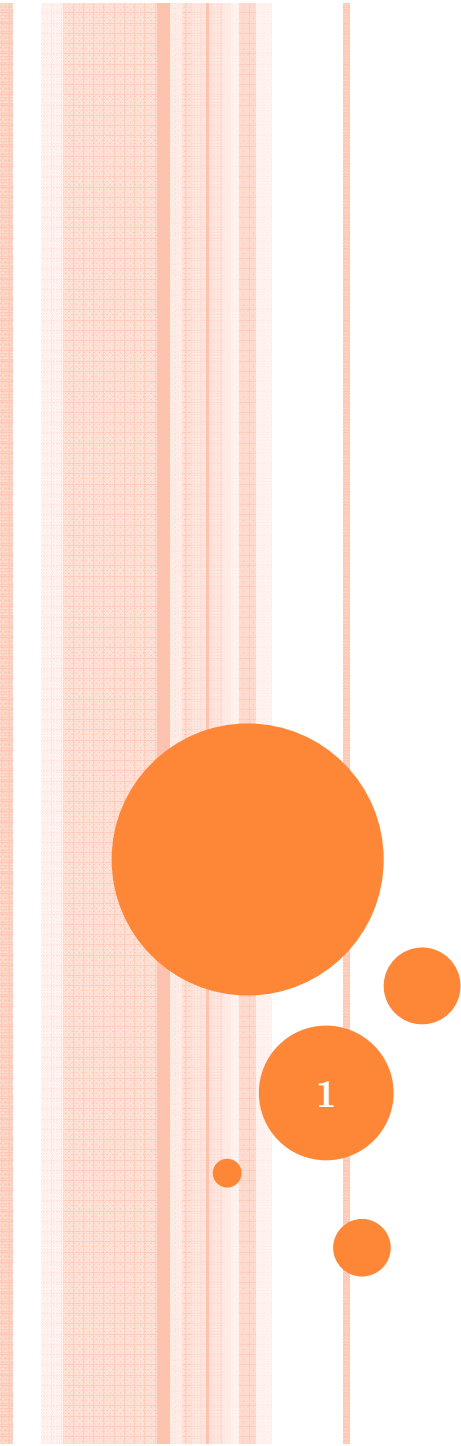




TEMA 6

Tipos de vehículo eléctrico

TIPOS DE VEHÍCULO

- **Sistema híbrido con MCI: características y modo de operación**
 - MCI + batería/supercondensador no enchufable (HEV)
 - MCI + batería/supercondensador enchufable (PHEV)
 - MCI + batería + sistema regenerativo KERS (HEV-KERS)
 - MCI + Pila de Combustible (FC-EV)
- Sistema de generación directa: características y modo de operación
 - Eléctrico puro (EV) (PEV)
 - Rango extendido (E-REV)
 - Baterías y supercondensadores: fuentes, modos y tiempo de recarga
 - Pilas de Combustible: fuentes, modos y tiempo de recarga
- Prestaciones: autonomía, consumo, ahorro energético

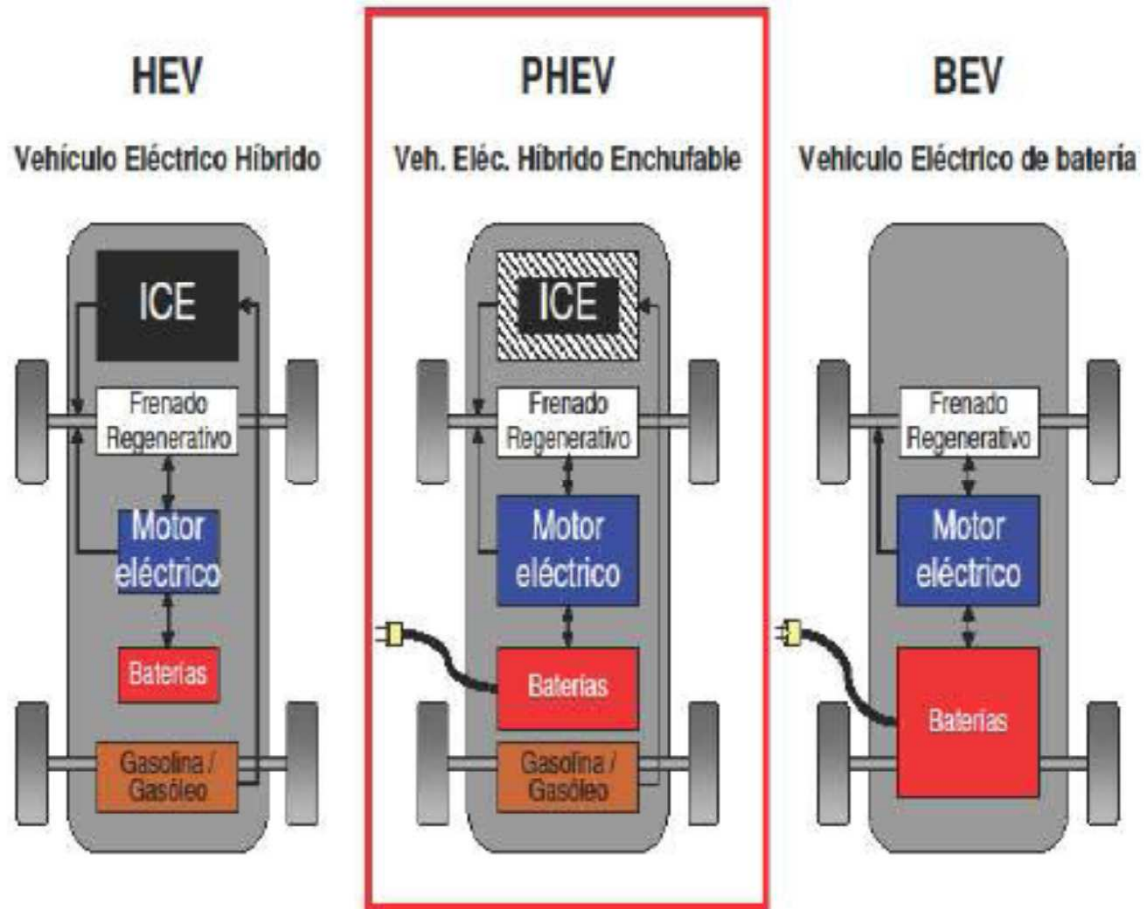
TIPOS DE VEHÍCULO

- Los vehículos eléctricos admiten múltiples combinaciones, si bien no todas están operativas hoy en día o están debidamente comercializadas
- Algunas de las posibles combinaciones son tan sólo prototipos o diseños que se están actualmente probando para el futuro
- En esta parte del curso abordaremos tanto las soluciones que están en el mercado, a día de hoy, como alguna que está operativa, pero a nivel puramente experimental

TIPOS DE VEHÍCULO

- Desde un punto de vista estructural, atendiendo a la fuente de energía los vehículos eléctricos se pueden clasificar en las siguientes categorías:
 - Híbrido con motor de combustión interna (HEV)
 - Híbrido enchufable con motor de combustión interna (PHEV)
 - Híbrido con sistema de recuperación de energía (HEV-KERS)
 - Híbrido con pila de combustible (HFC)
 - Eléctrico puro (EV)
 - Eléctrico puro con rango extendido (E-REV)
 - Pila de combustible (FCEV)

TIPOS DE VEHÍCULO



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO

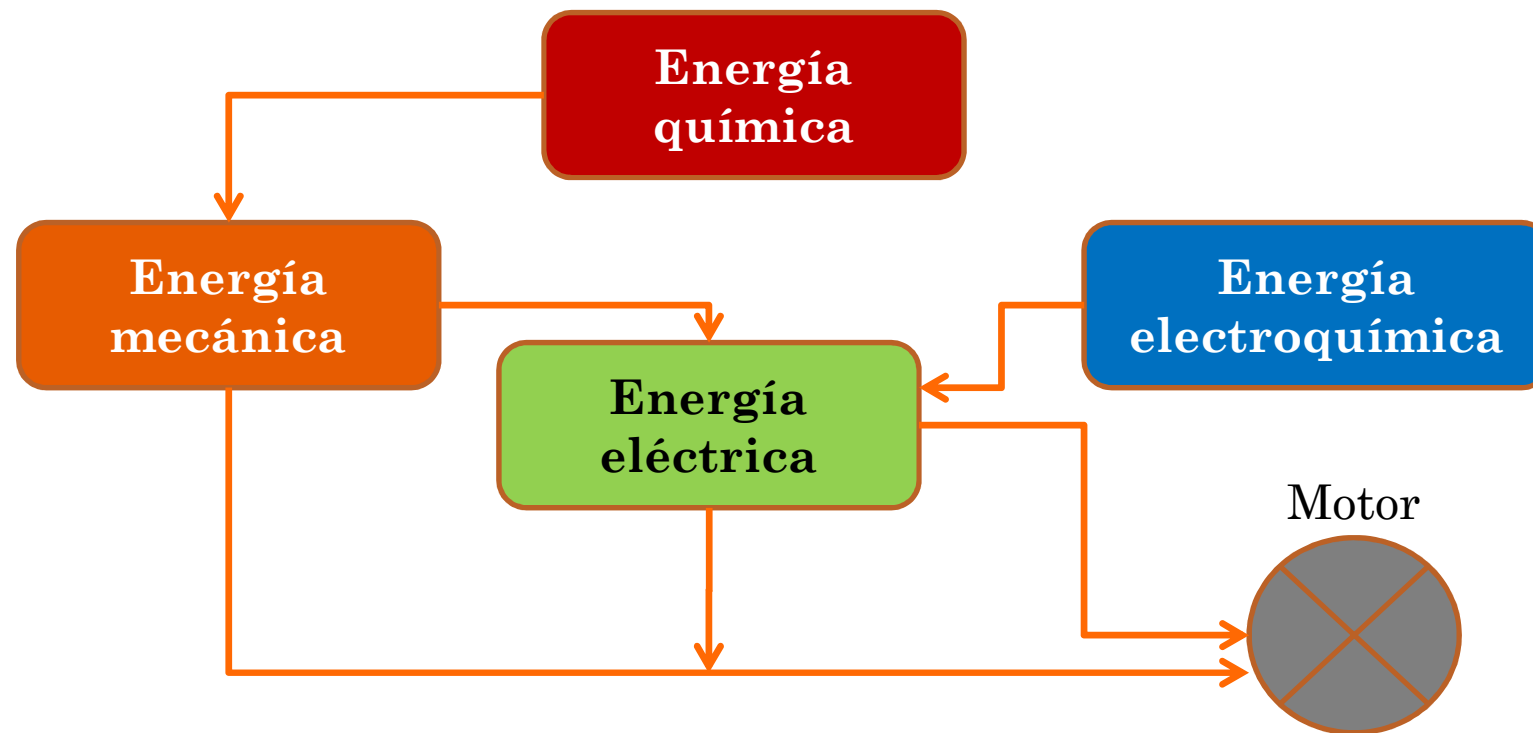
- Como se puede apreciar de la figura anterior, las diferentes configuraciones tienen estructura muy similar
 - Motor eléctrico (ME)
 - Motor de combustión interna (MCI) (*Internal Combustion Engine, ICE*) (*)
 - Sistema de freno regenerativo (KERS)
 - Batería o elemento similar (supercapacitor o pila de combustible)
 - Depósito de combustible (*)
- (*) Sólo para vehículos híbridos

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO

- La tecnología híbrida consiste en la combinación de dos o más fuentes de energía primaria para generar la fuerza motriz que propulse al vehículo
- En la tecnología híbrida se pueden combinar las siguientes fuentes de energía:
 - Energía química procedente de combustibles fósiles
 - Energía mecánica procedente de dispositivos de almacenamiento de energía mecánica
 - Energía electroquímica procedente de baterías, supercapacitores o pilas de combustible

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO

- En un sistema híbrido para vehículo eléctrico las fuentes de energía se pueden combinar de cualquier manera



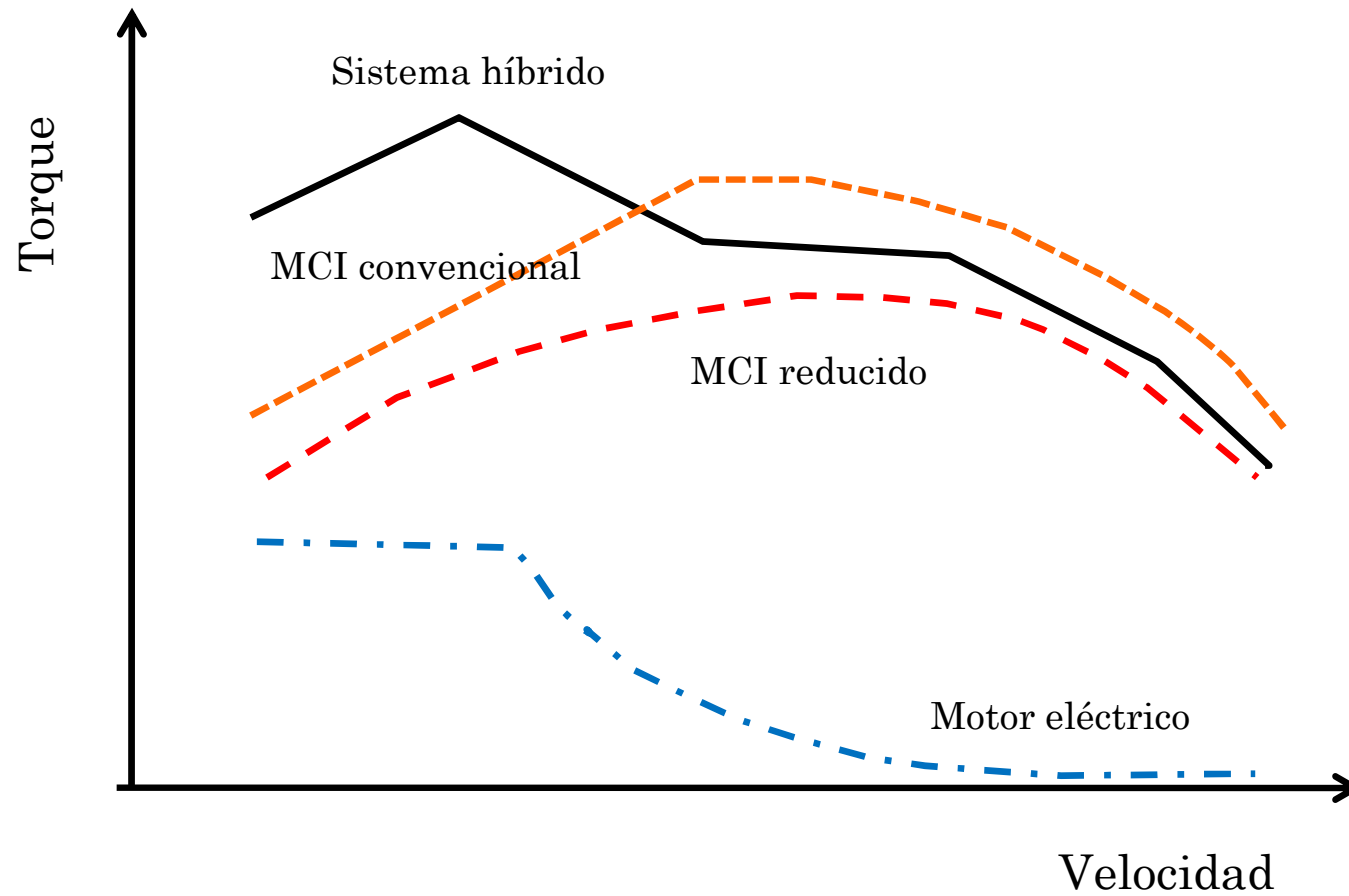
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- La tecnología de vehículo eléctrico híbrido (HEV) busca alcanzar los siguientes objetivos:
 - Reducción del consumo de combustible
 - Reducción de las emisiones de GEI, en particular CO₂
 - Aumentar el torque (par motor) y la potencia
- Para alcanzar estos objetivos se busca combinar una fuente convencional, el MCI, con un sistema que mejore la eficiencia y reduzca las emisiones de gases contaminantes
- Esto se puede conseguir con el empleo de un motor eléctrico, ME

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- El ME tiene mejor eficiencia energética que un MCI, típicamente 80% frente a 20%-30%
- El ME no genera emisiones de GEI, lo que reduce el nivel de emisiones contaminantes
- Aunque el ME tiene un par motor reducido, especialmente a altas velocidades, si se combina con un MCI el par motor se puede incrementar notablemente, al tiempo que se aumenta la potencia si ambos motores actúan de forma combinada

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- La principal ventaja de un sistema híbrido es que puede ser operado en óptimas condiciones independientemente de la velocidad
- Igualmente, se puede hacer trabajar un sistema híbrido en su punto óptimo reduciendo las emisiones de gases contaminantes sin perder prestaciones
- Se puede usar un MCI reducido, menor cubillaje, sien perder prestaciones, hibridando el MCI con un sistema de transmisión que le haga girar a menor velocidad, pero con un torque mayor

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- La forma de operar de los sistemas híbridos, en cuanto a las prestaciones, varía de unos sistemas a otros, pudiendo ser clasificados de la siguiente manera:
 - Micro híbrido
 - Híbrido ligero
 - Híbrido total
 - Híbrido enchufable
- En la siguiente tabla se muestran las principales características desde el punto de vista de las prestaciones

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

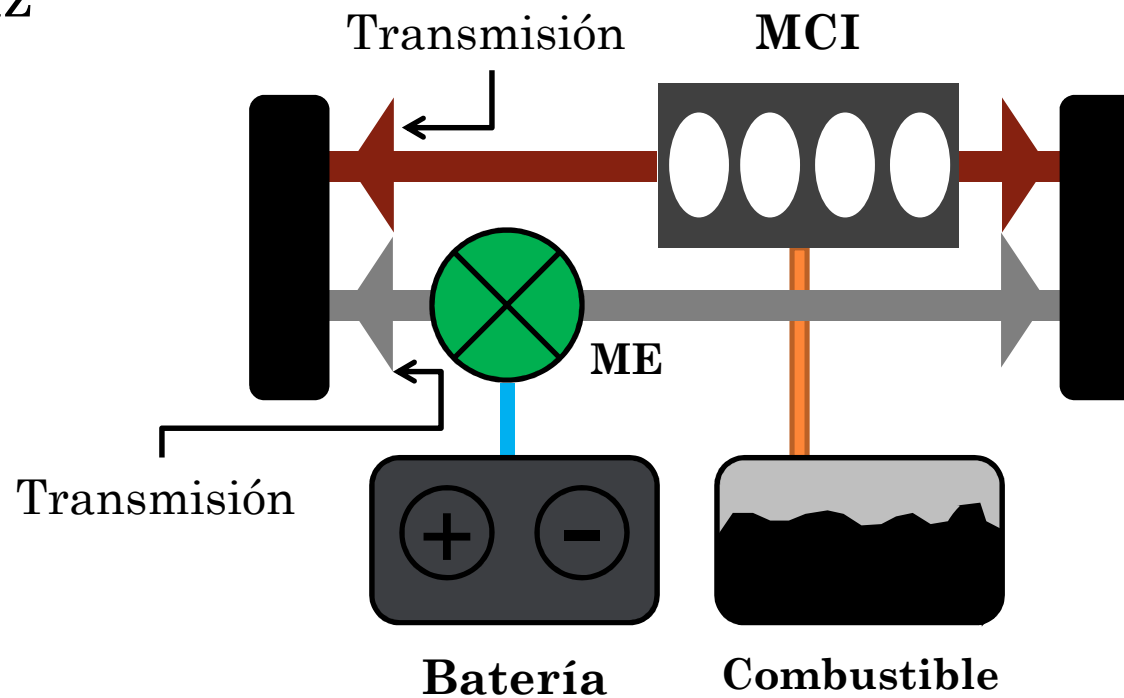
Clasificación función	Start/stop	Recuperación energía	Asistencia eléctrica	Solo eléctrico	Enchufable
Micro híbrido	SI	SI	NO	NO	NO
Híbrido ligero	SI	SI	SI	NO	NO
Híbrido total	SI	SI	SI	SI	NO
Enchufable	SI	SI	SI	SI	SI

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- El vehículo eléctrico híbrido con motor de combustión interna (MCI) es una variante del vehículo convencional que consta de dos unidades de potencia, el motor convencional y una batería
- El motor convencional de combustión interna utiliza combustible fósil, gasolina o gasóleo, en tanto que la batería emplea un sistema de tipo electroquímico
- El MCI transforma la energía química del combustible fósil en mecánica
- La batería convierte la energía química en eléctrica mediante un proceso electroquímico

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- Dado que tenemos dos tipos de energía “útil” final, mecánica y eléctrica, serían necesarios dos motores para transmitir la energía a la unidad motriz

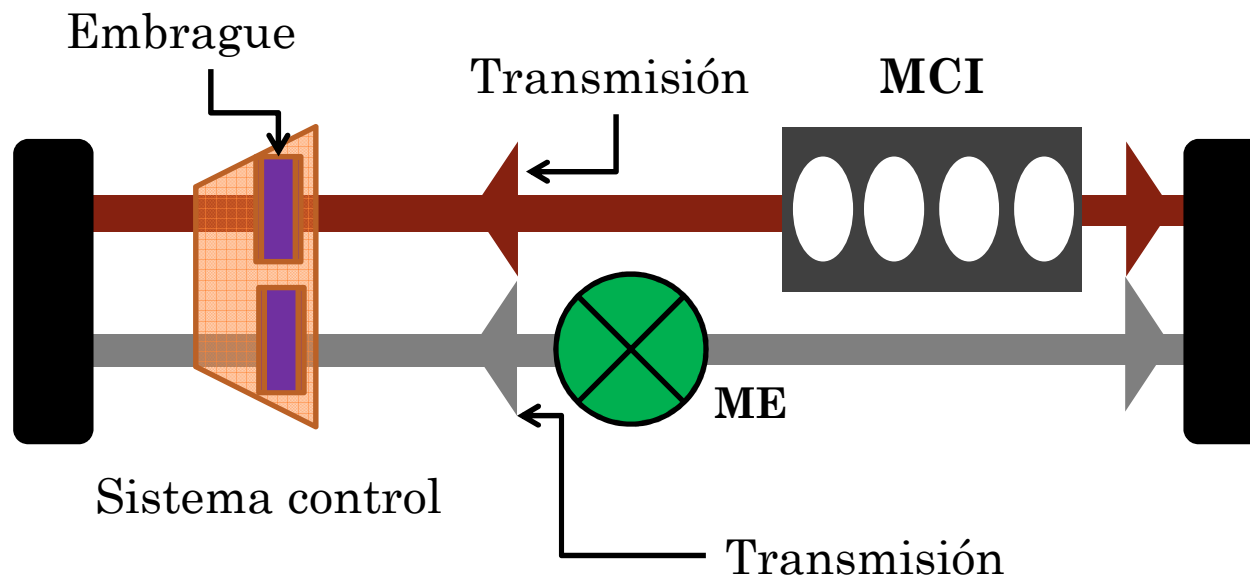


VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- Esta configuración, aunque permite utilizar los dos tipos de motores y tecnología, MCI y ME presenta el grave inconveniente de complicar el diseño
- Por otra parte, al requerir de un sistema de transmisión doble, es preciso dotar a dicho sistema de un mecanismo de sincronización entre ambos sistemas de transmisión para evitar desajustes mecánicos que puedan provocar pérdidas de energía y averías

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

- El sistema de sincronización entre engranajes requiere un embrague doble y un dispositivo de control que acople cada uno de los embragues al giro del sistema de transmisión

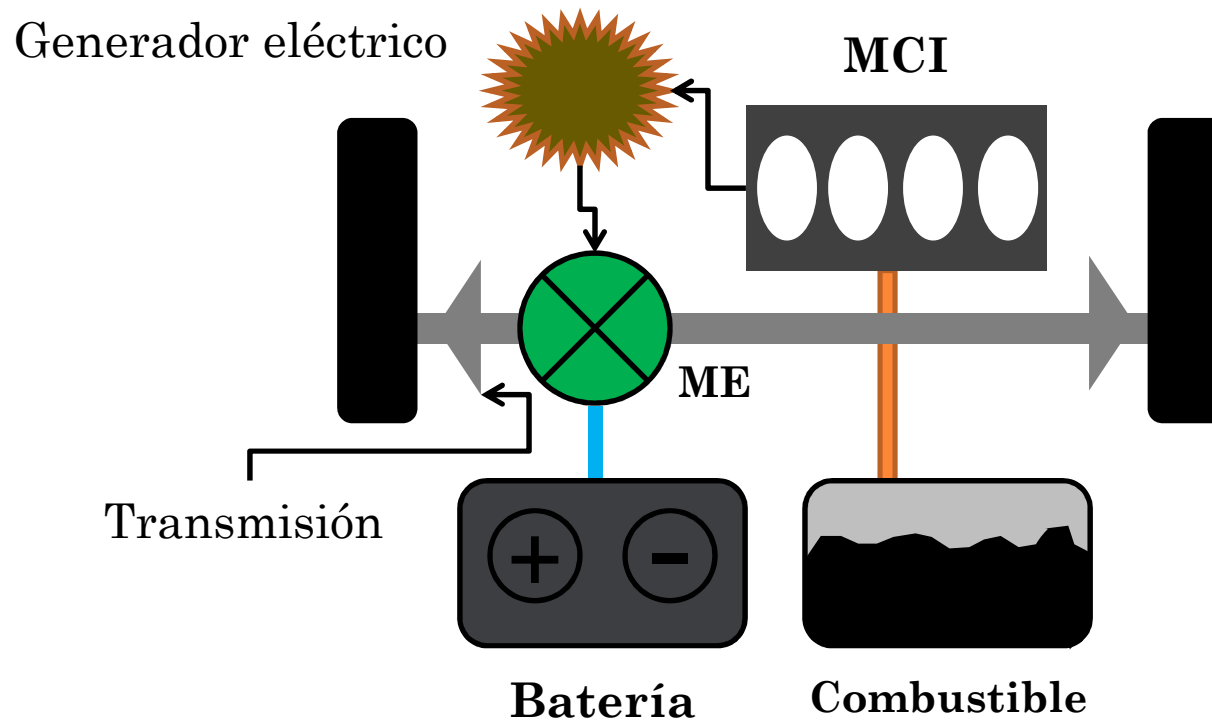


VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

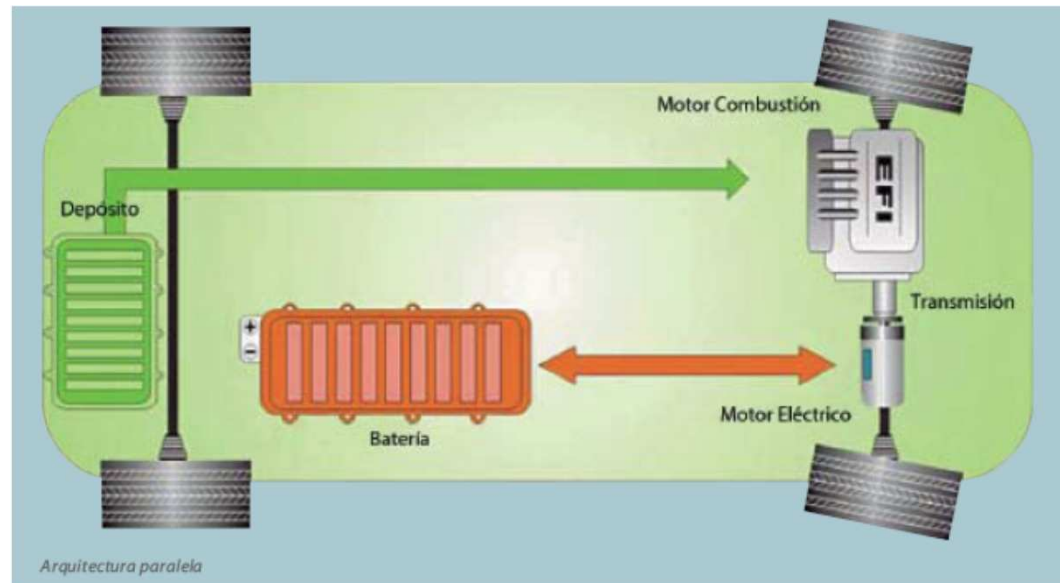
- Para conseguir esto se haría preciso trabajar con un doble sistema de embrague completamente sincronizado
- Un sistema de este tipo crea complicaciones desde el punto de vista de diseño y hace que las pérdidas de energía en el proceso de transmisión sean muy cuantiosas, por lo que su utilización no reporta grandes beneficios

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- Para evitar el uso de dos motores de distinto tipo se utiliza un generador eléctrico que transforme la energía mecánica en eléctrica



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO



Vista general de un montaje tipo paralelo

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- La configuración de motor simple que hemos descrito se corresponde con lo que se conoce como “montaje en paralelo” (*parallel hybrid*), donde tanto el MCI como el motor eléctrico están conectados entre sí en paralelo, con relación al sistema de transmisión
- El sistema trabaja análogamente a como lo haría dos generadores eléctricos, o baterías, que estuvieran conectados en paralelo entre sí

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- La estructura anterior permite el uso de un único motor aunque incorpora un generador eléctrico
- Este diseño, pese a todo, es más sencillo que utilizar dos motores y dos mecanismos de transmisión, lo que complica el diseño y tiende a generar un mayor desgaste en los elementos del sistema y, por consiguiente un mayor número de averías
- Por otra parte la tecnología de los generadores eléctricos está muy desarrollada y no presenta problemas de adaptación en un vehículo eléctrico

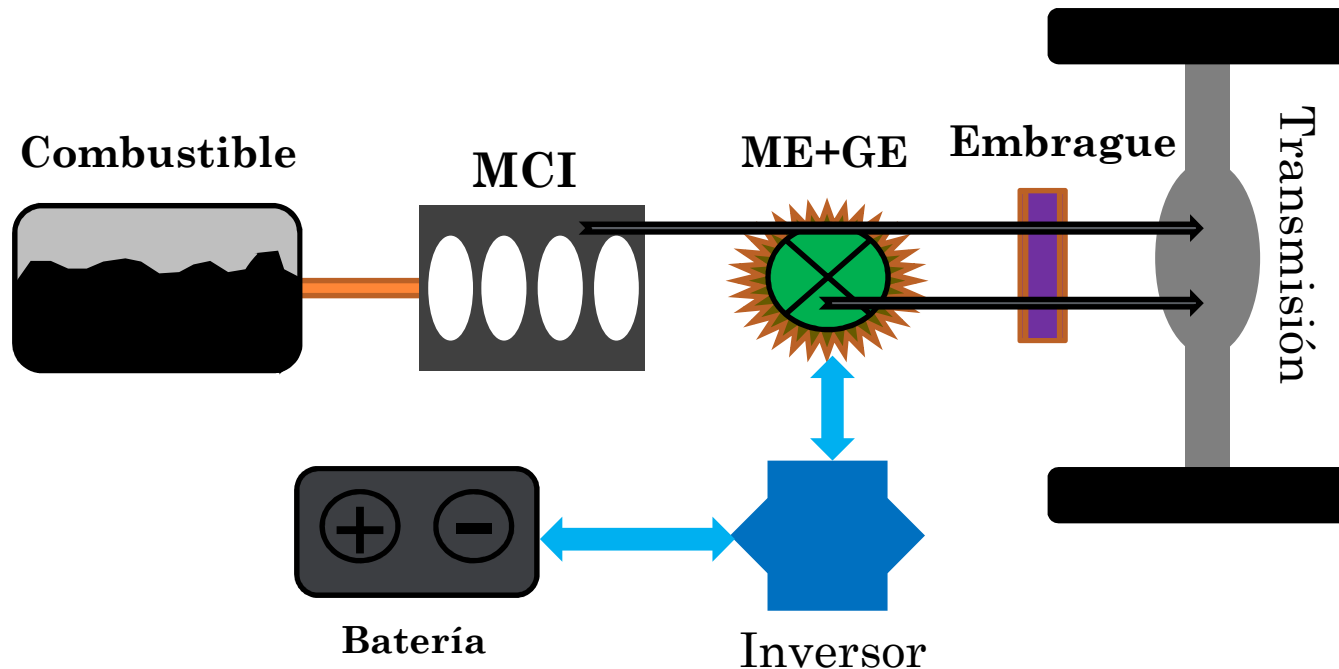
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE PARALELO

- La configuración de montaje en paralelo admite, a su vez, distintas variantes
 - Montaje paralelo con embrague simple
 - Montaje paralelo con embrague doble
 - Montaje paralelo con transmisión por doble sistema de embrague
 - Montaje paralelo con doble eje

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- Montaje paralelo con embrague simple



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

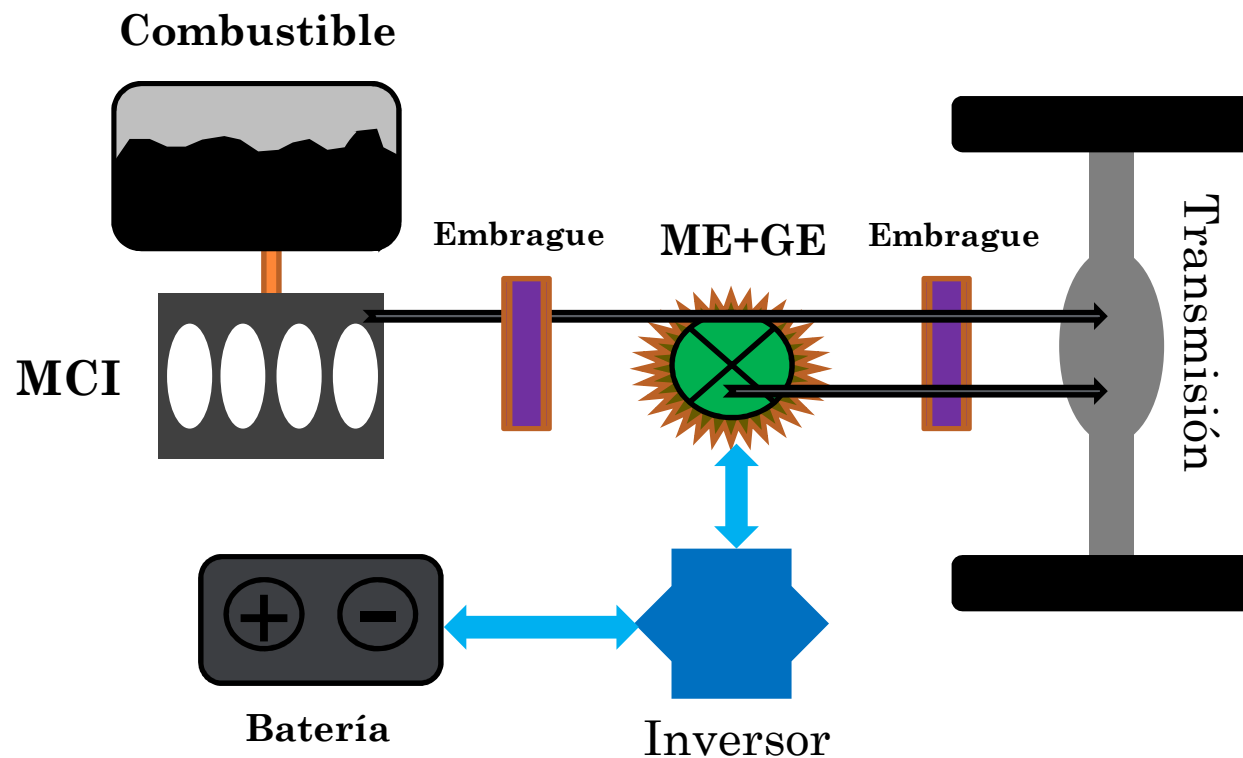
- La configuración de embrague simple permite el uso del MCI y del ME de manera independiente, pero la potencia suministrada por cada motor se aplica de forma paralela y puede ser acoplada para obtener una potencia global suma de ambas
- En esta configuración el MCI funciona de manera continua siempre que el vehículo se encuentre circulando, haciéndolo a la misma velocidad de giro que el motor eléctrico

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- La principal ventaja de esta configuración es que se puede mantener el eje de transmisión convencional
- Por otro lado, en muchos momentos se utiliza uno solo de los dos motores, por lo que el proceso de adaptación de un motor convencional a uno híbrido es sencillo y económico
- Sin embargo, debido a que el MCI puede ser desacoplado se puede llegar a producir cierta fuerza de arrastre durante el proceso de , lo que reduce la energía de recuperación
- Asimismo, el funcionamiento en modo puramente eléctrico no es posible

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- Montaje paralelo con embrague doble



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE PARALELO

- La configuración de embrague doble es un sistema más robusto que el de embrague simple
- Permite el uso del MCI y del ME de manera independiente, con el suministro de potencia en forma paralela, pudiendo ser acoplada para obtener una potencia global suma de ambas
- En esta configuración el MCI no precisa de funcionar de manera continua cuando lo hace el motor eléctrico, pudiendo ser desacoplado en caso que no sea necesario su uso

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- La principal ventaja de esta configuración es que se puede operar únicamente con el motor eléctrico
- Se utiliza un sistema de control electrónico para determinar cuál de los dos embragues entra en funcionamiento
- El MCI puede ser desacoplado durante la deceleración para aumentar la eficiencia del sistema de recuperación de energía si se lleva instalado un sistema de freno regenerativo
- El vehículo puede operar en modo “navegación” cuando se desacopla el MCI durante los procesos de deceleración

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE PARALELO

- En el modo navegación el vehículo funciona a partir de la energía de fricción y la fuerza de arrastre aerodinámica
- Cuando se opera el embrague del MCI en modo navegación, para mantener el par motor de giro, el MCI puede ser parado y arrancado usando el embrague, lo que representa un sofisticado sistema de arranque
- Para llevar a cabo todas estas funciones se instala un conjunto de sensores
- En ocasiones, se emplea un motor de arranque adicional que se acopla al sistema

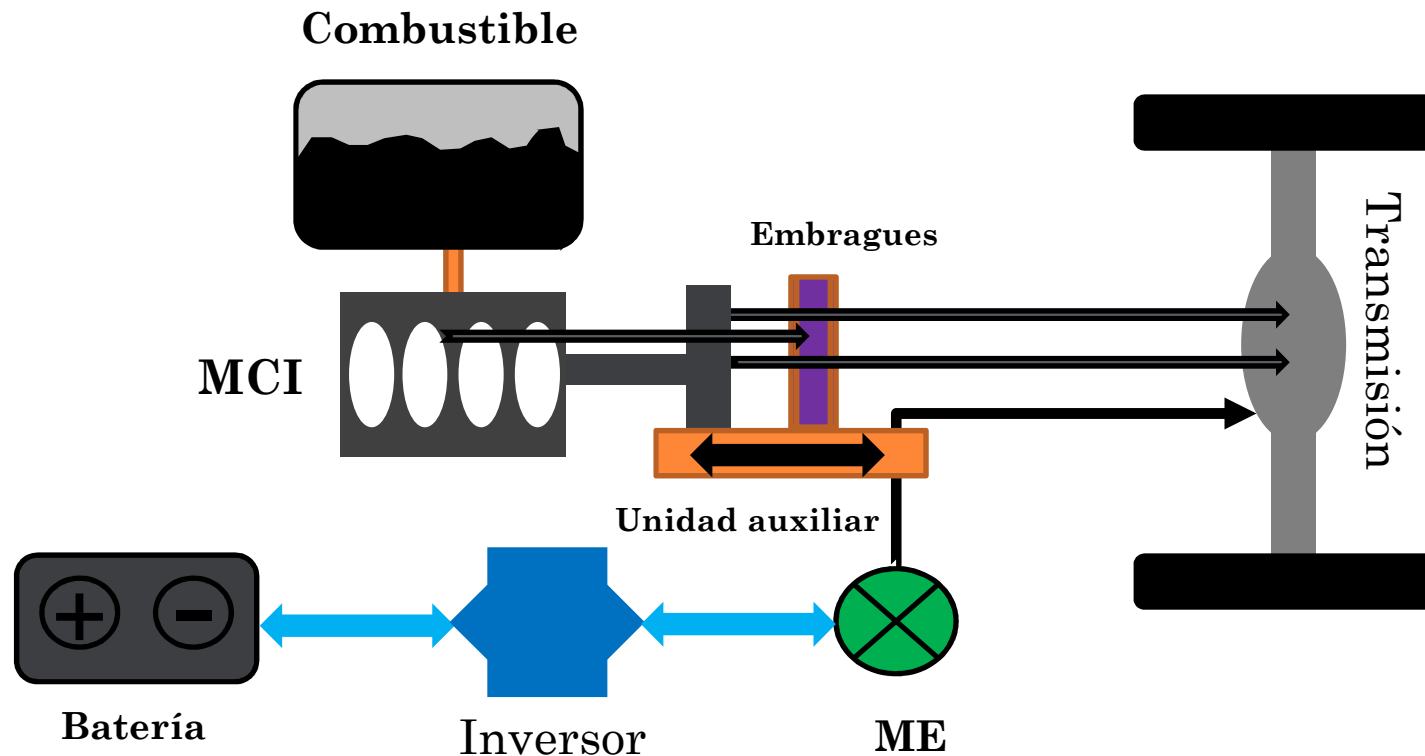
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE PARALELO

- En una configuración de doble embrague el eje de transmisión es más largo de lo habitual, lo que representa un problema en vehículos de transmisión a las cuatro ruedas (FWD)
- Este problema se soluciona utilizando el sistema de transmisión con doble sistema de embrague

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- Montaje paralelo con transmisión por doble sistema de embrague



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- En la configuración de transmisión por doble sistema de embrague el ME está conectado a una unidad auxiliar del sistema de transmisión en lugar de al cigüeñal o al volante de giro
- Este sistema de conexión se corresponde con una caja de cambios automática
- Esta configuración permite trabajar con el ME únicamente, conectando la transmisión adecuada
- Igualmente, es posible trabajar con los sistemas de energía, MCI y ME, en paralelo

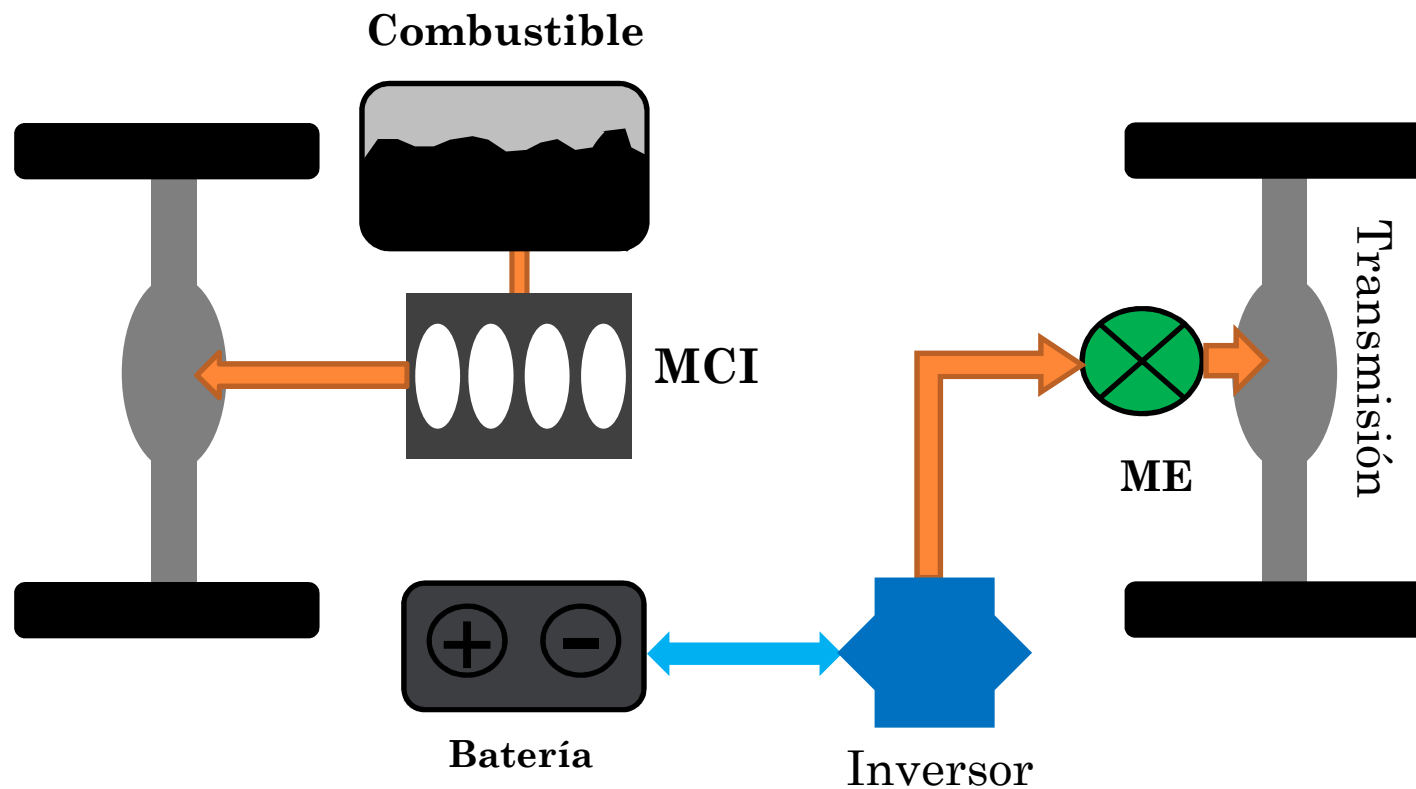
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE PARALELO

- La relación de engranajes entre el MCI y el Se me puede controlar mediante un sistema de control apropiado
- La configuración de transmisión por doble sistema de embrague requiere, al igual que la de doble embrague, un sofisticado sistema de control y sensores y actuadores para manejar el sistema

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE PARALELO

- Montaje paralelo de doble eje



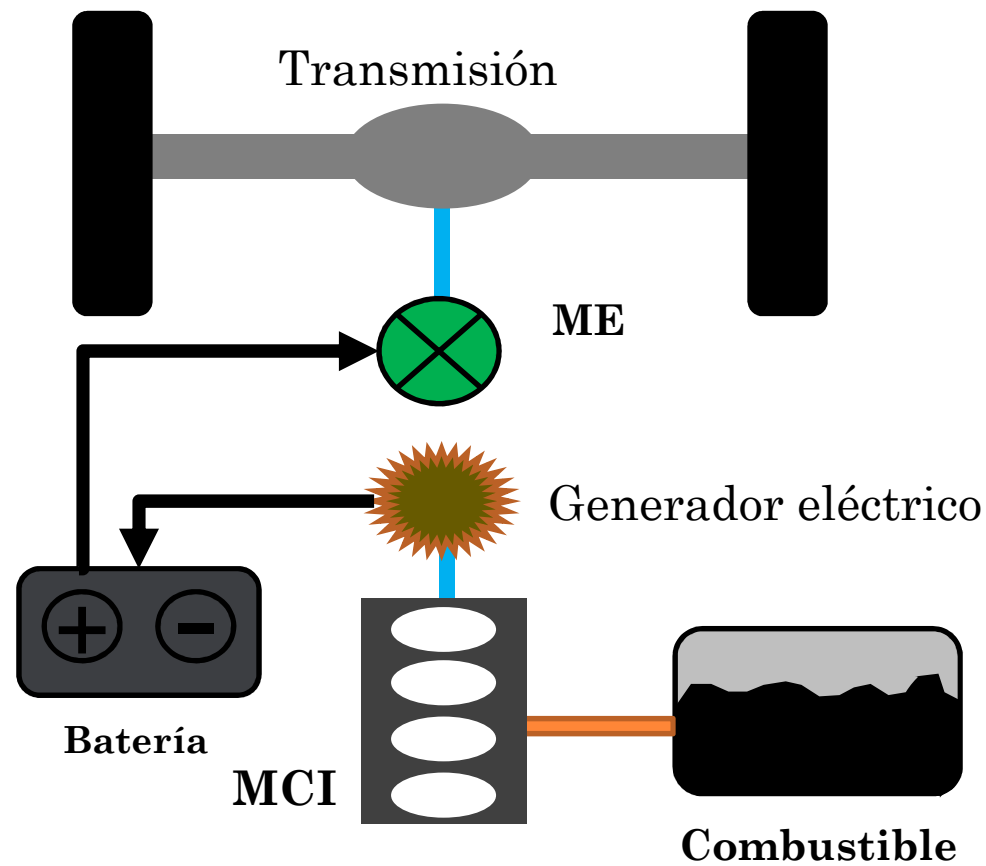
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE PARALELO

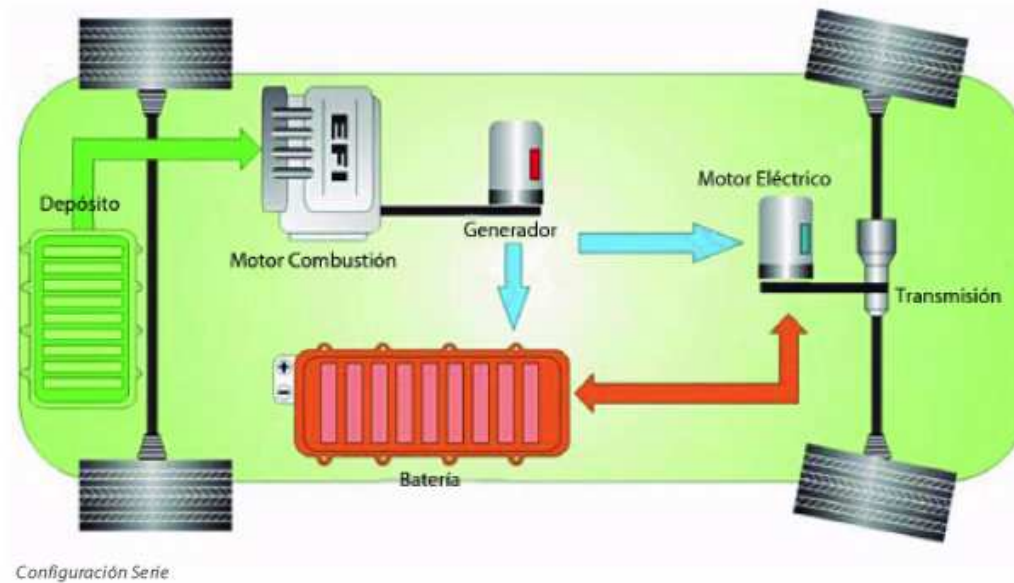
- En la configuración de doble eje, ambos motores trabajan en paralelo aunque actúen sobre ejes diferentes
- El sistema de transmisión es semiautomático
- Esta configuración requiere de un sistema de arranque/parada (start/stop)
- El MCI puede ser completamente desacoplado
- Cuando la batería está completamente cargada puede suministrar energía a ambos ejes
- Para asegurar este tipo de funcionamiento se equipa al sistema con un generador eléctrico adicional acoplado al MCI

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE SERIE

- La configuración serie adopta la siguiente estructura



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE SERIE



Vista general de un montaje tipo serie

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE SERIE

- En la configuración serie el MCI mueve un generador eléctrico (alternador) que carga la batería
- La batería suministra energía al ME
- El ME es el responsable de mover el vehículo actuando sobre el sistema de transmisión
- La configuración serie no necesita un sistema de transmisión convencional ya que dispone de espacio suficiente para el sistema conjunto, incluida una batería de mayor tamaño

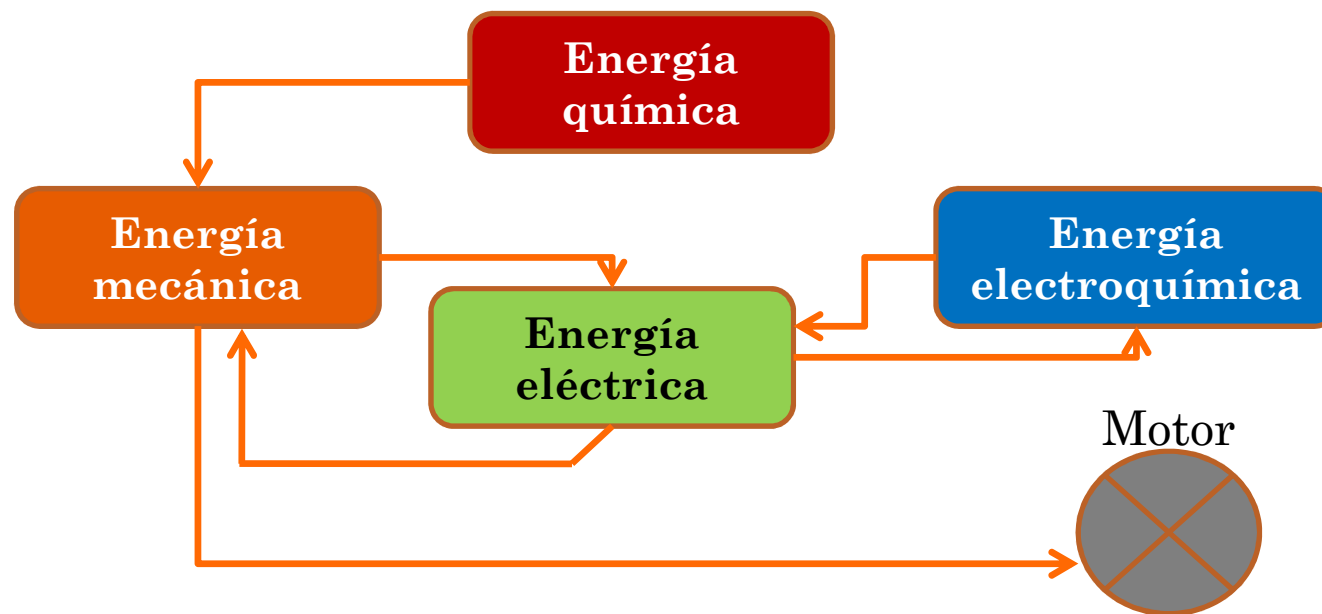
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE SERIE

- El MCI puede ser optimizado en su funcionamiento haciendo que funcione en un cierto rango de revoluciones únicamente
- Esta configuración no requiere de un sistema de arranque/parada de forma obligatoria, dado que este dispositivo apenas afecta el modo de conducción, lo que hace que el sistema de control sea menos sofisticado y caro
- El principal inconveniente de esta configuración es la pérdida de eficiencia en la conversión de energía

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE SERIE

- La eficiencia global de conversión energética en este tipo de sistemas es menor porque se hace preciso una doble transformación y, en ocasiones, hasta tres conversiones



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE SERIE

- Como es fácil comprobar, el proceso requiere convertir energía química del MCI en energía mecánica, la cual ha de ser convertida en energía eléctrica para ser reconvertida en energía mecánica de nuevo antes de ser transferida al eje
- Por otra parte, si tenemos que cargar la batería la energía mecánica hay que transformarla en energía eléctrica que se debe transformar en energía electroquímica, la cual debe ser convertida luego en energía eléctrica para ser convertida finalmente en energía mecánica

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE SERIE

- Todos estos procesos hacen que la eficiencia energética del sistema disminuya
- La pérdida de eficiencia es compensada haciendo trabajar el MCI en su punto óptimo
- Otra ventaja adicional es el hecho de no existir conexión mecánica entre el MCI y los ejes de transmisión, lo que ahorra energía y compensa la pérdida de eficiencia

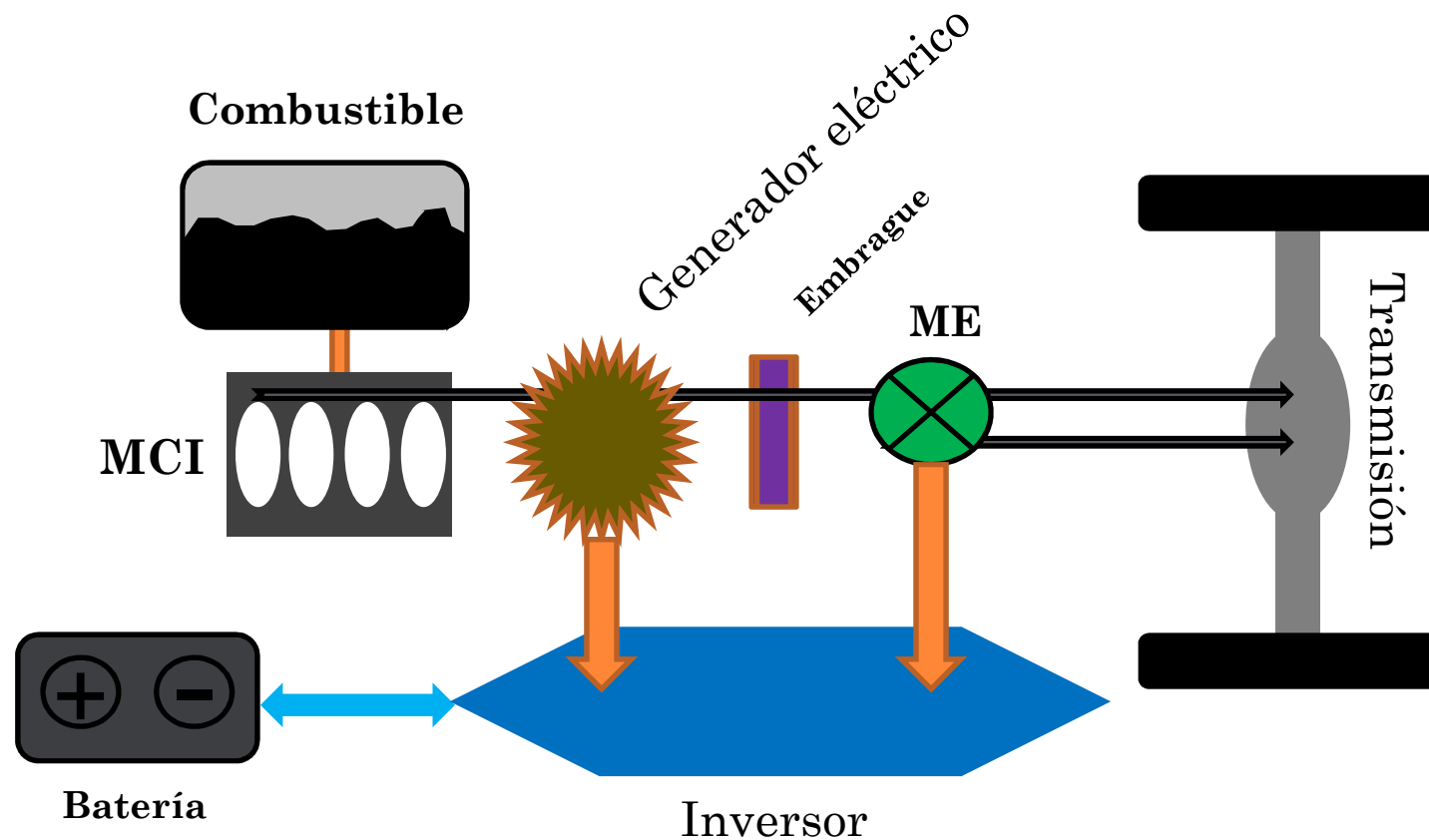
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE SERIE

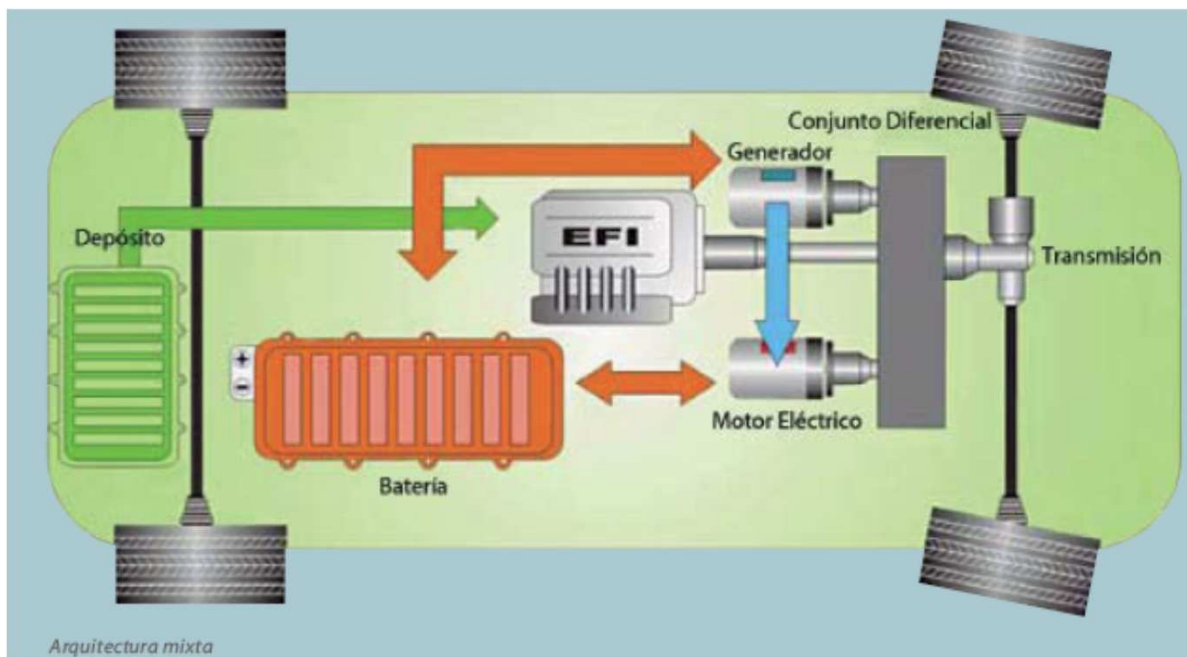
- Este tipo de configuración es más útil en vehículos de gran tamaño y capacidad, como autobuses y trenes
- Sin embargo, en la actualidad comienza a emplearse en vehículos eléctricos de rango extendido (E-REV)
- En este caso, el vehículo funciona en modo puramente eléctrico, pero se utiliza un pequeño MCI para la carga de la batería y así poder extender el rango de distancia recorrida

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE SERIE-PARALELO

- Montaje serie-paralelo



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE SERIE-PARALELO



Vista general de un montaje
tipo serie-paralelo

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE SERIE-PARALELO

- La configuración serie-paralelo es una extensión del montaje serie con la adición de un embrague que se puede conectar mecánicamente al motor y al generador eléctrico
- Esta configuración elimina la doble conversión de energía mecánica-eléctrica y viceversa excepto en algunos rangos de velocidad
- Por el contrario, la mejora de la eficiencia que tiene el sistema serie se pierde a consecuencia de la necesidad del acoplamiento mecánico entre el MCI y el eje de transmisión

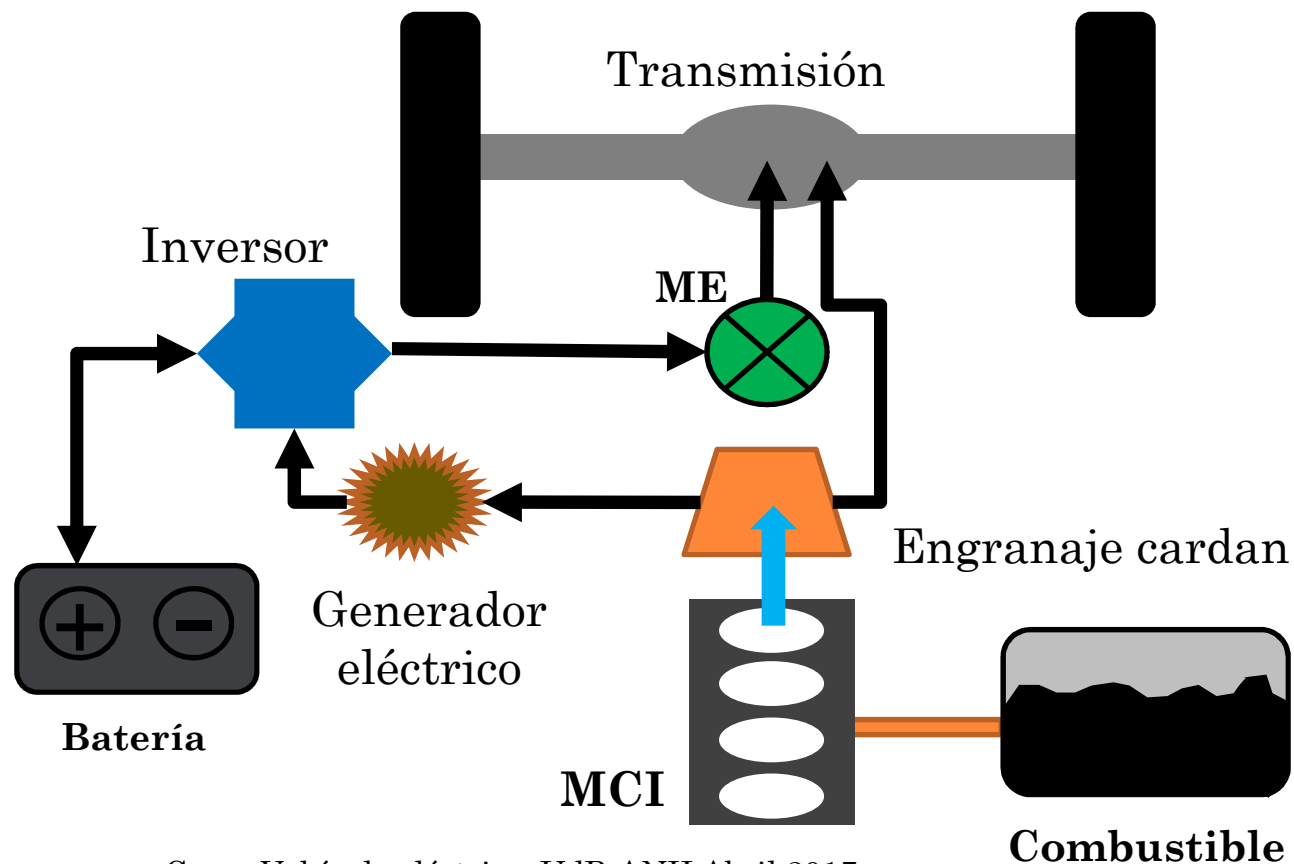
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE SERIE-PARALELO

- Además, se necesitan dos unidades eléctricas, lo que hace el diseño más complejo que el montaje paralelo
- Estas dos unidades eléctricas conectan el inversor con el motor eléctrico y con el generador eléctrico, a diferencia del sistema paralelo donde únicamente se requería una unidad para conectar el inversor con el ME

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE POTENCIA DIVIDIDA

- La configuración de potencia dividida adopta la siguiente estructura



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE POTENCIA DIVIDIDA

- La configuración de potencia dividida combina las ventajas de un sistema serie y uno paralelo
- El diseño de esta configuración es más complejo que el de un montaje serie o el de uno paralelo
- En esta configuración una parte de la potencia generada por el MCI es convertida en energía eléctrica por el generador eléctrico
- La energía restante, unida a la del Se me transfiere al sistema de transmisión

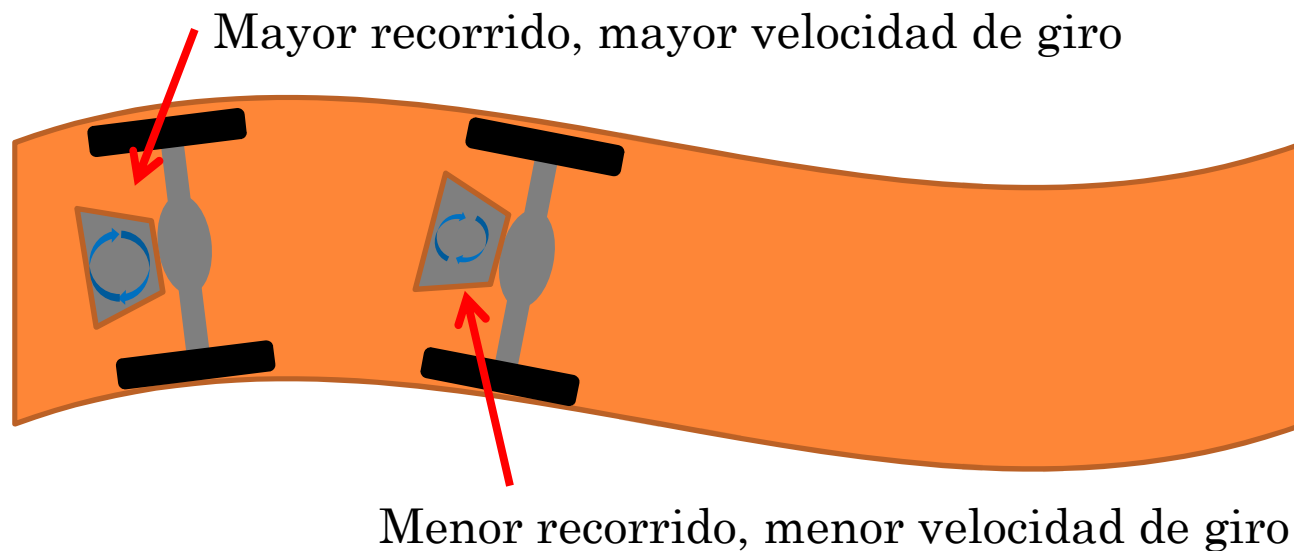
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MONTAJE POTENCIA DIVIDIDA

- La configuración de potencia dividida utiliza un sistema de engranaje cardan, si bien diseños más complejos pueden usar dos
- Un sistema con doble engranaje cardan es más eficiente, pero al mismo tiempo más complejo
- En el sistema con un engranaje cardan simple, éste está conectado al ME, MCI y generador eléctrico
- Con este diseño se puede ajustar la velocidad del MCI de forma independiente a la velocidad del vehículo

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE POTENCIA DIVIDIDA

- El sistema de ajuste de la velocidad del MCI es muy similar al de un vehículo de tracción trasera de acción diferencial donde el eje trasero y el delantero giran a distintas velocidades cuando el vehículo está girando en una curva



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI MONTAJE POTENCIA DIVIDIDA

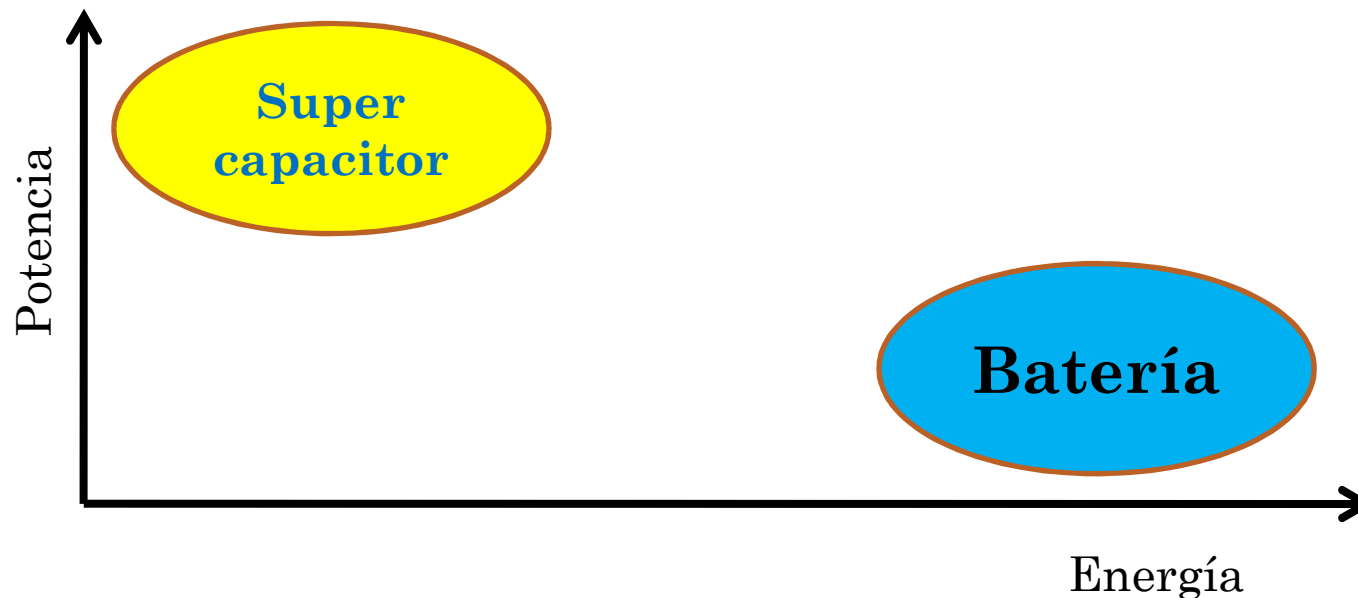
- El sistema permite mantener de manera muy efectiva una velocidad de transmisión variable de forma constante
- Esta configuración permite transmitir energía mecánica y eléctrica en forma combinada
- La energía eléctrica se puede utilizar en la zona de baja demanda de potencia en tanto que la energía mecánica tiene mayor efectividad cuando se emplea en la zona de alta demanda de potencia
- Desde un punto de vista de ahorro, el sistema es bueno en baja y media velocidad, pero no en alta donde sólo se utiliza energía mecánica

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI SUPERCAPACITORES

- Los sistemas híbridos que combinan MCI y ME utilizan como soporte para el almacenamiento de energía eléctrica baterías, por ser este tipo de acumuladores los más conocidos y desarrollados
- Las baterías, como se verá más adelante tienen algunas características que resultan interesantes para su uso con motores eléctricos, pero adolecen de algunos inconvenientes importantes, entre los cuales está el de tener una reducida potencia, lo que limita sus aplicaciones en determinados momentos

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI SUPERCAPACITORES

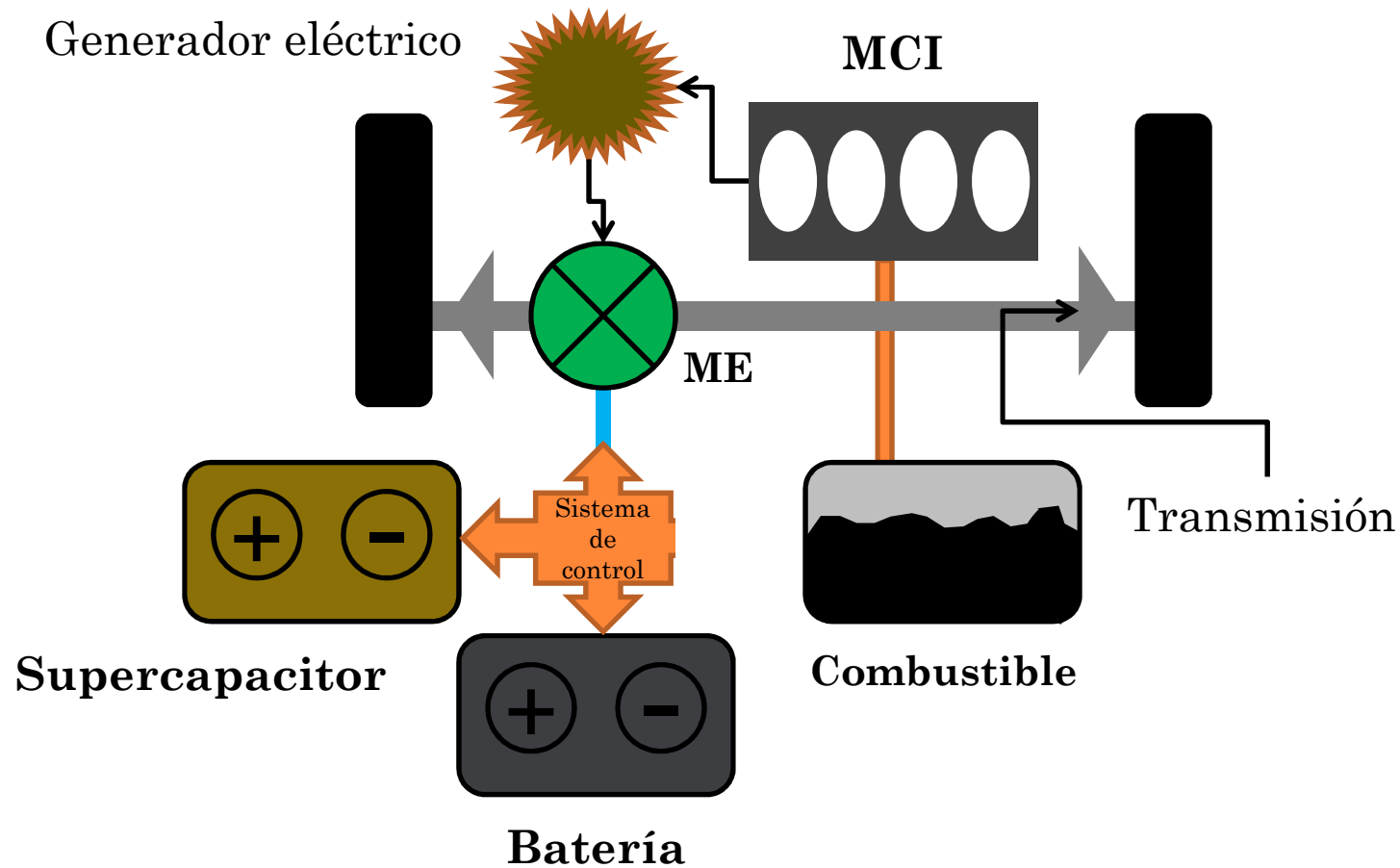
- Para remediar el problema que presentan las baterías se pueden utilizar supercapacitores, que proporcionan mucha más potencia aunque mucha menos energía



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI SUPERCAPACITORES

- Una buena forma de combinar potencia y energía es la de utilizar de manera combinada baterías y supercapacitores, de manera que cuando se requiera potencia se utilice el supercapacitor y cuando se requiera energía se emplee la batería
- Un sistema de control electrónico regularía el uso del supercapacitor o de la batería en función de la demanda de potencia
- En la actualidad, sin embargo, el uso de supercapacitores para aplicaciones en vehículos eléctricos es inexistente debido a la falta de desarrollo de este tipo de elementos

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI SUPERCAPACITORES



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI SUPERCAPACITORES

- El concepto de potencia ligado al uso de supercapacitores se relaciona, fundamentalmente, con los cambios de velocidad más que con la capacidad de desplazar una gran masa
- Los supercapacitores están especialmente indicados en momentos en los que se requiera una aceleración, independientemente de la velocidad a la que circule el vehículo
- Por el contrario, cuando el vehículo rueda a una velocidad constante, sea alta o baja, el uso de una batería es más adecuado

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI SUPERCAPACITORES



Desplazamiento con velocidad creciente → aceleración

supercapacitor



Desplazamiento con velocidad constante

batería

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

SISTEMA ENCHUFABLE

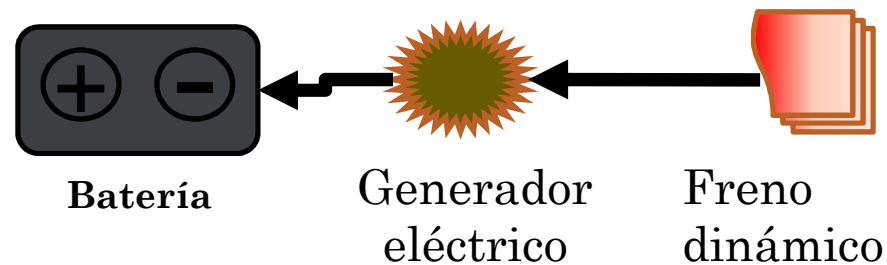
- Los vehículos híbridos con MCI y ME tienen la posibilidad, además de trabajar de manera autónoma en cuanto al proceso de recarga del sistema de almacenamiento, utilizar una conexión directa a la red eléctrica para recargar dicho sistema de almacenamiento

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)

- Una forma de mejorar la eficiencia energética y aumentar las prestaciones del vehículo eléctrico, esto es, su autonomía, aceleración, velocidad, etc., es incrementar la cantidad de energía mediante la recuperación de aquellas pérdidas que se generan durante el movimiento de deceleración
- La forma más sencilla de recuperar esta “energía perdida” en el proceso de deceleración es mediante un dispositivo conocido como “freno regenerativo” o KERS (*kinetic energy recovery system*)

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)

- El freno regenerativo consiste en transformar la pérdida de energía mecánica que se produce durante el proceso de deceleración de un vehículo en energía eléctrica a través de un generador eléctrico
- En esencia, el principio es el mismo que cuando se convierte la energía mecánica generada en un MCI en energía eléctrica



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

FRENO REGENERATIVO (KERS)

- El sistema KERS es un freno de tipo dinámico a diferencia del freno convencional que es de tipo fricción o rozamiento
- El freno regenerativo genera energía a partir de la reducción en el impulso mecánico o cantidad de movimiento

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m (v_1^2 - v_2^2)$$

- La reducción de velocidad representa una “pérdida de energía” que puede ser aprovechada

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)

- En términos de potencia y conversión a energía eléctrica tendríamos:

$$P_t|_{mec} = \frac{\Delta E_c}{t} = \frac{1}{2} m \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{t} = \bar{v} (F_1 - F_2) = IV$$

Que nos muestra que la potencia mecánica debida al cambio de velocidad se ha transformado en potencia eléctrica

- La potencia, o energía, así generada se deriva a una batería o a un supercapacitor

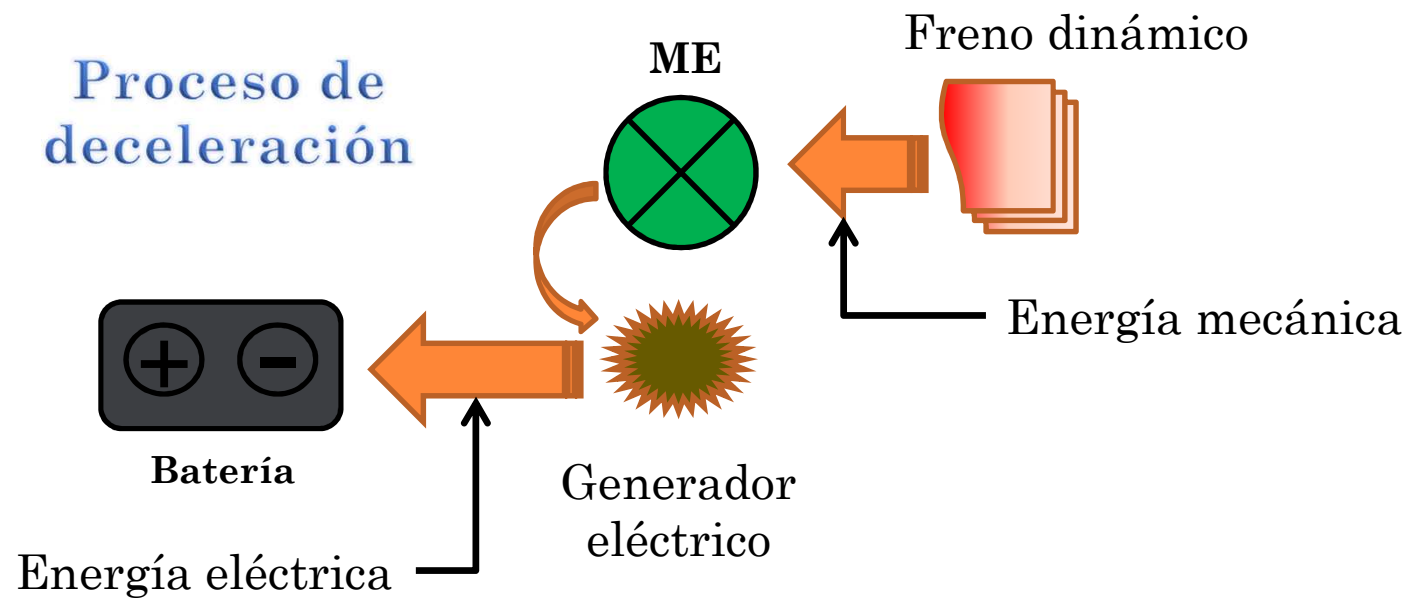
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)

- La cantidad de energía que se es capaz de aprovechar en un freno regenerativo depende de la capacidad de absorción de energía de la batería o del supercapacitor
- Si la batería o el supercapacitor no admiten toda la energía liberada por el freno regenerativo, el excedente de energía se pierde
- Para evitar que la energía no se aproveche totalmente se utiliza un freno reostático
- Un freno reostático es aquél que disipa la energía en forma de calor (freno convencional)

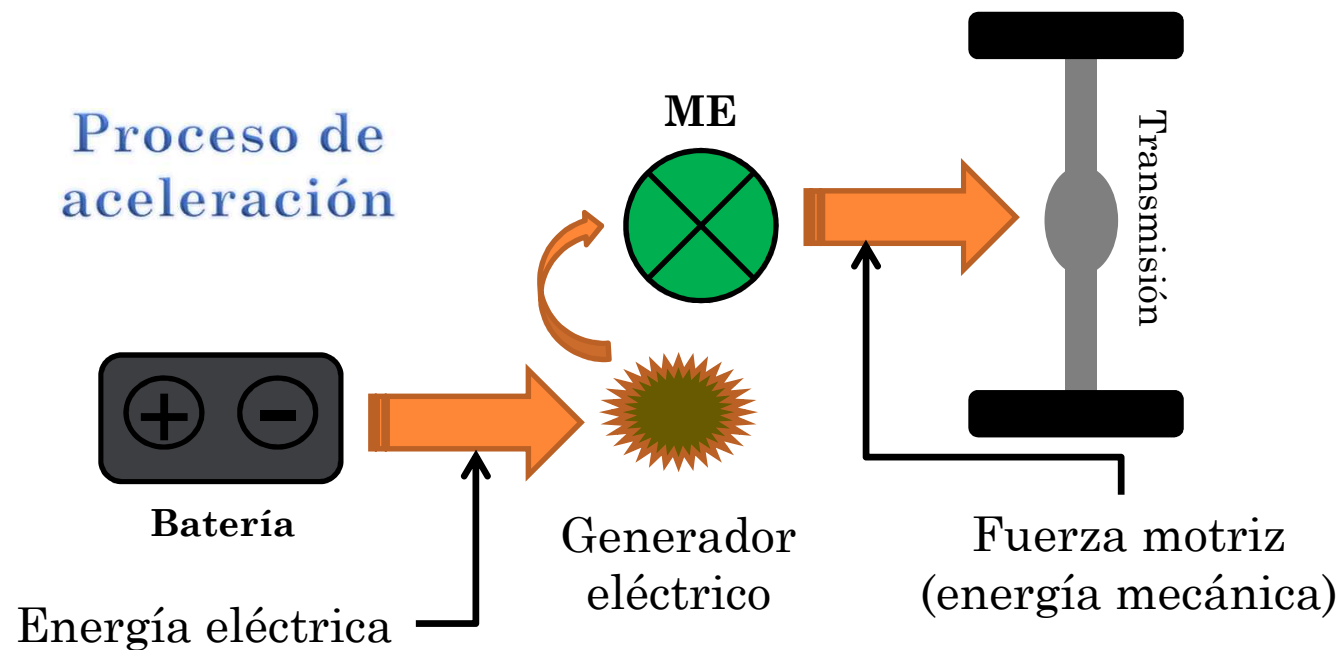
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)

- El principio de un freno regenerativo es utilizar el motor eléctrico como generador durante el proceso de deceleración
- Durante el proceso de deceleración el Se me reconecta como generador eléctrico y alimenta la batería o el supercapacitor
- Cuando el vehículo acelera el ME revierte su modo de operación volviendo a actuar como elemento motriz, extrayendo energía eléctrica de la batería o supercapacitor para proporcionar energía al sistema de transmisión

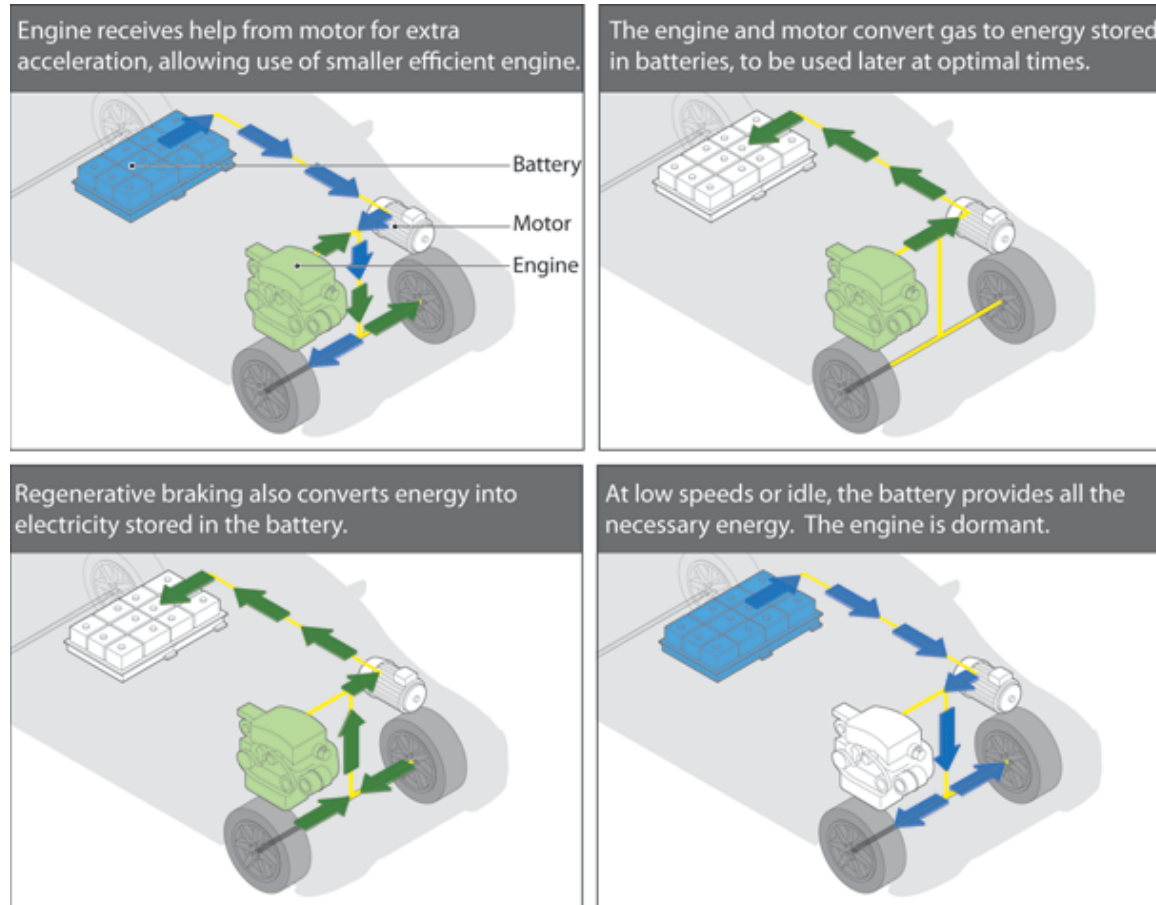
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)



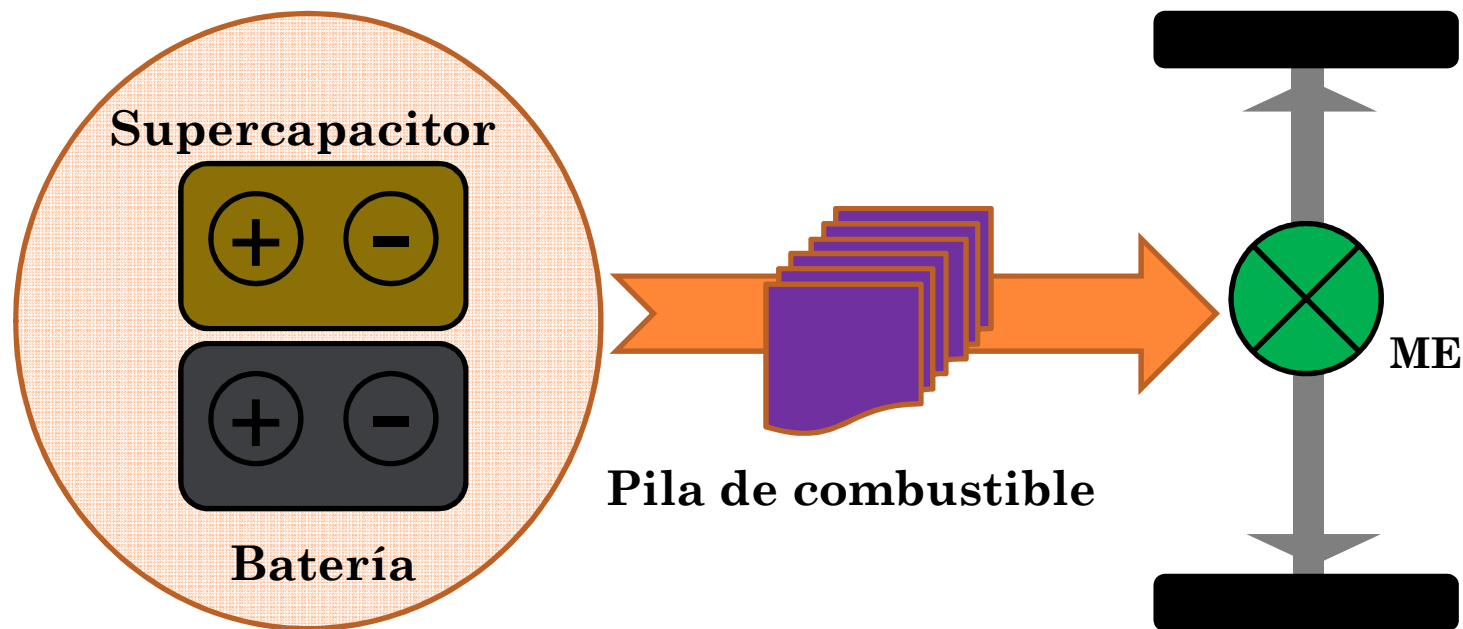
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI FRENO REGENERATIVO (KERS)

- Se considera que por medio del freno regenerativo se puede recuperar hasta el 30% de la energía cinética que equivale a un ahorro de cerca de un litro por cada 100Km en circuito urbano.

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI PILAS DE COMBUSTIBLE

- Los sistemas híbridos que utilizan MCI junto con otra fuente de energía, como baterías o supercapacitores, pueden reemplazar estos dos últimos elementos por una pila de combustible
- La pila de combustible actúa de manera similar a una batería o supercapacitor, almacena energía en forma de carga eléctrica cuando hay exceso de energía de generación, y libera dicha energía cuando la demanda es mayor que la generación o ésta no existe

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI PILAS DE COMBUSTIBLE



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI PILAS DE COMBUSTIBLE

- Las pilas de combustible presentan cierto parecido en su comportamiento con las baterías y/o supercapacitores, aunque tienen algunas diferencias significativas
- Las pilas de combustible, a diferencia de las baterías y supercapacitores, pueden actuar como fuente de energía continua siempre que se disponga de combustible suficiente, generalmente hidrógeno o un hidrocarburo
- Las pilas de combustible liberan energía en forma rápida o lenta dependiendo de su configuración

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI PILAS DE COMBUSTIBLE

- Las pilas de combustible pueden ser fuente de potencia como los supercapacitores, o fuente de energía como las baterías en función de la estructura y elementos que compongan la pila
- Si comparamos su operatividad con las baterías y supercapacitores

	Batería	Supercapacitor	Pila de combustible
Almacenamiento eléctrico	SI	SI	SI
Fuente continua	NO	NO	SI
Generador de potencia	NO	SI	SI
Generador de energía	SI	NO	SI

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI PILAS DE COMBUSTIBLE

- Como se puede observar del cuadro anterior, las pilas de combustible presentan innegables ventajas respecto a baterías y supercapacitores
- Su uso, sin embargo es reducido por el elevado coste de las mismas, lo que hace que su implantación en vehículos eléctricos se encuentre todavía en fase incipiente
- Asimismo, el problema del uso de las pilas de combustible viene derivado, en parte, por la durabilidad de las mismas

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI PILAS DE COMBUSTIBLE

- En cuanto a la eficiencia con la que las pilas de combustible pueden transformar la energía, su valor es comparable con el de baterías y supercapacitores
- Como se verá más adelante, uno de los problemas que presenta el uso de las pilas de combustible como sistema de almacenamiento o como fuente de energía en vehículos eléctricos viene del empleo del hidrógeno como combustible, que puede dar lugar a graves problemas de seguridad

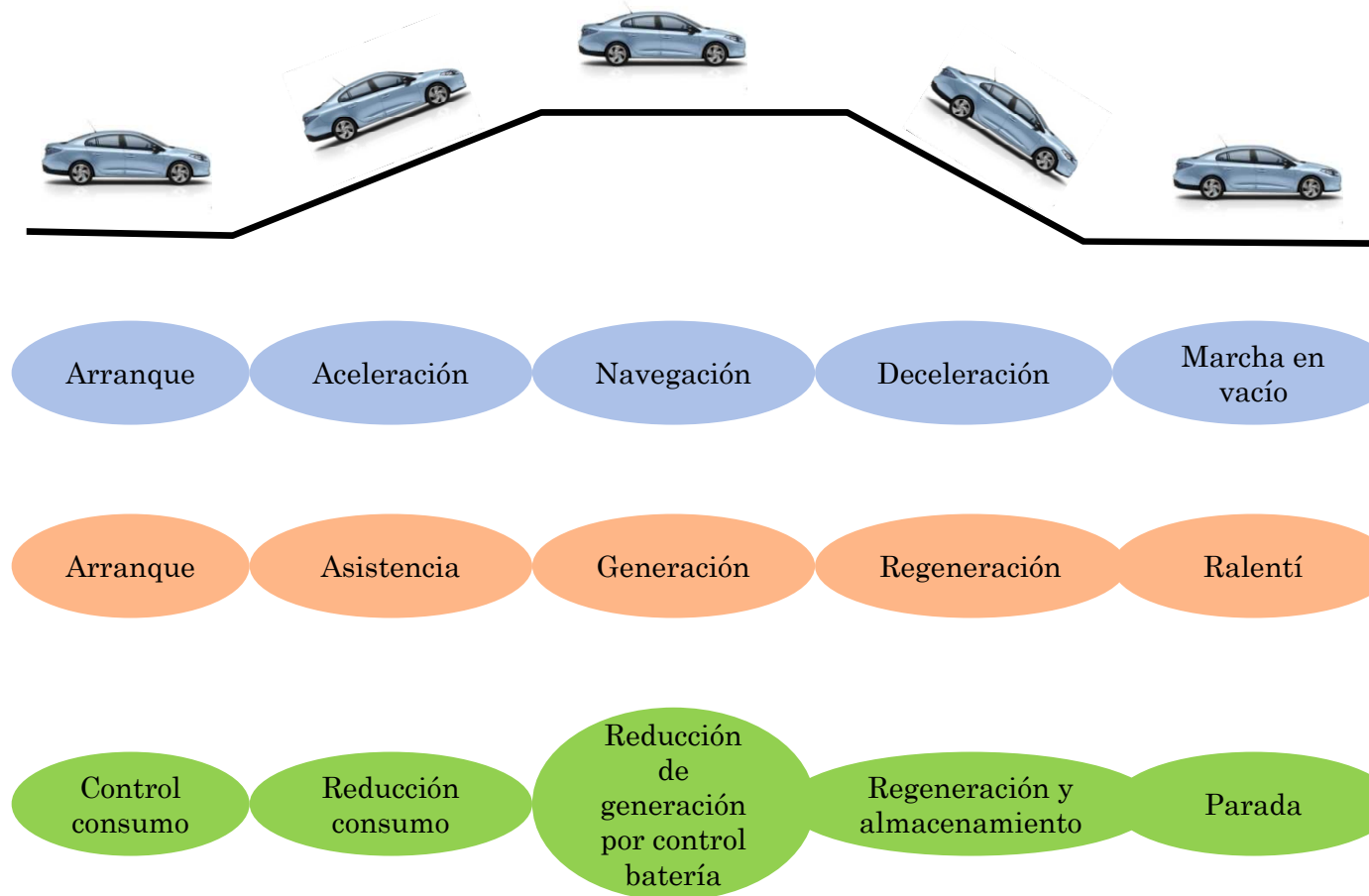
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MODO DE OPERACIÓN

- Un sistema híbrido con MCI opera de cinco formas diferentes (fases)
 - Arranque
 - Aceleración
 - Navegación
 - Deceleración
 - Ralentí
- En cada una de estas fases el sistema utiliza una cantidad de energía diferente, empleando el MCI o el ME en función de las necesidades energéticas

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MODO DE OPERACIÓN



Modo de
operación

Función
del ME

Eficiencia

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MODO DE OPERACIÓN

○ Arranque

- El ME arranca y se sitúa en 1000 rpm
- Si el estado de carga de la batería (SOC) es muy baja el MCI arranca
- Si la temperatura es muy baja el MCI arranca
- Si hay un fallo en el ME el MCI arranca

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MODO DE OPERACIÓN

○ Aceleración

- La batería suministra corriente que se transforma en un convertidor DC/AC y alimenta al ME
- La energía de la batería complementa la del MCI durante el proceso de aceleración evitando una mayor demanda de energía al MCI
- La batería suministra corriente a 12 VDC para los servicios del vehículo ahorrando energía del MCI y mejorando la aceleración por reducción de la carga
- Con un SOC bajo la batería sólo aporta energía en el momento de máxima aceleración
- Si el SOC de la batería alcanza su límite se interrumpe el suministro de energía al ME y servicios

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MODO DE OPERACIÓN

○ Navegación

- Si la batería necesita ser recargada el MCI envía energía al ME que se convierte en un generador eléctrico
- La corriente generada recarga la batería y alimenta los servicios del vehículo
- Si la batería está completamente cargada el MCI suministra energía al ME que actúa como generador para alimentar los servicios del vehículo

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MODO DE OPERACIÓN

○ Deceleración

- Cuando se interrumpe la demanda de combustible el freno dinámico alimenta el ME que actúa como generador
- La energía generada por el ME sirve para la recarga de la batería
- En algunas ocasiones el MCI puede ser desconectado completamente
- Durante el frenado se ajusta la fuerza de frenado para evitar sobrecargas sobre el ME actuando como generador
- Si el sistema de frenado se auto-ajusta, el sistema de freno dinámico se desconecta para evitar sobrecargas

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

MODO DE OPERACIÓN

○ Marcha en vacío

- Si el SOC de la batería es bajo el sistema de control incrementa las revoluciones del MCI para alimentar el ME que actúa como generador eléctrico
- En sistemas híbridos fuertes, el MCI no interfiere sobre el ME dado que éste se encarga de la función de arranque automático y alimentación de servicios del vehículo

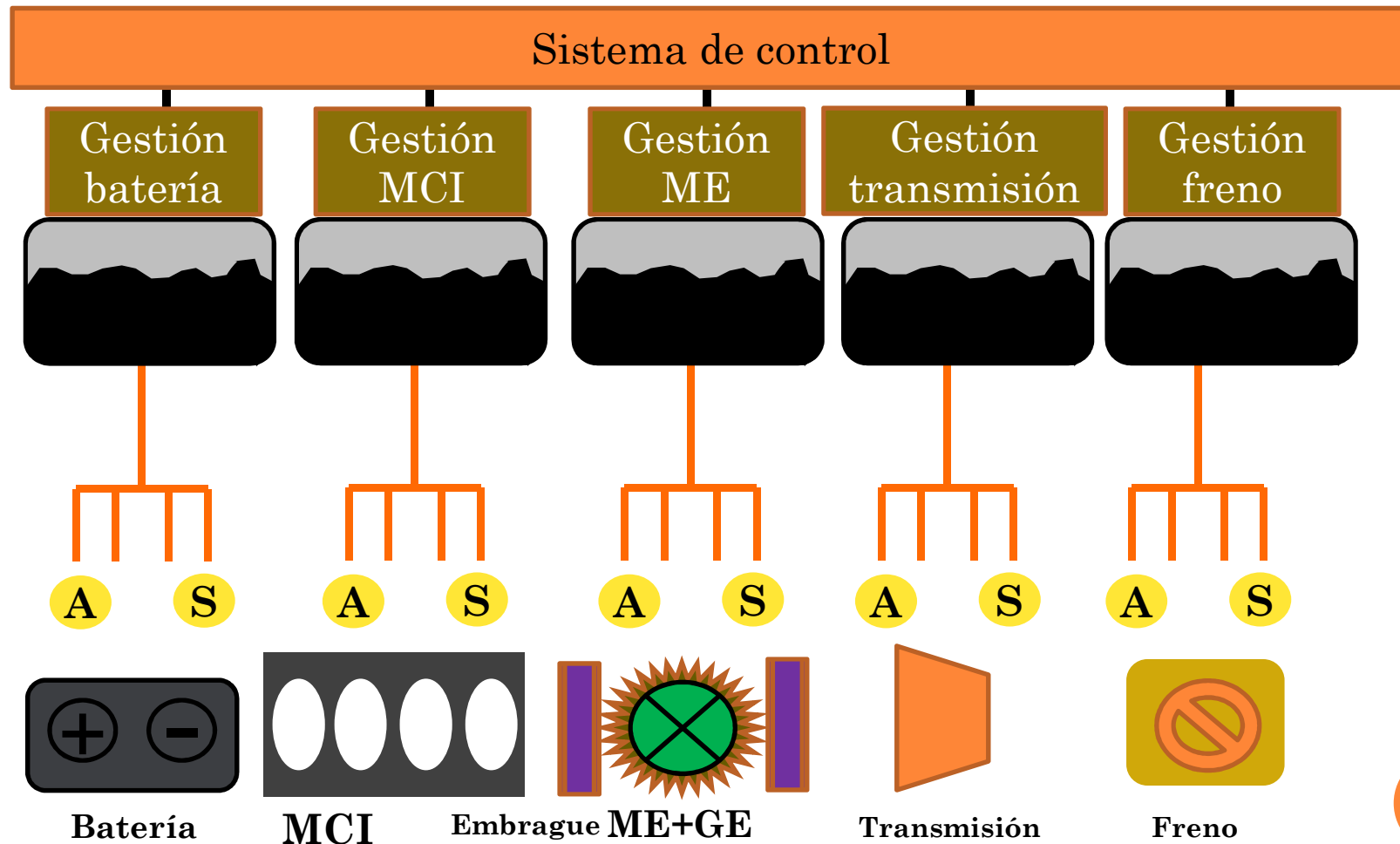
VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

SISTEMA DE CONTROL

- La eficiencia en el modo de operación de un MCI híbrido depende, en gran medida, del sistema de control con el que vaya equipado
- Las principales funciones sobre las que el sistema de control actúa son:
 - Gestión de la batería
 - Gestión del MCI
 - Gestión del ME
 - Gestión de la transmisión
 - Gestión del sistema de frenado dinámico

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

SISTEMA DE CONTROL



VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

SISTEMA DE CONTROL

- El sistema de control regula el funcionamiento de cada uno de los subsistemas mediante actuadores, A, y sensores, S
- Además del control de los subsistemas, el sistema de control incluye un protocolo que regula el mecanismo de transferencia de energía

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

SISTEMA DE CONTROL

- El sistema de gestión de la batería regula el SOC y la temperatura de las baterías para evitar que se produzcan daños en la misma, especialmente por procesos de sobrecarga y descarga excesiva
- El sistema de gestión de la batería desconecta si se produce un accidente o incendio
- En general, el sistema de gestión de la batería está incluido, pero no siempre por lo que se hace necesario verificar este aspecto

VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON MCI

SISTEMA DE CONTROL

- La unidad de control del vehículo apaga el motor cuando el coche se detiene. Tan pronto como el conductor pone el pie en el embrague, mueve la palanca o acelera, la batería alimenta el motor de arranque, activando el motor de combustión
- El sistema de parada del motor de combustión supone un ahorro de combustible de un 10% en el ciclo urbano, 17% si la circulación es muy intensa y alrededor de un 6% en ciclo mixto

TIPOS DE VEHÍCULO

- Sistema híbrido con MCI: características y modo de operación
 - MCI + batería/supercondensador no enchufable (HEV)
 - MCI + batería/supercondensador enchufable (PHEV)
 - MCI + batería + sistema regenerativo KERS (HEV-KERS)
 - MCI + Pila de Combustible (FC-EV)
- **Sistema de generación directa: características y modo de operación**
 - Eléctrico puro (EV) (PEV)
 - Rango extendido (E-REV)
 - Baterías y supercondensadores: fuentes, modos y tiempo de recarga
 - Pilas de Combustible: fuentes, modos y tiempo de recarga
- Prestaciones: autonomía, consumo, ahorro energético

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO

- El sistema de generación directa corresponde a vehículos puramente eléctricos, sin apoyo de sistemas convencionales como MCI
- Los sistemas de generación directa pueden incluir sistemas de almacenamiento
- Adicionalmente los sistemas de generación directa pueden llevar asociados elementos que actúan como fuente o almacenamiento (pilas de combustible)

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO

- Los sistemas de generación directa se pueden clasificar, atendiendo a los criterios antes definidos en:
 - Vehículos eléctricos puros (EV)(PEV)
 - Vehículos eléctricos de rango extendido (E-REV)
 - Vehículos eléctricos con sistema de almacenamiento por baterías o supercapacitores (EV-BM)
 - Vehículos eléctricos con sistema de apoyo por pilas de combustible (FC-EV)

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO

VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- El elemento fundamental de un vehículo eléctrico es el motor eléctrico (ME)
- Existen dos tipos de motores para propulsar un vehículo eléctrico:
 - Motor simple
 - Motor en la rueda
- El motor simple se sitúa en el compartimento motor, de manera similar a la de un motor convencional de combustión interna
- El motor en la rueda está integrado en la estructura de la rueda

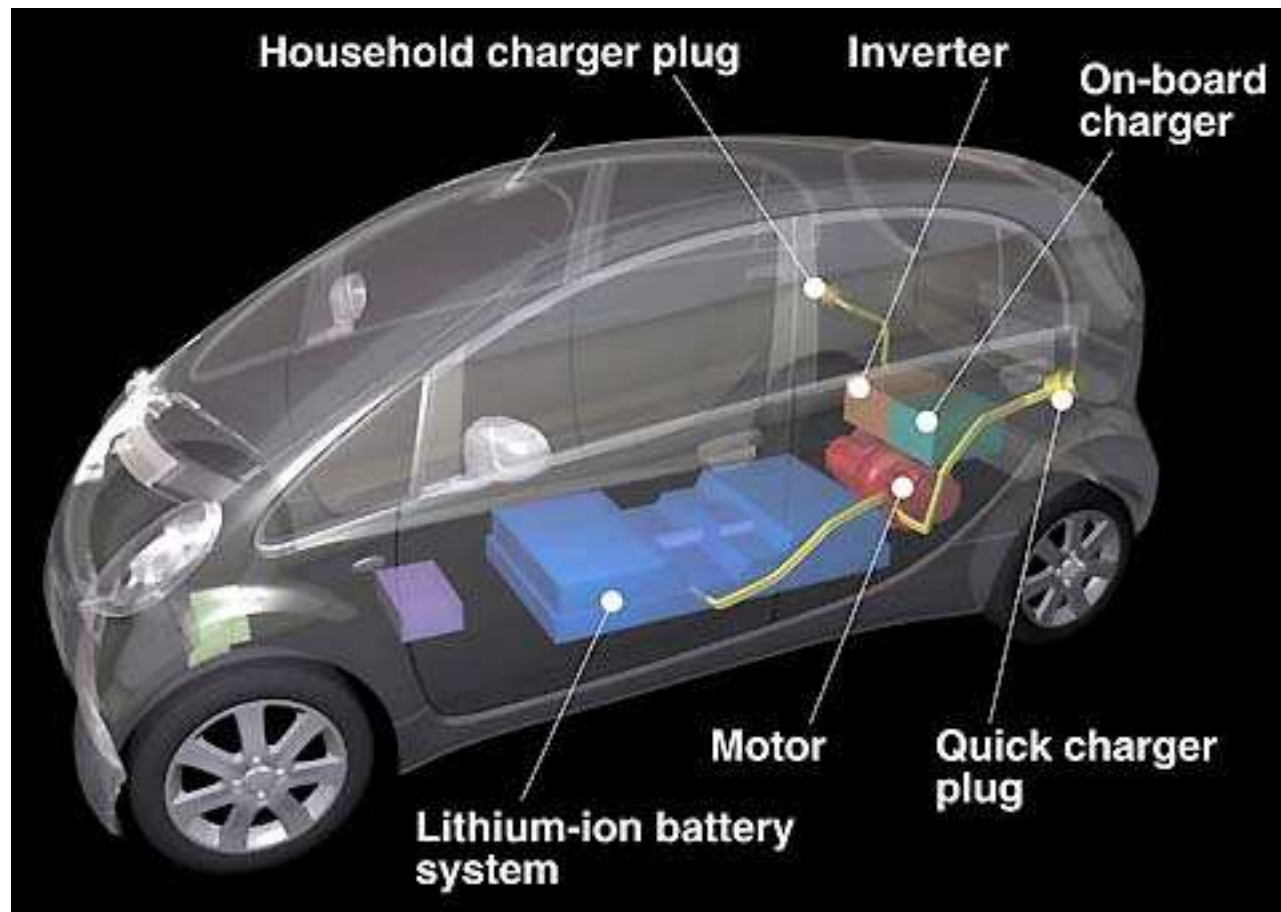
SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- En la estructura con motor simple, sólo existe un motor para propulsar el vehículo
- La potencia de un motor simple es mayor puesto que tiene que suministrar toda la energía de tracción del vehículo
- La energía generada por el motor eléctrico se aplica sobre el eje de transmisión, que puede ser delantero o trasero
- Existe la posibilidad de aplicar la energía sobre un doble sistema de transmisión, eje delantero y trasero

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- En un vehículo eléctrico con motor simple se puede dar la configuración de motor simple doble, es decir utilizar dos motores simples para propulsar el vehículo
- En esta configuración cada motor actúa sobre uno de los ejes
- La configuración de motor simple único es más simple de diseño, pero requiere de motores de mayor potencia
- La configuración de motor simple doble es más compleja, si bien los motores son de menor potencia

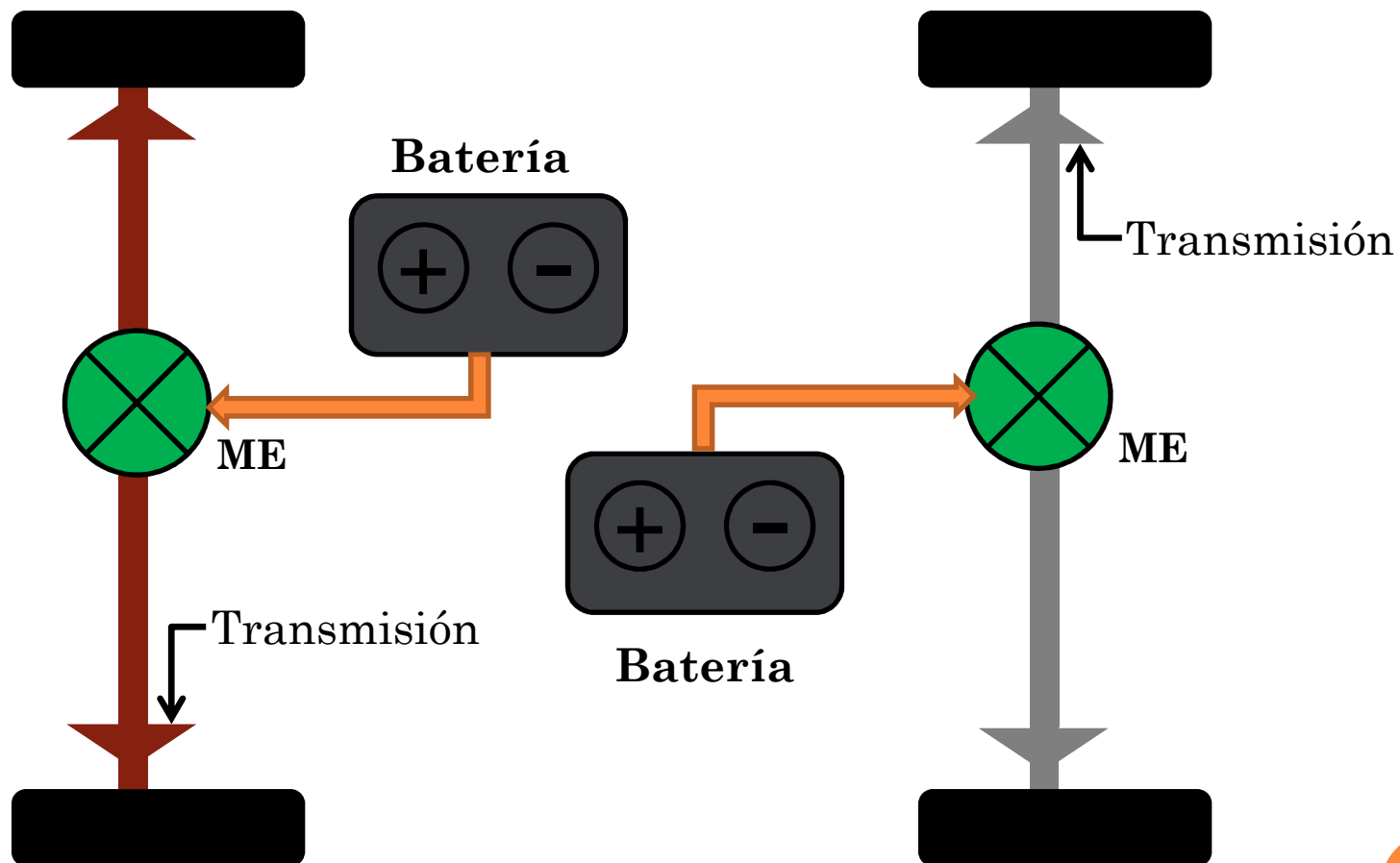
SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO



SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- El uso de motores dobles, uno por cada eje, no se suele utilizar por la complejidad del diseño y el aumento de coste
- Un sistema de doble motor obliga a utilizar dos ejes motrices, delantero y trasero, los cuales deben estar sincronizados entre sí
- El dispositivo de sincronización debe ajustar la velocidad de giro de cada uno de los motores de manera que no se produzcan desajustes en la velocidad de rotación de los ejes de transmisión, provocando problemas en la conducción

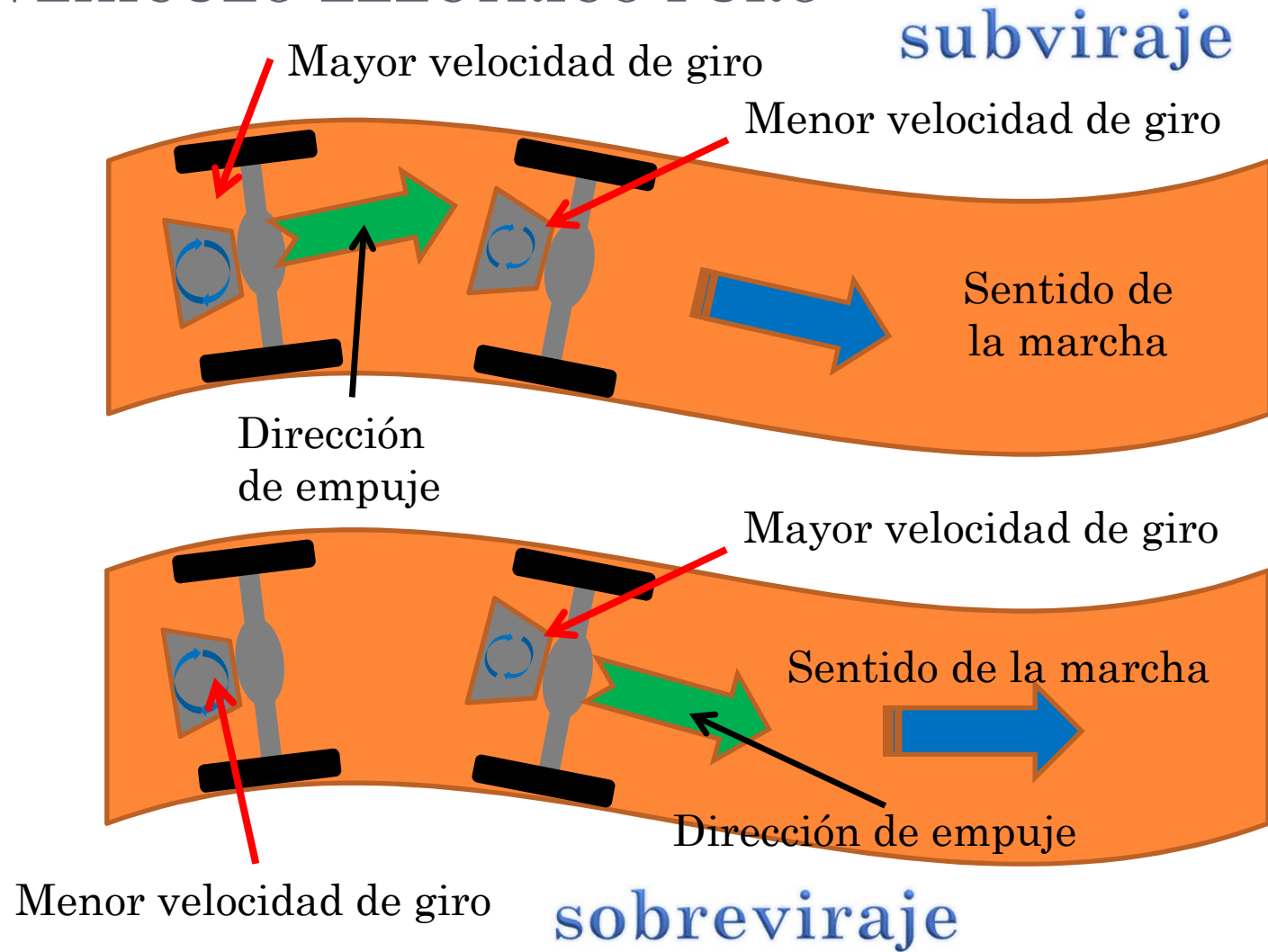
SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO



SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- Si la velocidad de giro es diferente para cada motor, en desplazamiento recto se produce un efecto de patinaje
- Si el vehículo se desplaza en curva hay un efecto de sobreviraje o subviraje
 - Sobreviraje si el eje delantero gira más rápido
 - Subviraje si es el eje trasero el que gira más deprisa

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO



SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- Debido a las limitaciones que se presentan en cuanto a la potencia de los motores eléctricos para vehículos, que deben ser alimentados, bien por una fuente continua, bien por sistemas de almacenamiento, se ha planteado la incorporación de motores de potencia más reducida
- El principal problema derivado de dicha medida es la insuficiencia de potencia para mover vehículos de un cierto tamaño, lo que obliga al montaje de varios motores

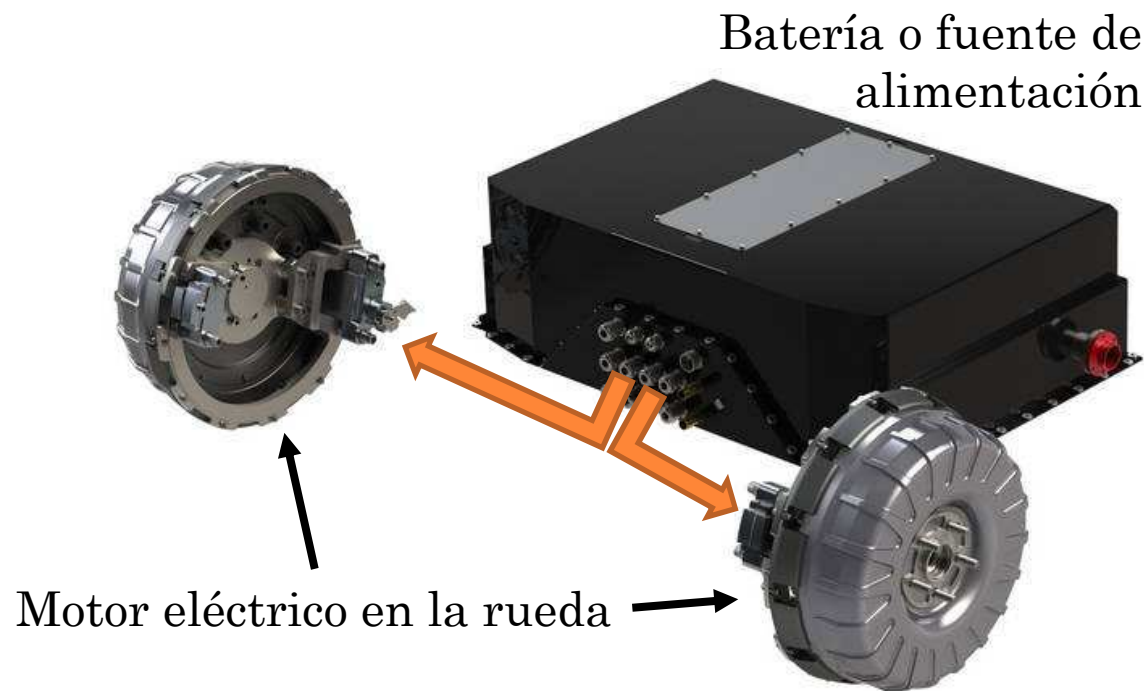
SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- El montaje de varios motores obligaría, no sólo a disponer de un sistema de sincronización entre los ejes de transmisión, sino también un mecanismo de sincronización entre los motores que actuaran sobre el mismo eje de transmisión, lo que complica el diseño de manera muy notable
- Una solución propuesta a este problema es instalar un motor eléctrico en cada rueda, actuando la rueda como elemento motriz. Esto reduce la potencia del motor y la complejidad del diseño, si bien no evita el mecanismo de sincronización entre ruedas motrices

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- En la estructura con motor simple, sólo existe un motor para propulsar el vehículo
- En la estructura de motor en la rueda, cada una de las cuatro ruedas del vehículo va equipado con un motor eléctrico
- La potencia de un motor simple es mayor puesto que tiene que suministrar toda la energía de tracción del vehículo
- La potencia de un motor en la rueda es mucho menor porque cada uno se encarga de transferir únicamente la energía que necesita cada rueda

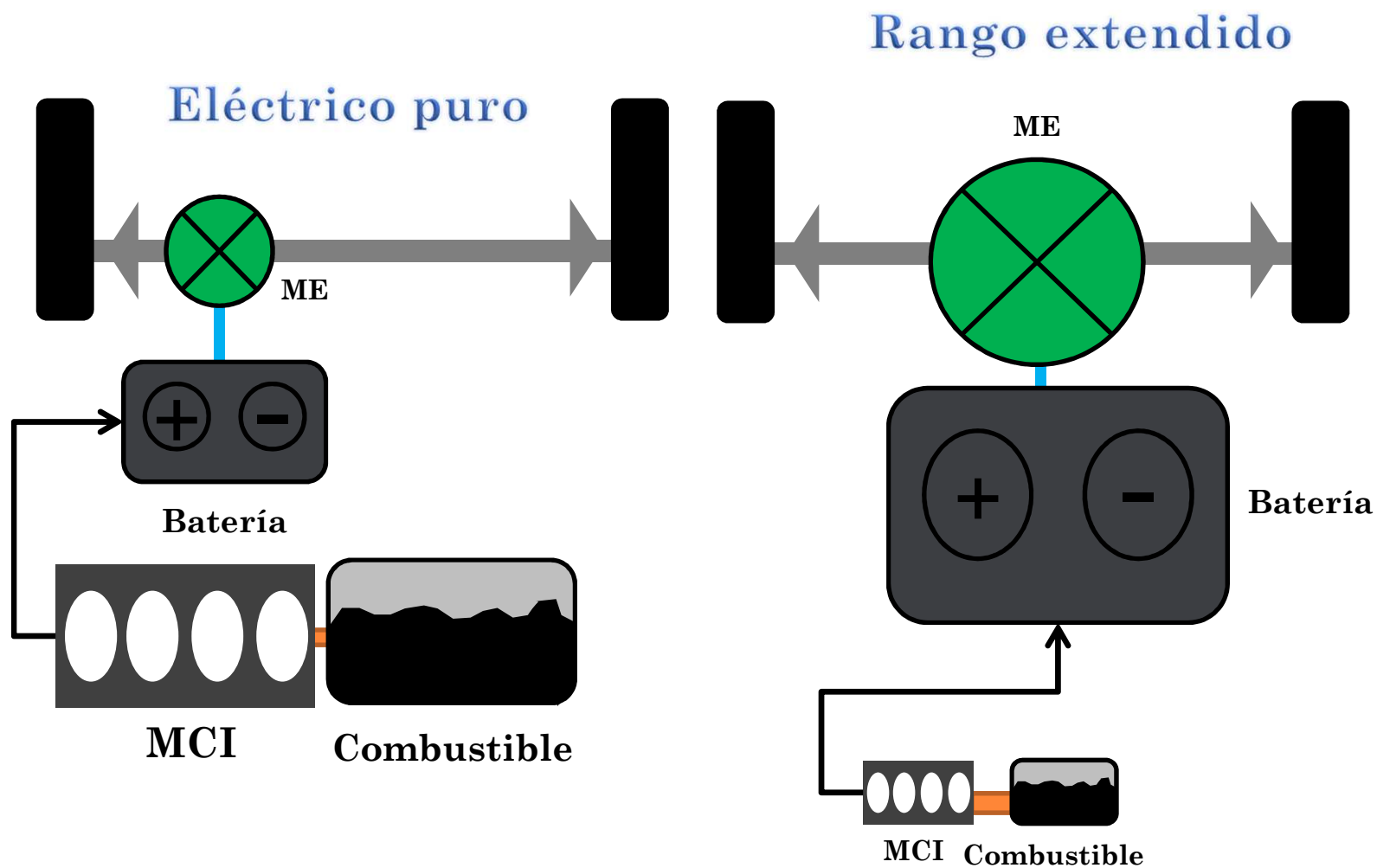
SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO



SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- Una versión del vehículo eléctrico puro es el vehículo eléctrico de rango extendido (E-REV)
- Este tipo se caracteriza por disponer de una configuración serie utilizando un MCI destinado exclusivamente a la carga de batería
- La tracción se realiza mediante un ME muy potente
- La batería es de gran capacidad
- El consumo suele ser muy reducido, lo que permite aumentar la autonomía

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO



SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- Uno de los principales problemas que se presentan en el vehículo eléctrico puro y eléctrico de rango extendido es que todo el suministro de energía debe proceder de una fuente continua (pila de combustible) o de un sistema de almacenamiento (batería o supercapacitor)
- Esta mayor demanda de energía hace que el sistema de suministro, batería, supercapacitor o pila de combustible, deba estar sobredimensionado, lo que incrementa el peso, espacio y coste

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- Por otro lado, la mayor demanda de energía a partir de la fuente eléctrica, obliga a trabajar con un mayor voltaje o una mayor corriente, lo que genera mayores pérdidas de energía y una menor eficiencia en la conversión electroquímica
- La autonomía incide en el tamaño de la batería y por ello en el precio del vehículo. El vehículo eléctrico está centrado principalmente en recorridos cortos y en trayectos urbanos.

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

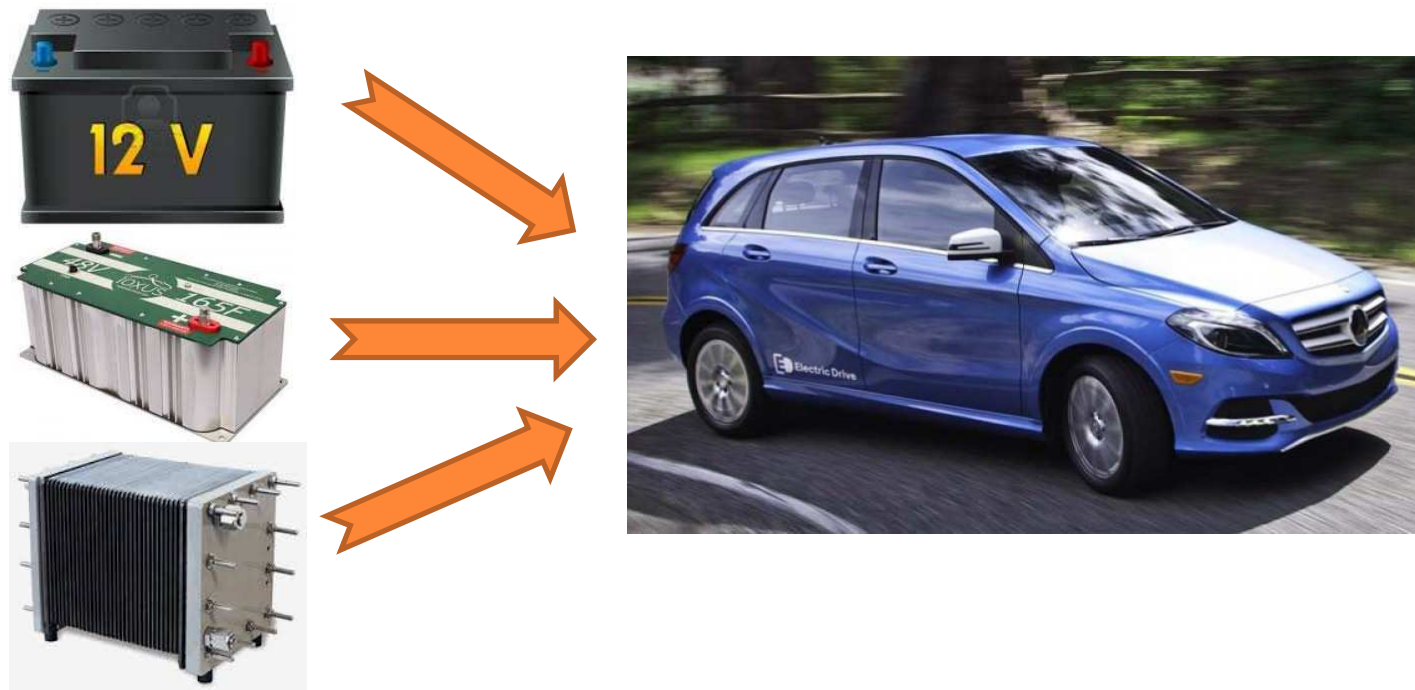
- Cerca del 50% de los recorridos en coche en la Unión Europea son de 6 km o menos
- El 80% de los viajes individuales no superan los 18 Km
- La mayoría de los viajes diarios no superan los 60 Km
- El vehículo eléctrico puro puede satisfacer con creces esta demanda de autonomía con las baterías actuales
- No emiten contaminantes, ni ruidos y proporciona buenas prestaciones en cuanto aceleración y potencia.

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- La electricidad, “su combustible” es un vector energético interesante desde el punto de vista estratégico, ya que se puede obtener de muchas fuentes
- Su comercialización sería un hecho, si el usuario estuviera dispuesto a tener otro vehículo para largos recorridos o optar, en este caso, por el transporte público

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- Entre las principales fuentes de energía de los vehículos eléctricos están las baterías, los supercapacitores y las pilas de combustible



SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO

- La batería es fundamental en el VEP, ya que incide significativamente en el elevado precio de estos coches. El tipo de batería elegida incidirá en la autonomía del vehículo, la velocidad máxima, su vida útil, el tiempo de recarga y el coste de la misma.
- Tienen buena aceptación los cuadriciclos eléctricos ligeros, algunos no necesitan carnet de conducir, en este caso su velocidad está limitada a 45 Km/h, estos vehículos requieren licencia de ciclomotor.
- Un cuadriciclo típico lleva un motor de 4Kw, batería de Pb-ácido sellada y tiene una autonomía de 100Km

SISTEMA DE GENERACIÓN DIRECTO VEHÍCULO ELÉCTRICO PURO



Volvo Zagato

Autonomía de unos 60 km
Batería de Pb- ácido



El Renault Twizy

Autonomía de unos 100 km
Batería de Li-ion

Little Electric Cars

Autonomía de unos 100 km
Batería de Plomo -ácido



TIPOS DE VEHÍCULO

- Sistema híbrido con MCI: características y modo de operación
 - MCI + batería/supercondensador no enchufable (HEV)
 - MCI + batería/supercondensador enchufable (PHEV)
 - MCI + batería + sistema regenerativo KERS (HEV-KERS)
 - MCI + Pila de Combustible (FC-EV)
- Sistema de generación directa: características y modo de operación
 - Eléctrico puro (EV) (PEV)
 - Rango extendido (E-REV)
 - Baterías y supercondensadores: fuentes, modos y tiempo de recarga
 - Pilas de Combustible: fuentes, modos y tiempo de recarga
- **Prestaciones: autonomía, consumo, ahorro energético**

PRESTACIONES

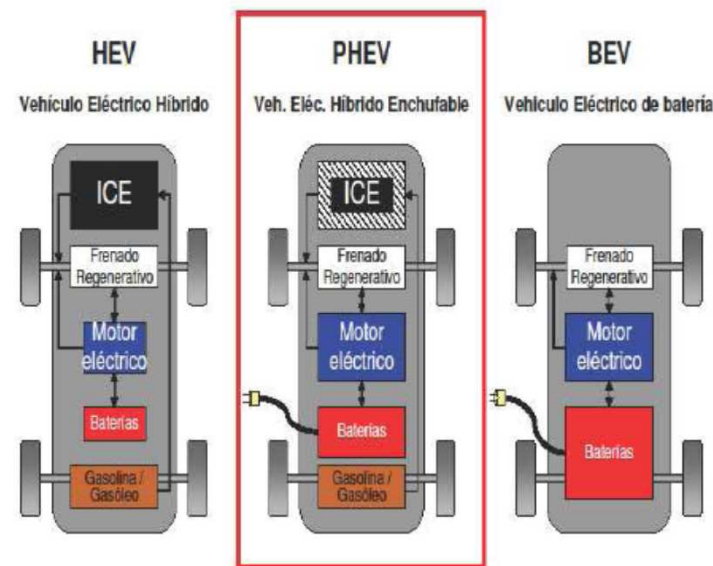
- Desde un punto de vista operativo, los vehículos eléctricos, sean del tipo que sean deben cumplir unas ciertas condiciones, entre las cuales las más importantes son la autonomía y el consumo
- En función del tipo de vehículo que se trate, EV, E-REV, HEV. P-HEV su autonomía, consumo, velocidad máxima, etc., serán distintas

PRESTACIONES

- En general, los vehículos con mayor autonomía son aquellos que disponen de un sistema combina de ME y MCI, es decir los híbridos, sean enchufables o no
- La diferencia entre un HEV y un P-HEV radica en el tamaño de la batería y de los motores, eléctrico y de combustión
- Un híbrido convencional, HEV, debe recargar la batería desde el MCI, lo que limita el tamaño de aquella y obliga a aumentar el tamaño del MCI

PRESTACIONES

- Por el contrario, un híbrido enchufable no precisa de un MCI tan grande y puede utilizar una batería de mayor tamaño y, por tanto, un ME más grande



PRESTACIONES

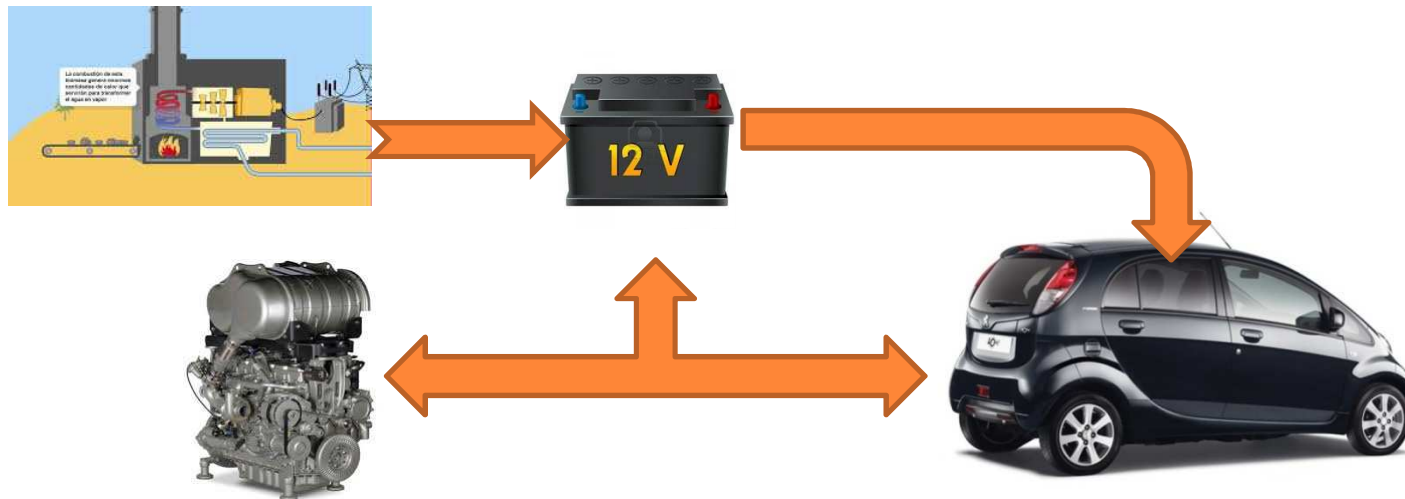
- En cuanto al consumo, es claro deducir que el vehículo eléctrico puro, PEV, es el que menos consume, dado que su única fuente de energía es la batería
- Lo mismo podemos decir del vehículo de rango extendido, E-REV, donde la batería, aunque de mayor tamaño, sigue siendo la única fuente de energía
- Entre los híbridos, consume menos el híbrido enchufable, P-HEV, por disponer de un MCI de menor tamaño

PRESTACIONES

- Finalmente, en cuanto al ahorro energético, hay que considerar el ahorro de combustible que se obtiene por el hecho de utilizar el ME
- Sin embargo, a la hora de determinar el verdadero ahorro energético se deberá tener en cuenta el gasto que se produce para generar la energía eléctrica que alimenta las baterías y el ME
- En general, esta energía eléctrica procede de la red, cuyo origen es el combustible fósil que se utiliza en las centrales de generación

PRESTACIONES

- Así pues, el análisis de ahorro energético consistirá en comparar el gasto energético de un vehículo eléctrico cualquiera considerando todas las fuentes que le proveen de energía



PRESTACIONES

- Para poder establecer el valor real del ahorro energético vamos a realizar un cálculo sencillo
- Imaginemos que un vehículo eléctrico reduce el consumo de combustible fósil que emplea el MCI en una cantidad equivalente a C litros por cada km recorrido
- La energía correspondiente a dicha cantidad viene determinada por la relación: $\xi = \eta C Q$
donde η es el rendimiento del MCI, y Q el calor de combustión del combustible utilizado

PRESTACIONES

- Si consideramos que esa energía tiene que ser proporcionada por el ME, a través de las baterías, la energía viene dada por:

$$\xi = \eta_E \eta_{bat} V_{bat} C_{bat} (DOD)$$

donde η_{bat} , V_{bat} y C_{bat} son el rendimiento, potencial y capacidad de la batería, y DOD el porcentaje de carga extraída, y η_E el rendimiento del ME

- Igualando ambas expresiones, se tiene:

$$C = \frac{\eta_E \eta_{bat} V_{bat} C_{bat} (DOD)}{\eta Q}$$

PRESTACIONES

- Por otro lado, si la carga de la batería se realiza desde la red eléctrica, tenemos:

$$\eta_E \eta_{bat} V_{bat} C_{bat} (1 - DOD) = \eta_{tr} IV t_C$$

donde I es la intensidad a la que se carga la batería, V el voltaje de la red, t_C el tiempo de recarga y η_{bat} el rendimiento del transformador de voltaje

- Asimismo, la energía que proporciona la red se genera con una cierta eficiencia, η_{gen} , por lo que la ecuación anterior debe transformarse en:

$$\eta_E \eta_{bat} V_{bat} C_{bat} (1 - DOD) = \eta_{gen} \eta_{tr} IV t_C$$

PRESTACIONES

- Combinando las diferentes ecuaciones se llega a:

$$C = \frac{\eta_{gen} \eta_{tr} IV t_c (DOD)}{\eta Q (1 - DOD)} = \frac{\eta_{gen} \eta_{tr} C_{bat} V (DOD)}{\eta Q (1 - DOD)}$$

- A partir de la relación anterior, y conocidos los valores de los diferentes parámetros se puede determinar el ahorro de combustible en un vehículo eléctrico

PRESTACIONES

- Como ejemplo tomemos un vehículo con una potencia eléctrica de 22 kW, y determinemos los valores según el modelo desarrollado (ver tabla)

η_{gen}	η_{tr}	C_{bat} (Ah)	V	DOD	η	Q (MJ/L)	P_t (kW)	C (L/100km)
0,9	0,92	100	220	0,9	0,2	32	22	2,6

- Podemos observar que el ahorro es de 2.6L/100km
- Si el vehículo opera en modo eléctrico total, tenemos

η_{gen}	η_{tr}	C_{bat} (Ah)	V	DOD	η	Q (MJ/L)	P_t (kW)	C (L/100km)
0,9	0,92	110	220	0,95	0,2	32	24,2	5,9

PRESTACIONES

- Se observa que el ahorro de combustible en modo eléctrico es equivalente al consumo del vehículo, lo que permite asegurar que no se gasta nada de combustible