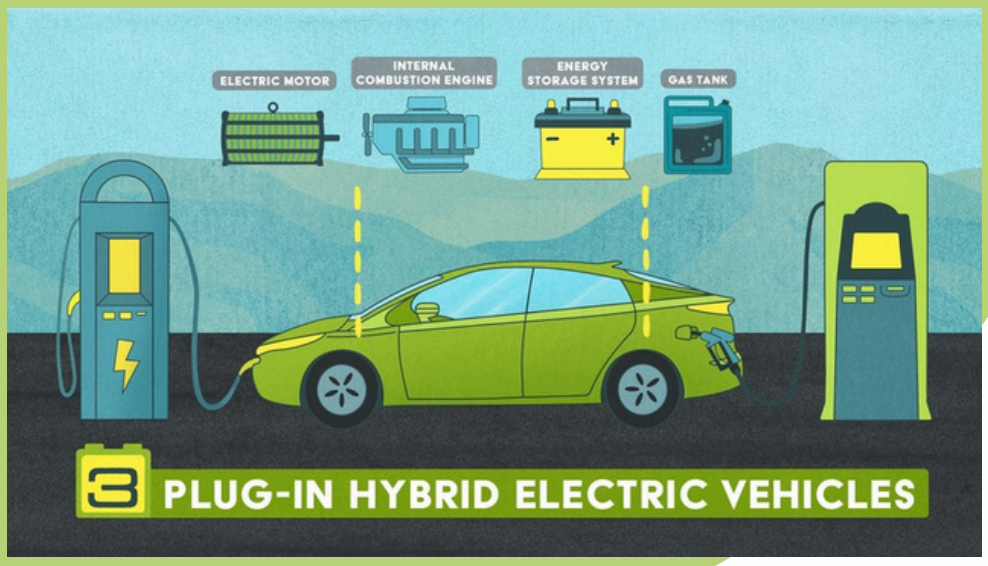
Battery Electric Vehicles (BEVs) – Fully electric and powered by grid-charged batteries. Some energy is recovered through regenerative braking.



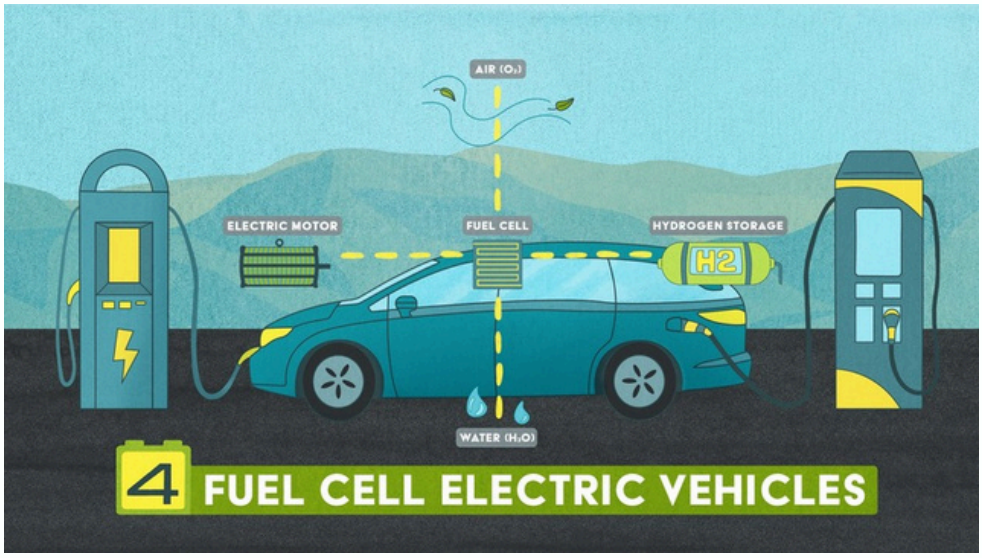
Hybrid Electric Vehicles (HEVs) – Combines an internal combustion engine with an electrical energy storage system, either working separately or together.



Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs) – Operate similarly to HEVs but with greater battery storage and the ability to run longer on electric power alone.



Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs) – Use hydrogen fuel cells to generate electricity, powering a high-voltage powertrain similar to BEVs.



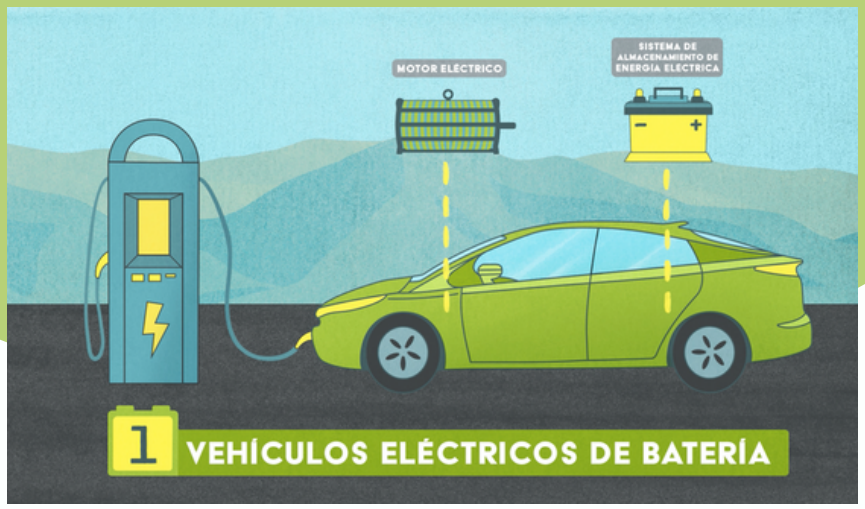
TÉRMINO: DENSIDAD DE ENERGÍA

En física, la densidad energética se refiere a la cantidad de energía que se puede almacenar en un espacio determinado. En los vehículos eléctricos (VE), describe la cantidad de energía eléctrica que se puede almacenar en la batería. Si el vehículo funciona solo con la batería, la distancia que puede recorrer (conocida como autonomía) depende de la cantidad de energía que pueda almacenar la batería. Esta energía almacenada se mide generalmente en vatios-hora (Wh), y unidades mayores como los kilovatios-hora (kWh) se utilizan a menudo para describir la capacidad de la batería.

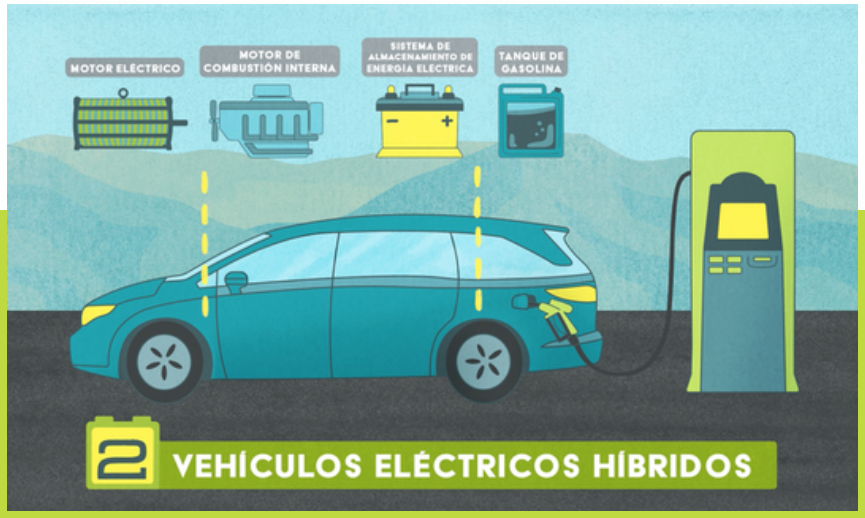
TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Los vehículos eléctricos modernos se pueden clasificar en cuatro tipos principales:

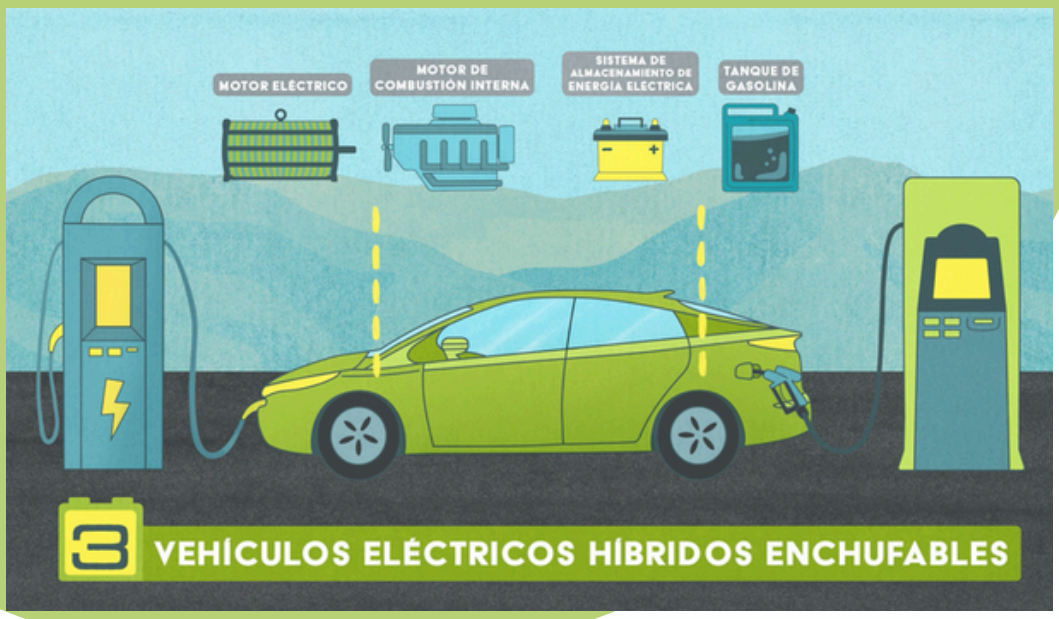
Vehículos Eléctricos de Batería (VEB): Son totalmente eléctricos y se alimentan de baterías cargadas por la red eléctrica. Parte de la energía se recupera mediante frenado regenerativo.



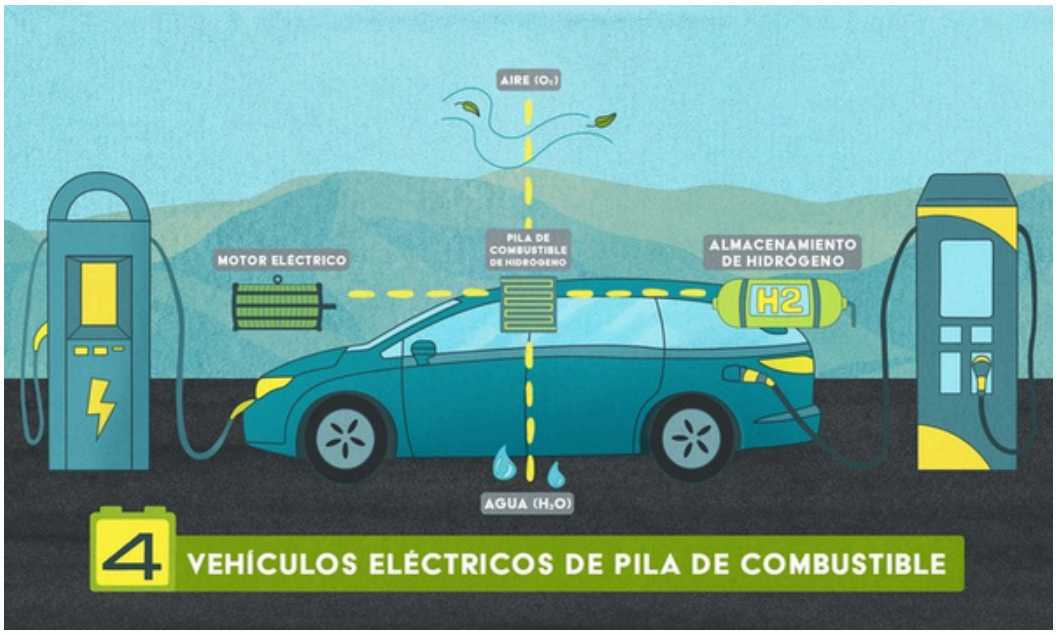
Vehículos eléctricos híbridos, (HEV): utilizan un motor de combustión interna y un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, ya sea de forma individual o en combinación entre sí, para alimentar su motor.



Vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV): funcionan de manera similar a los HEV, pero con mayor capacidad de almacenamiento de batería y la capacidad de funcionar durante más tiempo solo con energía eléctrica.



Vehículos eléctricos de célula de combustible (FCEV): utilizan pilas de combustible de hidrógeno para generar electricidad, alimentando un tren motriz de alto voltaje similar a los BEV.



EV Power Sources / Fuentes De Energía Para Vehículos Eléctricos

Electric vehicles draw power from onboard generation, grid-sourced electricity, or both. The actual carbon footprint of an EV depends on the energy source used for charging:

Los vehículos eléctricos se alimentan de la generación a bordo, de la red eléctrica o de ambas. La huella de carbono real de un VE depende de la fuente de energía utilizada para la carga:

- Onboard Generation: Includes internal combustion engines (for hybrids) and hydrogen fuel cells (for FCEVs). / *Generación a bordo: incluye motores de combustión interna (para híbridos) y células de combustible de hidrógeno (para FCEV).*

- Grid-Sourced Electricity: Can be generated from renewable (solar, wind, hydro, tidal) or non-renewable (coal, petroleum) sources. / *Electricidad de fuente de red: puede generarse a partir de fuentes renovables (solar, eólica, hidroeléctrica, mareomotriz) o no renovables (carbón, petróleo).*

- Regenerative Braking: A unique EV mechanism that recovers and stores kinetic energy as electricity. / *Frenado regenerativo: un mecanismo único de EV que recupera y almacena energía cinética como electricidad.*

Even when powered by non-renewable energy sources, BEVs remain more efficient than gas-powered cars, commonly achieving over 100 miles per gallon equivalent.

Incluso alimentados por fuentes de energía no renovables, los vehículos eléctricos (VE) siguen siendo más eficientes que los de gasolina, alcanzando comúnmente más de 160 kilómetros por litro (100 millas por galón).

Additionally, as the electrical grid becomes cleaner, so does the fuel source for EVs.

Además, a medida que la red eléctrica se vuelve más limpia, también lo hace la fuente de combustible para los VE.

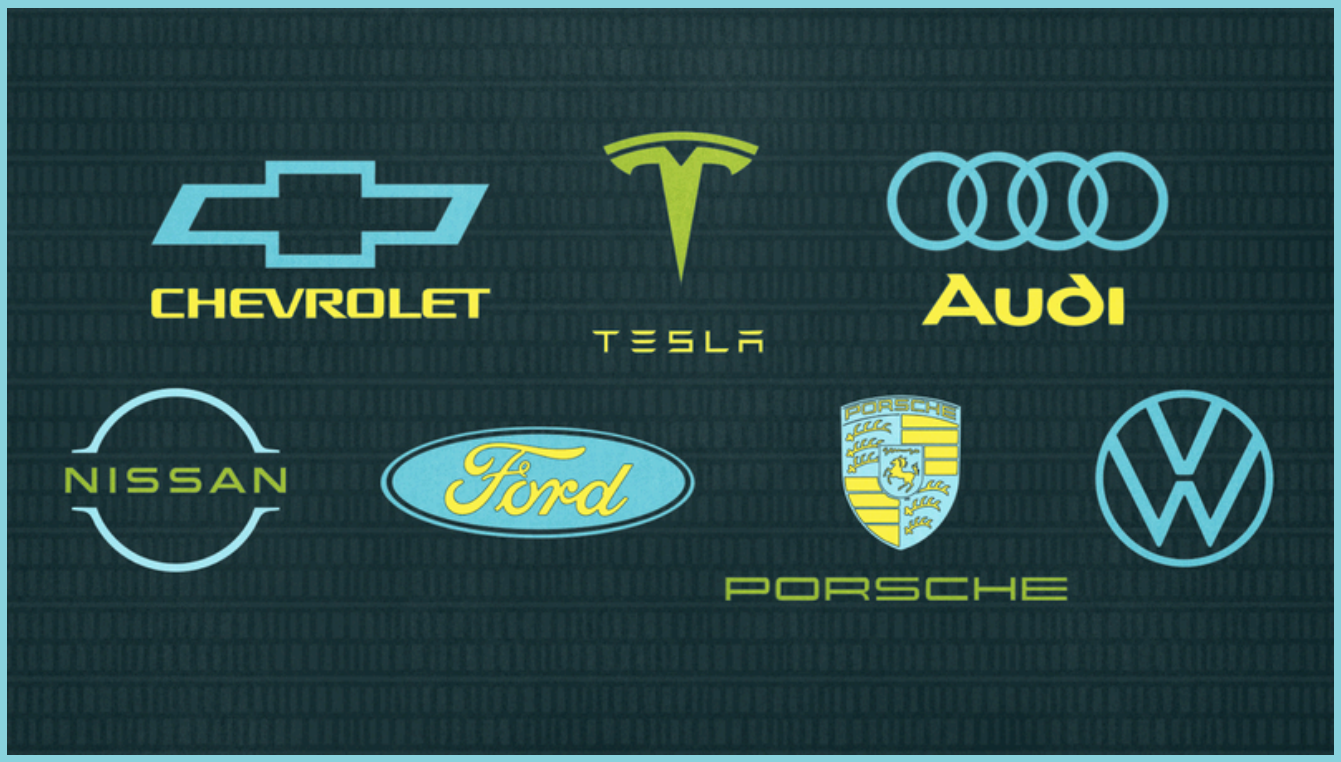
A Brief History / Una Breve Historia

Today, every major automobile manufacturer is producing or experimenting with electric vehicles. Brands like Tesla, Volkswagen, Chevrolet, Ford, Audi, Nissan, and Porsche are rolling out new models, while commercial fleets are following suit with electric buses and trucks from companies like Daimler, Navistar and Volvo.

Hoy en día, todos los grandes fabricantes de automóviles producen o experimentan con vehículos eléctricos. Marcas como Tesla, Volkswagen, Chevrolet, Ford, Audi, Nissan y Porsche están lanzando nuevos modelos, mientras que las flotas comerciales siguen el ejemplo con autobuses y camiones eléctricos de empresas como Daimler, Navistar y Volvo.

As EV technology continues to evolve, consumers can expect increased driving ranges, faster charging times, and more sustainable production methods.

A medida que la tecnología de vehículos eléctricos continúa evolucionando, los consumidores pueden esperar mayores autonomías de conducción, tiempos de carga más rápidos y métodos de producción más sostenibles.



QUIZ / PRUEBA

1. **Who built and tested the first self-powered electric vehicle in 1881? / *¿Quién construyó y probó el primer vehículo eléctrico autónomo en 1881?***

a) Thomas Edison

b) Henry Ford

c) Gustave Trouvé

d) Nikola Tesla

2. **What invention by Nikola Tesla made electric vehicles relatively common by 1900? / *¿Qué invento de Nikola Tesla hizo que los vehículos eléctricos fueran relativamente comunes en 1900?***

a) Rechargeable lithium-ion battery / *Batería recargable de iones de litio*

b) Internal combustion engine / *motor de combustión interna*

c) Alternating Current (AC) Traction Motor / *Motor de tracción de corriente alterna (CA)*

d) Solar panel / *Panel solar*

3. **Why did early electric vehicles decline in popularity? / *¿Por qué los primeros vehículos eléctricos perdieron popularidad?***

a) Gasoline was more profitable / *La gasolina era más lucrativo*

b) They had limited driving range and slow recharging times / *Tenían una autonomía limitada y tiempos de recarga lentos.*

c) Governments banned electric cars / Los gobiernos prohibieron los coches eléctricos

d) A&B / A y B

QUIZ / PRUEBA

4. **Which of the following is not one of the four main types of modern electric vehicles? / *¿Cuál de los siguientes no es uno de los cuatro tipos principales de vehículos eléctricos modernos?***

a) Battery Electric Vehicle (BEV) / *Vehículo eléctrico de batería (VEB)*

b) Hybrid Electric Vehicle (HEV) / *Vehículo eléctrico híbrido (VEH)*

c) Diesel Electric Vehicle (DEV) / *Vehículo eléctrico diésel (VED)*

d) Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) / *Vehículo eléctrico de pila de combustible (VEFC)*

5. **What is a key benefit of regenerative braking in electric vehicles? / *¿Cuál es un beneficio clave del frenado regenerativo en los vehículos eléctricos?***

a) It increases fuel consumption / Aumenta el consumo de combustible.

b) It converts kinetic energy into stored electricity / Convierte la energía cinética en electricidad almacenada.

c) It reduces battery life / Reduce la vida útil de la batería.

d) It prevents EVs from overheating / Evita que los vehículos eléctricos se sobrecalientan

6**. What type of fuel do Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs) use to generate electricity? / *¿Qué tipo de combustible utilizan los vehículos eléctricos de celulas de combustible (FCEV) para generar electricidad?***

a) Diesel

b) Hydrogen / *Hidrógeno*

c) Natural gas / *Gas natural*

d) Ethanol / *Etanol*

QUIZ / PRUEBA

7. **What major factor is making electric vehicle fuel sources cleaner over time? /**
¿Cuál es el factor principal que hace que las fuentes de combustible de los vehículos eléctricos sean más limpias a lo largo del tiempo?

a) More people are switching to hybrid cars / *Cada vez más personas se pasan a los coches híbridos*

b) More gas stations are adding EV chargers / *Más gasolineras están añadiendo cargadores para vehículos eléctricos*

c) The electric grid is using more renewable energy sources / *La red eléctrica está utilizando más fuentes de energía renovables*

d) Governments are banning gasoline cars altogether / *Los gobiernos están prohibiendo por completo los coches de gasolina*

True or False / Verdadero o Falso

Tesla is the only car manufacturer producing electric vehicles now. / Tesla es el único fabricante de automóviles que produce vehículos eléctricos actualmente.

(True/False) (Verdadero/Falso)

QUIZ / PRUEBA

Short Answer / Respuesta corta

Name two reasons why early electric vehicles were historically more common in cities than rural areas. / *Nombra dos razones por las que los primeros vehículos eléctricos fueron históricamente más comunes en las ciudades que en las zonas rurales.*

Response / Respuesta:

CHAPTER 3 / CAPÍTULO 3
TYPES OF EV POWERTRAINS
TIPOS DE SISTEMAS DE PROPULSIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

In the last chapter, we introduced a lot of acronyms—BEVs, HEVs, PHEVs, and FCEVs—covering the basics of EV drivetrain configurations. This chapter will help you reinforce those concepts, providing a foundation in electrical currents, drivetrain components, and power flows.

En el capítulo anterior, presentamos varios acrónimos (VEB, VHE, VPH y VCE) que abarcan los fundamentos de las configuraciones del sistema de propulsión de los vehículos eléctricos. Este capítulo te ayudará a reforzar estos conceptos, brindándote una base sobre las corrientes eléctricas, los componentes del sistema de propulsión y los flujos de potencia.

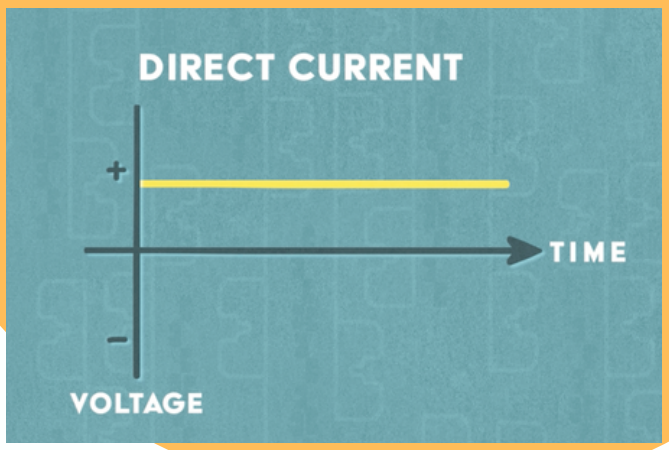
Types of Electrical Currents / Tipos de Corrientes Eléctricas

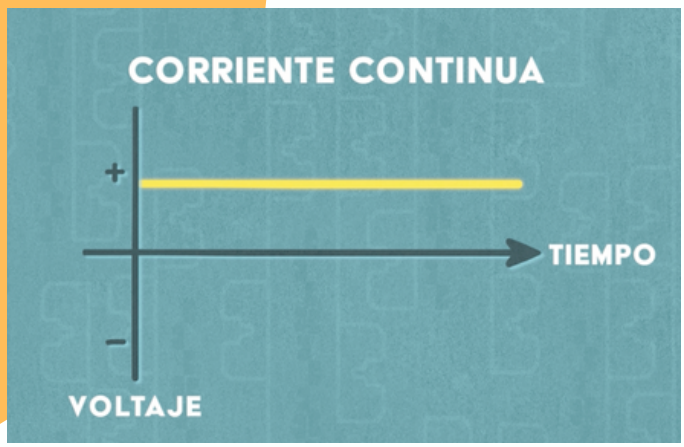
Electric vehicles (EVs) rely on two types of electrical currents: direct current (DC) and alternating current (AC).

Los vehículos eléctricos (VE) dependen de dos tipos de corrientes eléctricas: corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).

Direct Current (DC) is a type of electric charge that flows in only one direction. Its main advantage is that it requires simple technology to store energy, which makes it ideal for use in batteries. However, DC is not used as often for transmitting electricity over long distances because it requires more complicated circuitry when transmitted over large areas.

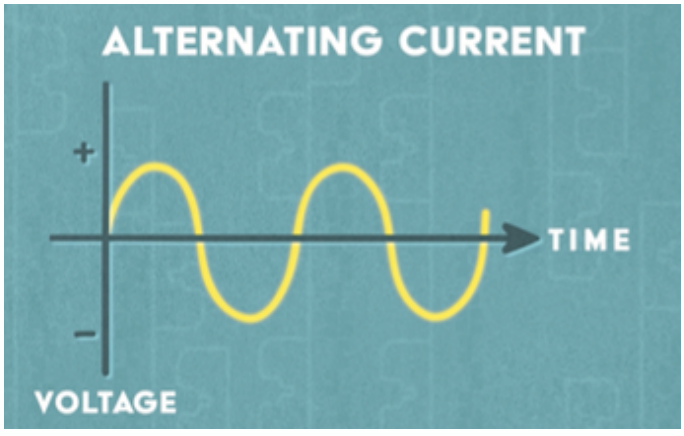
La corriente continua (CC) es un tipo de carga eléctrica que fluye en una sola dirección. Su principal ventaja es que requiere una tecnología sencilla para almacenar energía, lo que la hace ideal para su uso en baterías. Sin embargo, la CC no se utiliza con tanta frecuencia para transmitir electricidad a largas distancias, ya que requiere circuitos más complejos cuando se transmite en áreas extensas.

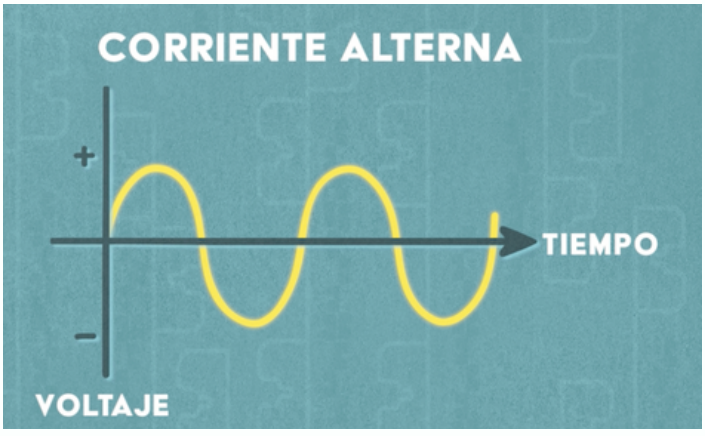




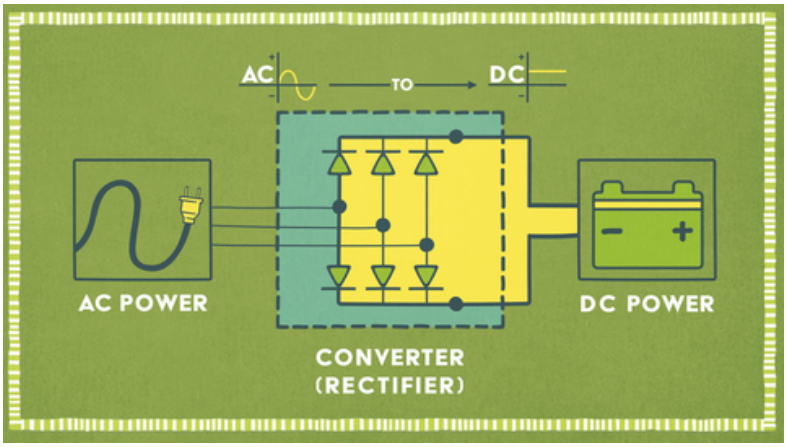
Alternating Current (AC) flows in both directions, with the current and voltage changing direction at high frequencies. AC's biggest advantage is its ability to be easily converted to higher voltages to travel over long distances with minimal energy loss. (However, recent advancements in power semiconductors that convert DC voltage to higher voltages more efficiently now exist; and DC may be more efficient to transmit for a given voltage.) AC must be converted to DC for storage in an electric vehicle's battery, which adds a layer of complexity to the system.

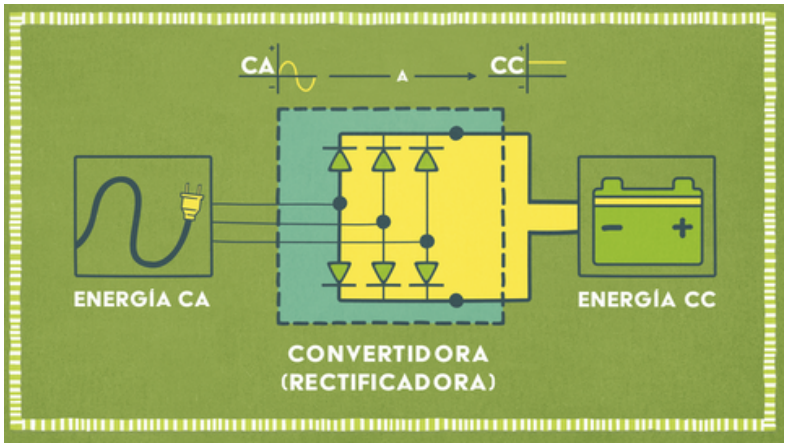
La corriente alterna (CA) *fluye en ambas direcciones, y la corriente y el voltaje cambian de dirección a altas frecuencias. La mayor ventaja de la CA es su facilidad para convertirse a voltajes más altos y así viajar largas distancias con mínima pérdida de energía. (Sin embargo, ahora existen avances recientes en semiconductores de potencia que convierten el voltaje de CC a voltajes más altos de manera más eficiente, y la CC puede ser más eficiente para transmitir a un voltaje determinado.) La CA debe convertirse a CC para su almacenamiento en la batería de un vehículo eléctrico, lo que añade complejidad al sistema.*



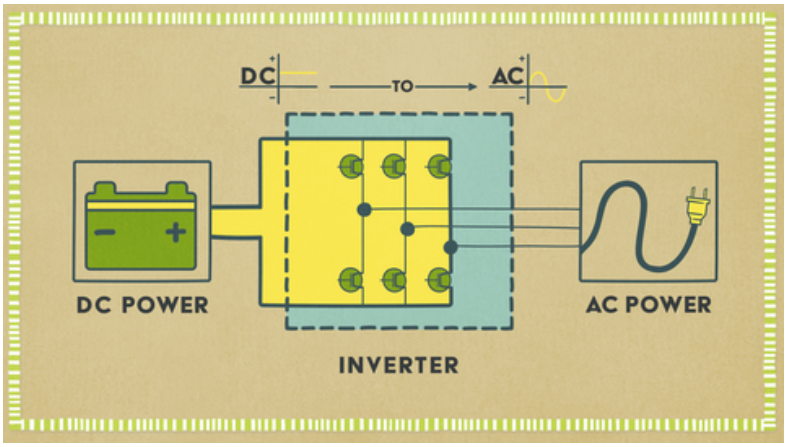


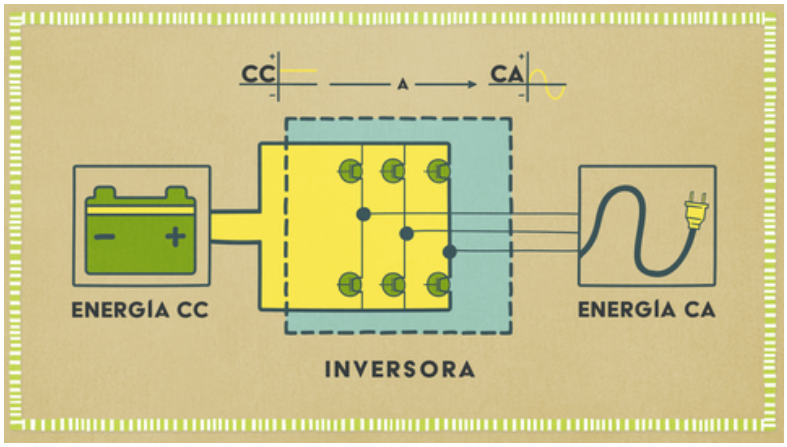
Rectification is the process of converting AC to DC power, while **inversion** is the process of converting DC back to AC power. Understanding these terms is important as they are central to how electric vehicles manage energy flow.





La rectificación *es el proceso de convertir la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC), mientras que* ***la inversión*** *es el proceso de convertir la CC de nuevo en corriente alterna (CA). Comprender estos términos es importante, ya que son fundamentales para la gestión del flujo de energía en los vehículos eléctricos.*





Advantages and Limitations of AC and DC
Ventajas y Limitaciones de CA y CC

DC is easy to store and delivers a steady current, making it ideal for powering integrated circuits and electric drivetrains. However, its (until recent decades) inability to travel efficiently over long distances made it impractical for use in large-scale power grids.

CC *es fácil de almacenar y ofrece una corriente constante, lo que lo hace ideal para alimentar circuitos integrados y trenes de transmisión eléctricos. Sin embargo, su incapacidad (hasta décadas recientes) para viajar eficientemente a largas distancias lo hacía poco práctico para su uso en redes eléctricas a gran escala.*

On the other hand, **AC** is easily used for transmitting power across long distances, which is why it serves as the foundation for national and regional power grids. Its ability to change voltage using transformers makes it adaptable to various infrastructure demands. However, **AC** must be converted to **DC** for storage in electric vehicle batteries, which introduces complexity into the vehicle's power management system.

Por otro lado, la ***CA*** *se utiliza fácilmente para transmitir energía a través de largas distancias, por lo que sirve como base para las redes eléctricas nacionales y regionales. Su capacidad para cambiar el voltaje utilizando transformadores lo hace adaptable a diversas demandas de infraestructura. Sin embargo, la* ***CA*** *debe convertirse en* ***CC*** *para su almacenamiento en las baterías de los vehículos eléctricos, lo que introduce complejidad en el sistema de gestión de energía del vehículo.*

AC = CONVERT TO HIGHER OR LOWER VALUES USING TRANSFORMERS

CA = CONVERTIR A VALORES MÁS ALTOS O MÁS BAJOS USANDO TRANSFORMADORES

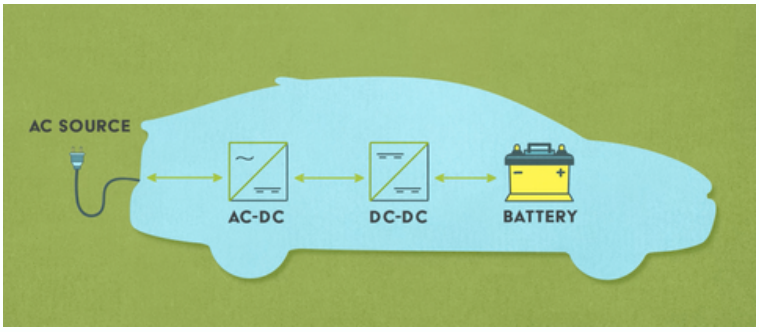
For over 100 years, cars have used energy stored in batteries to power more and more electrical systems. These systems work best with **Direct Current (DC)** because it provides a constant flow of electricity. In contrast, **Alternating Current (AC)** briefly loses a tiny amount of energy each time it changes direction—an interruption so small it's nearly unnoticeable, but still enough to affect sensitive electronics like those in computers and modern vehicles.

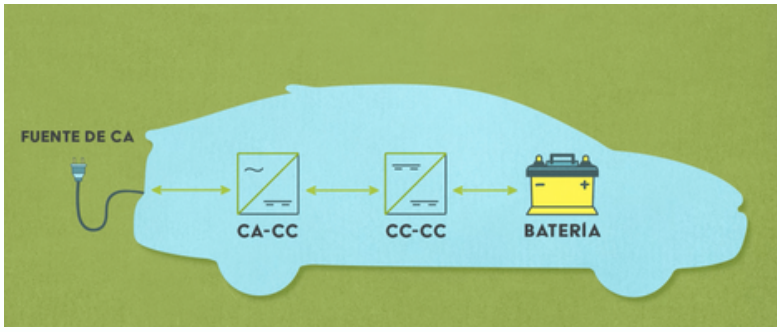
Durante más de 100 años, los automóviles han utilizado la energía almacenada en baterías para alimentar cada vez más sistemas eléctricos. Estos sistemas funcionan mejor con ***corriente continua (CC)*** *porque proporciona un flujo constante de electricidad. En cambio,* ***la corriente alterna (CA)*** *pierde brevemente una pequeña cantidad de energía cada vez que cambia de dirección: una interrupción tan pequeña que es casi imperceptible, pero suficiente para afectar dispositivos electrónicos sensibles como los de las computadoras y los vehículos modernos.*

Basic BEV Drivetrain and Power Flow
Transmisión Básica de VEB y Flujo de Potencia

A **Battery Electric Vehicle (BEV)** follows a relatively straightforward power flow. The process starts when electrical energy is sourced from the grid. If the vehicle is connected to an AC supply, the electrical energy must first be rectified—converted to DC—by the **Power Management Electronics 1 (PME1).** However, if the vehicle is connected to a fast charge, which supplies DC directly, rectification is not required.

Un vehículo eléctrico de batería (VEB) *sigue un flujo de energía relativamente sencillo. El proceso comienza cuando la energía eléctrica se obtiene de la red eléctrica. Si el vehículo está conectado a una fuente de CA, la energía eléctrica debe ser rectificada (convertida a CC) por* ***la Electrónica de Gestión de Potencia 1 (PME1)****. Sin embargo, si el vehículo está conectado a un punto de carga rápida, que suministra CC directamente, no se requiere rectificación.*

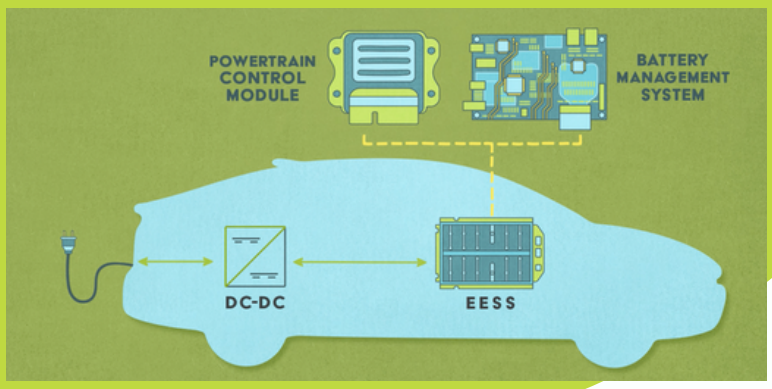


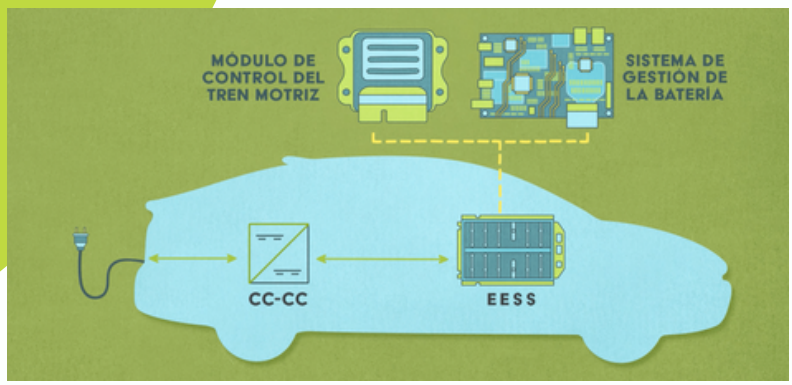


Once rectified, the DC power is routed to the **Electrical Energy Storage System (EESS).** The **EESS** includes the battery and capacitor cassettes where energy is stored. Managing this stored energy requires two key components: the **Powertrain Control Module (PCM)** and the **Battery Management System (BMS)**. The **PCM** regulates the flow of energy to the drivetrain, while the BMS manages the health and performance of the battery system.

Una vez rectificada, la corriente continua (CC) se dirige al ***Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (EESS)****. El* ***EESS*** *incluye la batería y los casetes de condensadores donde se almacena la energía. La gestión de esta energía almacenada requiere dos componentes clave:* ***el Módulo de Control del Tren Motriz (PCM)*** *y el Sistema de Gestión de la Batería* ***(BMS)****. El PCM regula el flujo de energía hacia el tren motriz, mientras que el BMS gestiona el estado y el rendimiento del sistema de batería.*

Basic BEV Drivetrain and Power Flow
Transmisión Básica de VEB y Flujo de Potencia





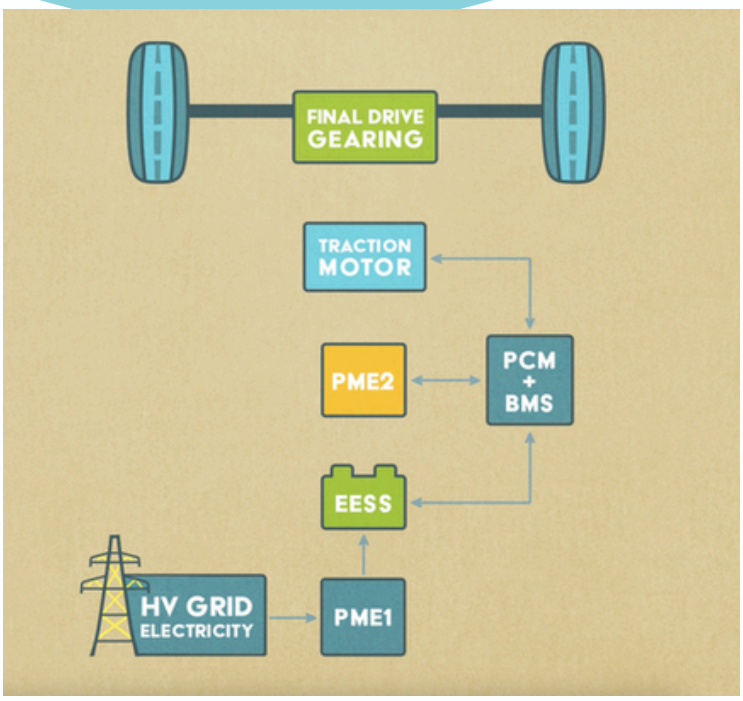
To simplify the concept, think of the **EESS** as a dam storing water. The **PCM** and **BMS** function like the mechanisms that control how much water is released and where it flows.

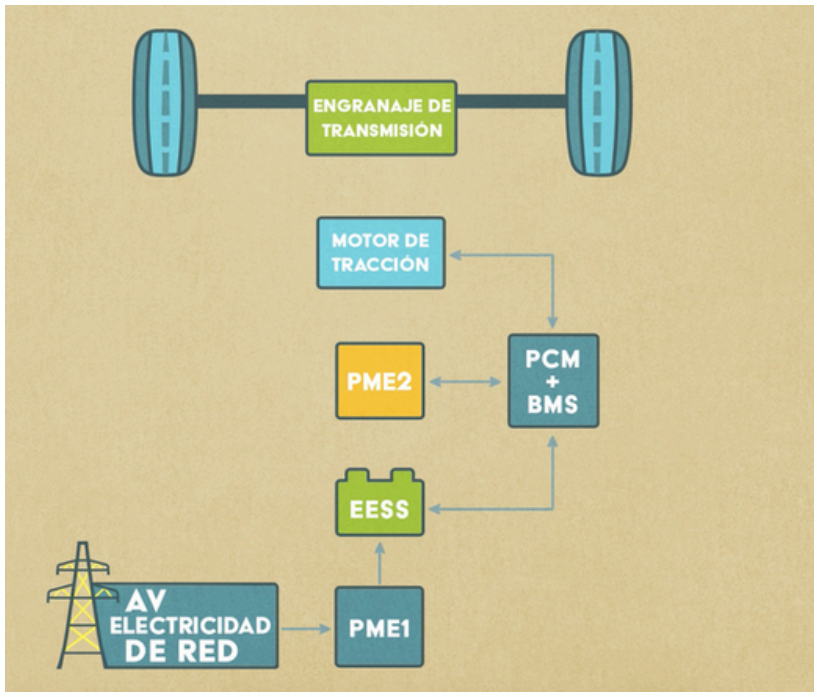
*Para simplificar el concepto, piense en el **EESS** como una presa que almacena agua. El **PCM** y el **BMS** funcionan como los mecanismos que controlan la cantidad de agua que se libera y su flujo.*

The next key step is handled by **Power Management Electronics 2 (PME2)**, which acts like a conversion hub. When the vehicle is in traction mode (meaning it is driving), **PME2** inverts the **DC energy** stored in the battery to **AC**. This **AC power** is then supplied to the **traction motor**, which generates torque that powers the vehicle's drive wheels.

In **regenerative braking mode,** the process reverses. Mechanical torque from the drive wheels generates **AC**, which is supplied back to **PME2**. **PME2** then rectifies the **AC** back into **DC** and stores it in the battery for future use. This allows the vehicle to recover some of the energy that would otherwise be lost during braking.

Understanding this flow of power—between **AC** and **DC**, storage and use—forms the foundation of how electric vehicles operate.





*El siguiente paso clave lo gestiona la **Electrónica de Gestión de Potencia 2 (PME2)**, que actúa como un concentrador de conversión. Cuando el vehículo está en modo de tracción (es decir, en marcha), la **PME2** convierte la **energía de CC** almacenada en la batería en **CA**. Esta corriente alterna se suministra al **motor de tracción**, que genera el par que impulsa las ruedas motrices del vehículo.*

*En **el modo de frenado regenerativo**, el proceso se invierte. El par mecánico de las ruedas motrices genera **corriente alterna (CA),** que se devuelve a **PME2. PME2** transforma la **CA** en **CC** y la almacena en la batería para su uso posterior. Esto permite que el vehículo recupere parte de la energía que, de otro modo, se perdería durante el frenado.*

*Comprender este flujo de energía (entre **CA** y **CC**, almacenamiento y uso) constituye la base del funcionamiento de los vehículos eléctricos.*

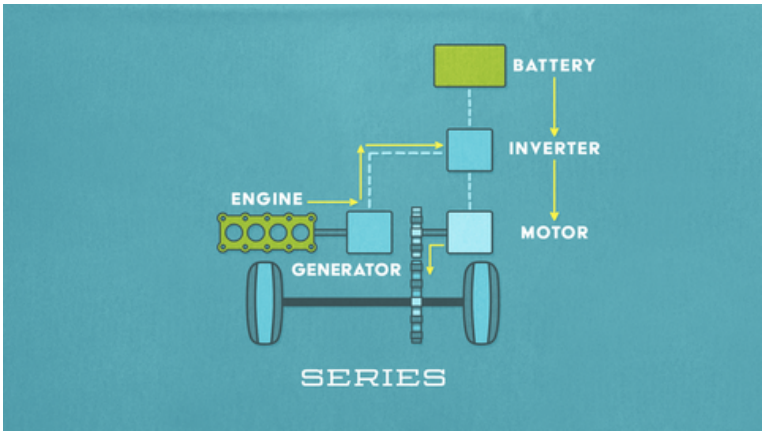
Series vs. Series-Parallel Drivetrain Configurations
Configuraciones de Transmisión en Serie vs. en Serie-Paralelo

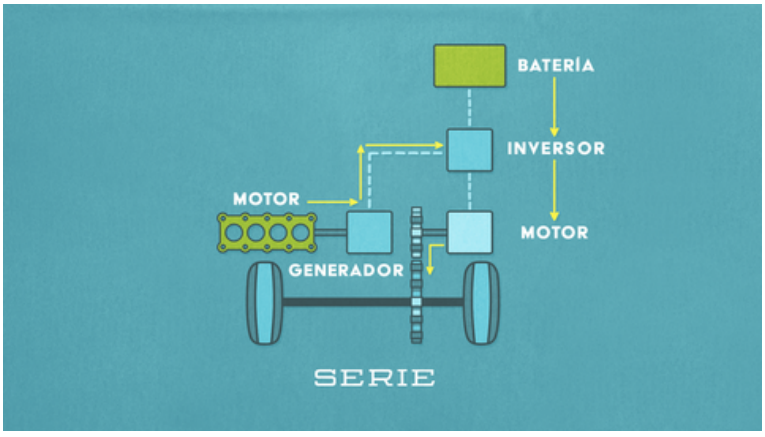
Drivetrain configurations in electric vehicles can be categorized as either **series** or **series-parallel**.

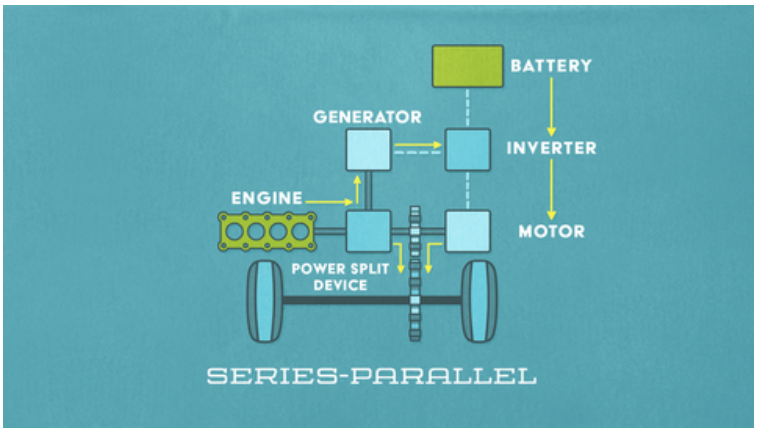
*Las configuraciones del sistema de transmisión en vehículos eléctricos se pueden clasificar como **serie** o **serie-paralelo**.*

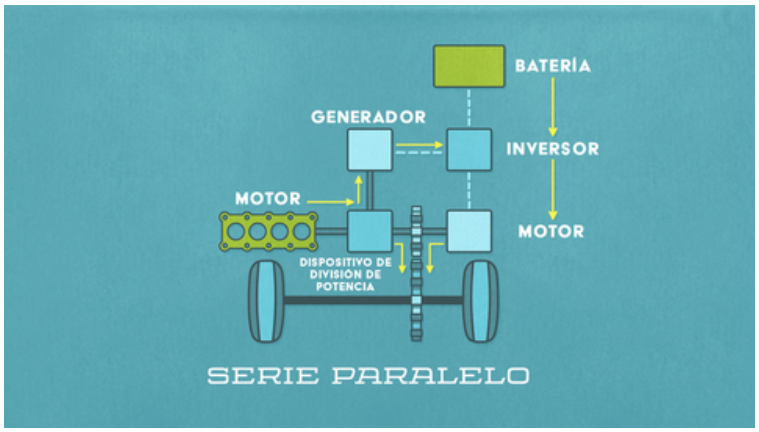
A **series drivetrain** has a single torque flow path. In this configuration, the electric motor is the sole source of driving force. Most **battery electric vehicles (BEVs)** and **fuel cell electric vehicles (FCEVs)** use a **series drivetrain** because of its simplicity and efficiency. The torque flows directly from the motor to the wheels without additional complexity.

*Un **tren de potencia en serie** tiene una única ruta de flujo de par. En esta configuración, el motor eléctrico es la única fuente de fuerza motriz. La mayoría de **los vehículos eléctricos de batería (VEB)** y **de pila de combustible (FCEV)** utilizan un **tren de potencia en serie** debido a su simplicidad y eficiencia. El par fluye directamente del motor a las ruedas sin mayor complejidad.*









A **series-parallel drivetrain**, on the other hand, combines two torque sources—an internal combustion engine and an electric motor—into a single output torque path. Most hybrid electric vehicles (HEVs) use a **series-parallel drivetrain**. In this configuration, both the internal combustion engine and the electric motor can contribute to the driving torque. This adds flexibility and can improve overall efficiency, but it also increases mechanical complexity.

*Por otro lado, **una transmisión serie-paralelo** combina dos fuentes de par (un motor de combustión interna y un motor eléctrico) en una única ruta de par de salida. La mayoría de los vehículos eléctricos híbridos (VEH) utilizan **una transmisión serie-paralelo**. En esta configuración, tanto el motor de combustión interna como el motor eléctrico pueden contribuir al par motor. Esto aumenta la flexibilidad y la eficiencia general, pero también la complejidad mecánica.*

The key difference between the two configurations is the source of torque. In a series drivetrain, the electric motor is always the source of torque, while in a series-parallel drivetrain, the torque can come from either the internal combustion engine, the electric motor, or both simultaneously.

La diferencia clave entre ambas configuraciones reside en la fuente de par. En una transmisión en serie, el motor eléctrico siempre genera par, mientras que en una transmisión serie-paralelo, el par puede provenir del motor de combustión interna, del motor eléctrico o de ambos simultáneamente.

Key Takeaways
Puntos Claves

Direct current (DC) is essential for energy storage and steady power delivery in electric vehicles, while **alternating current (AC)** is more efficient for long-distance transmission. **Rectification converts AC to DC**, while **inversion converts DC to AC**—both are crucial for managing power flow in electric vehicles.

La corriente continua (CC) *es esencial para el almacenamiento de energía y el suministro constante de potencia en los vehículos eléctricos, mientras que la* ***corriente alterna (CA)*** *es más eficiente para la transmisión a larga distancia.* ***La rectificación convierte la CA en CC,*** *mientras que* ***la inversión convierte la CC en CA****; ambas son cruciales para gestionar el flujo de energía en los vehículos eléctricos.*

Battery electric vehicles (BEVs) typically use a **series drivetrain**, where the electric motor is the only source of torque. **Hybrid electric vehicles (HEVs)** often use a **series-parallel drivetrain**, which allows both the internal combustion engine and the electric motor to contribute torque. Understanding how energy flows between **AC** and **DC** and how drivetrain configurations manage torque is key to mastering EV technology.

Los vehículos eléctricos de batería (VEB) *suelen utilizar* ***un sistema de propulsión en serie****, donde el motor eléctrico es la única fuente de par.* ***Los vehículos eléctricos híbridos (VEH)*** *suelen utilizar* ***un sistema de propulsión en serie-paralelo****, que permite que tanto el motor de combustión interna como el motor eléctrico aporten par. Comprender cómo fluye la energía entre* ***CA*** *y* ***CC*** *y cómo las configuraciones del sistema de propulsión gestionan el par es clave para dominar la tecnología de los vehículos eléctricos.*

Modern electric vehicles **(EVs)** use electronic systems like the **Powertrain Control Module (PCM)**, **Engine Control Module (ECM)**, and **Battery Management System (BMS)** to control how the vehicle runs. They also use **Power Management Electronics (PMEs)** to safely and efficiently handle the flow of electricity.

HEVs, PHEVs, and **FCEVs** create electricity inside the vehicle by using a fuel.

HEVs and **PHEVs** use an **ICE (Internal Combustion Engine)**. The **ICE** can be fueled by gasoline, diesel, natural gas, propane, or other combustible fuels.

When EV traction motors are subject to reverse torque (a force that acts in the opposite direction of a motor's normal rotation) from the drive wheels they generate **AC** electricity to recapture waste energy: Because of this, people frequently use the term **motor-generator (MG)**.

FCEVs produce on-board electricity using a fuel cell. Most often, hydrogen gas stored in cylinders on the vehicle serves as the fuel.

Solar (photovoltaic) panels can be used to add extra energy to the **EESS**, especially on buses with large flat roofs.

Los vehículos eléctricos (VE) *modernos utilizan sistemas electrónicos como* ***el Módulo de Control del Tren Motriz (PCM)***, ***el Módulo de Control del Motor (ECM)*** *y* ***el Sistema de Gestión de la Batería (BMS)*** *para controlar el funcionamiento del vehículo. También utilizan* ***Electrónica de Gestión de la Energía (PME)*** *para gestionar el flujo de electricidad de forma segura y eficiente.*

Los ***HEV, PHEV*** *y* ***FCEV*** *generan electricidad dentro del vehículo mediante un combustible.*
Los ***HEV*** *y* ***PHEV*** *utilizan* ***un motor de combustión interna (ICE)****. Este motor puede funcionar con gasolina, diésel, gas natural, propano u otros combustibles.*

Cuando los motores de tracción de los vehículos eléctricos se someten a un par inverso (una fuerza que actúa en sentido contrario a la rotación normal del motor) procedente de las ruedas motrices, generan electricidad de ***CA*** *para recuperar la energía residual. Por eso se suele utilizar el término* ***motor-generador (MG)****.*

Los ***FCEV*** *producen electricidad a bordo mediante una pila de combustible. Normalmente, el gas hidrógeno almacenado en los cilindros del vehículo sirve como combustible.*
Se pueden utilizar ***paneles solares fotovoltaicos*** *para añadir energía adicional al* ***EESS****, especialmente en autobuses con techos planos de gran tamaño.*

QUIZ / PRUEBA

Match each component with its function / *Relacione cada componente con su función*:

Power Management Electronics 2 (PME2) / *Electrónica de Gestión de Potencia 2 (PME2)*

Traction Motor / *Motor de Tracción*

Power Management Electronics 1 (PME1) / *Electrónica de Gestión de Potencia 1 (PME1)*

Powertrain Control Module (PCM) / *Módulo de Control del Tren Motriz (PCM)*

Electrical Energy Storage System (EESS) / *Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (EESS)*

Functions / Funciones:

A) Converts AC from the grid to DC / *Convierte la CA de la red a CC*

B) Stores electrical energy / *Almacena energía eléctrica*

C)Converts DC to AC for motor use and AC to DC for regenerative braking / *Convierte CC a CA para el motor y CA a CC para el frenado regenerativo*

D) Directs power to the motor / *Dirige la potencia al motor*

E) Generates torque to drive wheels / *Genera par para las ruedas motrices*

QUIZ / PRUEBA

Short answer / Respuesta corta:

What is the main advantage of DC power in EVs? / *¿Cuál es la principal ventaja de la corriente continua (CC) en los vehículos eléctricos?*

How does rectification differ from inversion? / *¿En qué se diferencia la rectificación de la inversión?*

What is the role of PME2 in traction mode? / *¿Cuál es la función de PME2 en el modo de tracción?*

Why is AC more suitable for long-distance power transmission? / *¿Por qué la CA es más adecuada para la transmisión de potencia a larga distancia?*

How do series and series-parallel drivetrains differ in torque flow? / *¿En qué se diferencian los sistemas de transmisión en serie y en serie-paralelo en cuanto al flujo de par?*

QUIZ / PRUEBA

Series vs. Series-Parallel / Serie vs. Serie-Paralelo

Indicate whether the following statements apply to a Series or Series-Parallel drivetrain:

Indique si las siguientes afirmaciones se aplican a un sistema de propulsión en serie o en serie-paralelo:

Uses an electric motor and internal combustion engine. / *Utiliza un motor eléctrico y un motor de combustión interna.*

Torque follows a single path. / *El par motor sigue una única trayectoria.*

Common in hybrid electric vehicles./ *Común en vehículos eléctricos híbridos.*

Common in battery electric vehicles. / *Común en vehículos eléctricos de batería.*

CHAPTER 4 / CAPÍTULO 4
TYPES OF EV BATTERIES
TIPOS DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Introduction / Introducción

The success of electric vehicles (EVs) depends on how effectively electrical energy can be stored and used. Today's EVs rely primarily on battery-based Electrical Energy Storage Systems (EESS). As a technician, understanding how batteries function will be essential to your work.

El éxito de los vehículos eléctricos (VE) depende de la eficacia con la que se pueda almacenar y utilizar la energía eléctrica. Los VE actuales se basan principalmente en sistemas de almacenamiento de energía eléctrica (EESS) basados en baterías. Como técnico, comprender el funcionamiento de las baterías será esencial para su trabajo.

Understanding Battery Basics / Conceptos Básicos De La Batería

In vehicle technology, a battery refers to a collection of multiple cells that are electrically connected. A cell is an electrochemical energy storage device that produces electrical energy through a chemical reaction. Each cell consists of two electrical conductors called an anode and a cathode. These electrodes are separated by an electrolyte. The electrolyte allows the flow of electric charge between the electrodes when the battery is connected to a circuit.

En tecnología automotriz, una batería se refiere a un conjunto de múltiples celdas conectadas eléctricamente. Una celda es un dispositivo de almacenamiento de energía electroquímica que produce energía eléctrica mediante una reacción química. Cada celda consta de dos conductores eléctricos llamados ánodo y cátodo. Estos electrodos están separados por un electrolito. El electrolito permite el flujo de carga eléctrica entre los electrodos cuando la batería está conectada a un circuito.

Since the voltage output of a single cell is relatively low, multiple cells are connected together to increase the overall voltage and current output. There are two main ways to connect battery cells: in series and in parallel.

Dado que el voltaje de salida de una sola celda es relativamente bajo, se conectan varias celdas para aumentar el voltaje y la corriente de salida totales. Hay dos maneras principales de conectar las celdas de la batería: en serie y en paralelo.

Series Connection / Conexión en Serie

When cells are connected in series, the positive terminal of one cell is connected to the negative terminal of the next cell, forming a single electrical path. This configuration increases the total voltage of the battery system while keeping the current the same as that produced by a single cell.

Cuando las celdas se conectan en serie, el terminal positivo de una celda se conecta al terminal negativo de la celda contigua, formando una única ruta eléctrica. Esta configuración aumenta el voltaje total del sistema de batería, manteniendo la corriente igual que la producida por una sola celda.

For example, if you connect three cells in series, each with a voltage of 3.7 volts, the total output voltage would be 11.1 volts (3.7 V + 3.7 V + 3.7 V). However, the total current available would remain the same as that of a single cell.

Por ejemplo, si se conectan tres celdas en serie, cada una con un voltaje de 3,7 voltios, el voltaje de salida total sería de 11,1 voltios (3,7 V + 3,7 V + 3,7 V). Sin embargo, la corriente total disponible sería la misma que la de una sola celda.

Series connections are useful when a higher voltage is required to power the motor and other electrical components in an EV.

Las conexiones en serie son útiles cuando se requiere un voltaje más alto para alimentar el motor y otros componentes eléctricos en un EV.

Parallel Connection / Conexión en Paralelo

In a parallel connection, the positive terminals of all the cells are connected together, and the negative terminals are connected together, forming multiple electrical paths. This configuration increases the total current output while maintaining the same voltage as a single cell.

En una conexión en paralelo, los terminales positivos y negativos de todas las celdas se conectan entre sí, formando múltiples rutas eléctricas. Esta configuración aumenta la corriente total de salida manteniendo el mismo voltaje que una sola celda.

For example, if you connect three cells in parallel, each with a voltage of 3.7 volts and a current capacity of 3 amps, the total output voltage would remain 3.7 volts, but the total current would increase to 9 amps (3 A + 3 A + 3 A).

Por ejemplo, si conectas tres celdas en paralelo, cada una con un voltaje de 3,7 voltios y una capacidad de corriente de 3 amperios, el voltaje de salida total seguiría siendo 3,7 voltios, pero la corriente total aumentaría a 9 amperios (3 A + 3 A + 3 A).

Parallel connections are useful when more current is needed to support high power output or when the battery needs to sustain longer periods of operation. Increasing the current capacity can enhance vehicle acceleration and performance.

Las conexiones en paralelo son útiles cuando se necesita más corriente para soportar una alta potencia de salida o cuando la batería necesita mantener periodos de funcionamiento más largos. Aumentar la capacidad de corriente puede mejorar la aceleración y el rendimiento del vehículo.

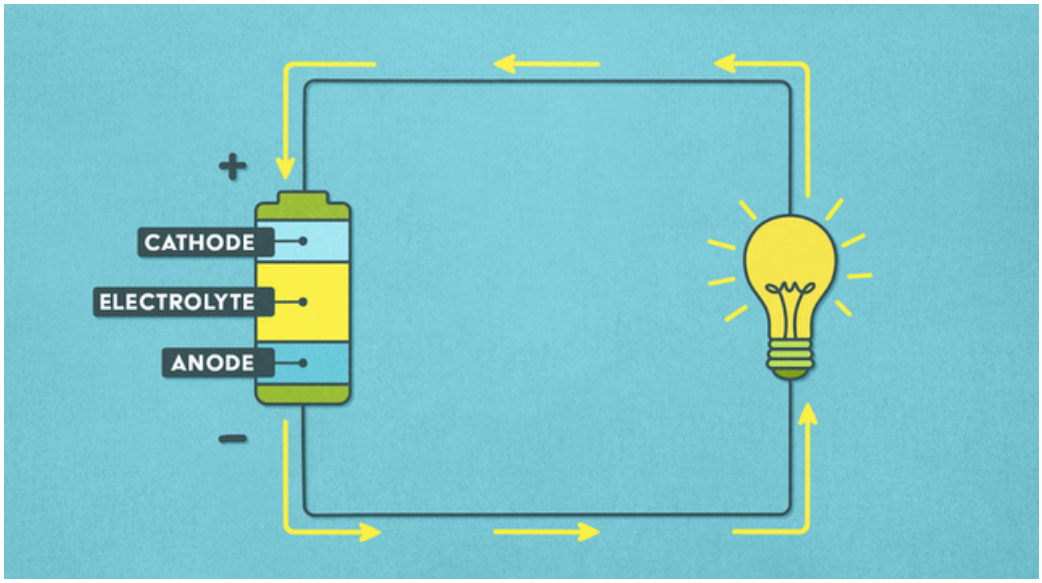
Combining Series and Parallel Connections / Combinando Conexiones en Serie y en Paralelo

Most EV batteries are designed using a combination of series and parallel connections to balance voltage and current output.

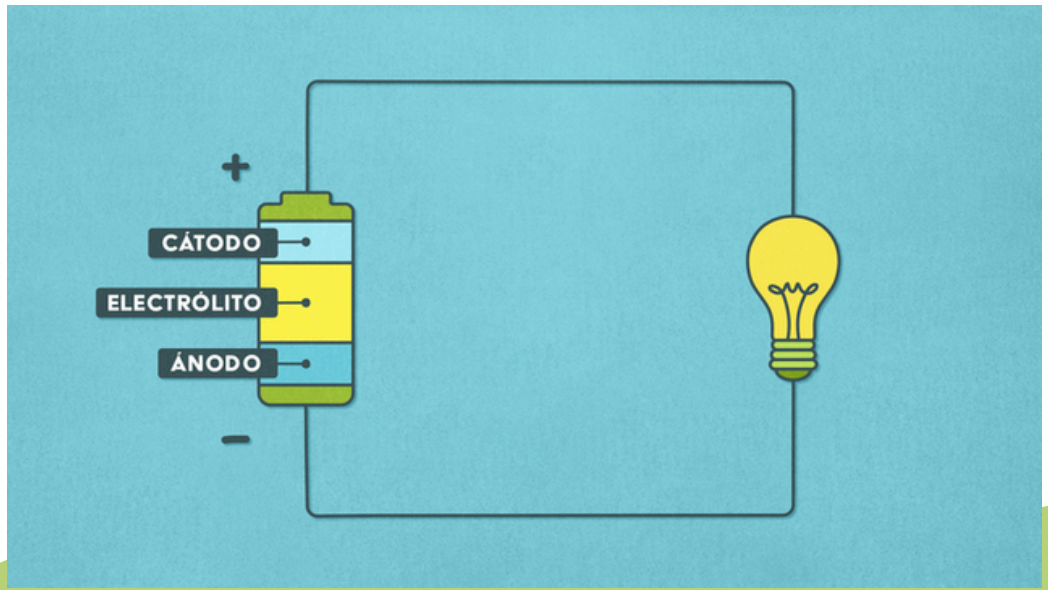
La mayoría de las baterías de vehículos eléctricos están diseñadas utilizando una combinación de conexiones en serie y en paralelo para equilibrar el voltaje y la corriente de salida.

Galvanic Cells / Celdas Galvánicas

A **galvanic cell** produces electrical current from a spontaneous chemical reaction. When the electrodes of a galvanic cell are connected to a load in a closed circuit, electrons flow from the anode to the cathode through the circuit, generating an electric current. Galvanic cells are the foundation of all batteries used in EVs. In an electric vehicle, multiple galvanic cells are combined into modules and battery packs to provide the required voltage and current for the motor and other electrical systems.



Una celda galvánica *produce corriente eléctrica a partir de una reacción química espontánea. Cuando los electrodos de una celda galvánica se conectan a una carga en un circuito cerrado, los electrones fluyen del ánodo al cátodo a través del circuito, generando una corriente eléctrica. Las celdas galvánicas son la base de todas las baterías utilizadas en vehículos eléctricos. En un vehículo eléctrico, múltiples celdas galvánicas se combinan en módulos y paquetes de baterías para proporcionar el voltaje y la corriente necesarios para el motor y otros sistemas eléctricos.*



Electrical Energy Storage System (EESS) / Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (EESS)

The **Electrical Energy Storage System (EESS)** in an EV consists of modules grouping of cells made up of series and parallel cell configurations. The purpose of the EESS is to supply the necessary voltage and current to meet the power and energy demands of the vehicle's electric motor and electronic systems. Most EV manufacturers have focused their efforts on improving EESS technology in recent years to increase driving distances between charges.

El Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (EESS) *de un vehículo eléctrico (VE) consta de módulos que agrupan celdas en configuraciones en serie y en paralelo. Su propósito es suministrar el voltaje y la corriente necesarios para satisfacer las demandas de potencia y energía del motor eléctrico y los sistemas electrónicos del vehículo. En los últimos años, la mayoría de los fabricantes de VE han centrado sus esfuerzos en mejorar la tecnología EESS para aumentar la distancia recorrida entre cargas.*

There are four key performance factors that affect the design and operation of an EESS:

1. **Power** refers to the rate at which a battery can supply electrical energy to the motor. A battery with high power output allows the vehicle to accelerate quickly and perform well under load.

2. **Energy density** measures how much energy can be stored in a specific volume of battery material. A higher energy density means the vehicle can travel further on a single charge without increasing the size or weight of the battery pack.

3. **Longevity** refers to the lifespan of the battery. A battery with high longevity will maintain its performance and capacity over many charge and discharge cycles, making them more sustainable and cost effective.

4. **Safety** relates to how well the battery handles stress during operation, including overcharging, extreme temperatures, and physical impact. A well-designed battery system includes protection features to prevent overheating, short circuits, and other potential hazards.

Electrical Energy Storage System (EESS) / Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (EESS)

Hay cuatro factores clave de rendimiento que afectan el diseño y el funcionamiento de un EESS:

1. ***La potencia** se refiere a la velocidad a la que una batería puede suministrar energía eléctrica al motor. Una batería con alta potencia de salida permite que el vehículo acelere rápidamente y tenga un buen rendimiento bajo carga.*

2. ***La densidad energética** mide la cantidad de energía que se puede almacenar en un volumen específico de material de la batería. Una mayor densidad energética significa que el vehículo puede recorrer mayores distancias con una sola carga sin aumentar el tamaño ni el peso de la batería.*

3. ***La longevidad** se refiere a la vida útil de la batería. Una batería con alta longevidad mantendrá su rendimiento y capacidad durante muchos ciclos de carga y descarga, lo que la hace más sostenible y rentable.*

4. ***La seguridad** se relaciona con la capacidad de la batería para manejar el estrés durante su funcionamiento, incluyendo sobrecarga, temperaturas extremas e impactos físicos. Un sistema de batería bien diseñado incluye funciones de protección para prevenir el sobrecalentamiento, los cortocircuitos y otros peligros potenciales.*

Types of Battery Technologies / Tipos de Tecnologías de Baterías

Lithium-Ion Batteries – Lithium-ion batteries are by far the most widely used battery type in the US due to their high energy density, long lifespan, and relatively low weight. Advances in technology have allowed for lithium-ion batteries to have a similar driving range to a tank of gas and fully charge within minutes. While lithium-ion batteries are sensitive to heating, modern manufacturing has given them a high safety profile.

Baterías de iones de litio *- Las baterías de iones de litio son, con diferencia, el tipo de batería más utilizado en EE. UU. debido a su alta densidad energética, larga vida útil y peso relativamente bajo. Los avances tecnológicos han permitido que las baterías de iones de litio tengan una autonomía similar a la de un depósito de gasolina y se carguen completamente en cuestión de minutos. Si bien son sensibles al calor, la fabricación moderna les ha conferido un alto perfil de seguridad.*

There are several variants of lithium-ion batteries:

- **Lithium Cobalt Oxide (LCO)**: LCO batteries are commonly used in portable electronics but are less common in EVs due to their relatively short lifespan and thermal instability.

- **Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC)**: NMC batteries offer a balance of power, energy density, and lifespan. They are widely used in EVs because they provide good overall performance and are relatively stable under stress.

- **Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (NCA)**: NCA batteries deliver high energy density and power output but are more sensitive to overheating and require advanced thermal management systems. Tesla uses NCA batteries in many of its vehicles.

- **Lithium Titanate (LTO)**: LTO batteries are known for their fast charging capabilities and long lifespan. Their lower energy density makes them less suitable for long-range EVs.

Types of Battery Technologies / Tipos de Tecnologías de Baterías

Existen diversas variantes de baterías de iones de litio:

- ***Óxido de litio y cobalto (LCO)**: Las baterías LCO se utilizan comúnmente en dispositivos electrónicos portátiles, pero son menos comunes en vehículos eléctricos debido a su corta vida útil y a su inestabilidad térmica.*

- ***Óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto (NMC)**: Las baterías NMC ofrecen un equilibrio perfecto entre potencia, densidad energética y vida útil. Se utilizan ampliamente en vehículos eléctricos porque ofrecen un buen rendimiento general y son relativamente estables bajo tensión.*

- ***Óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio (NCA)**: Las baterías NCA ofrecen una alta densidad energética y una alta potencia de salida, pero son más sensibles al sobrecalentamiento y requieren sistemas avanzados de gestión térmica. Tesla utiliza baterías NCA en muchos de sus vehículos.*

- ***Titanato de litio (LTO)**: Las baterías LTO son conocidas por su rápida capacidad de carga y su larga vida útil. Su menor densidad energética las hace menos adecuadas para vehículos eléctricos de largo alcance.*

Solid-State Batteries – Solid-state batteries use solid electrodes and electrolytes rather than liquid or gel-based electrolytes. They are less common in the US, but are starting to appear in Hyundai, Toyota, and Volkswagen EV's. With development progress, Solid-State Batteries are expected to have driving ranges equivalent to a full gasoline tank with one charge in the near future.

***Baterías de estado sólido –** Las baterías de estado sólido utilizan electrodos y electrolitos sólidos en lugar de electrolitos líquidos o de gel. Son menos comunes en EE. UU., pero están empezando a aparecer en los vehículos eléctricos de Hyundai, Toyota y Volkswagen. Con el avance del desarrollo, se espera que las baterías de estado sólido alcancen una autonomía equivalente a la de un tanque de gasolina lleno con una sola carga en un futuro próximo.*

Types of Battery Technologies / Tipos de Tecnologías de Baterías

Nickel-Metal Hydride (NiMH) Batteries – Nickel-metal hydride (NiMH) batteries were widely used in early hybrid electric vehicles (HEVs) and are still found in some hybrid models today. One of the key advantages of NiMH batteries is their high tolerance for overcharging and complete discharge. This makes them highly reliable and less prone to damage from improper charging. NiMH batteries also have a relatively low environmental impact because they contain fewer toxic materials than other battery types, making them easier to recycle.

Baterías de níquel-metal hidruro (NiMH) *– Las baterías de níquel-metal hidruro (NiMH) se usaron ampliamente en los primeros vehículos eléctricos híbridos (VEH) y aún se encuentran en algunos modelos híbridos en la actualidad. Una de las principales ventajas de las baterías de NiMH es su alta tolerancia a la sobrecarga y la descarga completa. Esto las hace muy fiables y menos propensas a sufrir daños por una carga incorrecta. Además, tienen un impacto ambiental relativamente bajo, ya que contienen menos materiales tóxicos que otros tipos de baterías, lo que facilita su reciclaje.*

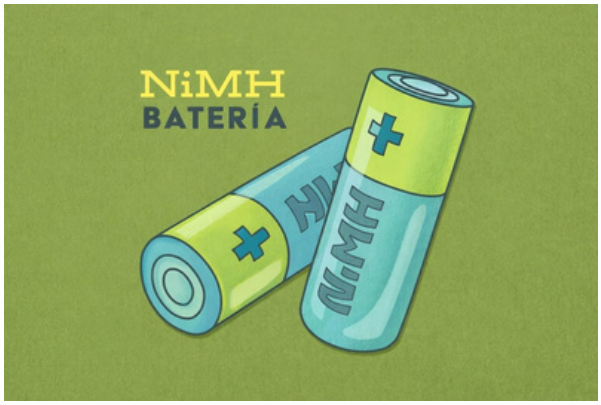
However, NiMH batteries have a lower energy density than lithium-ion and solid-state batteries, which limits their use in full-electric vehicles. Their higher weight and lower efficiency result in reduced driving range and slower acceleration compared to lithium-ion-powered EVs.

Sin embargo, las baterías de NiMH tienen una densidad energética menor que las de iones de litio y las de estado sólido, lo que limita su uso en vehículos totalmente eléctricos. Su mayor peso y menor eficiencia resultan en una autonomía reducida y una aceleración más lenta en comparación con los vehículos eléctricos de iones de litio.

While you might find some NiMH batteries, it is unlikely that you will encounter them with new models of EV's. With advances in lithium-ion and solid state technology, NiMH batteries may become less and less common as time goes on.

Aunque es posible encontrar baterías de NiMH, es poco probable que las encuentre en los nuevos modelos de vehículos eléctricos. Con los avances en la tecnología de iones de litio y estado sólido, las baterías de NiMH podrían volverse cada vez menos comunes con el tiempo.





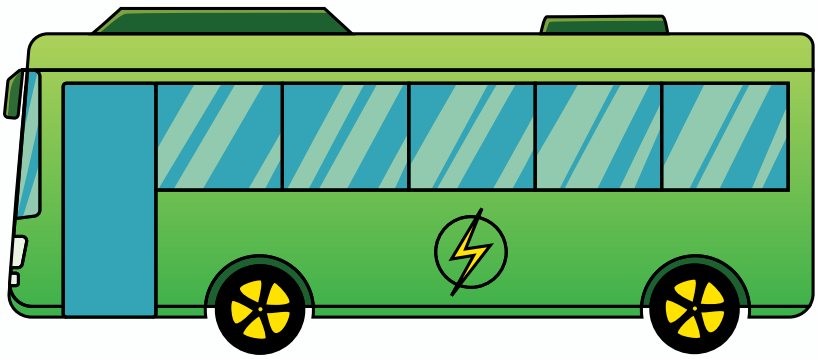
Theoretically, the **EESS** can be single or multiple modules on EVs. Due to the weight and space occupied by the batteries, **EESS** design is critical in both automobile and commercial EVs. Typical locations for the EESS in automobiles include:

*En teoría, el **EESS** puede constar de uno o varios módulos en los vehículos eléctricos. Debido al peso y al espacio que ocupan las baterías, el diseño del **EESS** es crucial tanto en automóviles como en vehículos eléctricos comerciales. Las ubicaciones típicas del EESS en automóviles incluyen*:

- Undercarriage, below the passenger compartment / *Tren de aterrizaje, debajo del habitáculo*
- Under the rear passenger seat / *Debajo del asiento trasero del pasajero*
- Vehicle trunk / *Cajuela del vehículo*

In commercial EVs, such as transit buses with multiple **EESS** modules, some of the weight can be put on the roof. But this raises the vehicle center of gravity and alters the crash impact dynamics of the vehicle. Another option for transit buses is to locate the **EESS** under the passenger floor. In transport trucks, removal of the mass of the diesel engine means that the **EESS** may be located in what used to be termed the engine compartment.

*En los vehículos eléctricos comerciales, como los autobuses de tránsito con múltiples módulos **EESS**, parte del peso se puede colocar en el techo. Pero esto eleva el centro de gravedad del vehículo y altera la dinámica de impacto. Otra opción para los autobuses es ubicar el **EESS** bajo el piso del pasajero. En los camiones de transporte, la eliminación de la masa del motor diésel permite que el **EESS** se ubique en lo que antes se denominaba el compartimento del motor.*



QUIZ / PRUEBA

1. **What is a battery in the context of electric vehicles (EVs)?**

a) A single cell that produces electrical energy
b) A collection of cells that are electrically connected
c) A device that converts electrical energy into mechanical energy
d) A system that stores fuel for combustion

*1. **¿Qué es una batería en el contexto de los vehículos eléctricos (VE)?***

a) Una sola celda que produce energía eléctrica
b) Un conjunto de celdas conectadas eléctricamente
c) Un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica
d) Un sistema que almacena combustible para la combustión

2. **What is the primary function of the electrolyte in a battery cell?**

a) To separate the anode and cathode
b) To allow the flow of electric charge between electrodes
c) To produce chemical energy
d) To prevent overcharging

*2. **¿Cuál es la función principal del electrolito en una celda de batería?***

a) Separar el ánodo del cátodo
b) Permitir el flujo de carga eléctrica entre los electrodos
c) Producir energía química
d) Evitar la sobrecarga

3. **In a parallel connection, how does the total voltage and current change?**

a) Voltage increases, current remains the same
b) Both voltage and current remain the same
c) Both voltage and current increase
d) Current increases, voltage remains the same

QUIZ / PRUEBA

3. ***En una conexión en paralelo, ¿cómo varían el voltaje y la corriente totales?***

a) El voltaje aumenta, la corriente se mantiene constante.
b) Tanto el voltaje como la corriente se mantienen constantes.
c) Tanto el voltaje como la corriente aumentan.
d) La corriente aumenta, el voltaje se mantiene constante.

4. **Why are series connections useful for EV batteries?**

a) To increase voltage output
b) To increase current capacity
c) To reduce overheating
d) To improve safety

4. **¿Por qué son útiles las conexiones en serie para las baterías de vehículos eléctricos?**

a) Para aumentar la tensión de salida
b) Para aumentar la capacidad de corriente
c) Para reducir el sobrecalentamiento
d) Para mejorar la seguridad

5. **What is a galvanic cell?**

a) A cell that produces an electrical current from a spontaneous reaction
b) A device that stores fuel for combustion
c) A component that regulates current in an EV
d) A system that generates mechanical energy

5. ***¿Qué es una celda galvánica?***

a) Una celda que produce una corriente eléctrica a partir de una reacción espontánea.
b) Un dispositivo que almacena combustible para la combustión.
c) Un componente que regula la corriente en un vehículo eléctrico.
d) Un sistema que genera energía mecánica.

QUIZ / PRUEBA

6. **What is the primary purpose of an Electrical Energy Storage System (EESS) in an EV?**

a) To regulate tire pressure
b) To supply voltage and current to the motor and electronic systems
c) To convert mechanical energy into electrical energy
d) To store fuel for combustion

6. ***¿Cuál es el propósito principal de un Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (SEAE) en un VE?***

a) Regular la presión de los neumáticos
b) Suministrar voltaje y corriente al motor y a los sistemas electrónicos
c) Convertir energía mecánica en energía eléctrica
d) Almacenar combustible para la combustión

7. **Which factor determines how fast a vehicle can accelerate?**

a) Energy density
b) Longevity
c) Power output
d) Safety

7. **¿Qué factor determina la velocidad de aceleración de un vehículo?**

a) Densidad energética
b) Longevidad
c) Potencia de salida
d) Seguridad

QUIZ / PRUEBA

8. **Why are lithium-ion batteries the most widely used battery type in EVs?**

a) High energy density and fast recharge time
b) Low energy density but high current output
c) Low environmental impact
d) Long lifespan

8. **¿Por qué las baterías de iones de litio son el tipo de batería más utilizado en los VE?**

a) Alta densidad energética y rápido tiempo de recarga
b) Baja densidad energética pero alta salida de corriente
c) Bajo impacto ambiental
d) Larga vida útil

9. **Why are NiMH batteries still used in hybrid vehicles despite their lower energy density?**

a) They have a low environmental impact and tolerate overcharging well
b) They have a high energy density and recharge quickly
c) They are cheaper to produce than lithium-ion batteries
d) They offer better acceleration and range

9. ***¿Por qué se siguen utilizando baterías de NiMH en vehículos híbridos a pesar de su menor densidad energética?***

a) Tienen un bajo impacto ambiental y toleran bien la sobrecarga
b) Tienen una alta densidad energética y se recargan rápidamente
c) Son más económicas de producir que las baterías de iones de litio
d) Ofrecen mejor aceleración y autonomía

CHAPTER 5 / CAPÍTULO 5
TYPES OF EV INVERTERS/CHARGERS
TIPOS DE INVERSORES/CARGADORES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Recharging an electric vehicle (EV) efficiently and safely requires an understanding of how electricity is transferred from the grid to the vehicle's energy storage system. As a technician, you need to be familiar with the different charging methods, equipment, and safety considerations involved in this process.

Para recargar un vehículo eléctrico (VE) de forma eficiente y segura, es necesario comprender cómo se transfiere la electricidad desde la red eléctrica hasta el sistema de almacenamiento de energía del vehículo. Como técnico, debe estar familiarizado con los diferentes métodos de carga, equipos y consideraciones de seguridad que implica este proceso.

Most **battery electric vehicles (BEVs)** and **plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs)** rely on AC grid electricity for recharging. While many EVs can be charged using standard household electricity, faster charging options require higher voltage and dedicated charging stations. This includes:

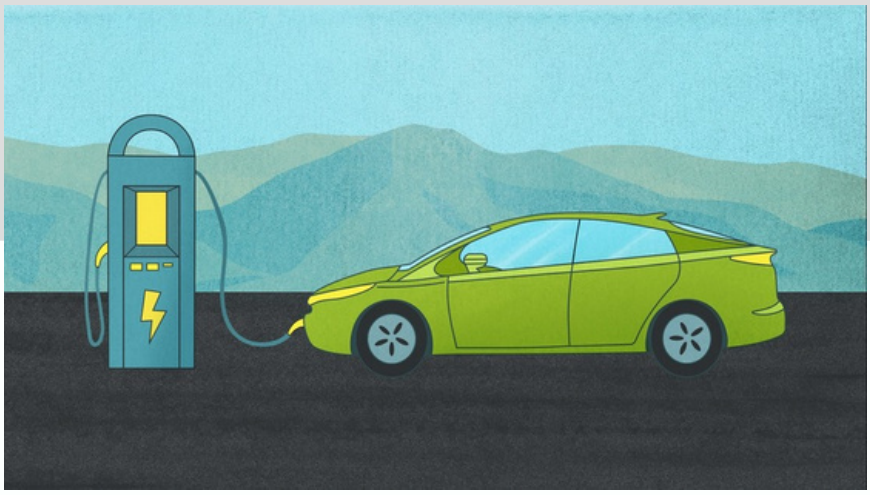
*La mayoría de **los vehículos eléctricos de batería (VEB)** y **los vehículos eléctricos híbridos enchufables (VEPH)** dependen de la red eléctrica de CA para recargarse. Si bien muchos VE pueden cargarse con la electricidad doméstica estándar, las opciones de carga más rápidas requieren mayor voltaje y estaciones de carga dedicadas. Esto incluye:*

1. **Electricity from the grid** – AC electricity from the power grid is supplied to charging stations or home charging units. / ***Electricidad de la red**: la electricidad CA de la red eléctrica se suministra a estaciones de carga o unidades de carga domésticas.*
2. **Conversion and Transfer** – Charging stations convert AC to DC when necessary and regulate voltage and current levels for efficient battery charging. / ***Conversión y transferencia**: las estaciones de carga convierten CA en CC cuando es necesario y regulan los niveles de voltaje y corriente para una carga eficiente de la batería.*

EV Charging Levels / Niveles de Carga de Vehículos Eléctricos

EV charging is classified into three main levels for light-duty vehicles and one additional level for heavy-duty commercial vehicles.

La carga de vehículos eléctricos se clasifica en tres niveles principales para vehículos ligeros y un nivel adicional para vehículos comerciales pesados.



EV Charging Levels / Niveles de Carga de Vehículos Eléctricos

Level 1 Charging / Carga de Nivel 1

- *Current Type: AC / Tipo de corriente: CA*
- *Voltage: Standard household voltage (120V) / Voltaje: Voltaje doméstico estándar (120 V)*
- *Charging Time: 8 to 12 hours for a full charge / Tiempo de carga: De 8 a 12 horas para una carga completa*
- *Use Case: Home charging; convenient but slow / Caso de uso: Carga doméstica; conveniente pero lenta*



EV Charging Levels / Niveles de Carga de Vehículos Eléctricos

Level 2 Charging / Carga de Nivel 2

- Current Type: AC / *Tipo de corriente: CA*
- Voltage: 240V / *Voltaje: 240 V*
- Charging Time: 1 to 8 hours depending on battery capacity / *Tiempo de carga: De 1 a 8 horas, según la capacidad de la batería*
- Use Case: Home and public charging; faster than Level 1 / *Uso: Carga doméstica y pública; más rápida que el nivel 1*

DC Fast Charging / Carga rápida de CC

- Current Type: DC / *Tipo de corriente: CC*
- Voltage: High-voltage direct current / *Voltaje: Corriente continua de alto voltaje*
- Charging Time: 30 minutes for a full charge / *Tiempo de carga: 30 minutos para una carga completa*
- Use Case: Public charging stations; ideal for quick top-ups during travel / *Uso: Estaciones de carga públicas; ideal para recargas rápidas durante el viaje*



EV Charging Levels / Niveles de Carga de Vehículos Eléctricos

Industrial-Level DC Charging / Carga de CC a Nivel Industrial

- Current Type: DC / *Tipo de corriente: CC*
- Voltage: High-voltage direct current. DC fast chargers in North America often use a 480-volt three-phase AC power source as input / *Voltaje: Corriente continua de alto voltaje. Los cargadores rápidos de CC en Norteamérica suelen utilizar una fuente de alimentación de CA trifásica de 480 voltios como entrada*
- Charging Time: Depends on vehicle capacity and grid support; power can reach over 1 megawatt to charge large vehicles quickly /*Tiempo de carga: Depende de la capacidad del vehículo y de la red eléctrica; La potencia puede alcanzar más de 1 megavatio para cargar vehículos grandes rápidamente*
- Use Case: Transit buses, electric trucks, and fleet vehicles / *Caso de uso: Autobuses, camiones eléctricos y vehículos de flota*
- Availability: Currently limited to commercial and industrial use / *Disponibilidad: Actualmente limitada a uso comercial e industrial*



Types of EV Charging Mechanisms
Tipos de Mecanismos de Carga de Vehículos Eléctricos

There are several methods for transferring electricity from the grid to the vehicle's battery. Each has specific advantages and use cases:

Existen varios métodos para transferir electricidad de la red a la batería del vehículo. Cada uno presenta ventajas y casos de uso específicos:

1. **Plug-In Charging / Carga Enchufable**
   - The most common method for light-duty EVs. / *El método más común para vehículos eléctricos ligeros.*
   - Similar to plugging in a household appliance. / *Similar a enchufar un electrodoméstico.*
   - Available in homes and public charging stations. / *Disponible en hogares y estaciones de carga públicas.*

2. **Pantograph Charging / Carga por Pantógrafo**
   - A parallelogram frame with contact terminals that connect to overhead electrical lines./ *Un marco de paralelogramo con terminales de contacto que se conectan a las líneas eléctricas aéreas.*
   - Commonly used in electric buses and streetcars. / *Se utiliza comúnmente en autobuses y tranvías eléctricos.*
   - Can be mounted on the vehicle or charging station. / *Se puede montar en el vehículo o en la estación de carga.*

3. **Battery Swapping / Cambio de Batería**
   - *Removes a depleted battery and replaces it with a fully charged one. / Retira una batería gastada y la reemplaza por una completamente cargada.*
   - *Reduces downtime and allows quick "recharging." / Reduce el tiempo de inactividad y permite una recarga rápida.*
   - *Used primarily in electric scooters and taxis. / Se utiliza principalmente en patinetes eléctricos y taxis.*

4. **Inductive (Wireless) Charging / Carga Inductiva (inalámbrica)**
   - *Uses electromagnetic fields to transfer electricity between coils in the ground and the vehicle. / Utiliza campos electromagnéticos para transferir electricidad entre bobinas en el suelo y el vehículo.*
   - *No physical connection required. / No requiere conexión física.*
   - *Increasingly used for passenger vehicles and public transport. / Cada vez se utiliza más en vehículos de pasajeros y transporte público.*

QUIZ / PRUEBA

1. **What is the primary difference between Level 1-2 chargers and DC Fast chargers?**

a) DC Fast Chargers use DC instead of AC
b) DC Fast Chargers require higher voltage and charge faster
c) DC Fast Chargers can't be used at home
d) All of the above

1. ***¿Cuál es la principal diferencia entre los cargadores de nivel 1-2 y los cargadores rápidos de CC?***

a) Los cargadores rápidos de CC usan CC en lugar de CA.
b) Los cargadores rápidos de CC requieren mayor voltaje y cargan más rápido.
c) Los cargadores rápidos de CC no se pueden usar en casa.
d) Todas las anteriores.

2. **Which charging method uses electromagnetic fields to transfer electricity without a physical connection?**

a) Pantograph charging
b) Plug-in charging
c) Battery swapping
d) Inductive charging

2. ***¿Qué método de carga utiliza campos electromagnéticos para transferir electricidad sin conexión física?***

a) Carga por pantógrafo
b) Carga por enchufe
c) Cambio de batería
d) Carga inductiva

QUIZ / PRUEBA

3. **What is the primary function of a charging station converter in a DC fast charger?**

a) Convert AC to DC
b) Lower the current flow
c) Connect directly to the vehicle's motor
d) Store electricity for future use

3. ***¿Cuál es la función principal de un convertidor de estación de carga en un cargador rápido de CC?***

a) Convertir CA a CC
b) Reducir el flujo de corriente
c) Conectarse directamente al motor del vehículo
d) Almacenar electricidad para uso futuro

4. **What is the main advantage of battery swapping over plug-in charging?**

a) It allows for faster recharging by replacing the battery
b) It provides higher voltage output
c) It increases current capacity
d) It requires less operator involvement

4. ***¿Cuál es la principal ventaja del intercambio de baterías en comparación con la carga enchufable?***

a) Permite una recarga más rápida al reemplazar la batería
b) Proporciona mayor voltaje de salida
c) Aumenta la capacidad de corriente
d) Requiere menos intervención del operador

CHAPTER 6 / CAPÍTULO 6
ELECTRIC VEHICLE SAFETY
SEGURIDAD DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Working with electric vehicles (EVs) involves high-voltage (HV) electricity, which presents serious safety risks if not handled correctly. High-voltage circuits leave no room for error—mistakes can kill. This workbook will provide an overview of essential safety practices, protective equipment, and the proper procedures for working around HV systems in EVs.

Trabajar con vehículos eléctricos (VE) implica electricidad de alto voltaje (AT), lo que presenta graves riesgos de seguridad si no se maneja correctamente. Los circuitos de alto voltaje no permiten errores; los errores pueden ser fatales. Este manual ofrece una descripción general de las prácticas de seguridad esenciales, el equipo de protección y los procedimientos adecuados para trabajar con sistemas de AT en VE.

Understanding High-Voltage Systems
Comprensión de los Sistemas de Alto Voltaje

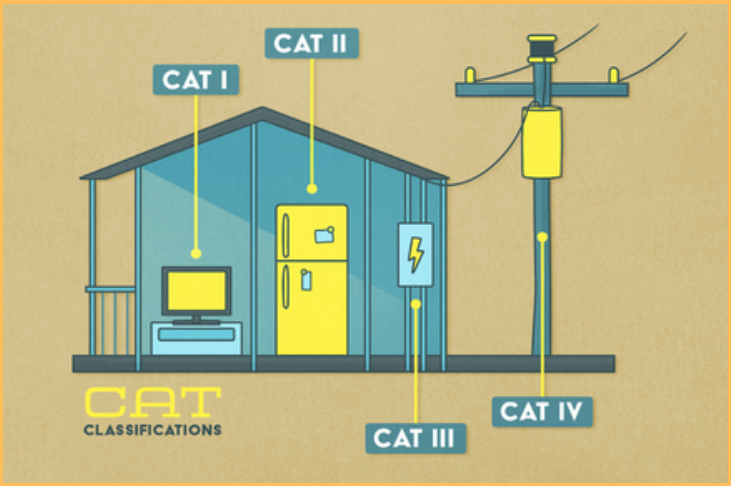
Electric vehicles operate using high-voltage powertrains. High voltage is defined as any electrical pressure exceeding 50 volts. Even though manufacturers design EV powertrains with built-in safety features, technicians must remain cautious when working on or near HV circuits.

Los vehículos eléctricos funcionan con sistemas de propulsión de alto voltaje. El alto voltaje se define como cualquier presión eléctrica superior a 50 voltios. Si bien los fabricantes diseñan sistemas de propulsión para vehículos eléctricos con funciones de seguridad integradas, los técnicos deben ser precavidos al trabajar en circuitos de alta tensión o cerca de ellos.

CAT Classifications

The International Electrotechnical Commission (IEC) classifies electrical systems into four categories (CAT 1 through CAT 4):

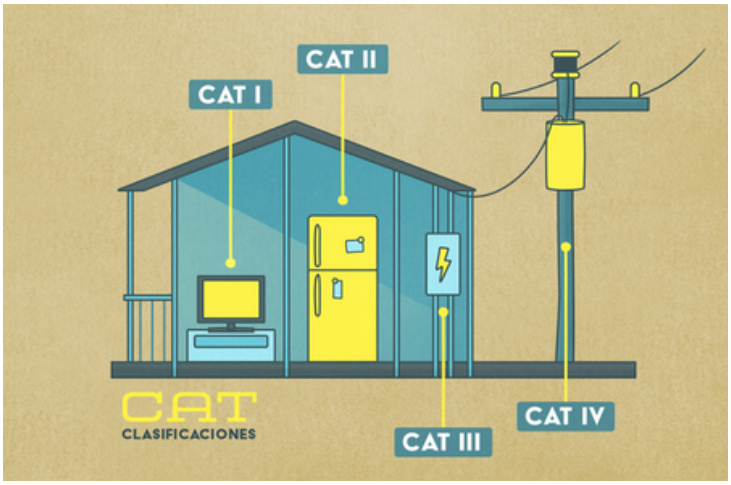
- ***CAT 1** – Low-voltage household devices (e.g., computers)*
- ***CAT 2** – Household appliances (e.g., refrigerators, vacuums)*
- ***CAT 3** – Higher voltage industrial and commercial systems*
- ***CAT 4** – High-voltage systems used in EVs and heavy-duty industrial equipment*



Clasificaciones CAT

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) clasifica los sistemas eléctricos en cuatro categorías (de CAT 1 a CAT 4):

- ***CAT 1** – Electrodomésticos de bajo voltaje (p. ej., computadoras)*
- ***CAT 2** – Electrodomésticos (p. ej., refrigeradores, aspiradoras)*
- ***CAT 3** – Sistemas industriales y comerciales de alto voltaje*
- ***CAT 4** – Sistemas de alto voltaje utilizados en vehículos eléctricos y equipos industriales de alta potencia*



Most EV systems fall into **CAT 3 and CAT 4**, which means they operate at high voltage and require specialized safety precautions.

*La mayoría de los sistemas de vehículos eléctricos pertenecen a las categorías **3 y 4**, lo que significa que funcionan con alto voltaje y requieren precauciones de seguridad especializadas.*

- Electric vehicles usually run on systems that use between 300 and over 800 volts of direct current.
- These voltages are deadly and much higher than the typical 12-volt or 24-volt circuits found in regular cars.
- Even when the power is switched off, parts like capacitors can still hold a dangerous amount of electricity.

- *Los vehículos eléctricos suelen funcionar con sistemas que utilizan entre 300 y más de 800 voltios de corriente continua.*
- *Estos voltajes son mortales y mucho más altos que los circuitos típicos de 12 o 24 voltios que se encuentran en los coches convencionales.*
- *Incluso cuando la energía está apagada, partes como los condensadores aún pueden contener una cantidad peligrosa de electricidad.*

Warning Labels & Colors

- High-voltage parts usually have orange markings.
- Get familiar with spotting things like inverters, battery packs, and HV cables fast.
- Make sure service plugs or safety switches are turned off before you touch anything.

Etiquetas y colores de advertencia

- *Las piezas de alto voltaje suelen tener marcas naranjas.*
- *Familiarícese rápidamente con la identificación de elementos como inversores, paquetes de baterías y cables de alta tensión.*
- *Asegúrese de que los enchufes de servicio o los interruptores de seguridad estén apagados antes de tocar cualquier cosa.*

Personal Protective Equipment (PPE) is essential for protecting technicians from electric shock and other HV-related hazards. Proper PPE includes:

1. **Non-synthetic, fire-resistant clothing** – Prevents ignition or melting in the event of an arc flash.
2. **Orange-omega rated footwear** – Provides electrical insulation and slip resistance.
3. **Class 0-rated rubber and leather gloves** – Compliant with CAT 3 standards to insulate against high voltage.
4. **Non-conductive safety glasses and face shield** – Protects eyes and face from sparks or debris.
5. **Hot stick** – A long-handled tool used to safely remove people or objects that come into contact with HV circuits.

El Equipo de Protección Individual (EPP) *es esencial para proteger a los técnicos de descargas eléctricas y otros riesgos relacionados con la alta tensión. El EPP adecuado incluye:*

1. ***Ropa no sintética resistente al fuego*** *– evita la ignición o la fusión en caso de arco eléctrico.*
2. ***Calzado con clasificación naranja-omega*** *– proporciona aislamiento eléctrico y resistencia al deslizamiento.*
3. ***Guantes de goma y cuero con clasificación clase 0*** *– cumplen con las normas CAT 3 para aislar contra alta tensión.*
4. ***Gafas de seguridad no conductoras y pantalla facial –*** *protegen los ojos y la cara de chispas o residuos.*
5. ***Pértiga*** *– herramienta de mango largo que se utiliza para retirar de forma segura a personas u objetos que entran en contacto con circuitos de alta tensión.*

Personal Safety Audit

Before working on any HV vehicle system, always conduct a personal safety audit to reduce the risk of electric shock.

Remove Conductive Items:

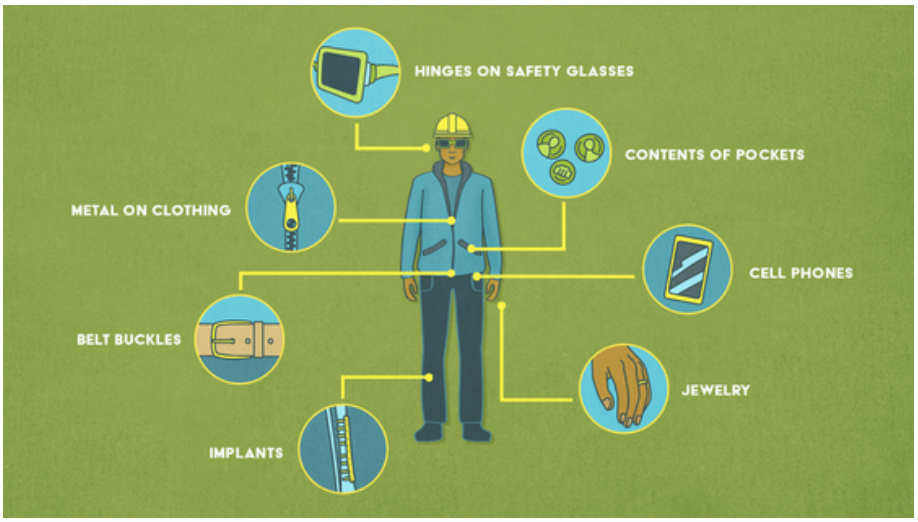
- Jewelry (rings, necklaces, bracelets)
- Belt buckles and metal zippers
- Cell phones and keys in pockets
- Metal frames on safety glasses

Check for Medical Risks:

- Technicians with surgical implants (e.g., pacemakers) should avoid working around HV circuits, as electromagnetic fields can interfere with medical devices.

Assess Your Clothing and Equipment:

- Ensure all PPE is rated for high-voltage work.
- Confirm gloves and footwear are properly insulated and undamaged.



An electric shock happens when electricity passes through a person's body. Electric shocks can be very small, like a tiny zap from static electricity, or very dangerous, like those from power lines, machines, or lightning. How much harm the shock causes depends on how much electricity flows through the body. The most damage happens along the path the electricity takes from where it enters to where it leaves the body.
A person's age and health also affect how serious the shock can be.

From a medical point of view, electrical shock injuries can be divided into these categories:

- Burns where the electricity enters and leaves the body
- Permanent hearing loss
- Muscle spasms or seizures
- Convulsions
- Brain injury
- Ventricular fibrillation (a serious heart rhythm problem)

Auditoría de Seguridad Personal

Antes de trabajar en cualquier sistema de un vehículo HV, realice siempre una auditoría de seguridad personal para reducir el riesgo de descarga eléctrica.

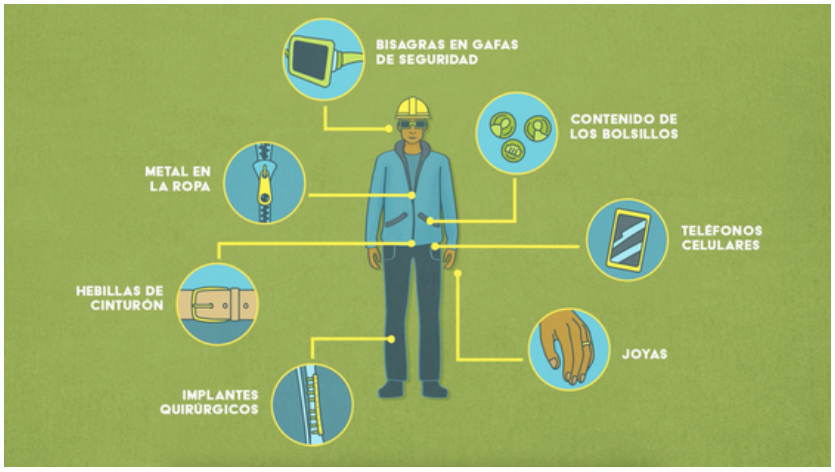
Quítese los artículos conductores:

- *Joyas (anillos, collares, pulseras)*
- *Hebillas de cinturón y cremalleras metálicas*
- *Teléfonos móviles y llaves en los bolsillos*
- *Marcos metálicos en las gafas de seguridad*

Verifique los riesgos médicos:
Los técnicos con implantes quirúrgicos (p. ej., marcapasos) deben evitar trabajar cerca de circuitos de alta tensión, ya que los campos electromagnéticos pueden interferir con los dispositivos médicos.

Evalúe su ropa y equipo:

- *Asegúrese de que todo el EPP esté clasificado para trabajos de alta tensión.*
- *Confirme que los guantes y el calzado estén bien aislados y sin daños.*



Una descarga eléctrica *se produce cuando la electricidad atraviesa el cuerpo de una persona. Las descargas eléctricas pueden ser muy pequeñas, como una pequeña descarga de electricidad estática, o muy peligrosas, como las de cables eléctricos, máquinas o relámpagos. La magnitud del daño que causa la descarga depende de la cantidad de electricidad que fluye por el cuerpo. El mayor daño ocurre a lo largo del camino que toma la electricidad desde donde entra hasta donde sale del cuerpo. La edad y el estado de salud de la persona también influyen en la gravedad de la descarga.*

Desde un punto de vista médico, las lesiones por descarga eléctrica se pueden dividir en las siguientes categorías:

- *Quemaduras por la entrada y salida de la electricidad del cuerpo*
- *Pérdida auditiva permanente*
- *Espasmos musculares o convulsiones*
- *Convulsiones*
- *Lesión cerebral*
- *Fibrilación ventricular (un problema grave del ritmo cardíaco)*

Capacitance

Automotive technicians need to understand what **capacitance** means because it is an important concept in both low voltage (LV) and high voltage (HV) electrical systems. Capacitance is the ability of a material to store an electrical charge. There are three main types of capacitance:

- **Self capacitance**: This is when a single object stores electrical charge on its own, like a balloon holding static electricity.
- **Mutual capacitance**: This happens when two nearby objects affect each other's ability to hold charge, like two metal plates facing each other storing electricity between them.
- **Distributed capacitance**: This type happens when capacitance is spread out along wires or circuits, not just in one spot.

EV equipment manufacturers carefully design vehicles using special features, like double insulation on the chassis frames, to reduce the effects of distributed capacitance. Distributed capacitance happens when electrical charges spread along parts like wires or the vehicle's frame, which can cause small unwanted electrical currents. Although these design methods help lower the problem, no one has yet found a way to completely stop it.

Think of distributed capacitance like water slowly leaking through tiny cracks along a pipe. The special insulation acts like sealing tape to reduce the leaks, but it's very hard to seal every tiny crack perfectly.

Capacitancia

*Los técnicos automotrices necesitan comprender el significado de **la capacitancia**, ya que es un concepto importante tanto en sistemas eléctricos de baja tensión (BT) como de alta tensión (AT). La capacitancia es la capacidad de un material para almacenar una carga eléctrica. Existen tres tipos principales de capacitancia:*

- ***Autocapacitancia**: Se da cuando un solo objeto almacena carga eléctrica por sí mismo, como un globo que contiene electricidad estática.*

- ***Capacitancia mutua**: Se produce cuando dos objetos cercanos afectan la capacidad mutua de retener la carga, como dos placas metálicas enfrentadas que almacenan electricidad entre sí.*

- ***Capacitancia distribuida**: Este tipo ocurre cuando la capacitancia se distribuye a lo largo de cables o circuitos, no en un solo punto.*

Los fabricantes de equipos para vehículos eléctricos diseñan cuidadosamente los vehículos utilizando características especiales, como el doble aislamiento en los chasis, para reducir los efectos de la capacitancia distribuida. La capacitancia distribuida se produce cuando las cargas eléctricas se distribuyen a lo largo de piezas como cables o el chasis del vehículo, lo que puede causar pequeñas corrientes eléctricas no deseadas. Si bien estos métodos de diseño ayudan a reducir el problema, aún no se ha encontrado una manera de eliminarlo por completo.

Imagine la capacitancia distribuida como si el agua se filtrara lentamente por las pequeñas grietas de una tubería. El aislamiento especial actúa como cinta selladora para reducir las fugas, pero es muy difícil sellar cada pequeña grieta a la perfección.

Workplace Safety Procedures

In addition to personal safety, technicians must follow proper worksite protocols to maintain a safe environment for themselves and others.

- **High-Voltage Testing** – Use properly rated testing equipment to confirm voltage levels before working on HV systems.
- **Clear Communication** – Inform supervisors and team members when working with HV systems. Follow hazard communication procedures.
- **HV Placards and Warnings** – Display warning signs and high-voltage placards around the work area.
- **Safe Handling of EESS** (Electrical Energy Storage Systems) – Follow manufacturer guidelines for battery removal and handling. Store batteries in designated, insulated areas.
- **Charging Precautions** – Confirm that the vehicle is not actively charging before starting work. Follow proper lockout/tagout procedures to isolate the HV system.

Procedimientos de Seguridad en el Lugar de Trabajo

Además de la seguridad personal, los técnicos deben seguir los protocolos adecuados en el lugar de trabajo para mantener un entorno seguro para ellos mismos y los demás.

- ***Pruebas de alto voltaje*** *– utilice equipos de prueba con la clasificación adecuada para confirmar los niveles de voltaje antes de trabajar en sistemas de alta tensión.*
- ***Comunicación clara*** *– informe a los supervisores y miembros del equipo cuando trabaje con sistemas de alta tensión. Siga los procedimientos de comunicación de peligros.*
- ***Letreros y advertencias de alta tensión*** *– coloque letreros de advertencia y letreros de alto voltaje en el área de trabajo.*
- ***Manejo seguro de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica (EESS)*** *– Siga las instrucciones del fabricante para la extracción y el manejo de las baterías. Almacene las baterías en áreas designadas y aisladas.*
- ***Precauciones de carga*** *– Confirme que el vehículo no se esté cargando activamente antes de comenzar a trabajar. Siga los procedimientos adecuados de bloqueo y etiquetado para aislar el sistema de alta tensión.*

Summary / Resumen

High-voltage systems in EVs present serious risks that require strict safety measures and proper training. Wearing the correct PPE, conducting personal safety audits, and maintaining safe worksite procedures are essential for protecting yourself and others from injury. Careful preparation and consistent adherence to safety guidelines will ensure that you can confidently and safely work with HV systems in electric vehicles.

Los sistemas de alto voltaje en vehículos eléctricos presentan graves riesgos que requieren medidas de seguridad estrictas y una capacitación adecuada. Usar el EPI correcto, realizar auditorías de seguridad personal y mantener procedimientos seguros en el lugar de trabajo son esenciales para protegerse y proteger a los demás de lesiones. Una preparación minuciosa y el cumplimiento constante de las normas de seguridad le garantizarán trabajar con sistemas de alto voltaje en vehículos eléctricos con confianza y seguridad.

QUIZ / PRUEBA

1. **What voltage level is considered high voltage (HV) in electric vehicles?**

a) Over 25 volts
b) Over 50 volts
c) Over 100 volts
d) Over 500 volts

1. ***¿Qué nivel de voltaje se considera alto voltaje (AT) en vehículos eléctricos?***

a) Más de 25 voltios
b) Más de 50 voltios
c) Más de 100 voltios
d) Más de 500 voltios

2. **Which CAT classification applies to most high-voltage EV systems?**

a) CAT 1
b) CAT 2
c) CAT 3 and CAT 4
d) CAT 5

2. ***¿Qué clasificación CAT se aplica a la mayoría de los sistemas de vehículos eléctricos de alto voltaje?***

a) CAT 1
b) CAT 2
c) CAT 3 y CAT 4
d) CAT 5

3. **Why are non-synthetic, fire-resistant clothes required when working with HV systems?**
a) They are more comfortable

b) They prevent ignition or melting in case of an arc flash
c) They are better for cold weather
d) They improve grip when working with tools

QUIZ / PRUEBA

3. ***¿Por qué se requiere ropa no sintética resistente al fuego al trabajar con sistemas de alta tensión?***

a) Son más cómodas
b) Evitan la ignición o la fusión en caso de arco eléctrico
c) Son mejores para climas fríos
d) Mejoran el agarre al trabajar con herramientas

4. **What is the purpose of a hot stick?**

a) To test for voltage
b) To tighten electrical connectors
c) To remove a person or object from an HV circuit in an emergency
d) To check battery charge levels

4. **¿Cuál es el propósito de una pértiga?**

a) Para comprobar el voltaje
b) Para apretar conectores eléctricos
c) Para retirar a una persona u objeto de un circuito de alta tensión en caso de emergencia
d) Para comprobar el nivel de carga de la batería

5. **What should you do during a personal safety audit before working on an EV?**

a) Remove metal objects like jewelry and belt buckles
b) Wear synthetic clothing for better comfort
c) Keep your cell phone in your pocket for emergencies
d) Meditate for 10 minutes or longer

5. ***¿Qué debe hacer durante una auditoría de seguridad personal antes de trabajar en un vehículo eléctrico?***

a) Quítese los objetos metálicos como joyas y hebillas de cinturón
b) Use ropa sintética para mayor comodidad
c) Guarde su teléfono celular en el bolsillo para emergencias
d) Medite durante 10 minutos o más

QUIZ / PRUEBA

6. **Why should someone with a pacemaker avoid working around HV circuits?**

a) They may overheat
b) Electromagnetic fields can interfere with medical devices
c) They may get shocked more easily
d) Their heart rate may increase

6. **¿Por qué una persona con marcapasos debería evitar trabajar cerca de circuitos de alta tensión?**

a) Pueden sobrecalentarse
b) Los campos electromagnéticos pueden interferir con los dispositivos médicos
c) Pueden recibir descargas eléctricas con mayor facilidad
d) Su frecuencia cardíaca puede aumentar

7. **What is the correct procedure for handling an Electrical Energy Storage System (EESS)?**

a) Disconnect the battery without testing voltage
b) Follow manufacturer guidelines and store batteries in insulated areas
c) Keep the system active for quicker testing
d) Handle batteries with bare hands for better grip

7. ***¿Cuál es el procedimiento correcto para manipular un Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (EESS)?***

a) Desconectar la batería sin comprobar el voltaje
b) Seguir las instrucciones del fabricante y almacenar las baterías en áreas aisladas
c) Mantener el sistema activo para una prueba más rápida
d) Manipule las baterías con las manos descubiertas para un mejor agarre

QUIZ / PRUEBA

8. **What is the purpose of displaying high-voltage warning signs around the work area?**

a) To meet legal requirements
b) To label the vehicle's power rating
c) To organize the workspace
d) To warn technicians and ensure safety awareness

8. ***¿Cuál es el propósito de colocar señales de advertencia de alto voltaje alrededor del área de trabajo?***

a) Cumplir con los requisitos legales
b) Identificar la potencia nominal del vehículo
c) Organizar el espacio de trabajo
d) Advertir a los técnicos y garantizar la seguridad

CHAPTER 7 / CAPÍTULO 7
EV OPERATION & MAINTENANCE
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Electric vehicle (EV) maintenance presents unique challenges due to the lack of universal service standards across manufacturers. Unlike traditional fuel-based vehicles, EVs rely on manufacturer-specific systems and protocols, which require specialized knowledge and tools to diagnose and service effectively.

El mantenimiento de vehículos eléctricos (VE) presenta desafíos únicos debido a la falta de estándares de servicio universales entre los fabricantes. A diferencia de los vehículos tradicionales de combustible, los VE se basan en sistemas y protocolos específicos del fabricante, que requieren conocimientos y herramientas especializadas para un diagnóstico y mantenimiento eficaces.

Fortunately, most battery BEVs and FCEVs require less frequent maintenance compared to gas-powered cars. In addition, advances in diagnostic technology, such as telematics and digital sampling oscilloscopes (DSOs), have made it easier for technicians to identify and fix issues.

Afortunadamente, la mayoría de los VE de batería y los VE de célula de combustible requieren un mantenimiento menos frecuente en comparación con los vehículos de gasolina. Además, los avances en la tecnología de diagnóstico, como la telemática y los osciloscopios de muestreo digital (OSD), han facilitado a los técnicos la identificación y solución de problemas.

Safety Precautions When Servicing EVs / Precauciones de Seguridad al Realizar el Mantenimiento de Vehículos Eléctricos

Servicing an EV comes with unique safety risks due to the high voltage involved and the quiet nature of electric drivetrains. Since EVs move silently, technicians need to take extra precautions to avoid accidents in the shop. Before working on an EV, always follow these steps:

El mantenimiento de un vehículo eléctrico conlleva riesgos de seguridad únicos debido al alto voltaje y al silencio de los sistemas de propulsión eléctricos. Dado que los vehículos eléctricos son silenciosos, los técnicos deben tomar precauciones adicionales para evitar accidentes en el taller. Antes de trabajar en un vehículo eléctrico, siga siempre estos pasos:

1. ***Place the gear selector in Park*** – Ensure the vehicle is fully stopped and secure. / ***Coloque el selector de marchas en Estacionamiento*** *– Asegúrese de que el vehículo esté completamente detenido y seguro.*

2. ***Chock the wheels*** *– Place wedges around the front and rear wheels to prevent movement. /* ***Calce las ruedas*** *– coloque cuñas alrededor de las ruedas delanteras y traseras para evitar que se muevan.*

3. ***Remove the ignition key or FOB*** – Keep the key at least 16 feet (5 meters) away from the vehicle to prevent accidental startup. */* ***Retire la llave de encendido o FOB*** *– mantenga la llave al menos a 16 pies (5 metros) de distancia del vehículo para evitar el arranque accidental.*

4. ***Apply Lockout Tagout (LOTO) procedures*** – LOTO ensures that all dangerous systems are powered off and cannot be accidentally activated during servicing. */* ***Aplicar procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO)*** *– LOTO garantiza que todos los sistemas peligrosos estén apagados y no se puedan activar accidentalmente durante el mantenimiento.*

CHAPTER 7 / CAPÍTULO 7
EV OPERATION & MAINTENANCE
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

LOTO (Lockout/Tagout) is a safety process used to control the release of dangerous energy from both stationary and mobile machinery and equipment. It is used to manage high electrical energy, as well as thermal energy that can cause fires or explosions. LOTO also helps control chemical energy, which includes exposure to harmful chemicals and toxins. Mechanical energy, such as energy from gravity or stored power, is another type of energy managed through LOTO. Additionally, it is important for controlling fluid power, including leftover hydraulic and pneumatic pressure. LOTO also addresses the risks associated with the loss of fluid power, like when hydraulic or pneumatic pressure suddenly drops. Finally, LOTO procedures are used during tire repair to ensure safety when removing tires and handling pressurized air.

LOTO devices should be hard to remove and only taken off following the right steps. Some examples of these devices are tags with the technician's name and phone number, and special keys kept in lockboxes that only the technician can access—this is useful when several parts of a vehicle need to be locked. You can also use switches that turn off the battery or electrical power and lock them with tags. Other helpful devices are covers that lock the steering wheel so it can't move, cable locks that wrap around parts and tighten like a belt, and big warning signs that explain why the machine is being worked on.

For example, if a mechanic is fixing the brakes and the battery is disconnected and locked with a tag showing their name, no one else can accidentally turn the power back on until the mechanic is done and removes the lock.

El bloqueo y etiquetado (LOTO) *es un proceso de seguridad que se utiliza para controlar la liberación de energía peligrosa de maquinaria y equipos, tanto fijos como móviles. Se utiliza para gestionar la alta energía eléctrica, así como la energía térmica que puede provocar incendios o explosiones. El LOTO también ayuda a controlar la energía química, que incluye la exposición a sustancias químicas y toxinas nocivas. La energía mecánica, como la energía de la gravedad o la energía almacenada, es otro tipo de energía que se gestiona mediante el LOTO. Además, es importante para controlar la potencia de los fluidos, incluida la presión hidráulica y neumática residual. El LOTO también aborda los riesgos asociados con la pérdida de potencia de los fluidos, como cuando la presión hidráulica o neumática cae repentinamente. Por último, los procedimientos LOTO se utilizan durante la reparación de neumáticos para garantizar la seguridad al desmontarlos y manipular aire presurizado.*

Los dispositivos LOTO *deberían ser difíciles de quitar y solo deben retirarse siguiendo los pasos correctos. Algunos ejemplos de estos dispositivos son las etiquetas con el nombre y el número de teléfono del técnico, y las llaves especiales guardadas en cajas de seguridad a las que solo el técnico puede acceder; esto es útil cuando es necesario cerrar varias partes de un vehículo. También puede usar interruptores que apaguen la batería o la corriente eléctrica y bloquearlas con etiquetas. Otros dispositivos útiles son las cubiertas que bloquean el volante para que no se mueva, los candados de cable que se enrollan alrededor de las piezas y se ajustan como un cinturón, y los grandes letreros de advertencia que explican por qué se está trabajando en la máquina.*

Por ejemplo, si un mecánico está reparando los frenos y la batería está desconectada y bloqueada con una etiqueta con su nombre, nadie más puede volver a encender el vehículo accidentalmente hasta que el mecánico termine y retire el candado.

Telematics Systems in Modern EVs
Sistemas Telemáticos en Vehículos Eléctricos Modernos

Telematics systems send data to enable real-time communication between the vehicle, the manufacturer, and infrastructure. This allows for better performance monitoring, more efficient repairs, and even remote repairs.

Los sistemas telemáticos envían datos para facilitar la comunicación en tiempo real entre el vehículo, el fabricante y la infraestructura. Esto permite una mejor monitorización del rendimiento, reparaciones más eficientes e incluso reparaciones remotas.

Types of Telematics:

1. **Vehicle-to-Infrastructure (V2I)**:
   - The vehicle sends data about its performance, including battery health, temperature, and power output, to the manufacturer's data center.
   - Technicians can receive real-time updates about potential issues before they become critical.
2. **Infrastructure-to-Vehicle (I2V)**:
   - Manufacturers can send updates, fixes, and performance optimizations directly to the vehicle.
   - Remote software updates and calibrations can resolve some issues without requiring a service visit.

Tipos de telemática:

1. *Vehículo a infraestructura (V2I)*:
   - *El vehículo envía datos sobre su rendimiento, incluyendo el estado de la batería, la temperatura y la potencia de salida, al centro de datos del fabricante.*
   - *Los técnicos pueden recibir actualizaciones en tiempo real sobre posibles problemas antes de que se vuelvan críticos.*
2. *Infraestructura a vehículo (I2V)*:
   - *Los fabricantes pueden enviar actualizaciones, correcciones y optimizaciones de rendimiento directamente al vehículo.*
   - *Las actualizaciones y calibraciones de software remotas pueden resolver algunos problemas sin necesidad de una visita de servicio.*

Telematics Systems in Modern EVs
Sistemas Telemáticos en Vehículos Eléctricos Modernos

Example:
An EV's battery system constantly monitors voltage and temperature using sensing lines. If an abnormal reading is detected, the system sends a signal through the **CAN (Controller Area Network)** to the **V2I** system. A manufacturer can diagnose the problem remotely and, in some cases, apply a fix via an **I2V** update.

Ejemplo:
El sistema de batería de un vehículo eléctrico monitoriza constantemente el voltaje y la temperatura mediante líneas de detección. Si se detecta una lectura anormal, el sistema envía una señal a través de ***la CAN (Red de Área del Controlador)*** *al sistema* ***V2I****. El fabricante puede diagnosticar el problema remotamente y, en algunos casos, aplicar una solución mediante una actualización* ***I2V****.*

Diagnostic Tools for EV Maintenance
Herramientas de Diagnóstico Para el Mantenimiento de Vehículos Eléctricos

When an EV is brought into the shop with an electrical issue, technicians rely on a range of tools to diagnose the problem. / *Cuando se lleva un vehículo eléctrico al taller con un problema eléctrico, los técnicos confían en una variedad de herramientas para diagnosticar el problema.*

Scan Tools and EST (Electrical Service Tools):

- These tools interface with the vehicle's onboard computer to read diagnostic trouble codes (DTCs).
- Scans provide a starting point for identifying electrical problems.

Herramientas de escaneo y EST (Herramientas de servicio eléctrico):

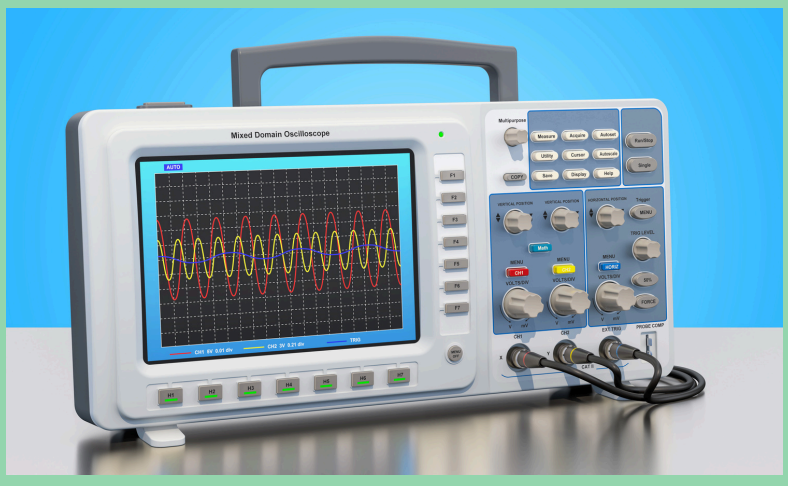
- *Estas herramientas interactúan con la computadora de a bordo del vehículo para leer los códigos de diagnóstico de problemas (DTC).*
- *Los escaneos proporcionan un punto de partida para identificar problemas eléctricos.*

Digital Sampling Oscilloscope (DSO):

- DSOs display electrical signals as waveforms, helping technicians detect issues that aren't visible through standard scan tools.
- High-speed DSOs can reveal problems with voltage spikes, grounding issues, and signal noise.
- The PicoScope is the industry-standard DSO due to its accuracy and comprehensive waveform library.
- Unlike basic scan tools, PicoScope can diagnose hidden faults that might not trigger error codes.

Osciloscopio de muestreo digital (DSO):

- *Los DSO muestran señales eléctricas como formas de onda, lo que ayuda a los técnicos a detectar problemas que no son visibles con las herramientas de escaneo estándar.*
- *Los DSO de alta velocidad pueden revelar problemas con picos de voltaje, problemas de conexión a tierra y ruido de señal.*



- *El PicoScope es el DSO estándar de la industria gracias a su precisión y su completa biblioteca de formas de onda.*
- *A diferencia de las herramientas de escaneo básicas, PicoScope puede diagnosticar fallas ocultas que podrían no generar códigos de error.*

Diagnostic Tools for EV Maintenance
Herramientas de Diagnóstico Para el Mantenimiento de Vehículos Eléctricos

Example / Ejemplo:

If a battery module is underperforming, a scan tool may only show a vague error code. A DSO, however, can capture the actual waveform of the module's electrical signal, showing irregularities that point to a grounding issue or voltage drop.

Si un módulo de batería presenta un rendimiento deficiente, es posible que un escáner solo muestre un código de error impreciso. Sin embargo, un DSO puede capturar la forma de onda real de la señal eléctrica del módulo, mostrando irregularidades que indican un problema de conexión a tierra o una caída de voltaje.

Summary / Resumen

Maintaining and repairing EVs requires specialized knowledge and tools. Safety is the top priority—technicians must follow strict procedures to prevent injury and accidental vehicle movement. Telematics systems enable real-time communication between vehicles and manufacturers, making it easier to detect and address performance issues. Diagnostic tools such as scan tools and DSOs help uncover and resolve electrical faults that standard diagnostics might miss.

El mantenimiento y la reparación de vehículos eléctricos requieren conocimientos y herramientas especializados. La seguridad es nuestra máxima prioridad: los técnicos deben seguir procedimientos estrictos para evitar lesiones y el movimiento accidental del vehículo. Los sistemas telemáticos permiten la comunicación en tiempo real entre vehículos y fabricantes, lo que facilita la detección y solución de problemas de rendimiento. Las herramientas de diagnóstico, como los escáneres y los DSO, ayudan a detectar y resolver fallos eléctricos que los diagnósticos estándar podrían pasar por alto.

By mastering these foundational skills, you'll be well-equipped to diagnose, repair, and maintain electric vehicles safely and effectively.

Al dominar estas habilidades fundamentales, estará bien preparado para diagnosticar, reparar y mantener vehículos eléctricos de forma segura y eficaz.

QUIZ / PRUEBA

1. **What is the purpose of the Lockout Tagout (LOTO) procedure when servicing an EV?**

a) To prevent the vehicle from rolling away
b) To ensure the vehicle's high-voltage systems are safely powered down
c) To check the vehicle's battery charge level
d) To reset the vehicle's onboard computer

1. ***¿Cuál es el propósito del procedimiento de bloqueo y etiquetado (LOTO) al realizar el mantenimiento de un vehículo eléctrico?***

a) Evitar que el vehículo se desplace
b) Garantizar que los sistemas de alto voltaje del vehículo se apaguen de forma segura
c) Comprobar el nivel de carga de la batería
d) Reiniciar la computadora de a bordo del vehículo

2. **How does Vehicle-to-Infrastructure (V2I) telematics help technicians maintain EVs?**

a) By increasing battery capacity
b) By allowing real-time data sharing about vehicle performance with manufacturers
c) By reducing the vehicle's energy consumption
d) By improving the vehicle's acceleration

2. ***¿Cómo ayuda la telemática de vehículo a infraestructura (V2I) a los técnicos en el mantenimiento de los vehículos eléctricos?***

a) Aumentando la capacidad de la batería
b) Permitiendo compartir datos en tiempo real con los fabricantes sobre el rendimiento del vehículo
c) Reduciendo el consumo de energía del vehículo
d) Mejorando la aceleración del vehículo

QUIZ / PRUEBA

3. **What is the primary advantage of using a digital sampling oscilloscope (DSO) over a standard scan tool?**

a) It can be used without manufacturer software
b) It provides real-time performance updates to the driver
c) It captures and displays electrical waveforms to diagnose hidden faults
d) It reduces the time needed to charge an EV

3. ***¿Cuál es la principal ventaja de usar un osciloscopio de muestreo digital (DSO) en comparación con un escáner estándar?***

a) Se puede usar sin el software del fabricante.
b) Proporciona actualizaciones de rendimiento en tiempo real al conductor.
c) Captura y muestra formas de onda eléctricas para diagnosticar fallas ocultas.
d) Reduce el tiempo necesario para cargar un vehículo eléctrico.

4. **Why is it important to remove the ignition key or FOB at least 16 feet (5 meters) away from an EV during servicing?**

a) To prevent accidental startup of the vehicle
b) To ensure accurate telematics communication
c) To discharge the battery
d) To reset the vehicle's performance settings

4. ***¿Por qué es importante retirar la llave de encendido o el llavero a distancia al menos a 5 metros (16 pies) de un vehículo eléctrico durante el mantenimiento?***

a) Para evitar el arranque accidental del vehículo.
b) Para garantizar una comunicación telemática precisa.
c) Para descargar la batería.
d) Para restablecer la configuración de rendimiento del vehículo.

QUIZ / PRUEBA

5. **If a vehicle's battery module shows inconsistent voltage but no error code appears on the scan tool, which tool would be most useful for diagnosing the problem?**

a) Telematics system
b) Digital sampling oscilloscope (DSO)
c) Lockout Tagout (LOTO) tool
d) Wheel chock

5. ***Si el módulo de batería de un vehículo muestra un voltaje inconsistente pero no aparece ningún código de error en el escáner, ¿qué herramienta sería más útil para diagnosticar el problema?***

a) Sistema telemático.
b) Osciloscopio de muestreo digital (DSO).
c) Herramienta de bloqueo y etiquetado (LOTO).
d) Calzo para ruedas.

BIBLIOGRAPHY

Bennett, S. (2024). Electric Vehicles: A Systems Approach [Online textbook]. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, Inc. Retrieved from https://www.g-w.com

Forbes Advisor. (n.d.). Car ownership statistics. Forbes. Retrieved August 18, 2025, from https://www.forbes.com/advisor/car-insurance/car-ownership-statistics/

McKibben, B. (2022, June 9). Wrong turn: America's car culture and the road not taken. Yale Environment 360. Retrieved from https://e360.yale.edu/features/wrong-turn-americas-car-culture-and-the-road-not-taken

Tiseo, I. (2024, September 16). Global transportation sector GHG emissions 2023, by country. Statista. Retrieved August 18, 2025, from https://www.statista.com/statistics/1084166/ghg-emissions-transportation-sector-globally-by-country/

Wood, E., Borlaug, B., Moniot, M., Lee, D.-Y., Ge, Y., Yang, F., & Liu, Z. (2023). The 2030 National Charging Network: Estimating U.S. Light-Duty Demand for Electric Vehicle Charging Infrastructure (NREL Report No. OSTI-85654). National Renewable Energy Laboratory. Retrieved from https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85654.pdf

California Air Resources Board. (2025). Advanced Clean Cars II. Retrieved August 18, 2025, from https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-cars-program/advanced-clean-cars-ii

Dlouhy, J. (2024, March 21). Jennifer Dlouhy on new tailpipe mandate and its impact on middle American voters [Video]. Bloomberg Radio, via YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=N98CtwsWrr8

Wood, E., Borlaug, B., Moniot, M., Lee, D.-Y., Ge, Y., Yang, F., & Liu, Z. (2023, June). The 2030 National Charging Network: Estimating U.S. Light-Duty Demand for Electric Vehicle Charging Infrastructure (NREL Report No. TP-5400-85654). National Renewable Energy Laboratory. https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85654.pdf

THE LEAP INSTITUTE

Visit our site for more information:
www.theleapinstitute.org

