



Recuperación de la energía de frenado en sistemas ferroviarios

Antoine Fontan

30/06/2020

Agenda

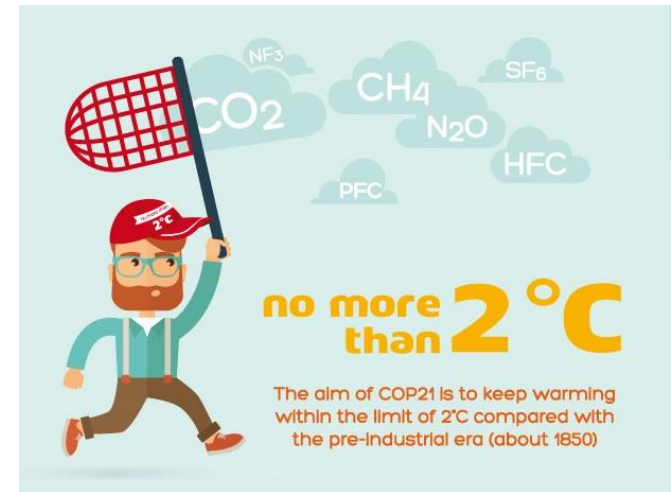


1. Movilidad sustentable
2. Los vectores de mejora de la eficiencia energética
3. Principio general de la recuperación de la energía del frenado
4. Aplicaciones por cada tipo de sistema ferroviario
5. Transporte de carga (diésel-eléctrico)
6. Tren interurbano (sin catenaria)
7. Tren interurbano (línea electrificada)
8. Metro (recuperación de la energía entre trenes)
9. Metro (reinyección en la red MT)
10. Metro (almacenamiento de energía)
11. Transporte urbano eléctrico ligero

Movilidad sustentable

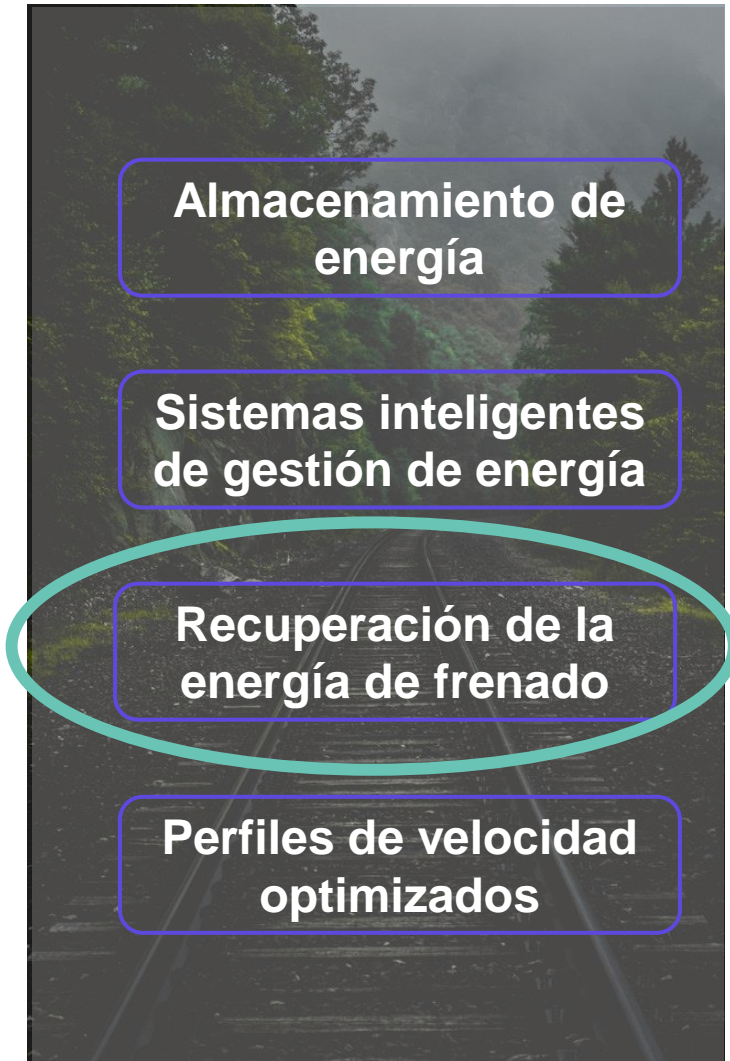
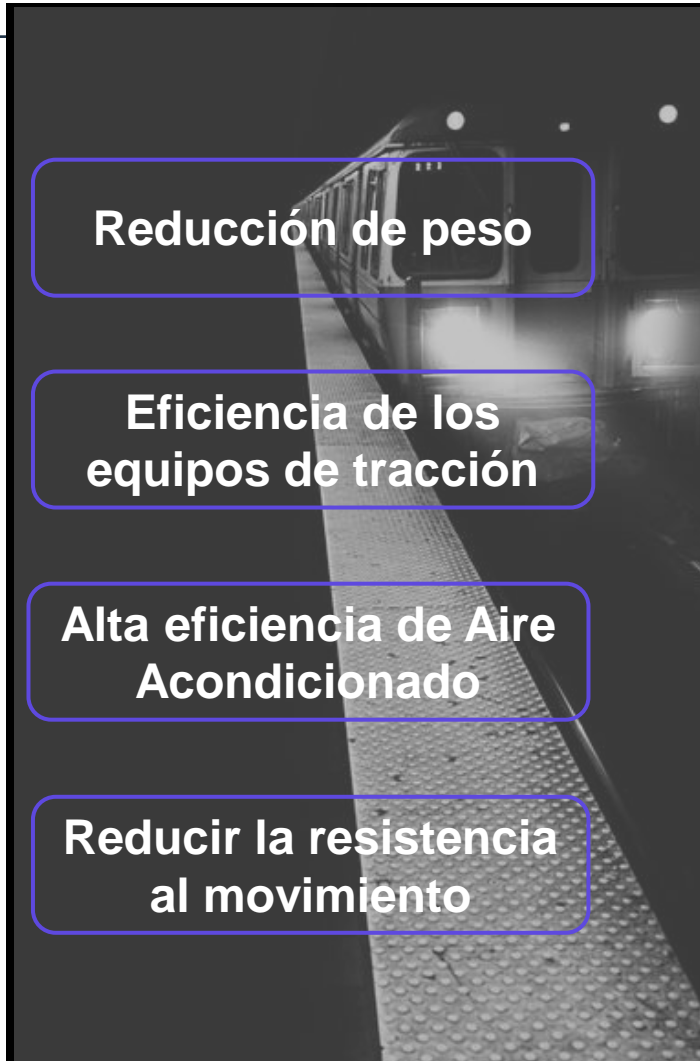
“Como líder mundial en movilidad sustentable, tenemos una gran responsabilidad hacia nuestros clientes, socios, empleados, pasajeros y, en última instancia, hacia la sociedad en su conjunto”

Henri Poupart-Lafarge, Chairman & CEO



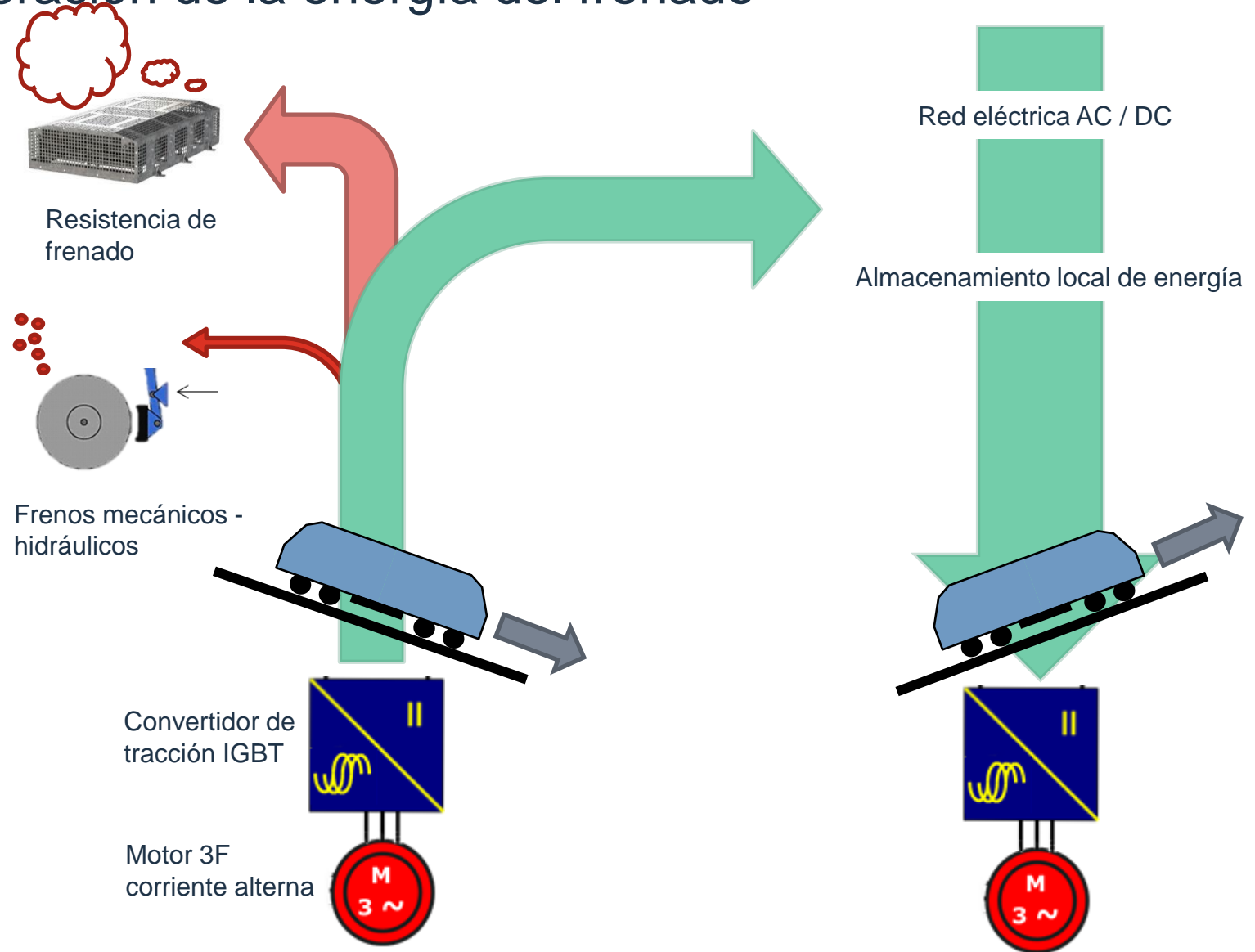
Credit: ctenvironment.org

Los vectores de mejora de la eficiencia energética



Principio general de la recuperación de la energía del frenado

- Cuando los trenes frenan la energía cinética se disipa en calor en las resistencias de frenado o en los discos mecánicos.
- Los motores eléctricos actuales, con sus convertidores de potencia, funcionan de manera reversible con rendimientos altos, hasta 85%.
- La energía generada por el freno de los trenes puede representar hasta 50% del consumo de energía.



Aplicaciones por cada tipo de sistema ferroviario



Transporte de carga
(diésel-eléctrico)



Tren interurbano
(sin catenaria)



Tren suburbano
(catenaria 25kV 60Hz)



Metro
(1500 o 750 VCC)



Transporte urbano
eléctrico ligero





Transporte de carga (diésel-eléctrico)

- Tecnología Diesel – Híbrida con baterías
- Objetivo: reducir el consumo de diésel
 - Recuperar la energía de frenado
 - Optimizar punto de funcionamiento del generador y su rendimiento
 - Se puede ajustar el modo de regulación de energía y carga de la batería según la aplicación.

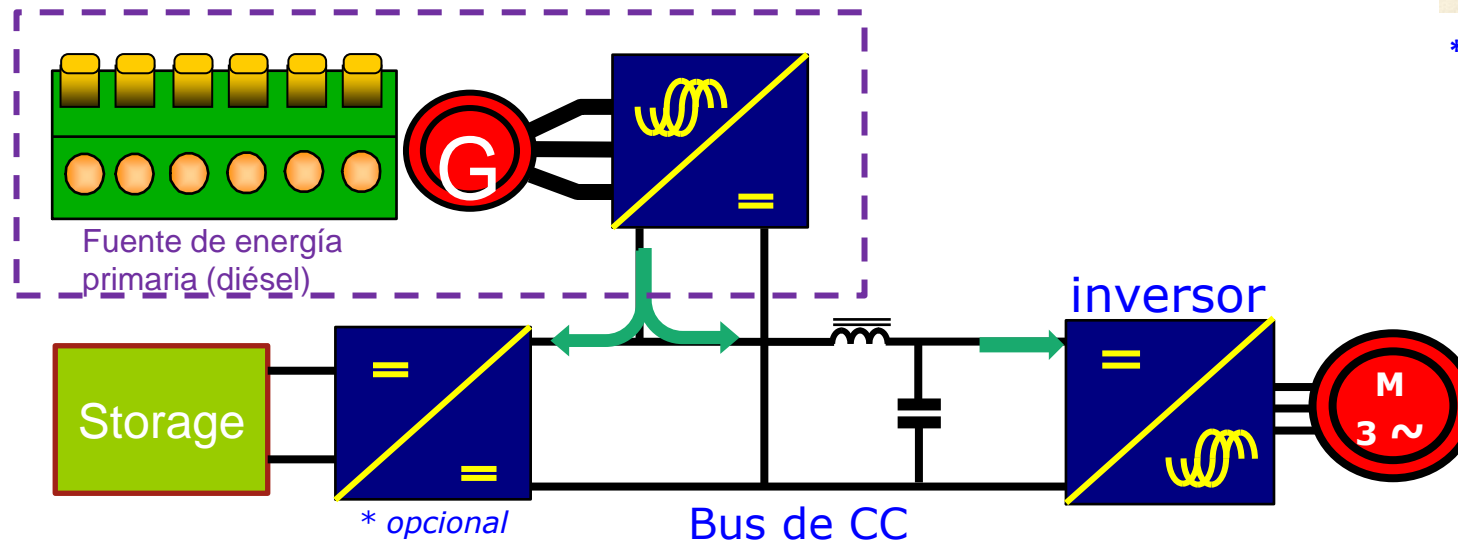


*BR214

Diesel: P ~ 240kW

Batería:

- C ~ 180 Ah
- P ~ 500 kW





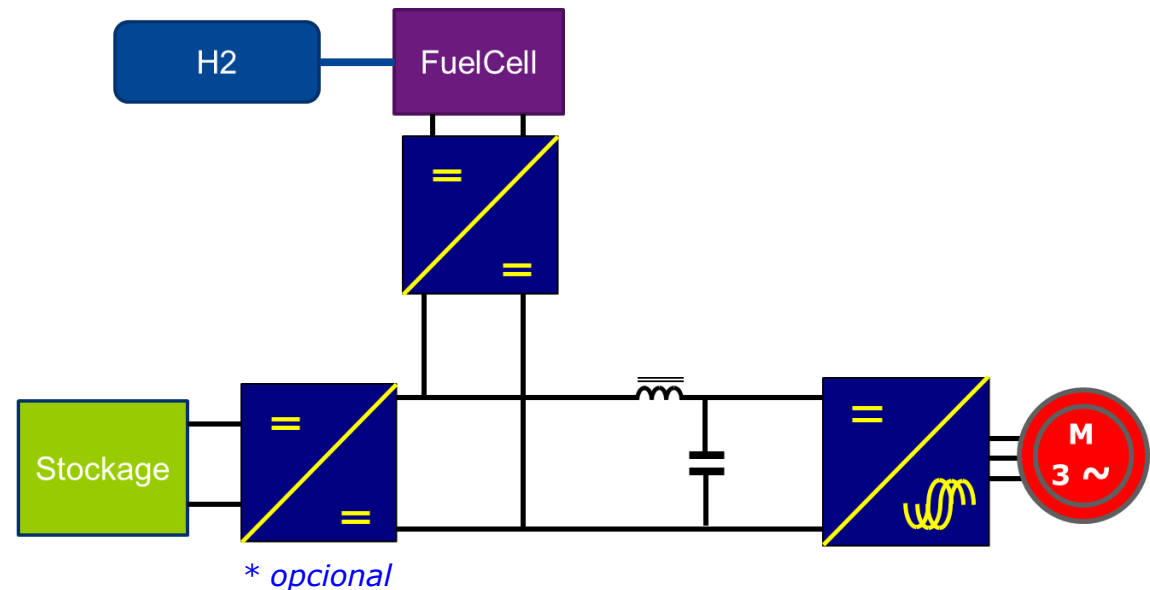
Tren interurbano (sin catenaria)

→ Hidrogeno

- Los trenes son eléctricos. La energía eléctrica se genera a bordo en una celda de combustible se almacena de forma intermedia en baterías.
- La pila de combustible proporciona energía eléctrica combinando el hidrógeno almacenado en los tanques a bordo con el oxígeno del aire ambiental. Las únicas emisiones son vapor de agua y agua condensada.
- La batería recupera la energía cinética del tren durante el frenado y permite apoyar la tracción durante las fases de aceleración.

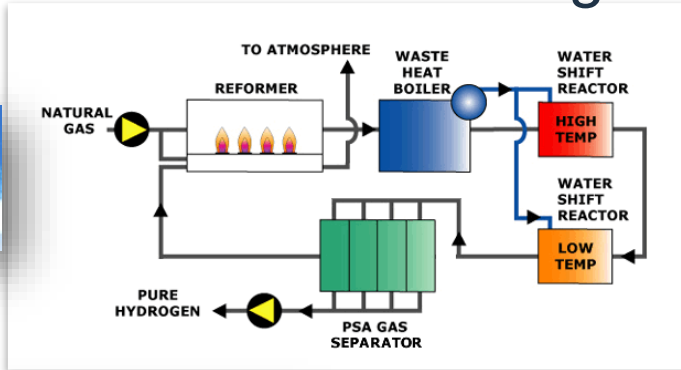


*iLint





→ Producción de hidrogeno e impacto CO₂



reformación de vapor (negro)

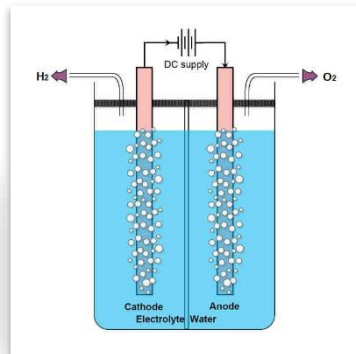
H2 negro	273	g CO ₂ /kWh
----------	-----	------------------------



H2 verde	0	g CO ₂ /kWh
----------	---	------------------------



Desperdicio de industria petroquímica (gris)

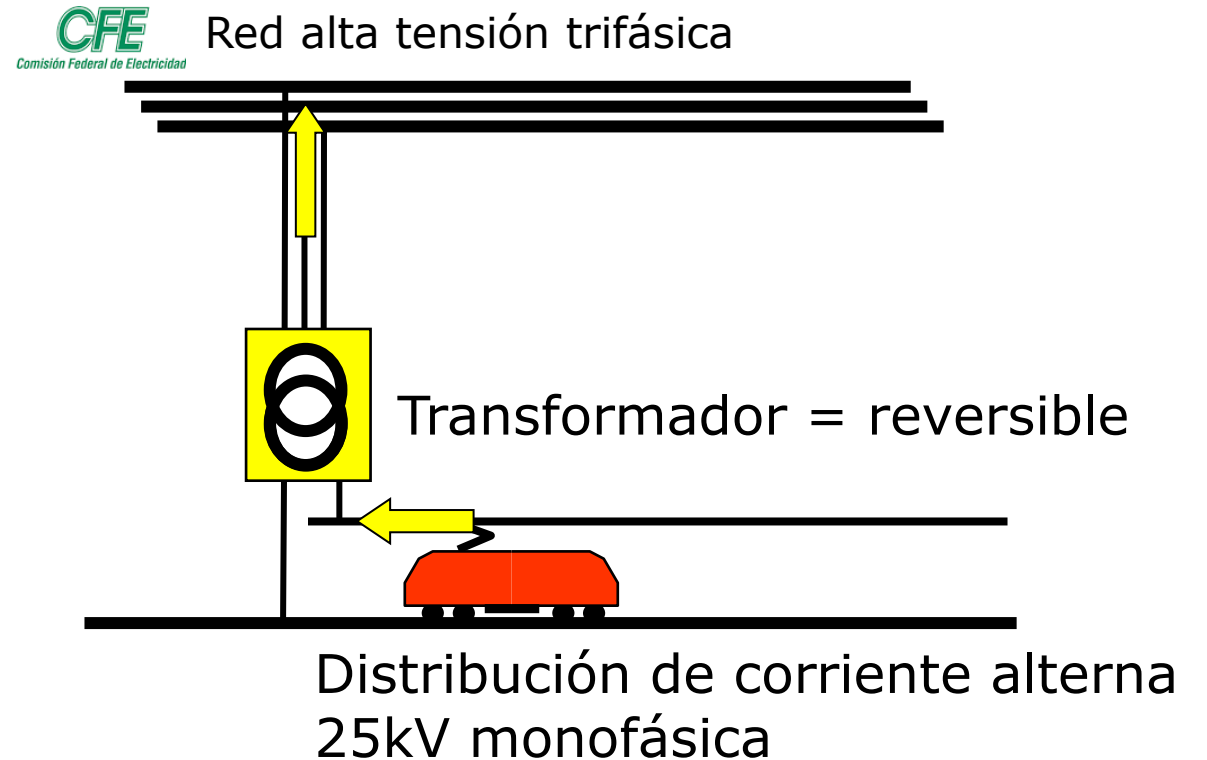


Electrolysis a partir de energías renovables (verde)



Tren interurbano y suburbanos (línea electrificada)

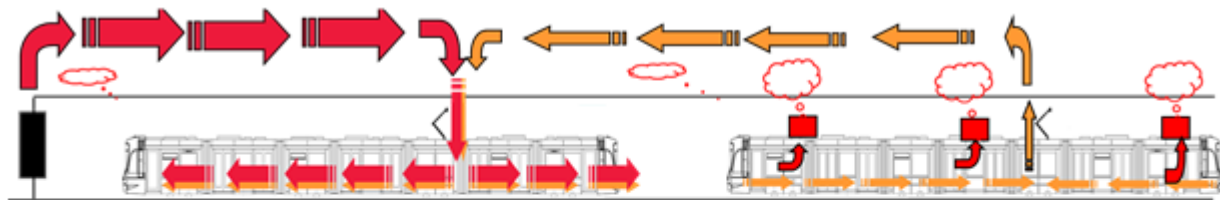
- 25kV 60Hz y 50Hz = Estándar mundial (mas de 50 países)
- Reinyección de la energía en corriente alterna directamente a la red del proveedor de electricidad
- Eficiencia energética optima en todas las fases del ciclo de vida del sistema





Metro (recuperación de la energía entre trenes)

- 1500 VCC o 750 VCC
- Reinyección de la energía de un tren que frena hacia los otros trenes que aceleran al mismo tiempo en la misma área.



Subestación

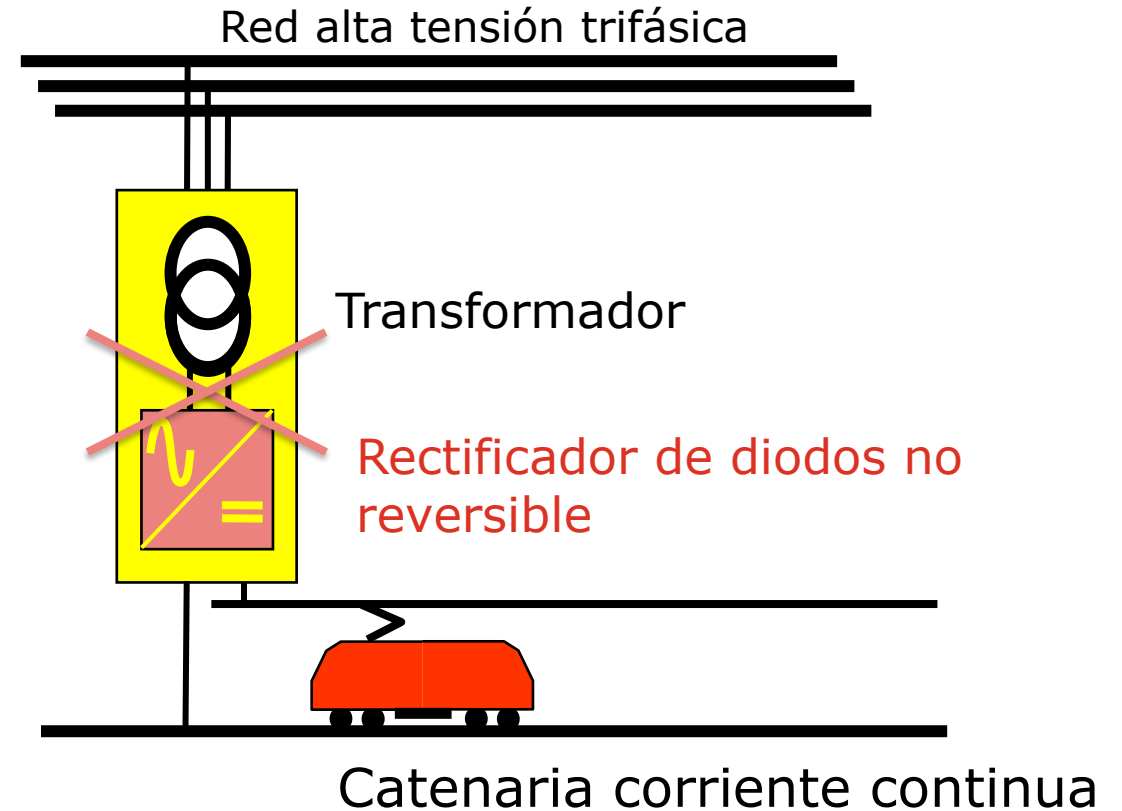
Tracción

Frenado

Subestación
Recuperación



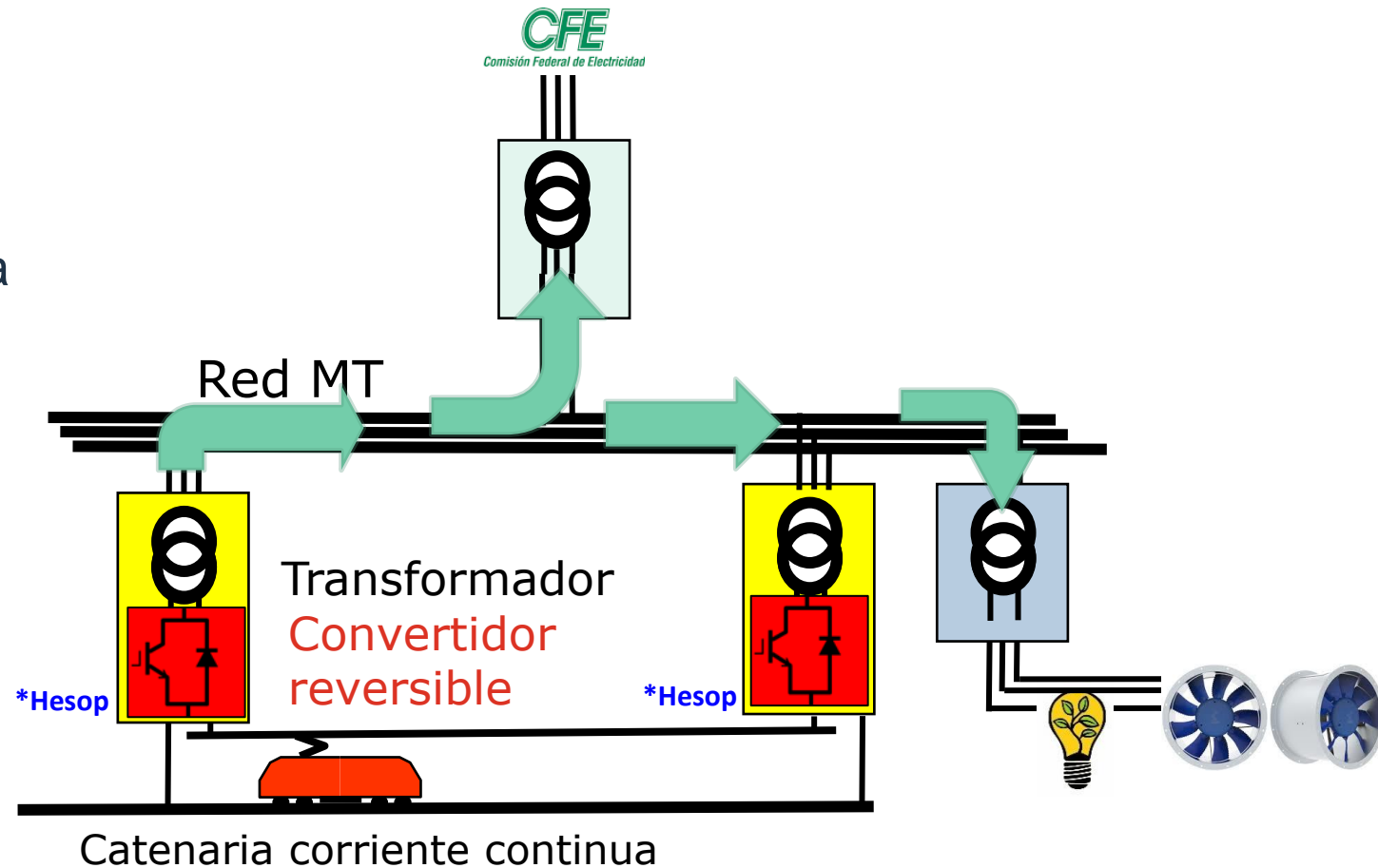
Perdidas en resistencias
Reinyección a la
catenaria





Metro (reinyección en la red MT)

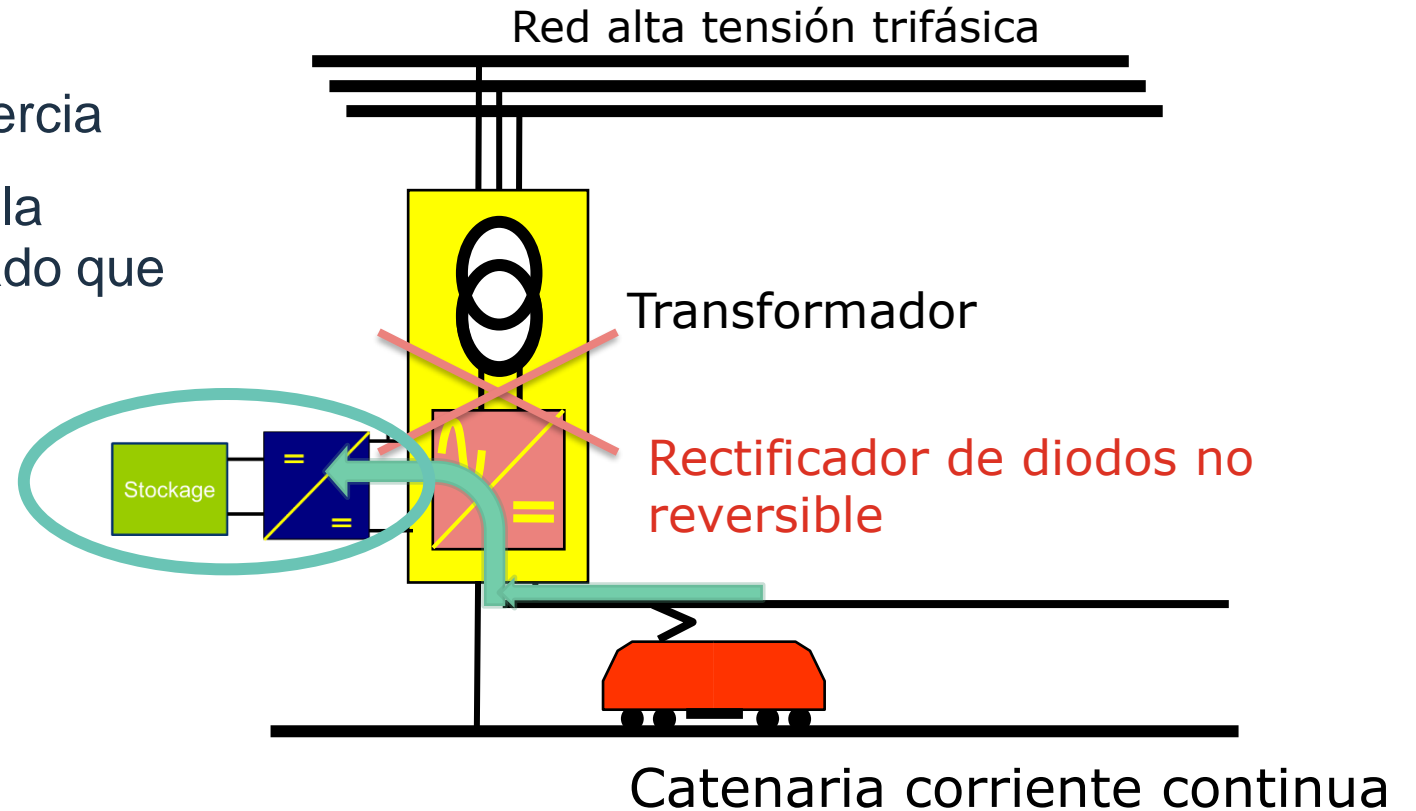
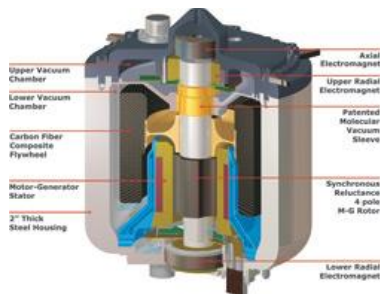
- Subestaciones de tracción con recuperación de energía. Con inversores o convertidores reversibles.
- Se puede recuperar hasta 99% de la energía de frenado disponible
- Los convertidores IGBT permiten mejorar la calidad de la energía consumida y reinyectada para cumplir con los requerimientos del CENACE





Metro (almacenamiento de energía)

- Almacenamiento de la energía en las subestaciones
- Capacitores, baterías, volantes de inercia
- Inversión importante comparado con la cantidad limitada de energía de frenado que se puede recuperar





Transporte urbano eléctrico ligero

- La energía de frenado se puede recuperar para los tranvías y autobuses eléctricos.
- La energía de frenado recarga rápidamente capacitores de alta potencia y las baterías permiten tener más autonomía.

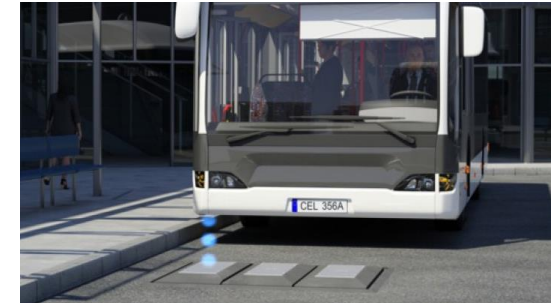
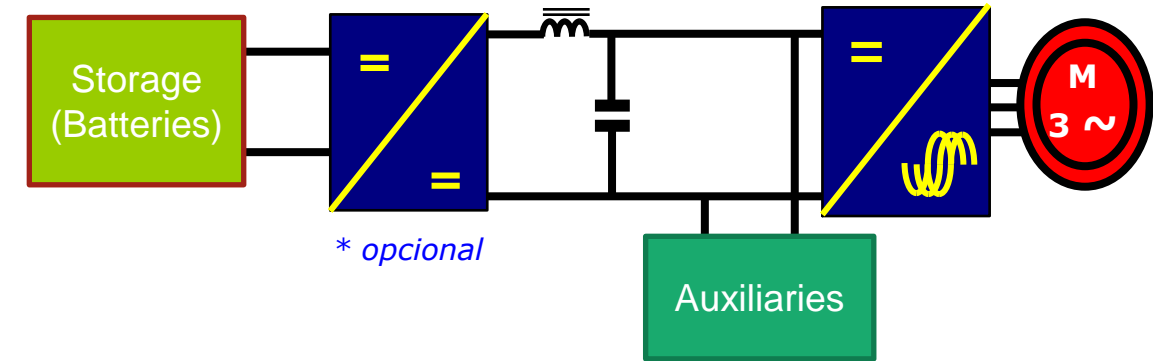
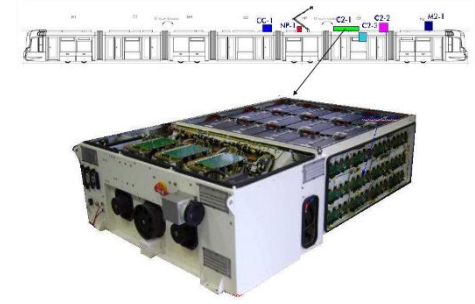
- 2 posibilidades:

Una batería de alta capacidad en el vehículo y una sola carga de noche en el deposito.

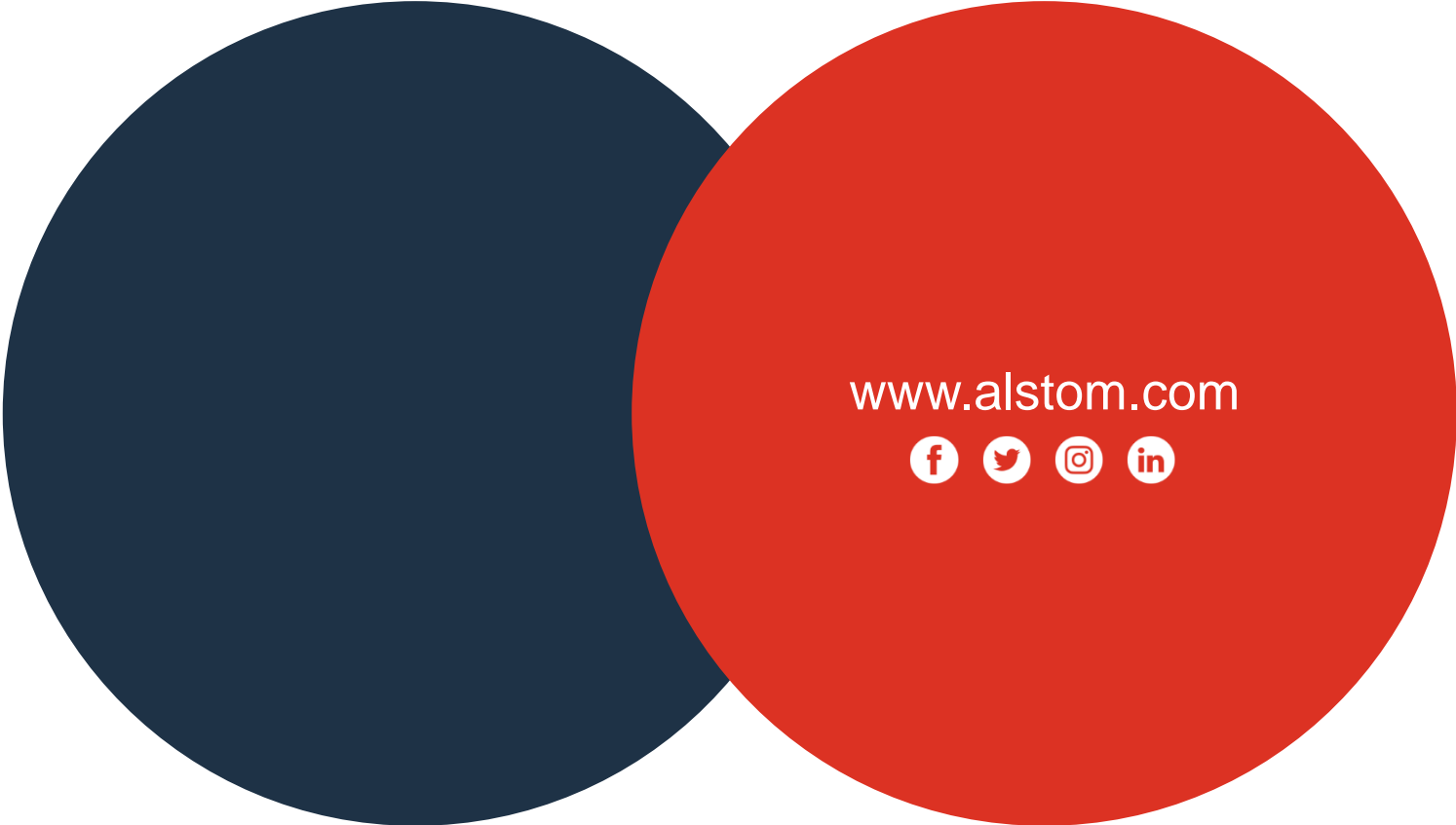
Una batería menor (o trayectos mas largos o intensos en energía) y varias cargas rápidas en el día, en las estaciones de pasajeros, en la línea (con catenaria o alimentación por el suelo) o la estación terminal.



*Citadis



*SRS



www.alstom.com



ALSTOM
• mobility by nature •