THE LEAP INSTITUTE PRESENTS

Electric Vehicle Maintenance

Training Workbook



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

THE LEAP INSTITUTE

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.

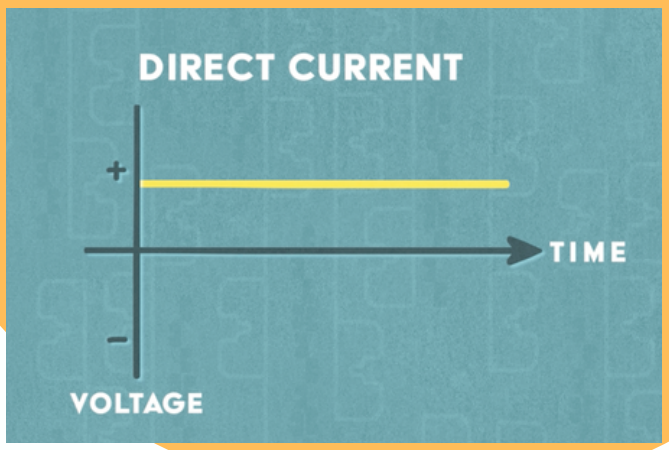
Types of Electrical Currents / Tipos de Corrientes Eléctricas

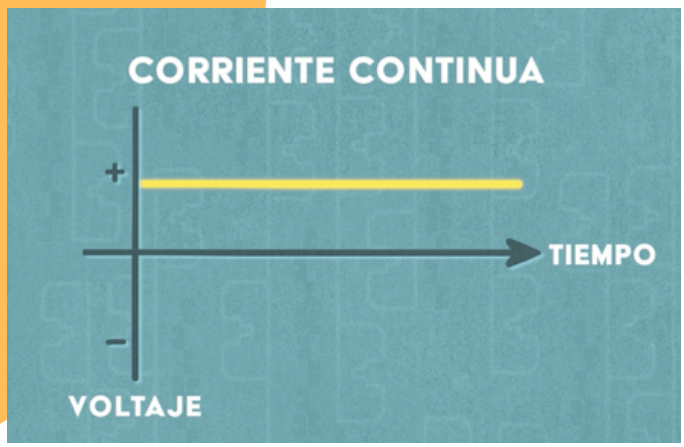
Electric vehicles (EVs) rely on two types of electrical currents: direct current (DC) and alternating current (AC).

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.

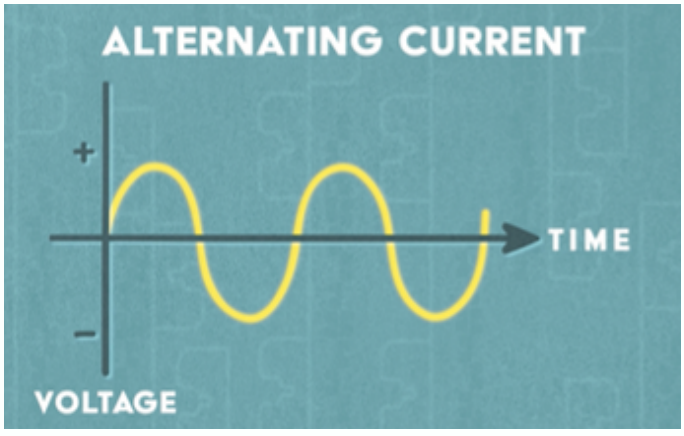
La corriente continua (CC) es un tipo de carga eléctrica que fluye en una sola dirección. Su principal ventaja es que requiere una tecnología sencilla para almacenar energía, lo que la hace ideal para su uso en baterías. Sin embargo, la CC no se utiliza con tanta frecuencia para transmitir electricidad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

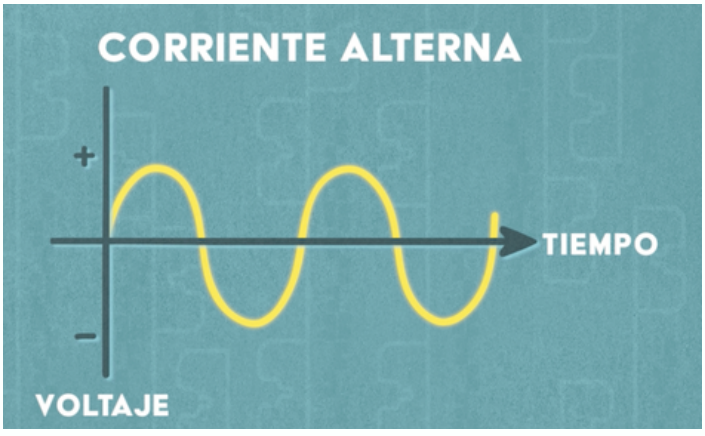




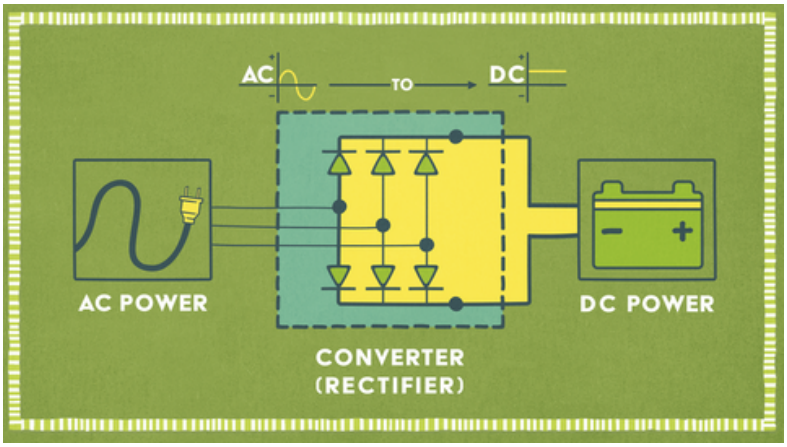
Alternating Current (AC) flows in both directions, with the current and voltage changing direction at high frequencies. AC's biggest advantage is its ability to be easily converted to higher voltages to travel over long distances with minimal energy loss. (However, recent advancements in power semiconductors 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.

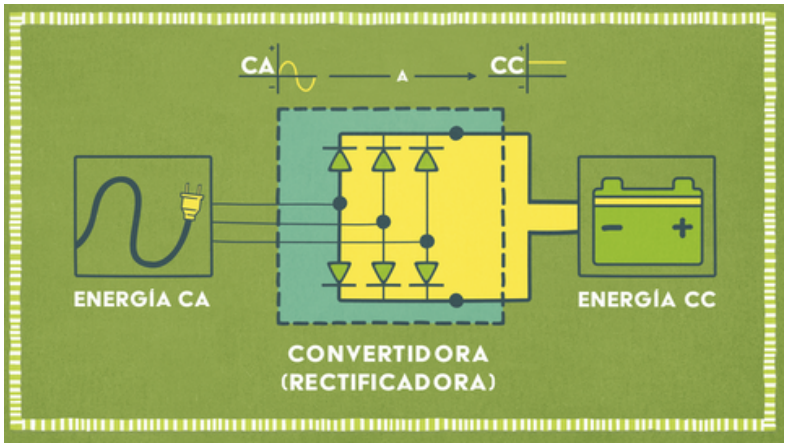
La corriente alterna (CA) *fluye en ambas direcciones, y la corriente y el voltaje cambian de dirección a altas frecuencias. La mayor ventaja de la CA es su facilidad para convertirse a voltajes más altos y así viajar largas distancias con mínima pérdida de energía. (Sin embargo, ahora existen avances 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.*



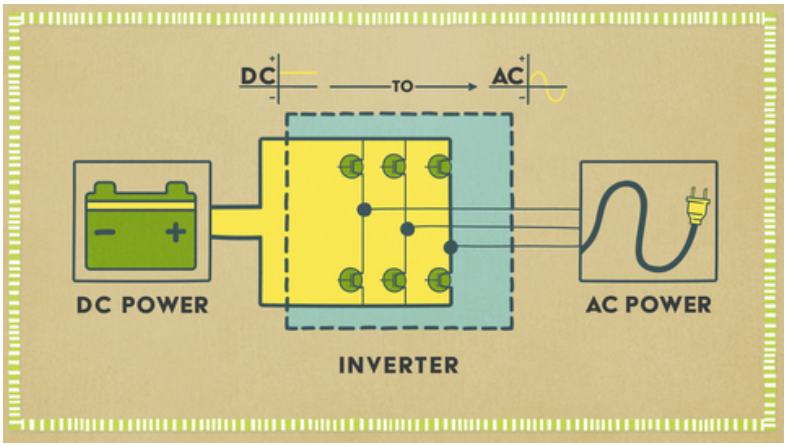


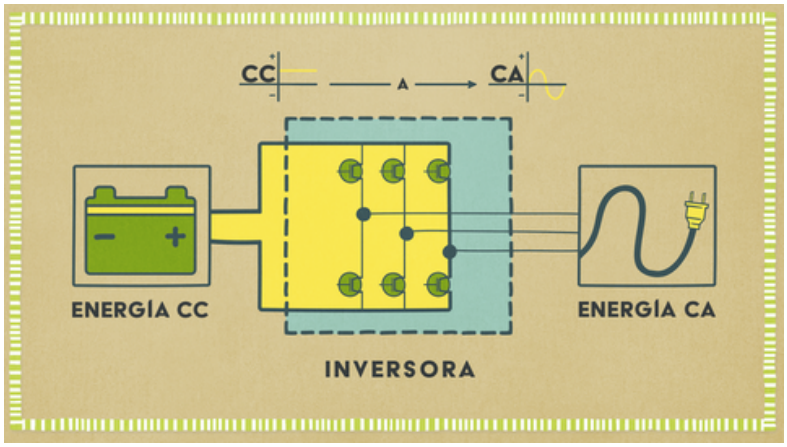
Rectification is the process of converting AC to DC power, while **inversion** is the process of converting DC back to AC power. Understanding these terms is important as they are central to how electric vehicles manage energy flow.





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

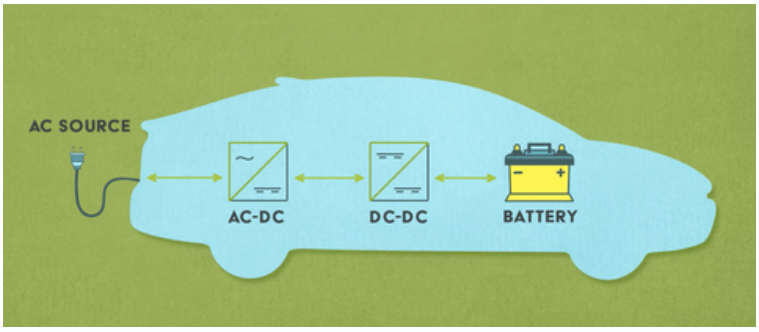
For over 100 years, cars have used energy stored in batteries to power more and more electrical systems. These systems work best with **Direct Current (DC)** because it provides a constant flow of electricity. In contrast, **Alternating Current (AC)** briefly loses a tiny amount of energy each time it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

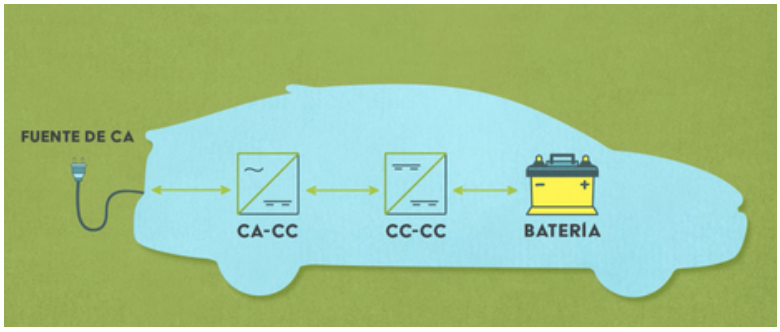
Durante más de 100 años, los automóviles han utilizado la energía almacenada en baterías para alimentar cada vez más sistemas eléctricos. Estos sistemas funcionan mejor con ***corriente continua (CC)*** *porque proporciona un flujo constante de electricidad. En cambio,* ***la corriente alterna (CA)*** *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.*

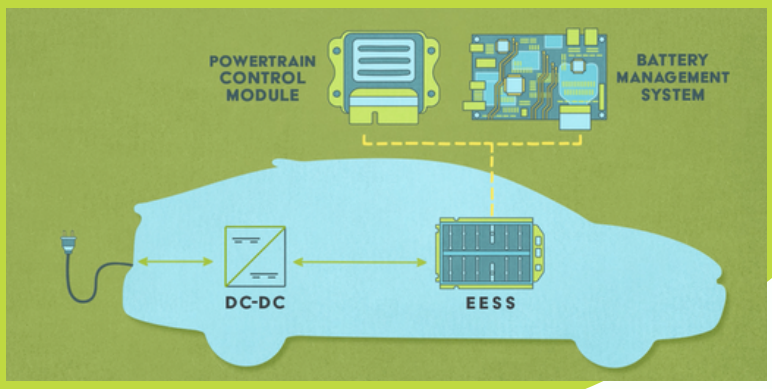


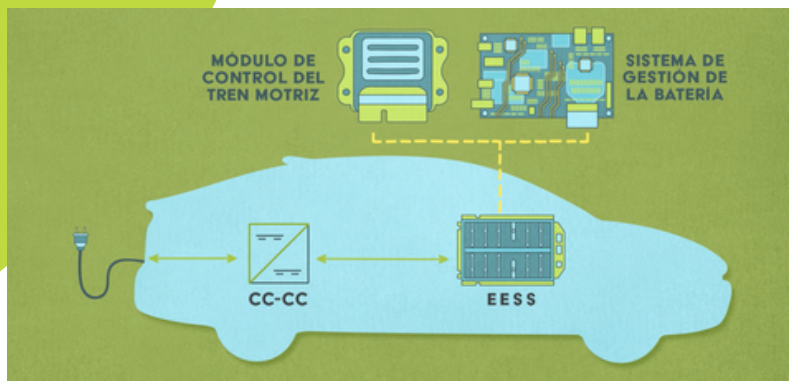


Once rectified, the DC power is routed to the **Electrical Energy Storage System (EESS).** The **EESS** includes the battery and capacitor cassettes where energy is stored. Managing this stored energy requires two key components: the **Powertrain Control Module (PCM)** and the **Battery Management System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





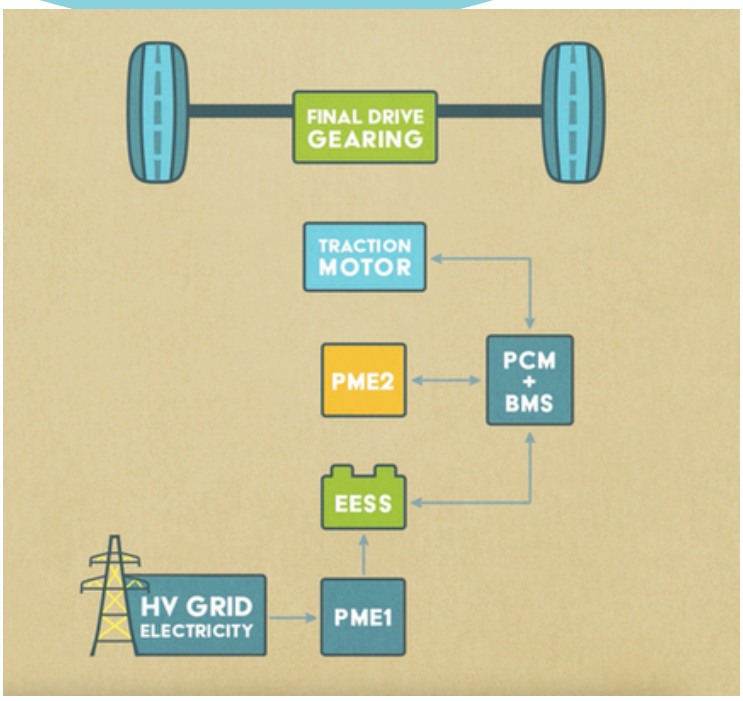
To simplify the concept, think of the **EESS** as a dam storing water. The **PCM** and **BMS** function like the mechanisms that control how much water is released and where it flows.

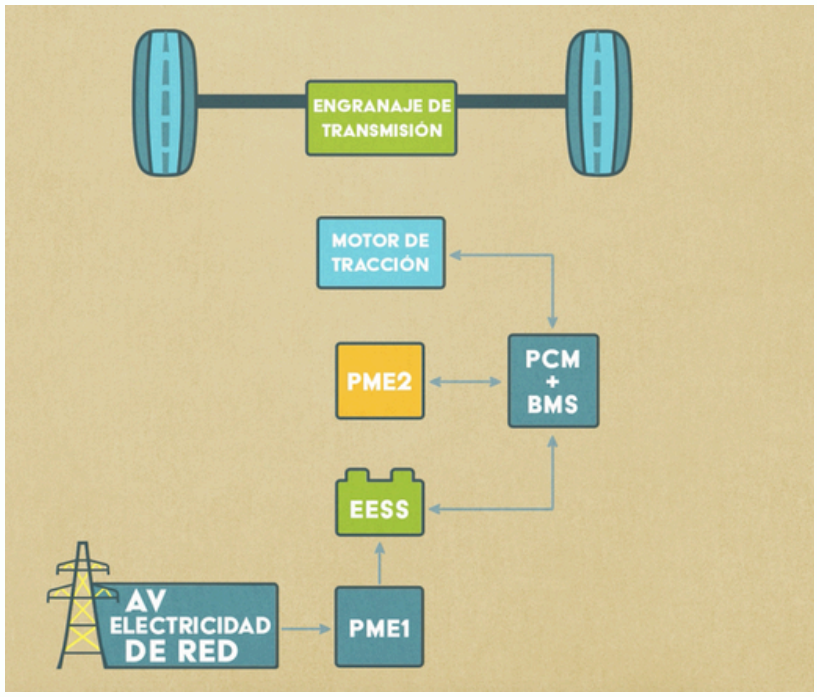
*Para simplificar el concepto, piense en el **EESS** como una presa que almacena agua. El **PCM** y el **BMS** funcionan como los mecanismos que controlan la cantidad de agua que se libera y su flujo.*

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.*

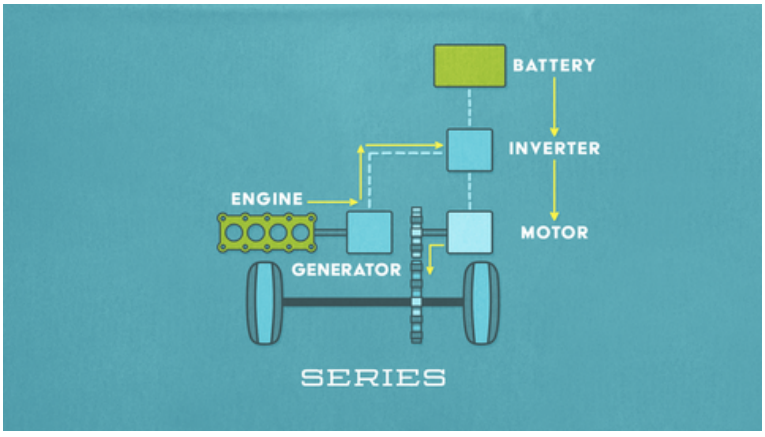
Series vs. Series-Parallel Drivetrain Configurations
Configuraciones de Transmisión en Serie vs. en Serie-Paralelo

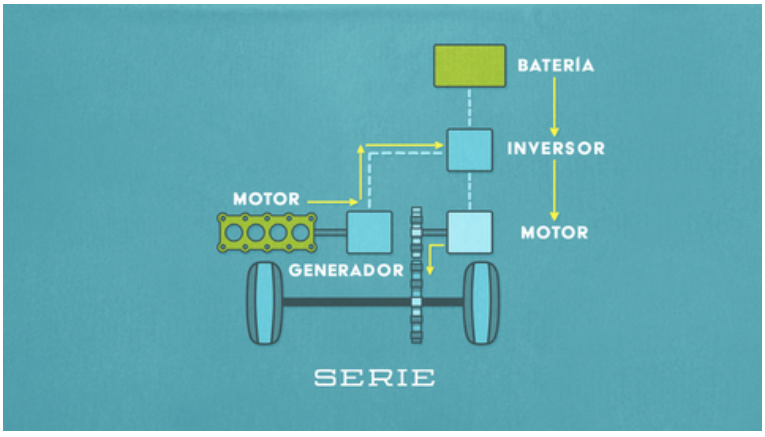
Drivetrain configurations in electric vehicles can be categorized as either **series** or **series-parallel**.

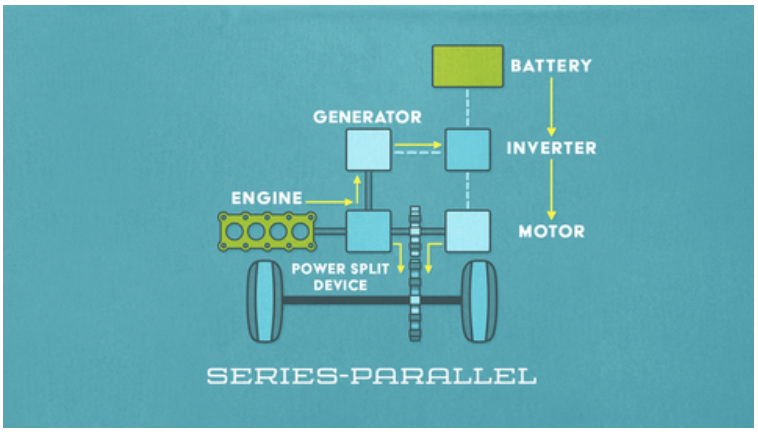
*Las configuraciones del sistema de transmisión en vehículos eléctricos se pueden clasificar como **serie** o **serie-paralelo**.*

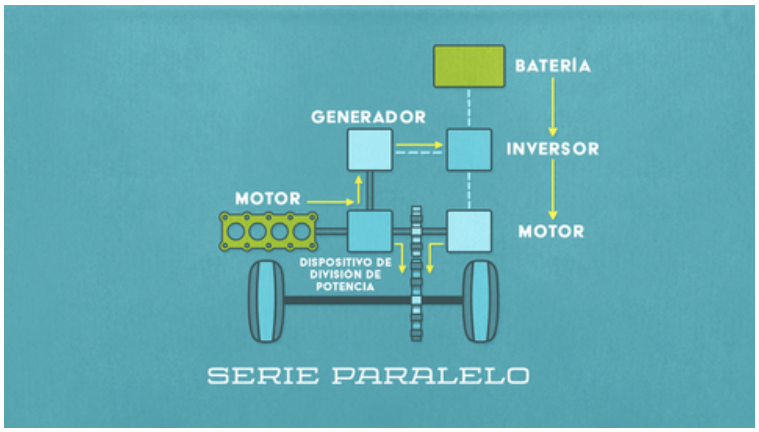
A **series drivetrain** has a single torque flow path. In this configuration, the electric motor is the sole source of driving force. Most **battery electric vehicles (BEVs)** and **fuel cell electric vehicles (FCEVs)** use a **series drivetrain** because of its simplicity and efficiency. The torque 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.*

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

