

# ACTUATE - Presentación

Formación avanzada para conducir vehículos eléctricos de forma segura y rentable  
- Tranvías -



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## ¿Quién se beneficia de la eco-conducción?

**La eco-conducción no implica únicamente ahorrar energía.**

- El conductor
  - Conduce más relajado, sin estrés
  - Menos enfermedades y accidentes
- Los pasajeros
  - Se sienten más seguros porque perciben la tranquilidad del conductor a través de su estilo de conducción
- El vehículo y las infraestructuras
  - Se produce menos desgaste, los grupos motrices se tratan con mayor cuidado y las costosas infraestructuras se someten a esfuerzos inferiores.



## ¿Quién se beneficia de la eco-conducción?

### ■ El medio ambiente

- Se producen menos emisiones.

### ■ La empresa

- La eco-conducción puede reducir el consumo de corriente de tracción hasta aproximadamente en un 3 % (reducción adicional no basada en la tecnología). Esta cifra se basa en la experiencia de Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB), uno de los socios de ACTUATE en Alemania. Ejemplo de cálculo del ahorro para LVB: con un consumo anual de corriente de tracción de unos 60 GWh, se puede contar con un ahorro de unos 1,8 GWh para la flota de tranvías de Leipzig. El ahorro económico para LVB sería de unos 210 000 € al año.



# Conocimientos básicos



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate





## Factores que influyen en la eco-conducción de autobuses y tranvías:

- Estilo de conducción del conductor
- Utilización cuidadosa del equipo auxiliar (sistema de climatización, calefacción)
- Planificación de las rutas, densidad de tráfico y ocupación
- Aprovechamiento consciente de la parte de rodadura
- Software utilizado para el control electrónico



**Una mayor velocidad media no se consigue con velocidades altas puntuales, sino mediante una conducción uniforme.**



## ¿Cómo se puede ahorrar energía?

¡Consumo de energía excesivo durante el trayecto!

Posibles causas:

- Estrés
- Conducción poco cuidadosa y precipitada
- «Jugar» con el indicador de valores de referencia
- Acelerar demasiado tiempo
- Parte de rodadura demasiado pequeña



## Conducción ideal en llano



- ✓ Aceleración intensa y uniforme (teniendo en cuenta la comodidad de los viajeros)
- ✓ Dejar rodar el vehículo lo más posible
- ✓ Frenar de forma suave y uniforme



## Factores que influyen en la distancia de frenado

- Velocidad de conducción
- Características del carril
- Características del trayecto
- Tipo y número de frenos utilizados
- Ocupación y carga del vehículo
- Características del vehículo

**Si la velocidad se dobla, la distancia de frenado se cuadruplica.**





## Motores en tranvías

Motor de corriente continua de  
excitación independiente  
con chopper → Tatra



Motor asíncrono trifásico →  
NGT 6 (Leoliner), NGT 12  
(XXL)

**Ejemplo: ¡Todos los vehículos de Leipzig son capaces de recuperar corriente de frenado!**

**(Recuperación = freno de recuperación):**

*Se aprovecha entre el 67 % (por la noche) y el 98 % (en horas punta) de la energía recuperada.*



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

## El control del consumo de energía es más importante que los motores

Energía perdida de un control de resistencia con aceleración óptima y uniforme

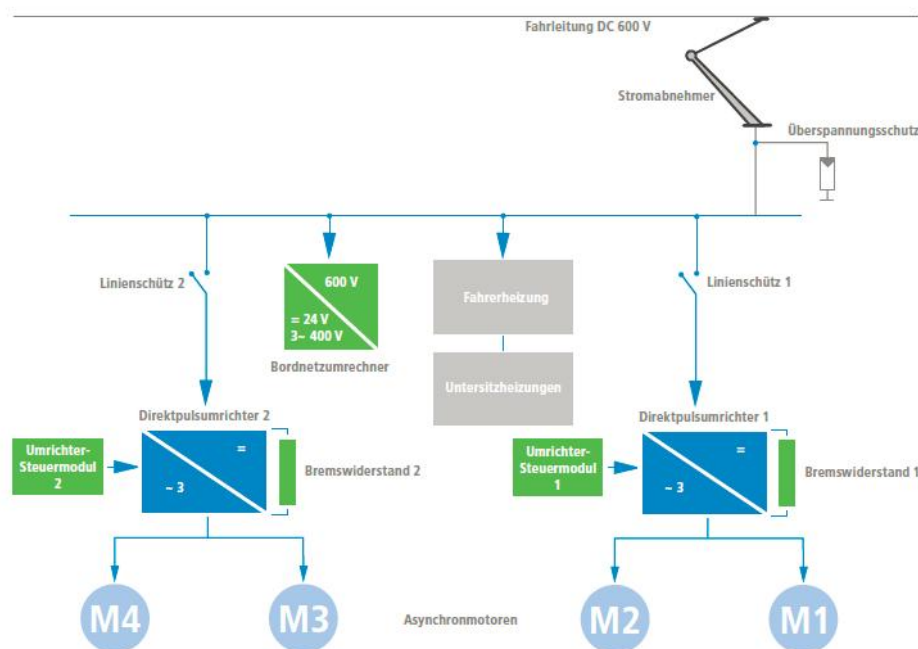


Sin duda alguna, el control de resistencia es el menos eficiente. El 50 % de la energía capturada se transforma en calor y se pierde, incluso en condiciones de conducción óptimas.

En este caso no se recupera energía.

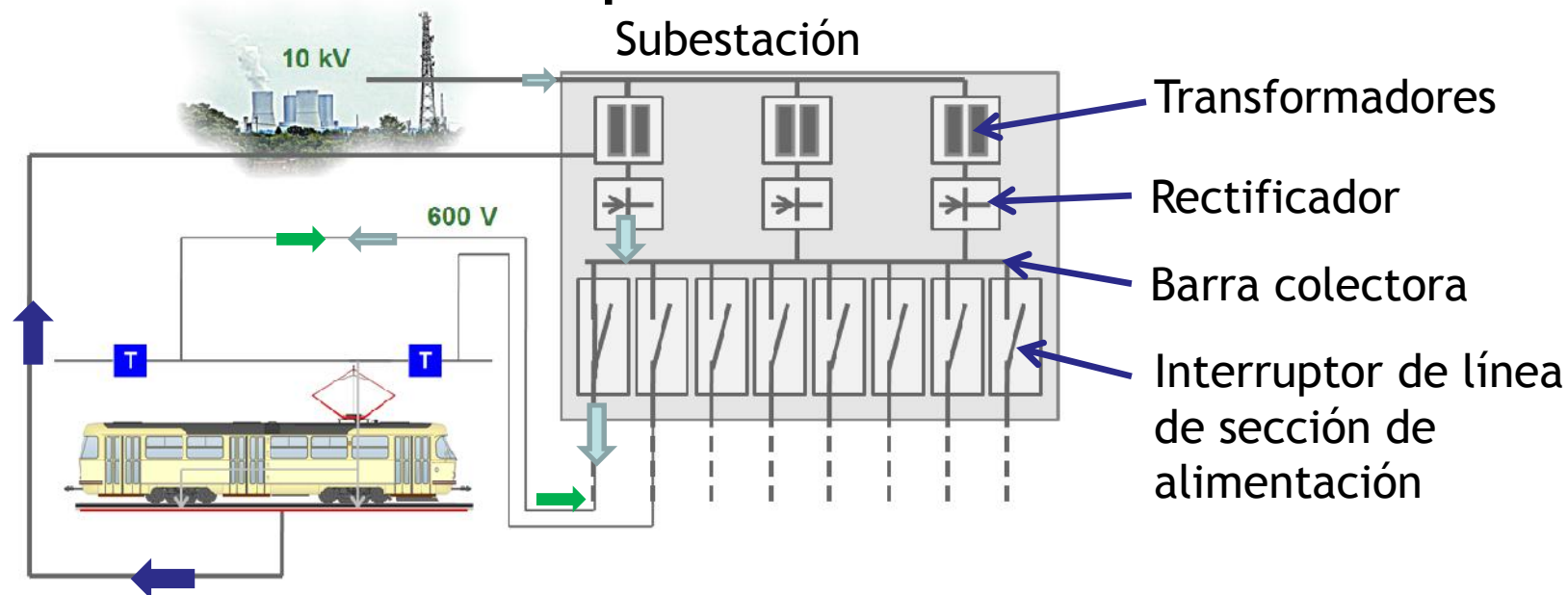


## El control del consumo de energía es más importante que los motores



Los transistores IGBT (del inglés Insulated Gate Bipolar Transistor, transistor bipolar de puerta aislada) habituales en vehículos nuevos y los controles de chopper son muy eficientes. En este caso, se recibe solo la cantidad de corriente que utiliza el motor. No obstante, es el conductor el que determina la cantidad de corriente utilizada por el motor. El conductor determina el consumo de corriente con el indicador de valores de referencia o con el acelerador, y la energía recuperada con la duración y la intensidad del frenado.

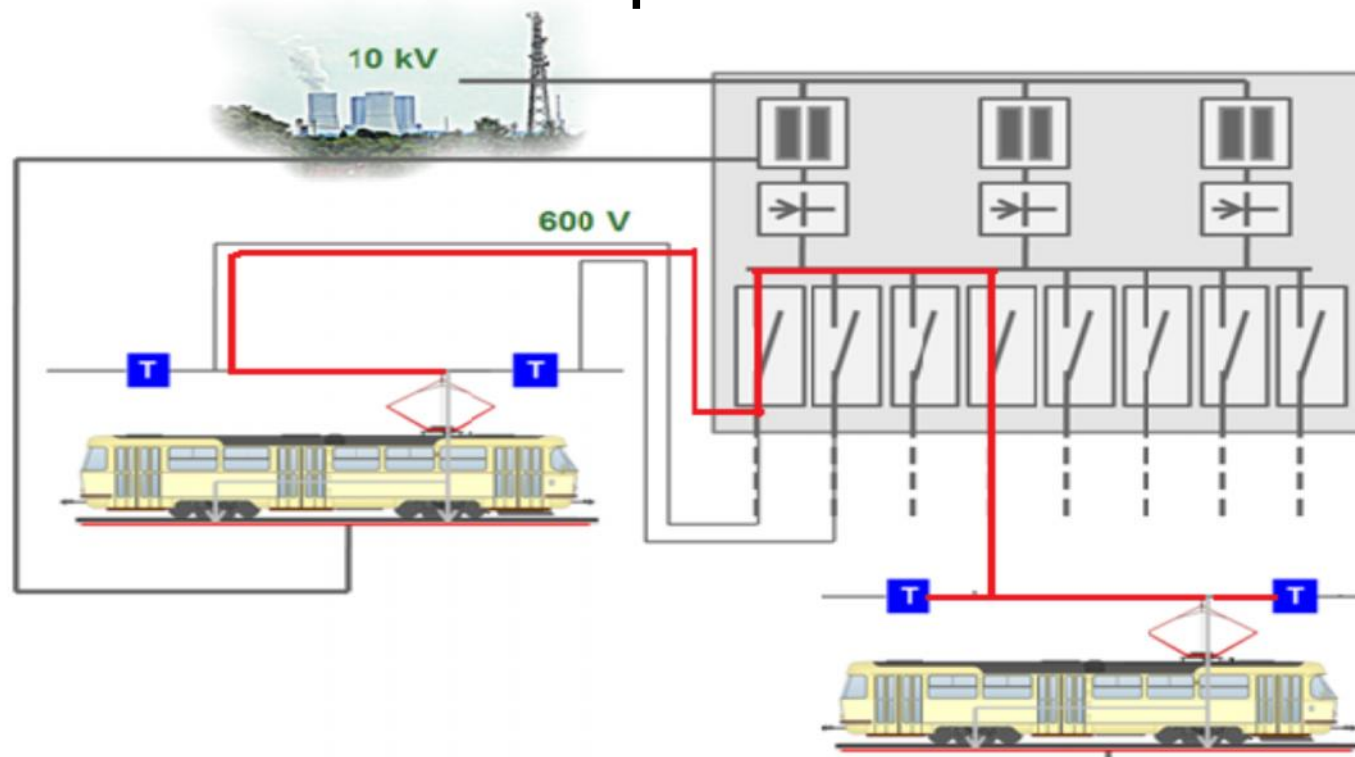
## Recorrido de la corriente simple



La subestación recibe 10 kV de corriente alterna de la central eléctrica. Esta corriente se transforma en corriente de 600 V, se rectifica y conduce a una barra colectora desde la que se distribuye a las secciones de alimentación individuales.

Una vez utilizada en el vehículo, la corriente circula de vuelta a través del cable de retorno (corriente residual).

## Recorrido de la corriente con recuperación



En el proceso de recuperación de energía, la corriente no utilizada por el vehículo es devuelta a la catenaria.

La corriente devuelta pasa a la barra colectora de forma que pueda ser utilizada por todos los vehículos que reciben corriente de la barra colectora de esta subestación.



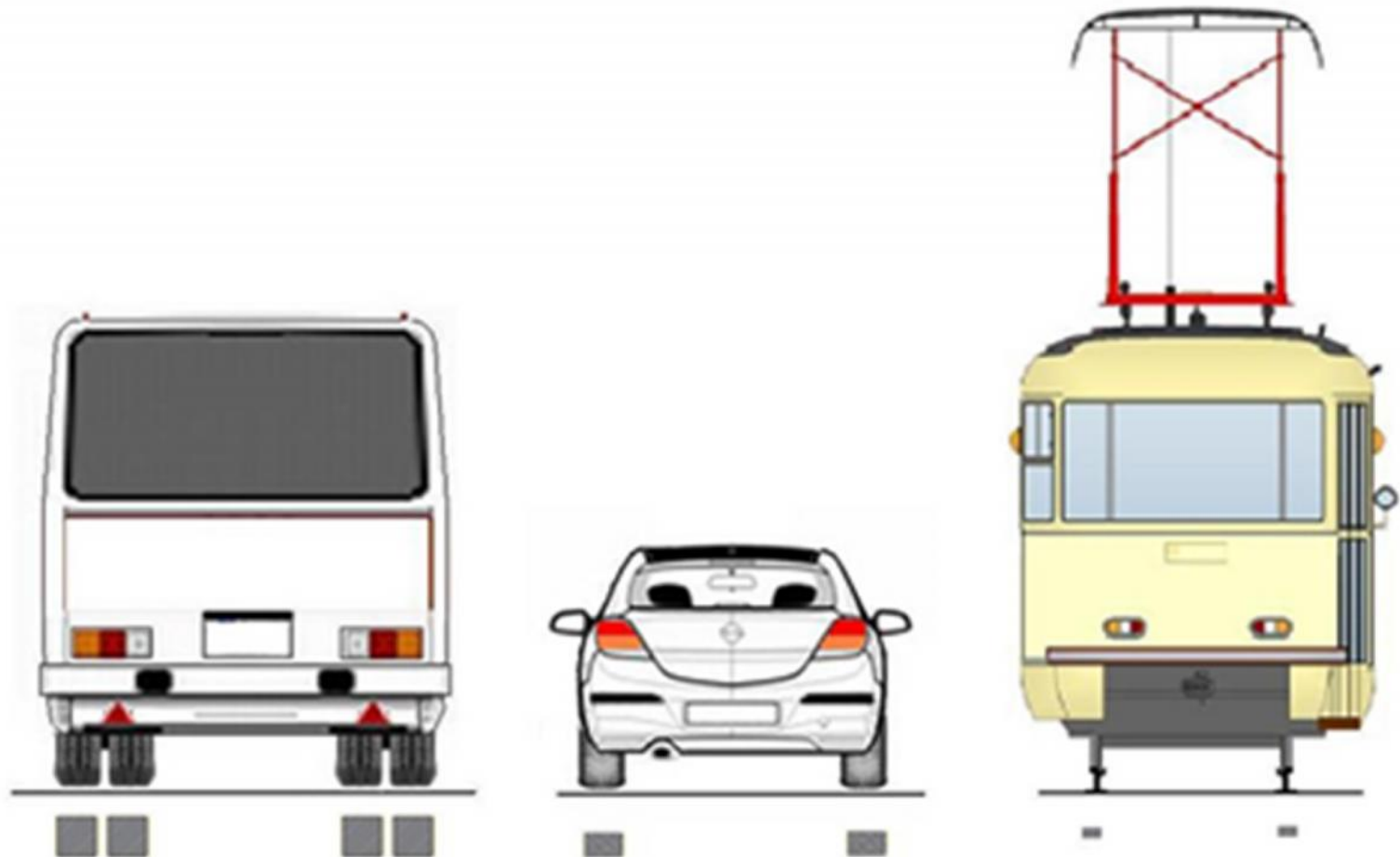
## Dinámica del desplazamiento: Materiales intermedios

**Las fuerzas entre las ruedas y el carril (fuerza de tracción de adherencia) dependen de:**

- ◆ Las características de los materiales
  - ▶ Acero sobre acero
- ◆ El material intermedio
  - ▶ Suciedad, material desgastado, capas de óxido, hojas, arena, nieve
- ◆ Fuerza de tracción total del vehículo
  - ▶ Debe ser siempre igual o menor que la fuerza de tracción de adherencia
- ◆ La presión superficial
  - ▶ Apoyo de la superficie de rodadura de la rueda sobre la superficie de la cabeza del carril → Peso de adherencia



## Dinámica del desplazamiento: Rozamiento de rodadura



## Tecnología de los vehículos: Motor de corriente continua con frenos de recuperación

- ➡ En los sistemas con **frenos regenerativos**, también llamados a menudo frenos de recuperación, el motor de accionamiento se utiliza como generador durante el frenado.
- ➡ En el proceso, se devuelve energía a la red eléctrica (catenaria). En algunos trenes también se utiliza la corriente generada para alimentar la calefacción o cargar baterías. Para ello se requieren grupos auxiliares.
- ➡ Este proceso se denomina recuperación, y los frenos correspondientes se denominan también frenos de recuperación.  
(recuperare = del latín, recuperar, ganar de nuevo)



# Conducción práctica



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## Instrucciones relativas a la parte práctica de la formación

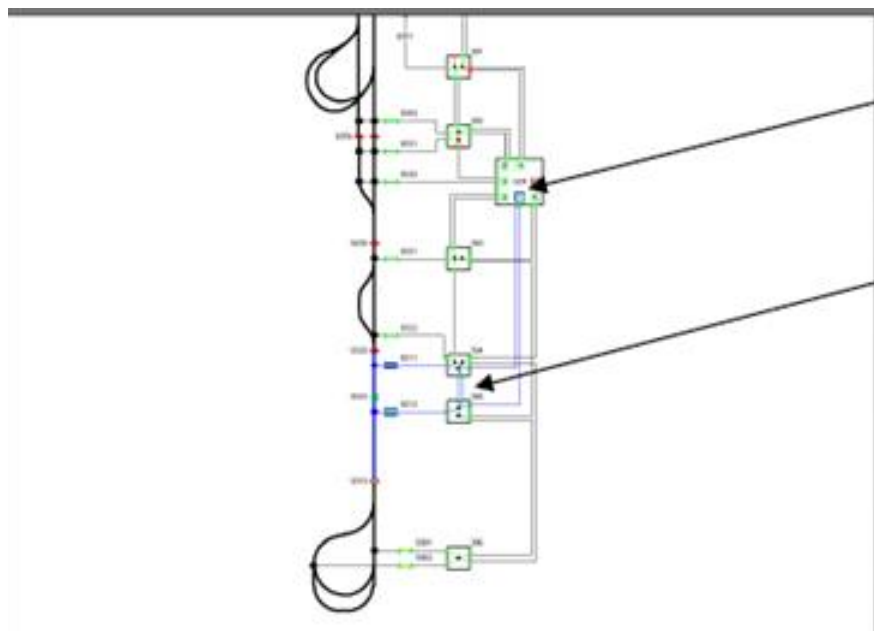
- Para la parte práctica, seleccionar líneas o recorridos reales (conseguir unas condiciones lo más realistas posible, por ejemplo, seguir a un autobús mientras hace su servicio regular para simular de la forma más real posible la llegada, la parada y la salida de las paradas de autobús)
- Determinación de un orden determinado para los conductores
- Preparar la medición del consumo de energía del desplazamiento
- Aplicar el estilo de conducción «normal» (recorrido antes de la formación)
- Intentar que el recorrido posterior a la formación teórica sea lo más parecido posible y que los conductores lo hagan en el mismo orden que antes de la formación teórica
- Determinar el estilo de conducción durante el recorrido posterior a la teoría teniendo en cuenta la información recibida durante la teoría
- Posibilitar la medición de la energía consumida para comparar la posible reducción del consumo al comparar el recorrido antes y después de la formación





## Registro del consumo antes y después de la formación

1. Medición de recorridos individuales en secciones de línea definidas
2. Medición de una línea en una sección de línea definida
3. Evaluación individual del modo de conducción por un observador



Medición en la subestación de la salida de línea;  
Medición de la corriente y el voltaje con cálculo de la potencia

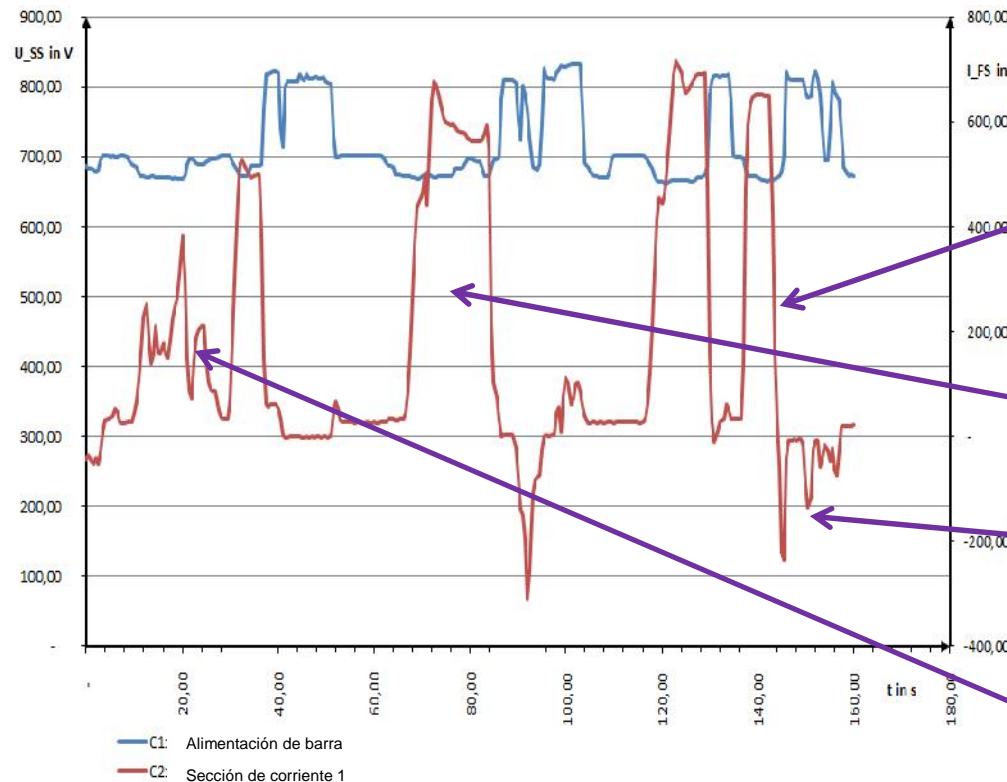
### Condiciones secundarias:

Línea de una vía con señalización,  
ningún equipo auxiliar adicional,  
circulación con vehículos de transporte  
motorizado individual, paradas



## Medición del consumo de energía

Medición con personal no formado → curva de corriente no óptima por conducción intranquila y con estrés → ¡modificación continua del indicador de valores de referencia!



= mala conducción

Frenado directamente después de acelerar

Aceleración larga

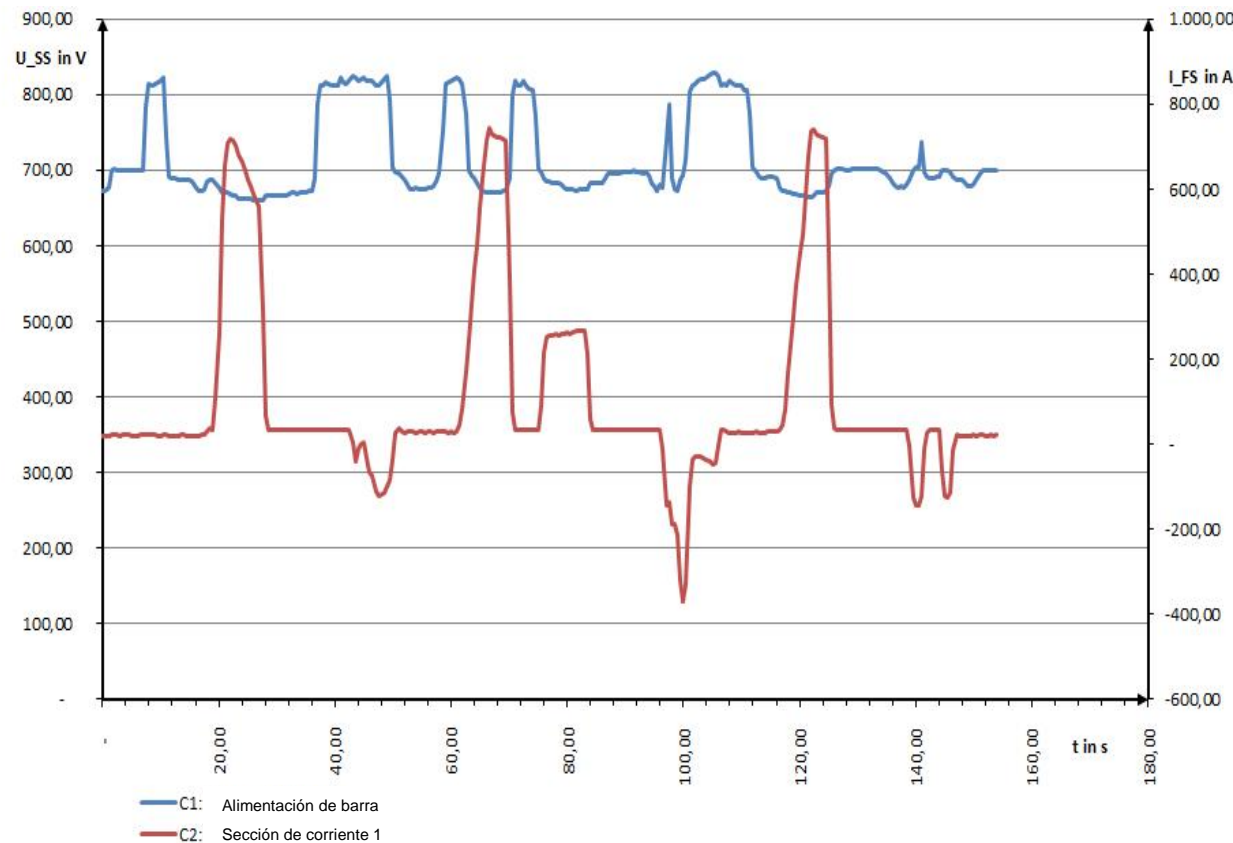
Frenado con recuperación

Aceleración no uniforme, larga y desequilibrada



## Medición del consumo de energía

Medición con personal formado → curva de corriente ideal por conducción tranquila y sencilla



= buena  
conducción

Tres aceleraciones breves  
e intensas y una  
aceleración intermedia

Tres frenados con  
recuperación

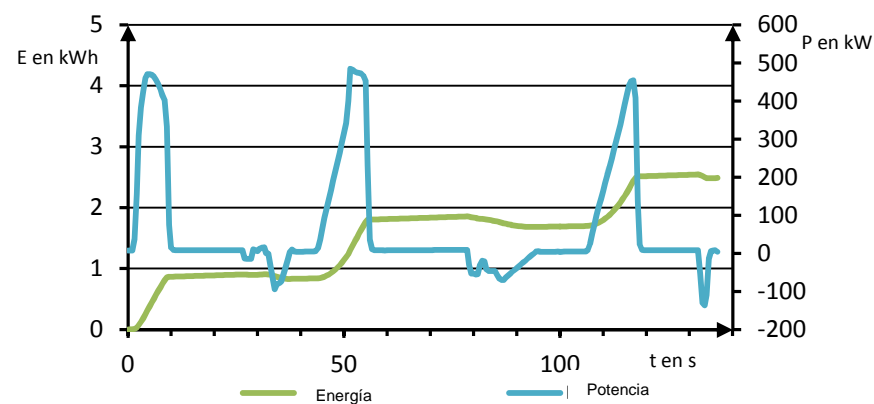
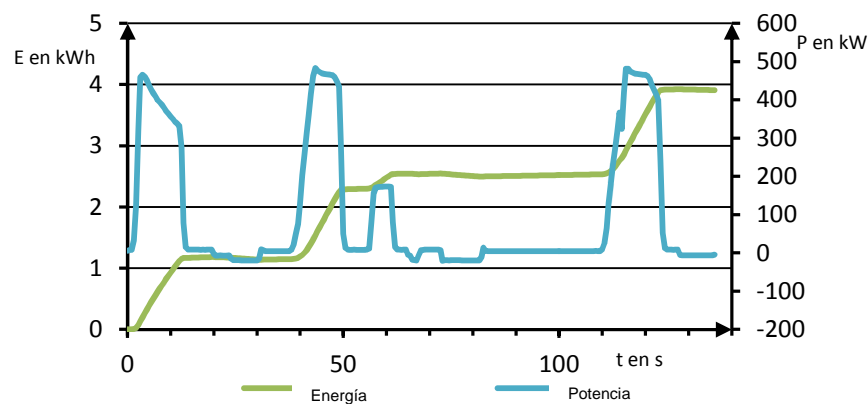
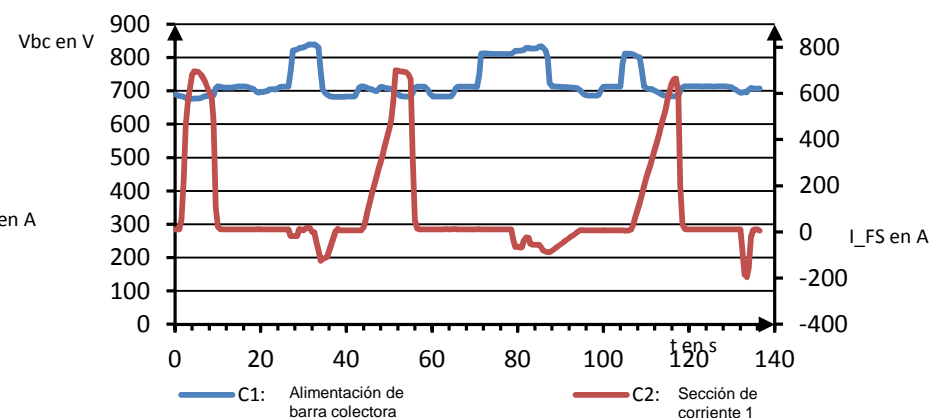
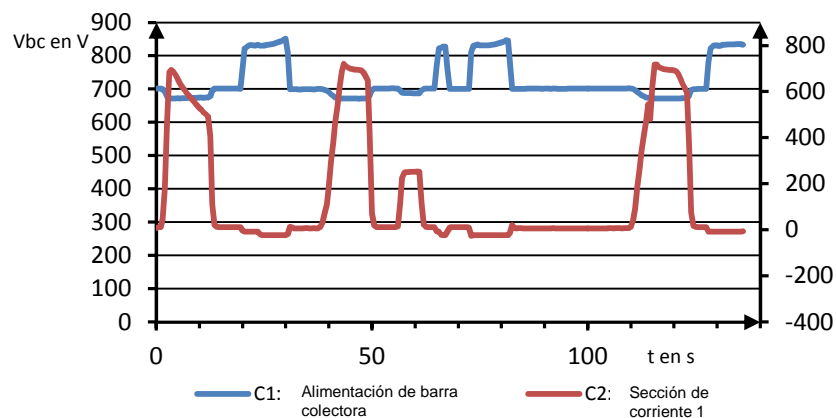


## Resultados de las mediciones energéticas en Leipzig

Evaluación con tranvía  
T4D/T4D/NB4 = Tatra  
con remolque de  
Bombardier



## Evaluación con tranvía T4D/T4D/NB4 antes y después de la formación





## Evaluación con tranvía

Consumo de energía T4D/T4D/NB4

### Comparación

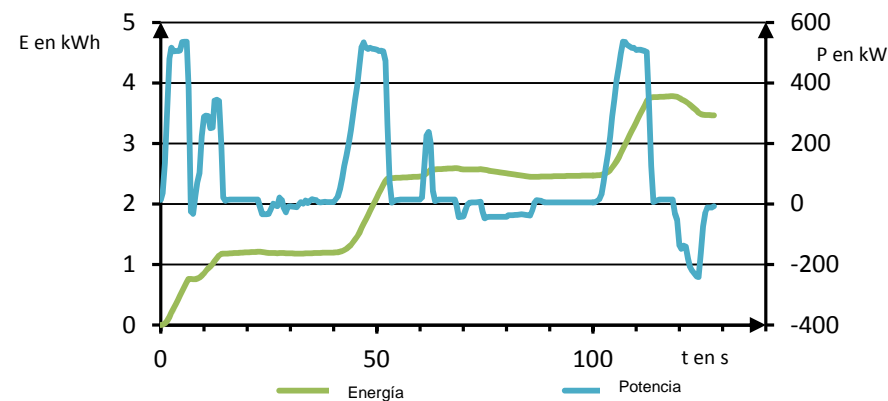
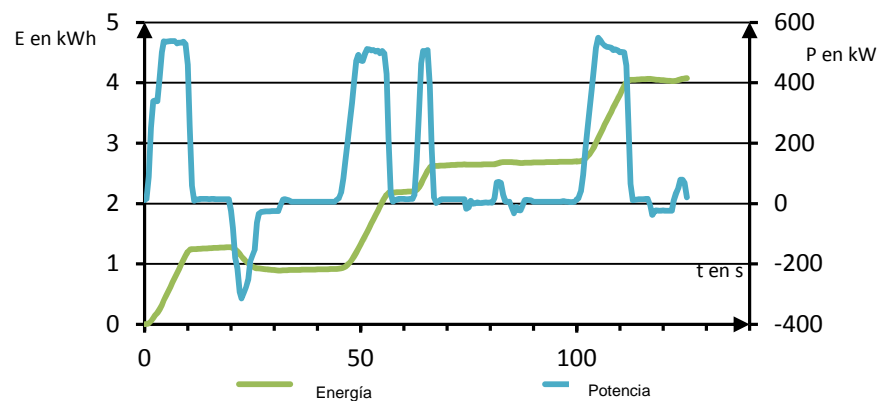
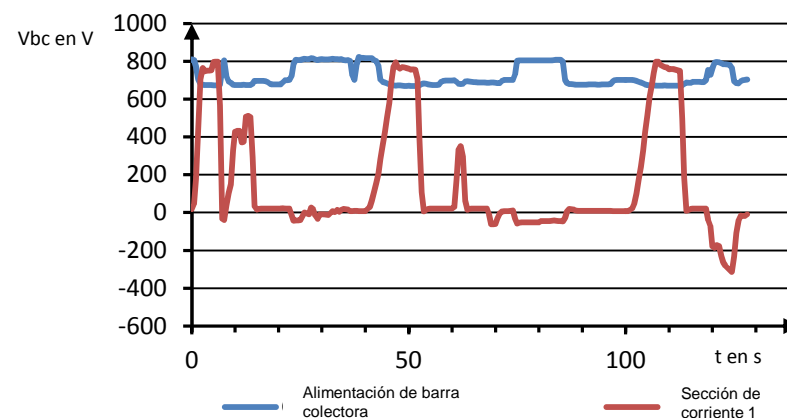
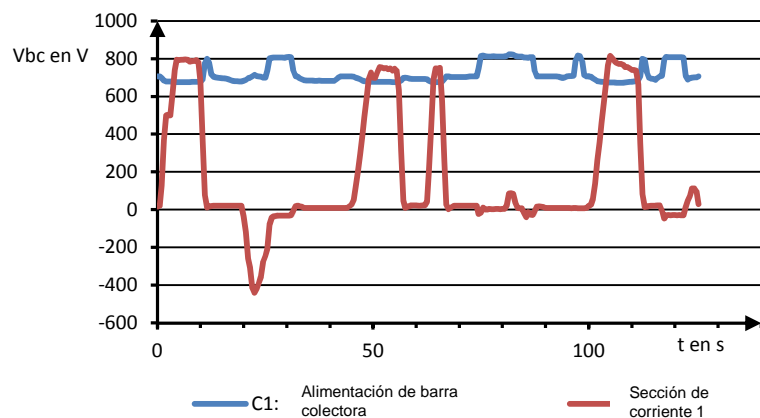
	<b>kWh</b>	<b>kWh/km</b>	<b>t (s)</b>
Antes de la formación	3,98	4,55	137
Después de la formación	2,49	2,98	138
Resultado	-44,5 %		+0,7 %



## Evaluación con tranvía NGT12 Bombardier Classic



## Evaluación con tranvía NGT12 antes y después de la formación



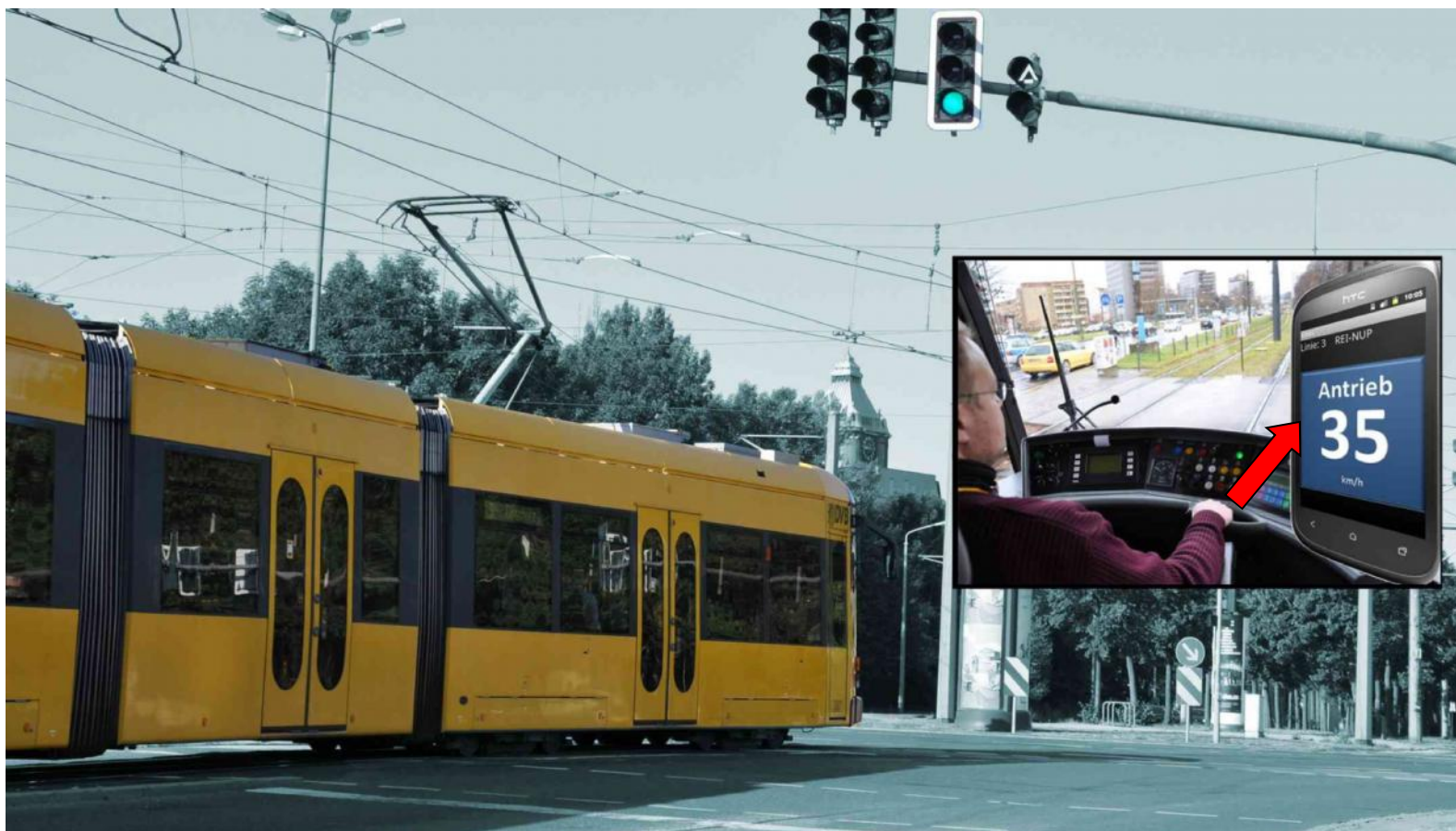
## Evaluación con tranvía

### Consumo de energía NGT12 Bombardier Classic Comparación

	<b>kWh</b>	<b>kWh/km</b>	<b>t (s)</b>
Antes de la formación	4,02	4,60	127 s
Después de la formación	3,48	3,98	128 s
Resultado	-14,5 %		+0,8 %



**También se pueden aprovechar nuevas tecnologías que especifican el modo de conducción mediante un protocolo de línea.**



## Las seis reglas de oro de la eco-conducción

- Acelerar el vehículo despacio y de forma uniforme
- Tener en cuenta el rozamiento de adherencia
- Al alcanzar la velocidad deseada, pasar a la posición neutra y dejar rodar el vehículo
- Conducir siempre de forma previsor
- Comenzar a frenar a tiempo
- Frenar de forma uniforme





# Aspectos de seguridad en los tranvías



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## Comportamiento en caso de descarrilamiento

- Principio básico: proteger, rescatar, avisar
- Retirar inmediatamente el pantógrafo y desconectar el vehículo
- Solo entonces dejar bajar a los pasajeros
- Ponerse los chalecos reflectantes antes de abandonar el tren
- Abrir las puertas manualmente y dejar bajar a los pasajeros
- Proteger el vehículo por todos los lados
- Si el vehículo afectado se encuentra en el perfil de otras vías, se deben proteger estas vías de forma específica
- Avisar al centro de control del tráfico y esperar al vehículo de socorro del taller (para el encarrilamiento)
- Una vez encarrilado el vehículo, desplazarse hasta cocheras a una velocidad máxima de 20 km/h y sin pasajeros



# Comportamiento en caso de daños en la catenaria

- Principio básico: Proteger, rescatar, avisar
- Proteger un perímetro amplio en torno a los componentes de la catenaria que estén colgando
- No tocar en ningún caso (corriente continua → peligro de quedar adherido)
- Se debe actuar como si todo componente de la catenaria suspendido pudiera estar bajo tensión, aunque por lo general, el sistema automático de la subestación desconecta automáticamente el tramo en caso de daños en la catenaria y accidentes
- Está prohibido tocar componentes colgantes
- Avisar al centro de control del tráfico
- Si, excepcionalmente, no se desconecta la tensión de tracción, la central eléctrica debe realizar inmediatamente una desconexión a distancia



# Fallo de tensión de tracción por sobrecarga

- Si es posible, utilizar el impulso disponible para rodar hasta el siguiente seccionador de línea (es posible que todavía circule corriente por la sección siguiente)
- El primer vagón deja el pantógrafo en contacto, el vagón siguiente retira el pantógrafo (debido al equipo auxiliar que no se puede desconectar)
- Avisar al centro de control del tráfico
- Si vuelve la corriente, el primer vagón se desplaza hasta el siguiente seccionador de línea a un velocidad de arranque baja
- Una vez que llegue al seccionador, el resto de vehículos le siguen de igual forma





# ACTUATE



**¡Gracias por su atención!**



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate

