



Alamys

Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos

ECOs

Sistema de ahorro de
energía en tracción y
optimización del
perfil de velocidad.

Prof Dr Jose Manuel Mera
Director CITEF
Tel +34 910 677 380
e-mail: citef@etsii.upm.es
www.citef.es



Objetivos



Bases del desarrollo



Ejemplos de resultados



Caso Práctico



Conclusiones



Futuros desarrollos

Objetivos

- **OBJETIVO PRINCIPAL:**
 - Optimizar el consumo de energía utilizando las características del material rodante, la línea y la operación, para obtener el perfil de velocidad optimo para el ahorro de energía.
- Considerando las restricciones propias de
 - Operación
 - Señalización
 - Material rodante
- **ECOs (Energy Consumption Optimization software):**
 - Calcula la mejor velocidad para cada punto de trayecto que proporciona el consumo mínimo
 - Genera consignas de conducción muy simples



Objetivos



Bases del desarrollo



Ejemplos de resultados



Caso Práctico



Conclusiones



Futuros desarrollos

Bases del desarrollo

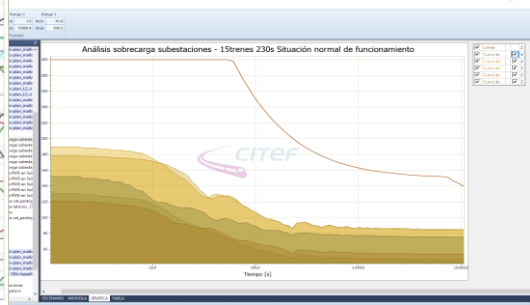
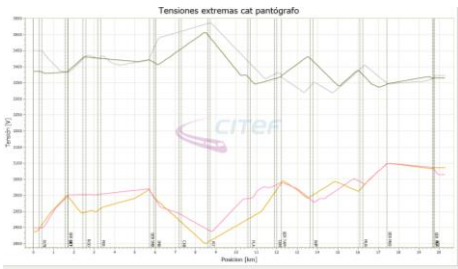
- Los principales pasos de la metodología utilizando **ECOs**, son:
 - Modelado del material rodante y la línea
 - Discretización del problema en pasos de simulación
 - Definición de las restricciones del problema
 - Aplicación del cálculo por el método de optimización
 - Obtención de la velocidad optima, energía consumida e indicaciones al maquinista.

Bases del desarrollo

- Para el desarrollo de **Energy Consumption Optimization Software (ECOs)** se ha partido del software **HAMLET**, también desarrollado por CITEF y utilizado en más de 75 estudios de operación y energía de tracción, en más de 29 países.
- Tercer metodología desarrollada en CITEF en este ámbito
- Publicaciones:
 - "Optimizing Electric Rail Energy Consumption Using the Lagrange Multiplier Technique" Journal of transportation engineering
 - "Enhanced Efficiency in Railway Driving: Development of Ecos (Energy Consumption Optimization Software) Tool" Computers in Railways XVI

HAMLET

(Simulador Mecánico y Eléctrico para el Diseño de Infraestructuras Ferroviarias)



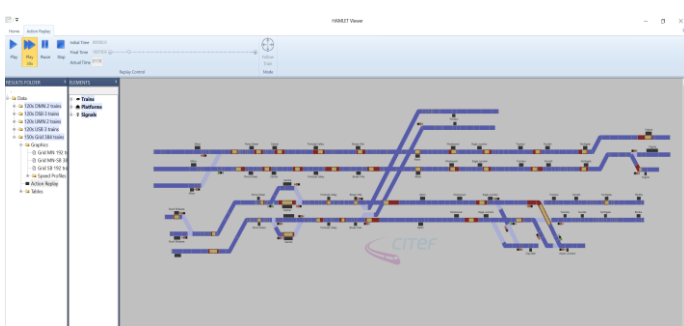
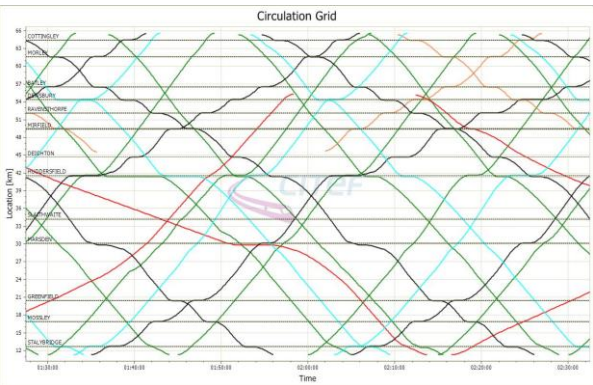
■ Cálculo de Parámetros Operacionales

- Movimiento de trenes (velocidad, consumo mecánico...),
- Intervalo de señalización,
- Diagrama de ocupación de cantones,
- Estudio de flota
- Optimización de operación
- Etc

■ Estudio Eléctrico de la línea

- Tipo y número de subestaciones (DC, AC 1x, AC 2x)
- Potencia de las subestaciones,
- Tensión en pantógrafos / frotadores,
- Corrientes en cables,
- Etc

■ Utilizado en más de 75 proyectos de alta velocidad, metro, tranvía y ferrocarril convencional.





Objetivos



Bases del desarrollo



Ejemplos de resultados



Caso Práctico



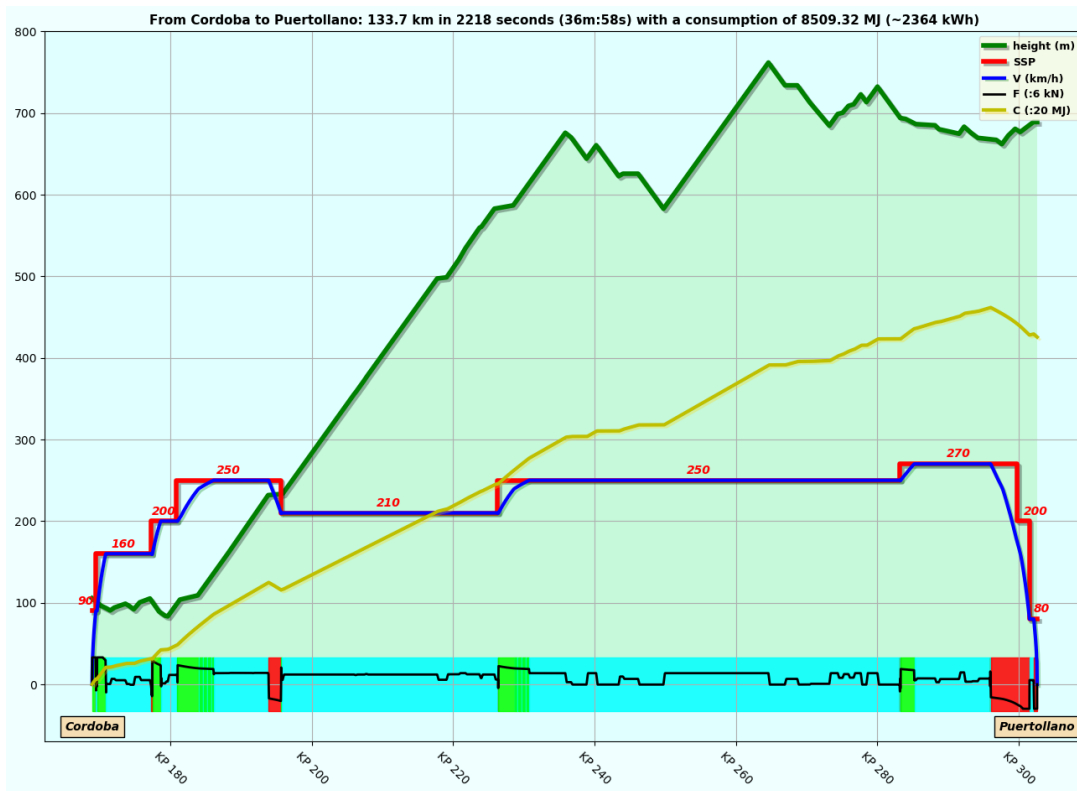
Conclusiones



Futuros desarrollos

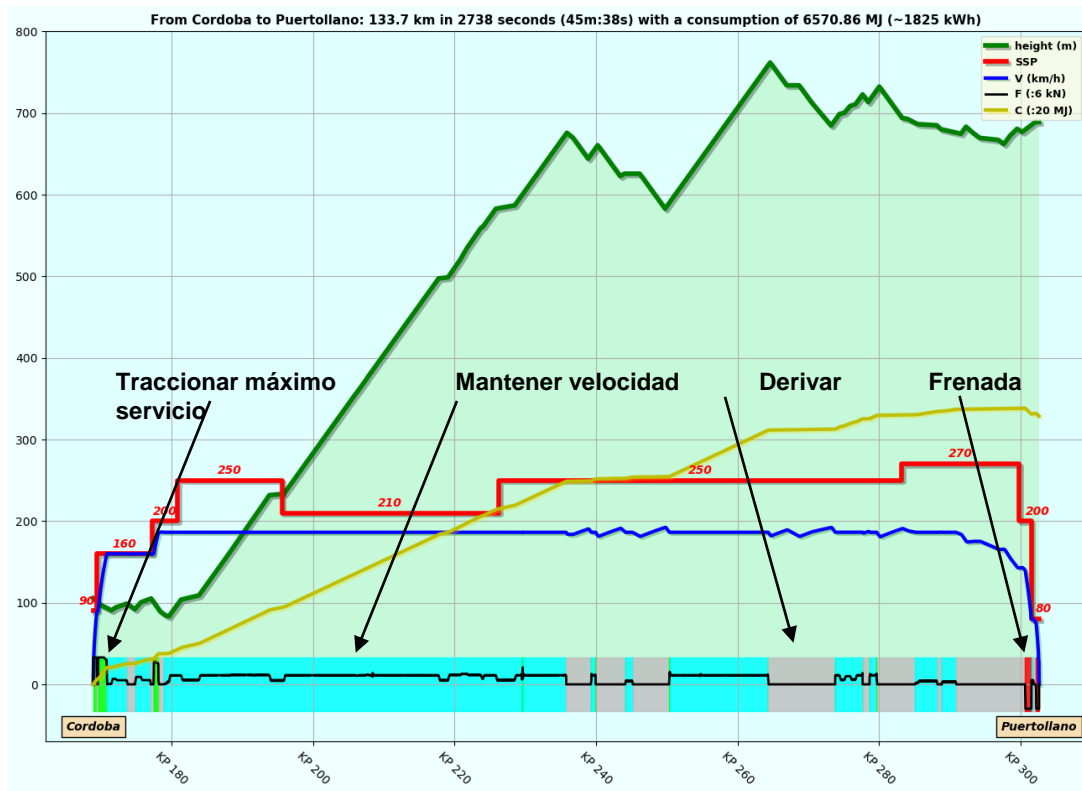
Estudio Energía Conducción

- Alta velocidad
- Tiempo mínimo
36 min 58 seg
- Consumo
2364 kWh
- Consignas Conducción
 - Traccionar máximo
 - Mantener velocidad
 - Derivar
 - Frenada servicio



Estudio Energía Conducción

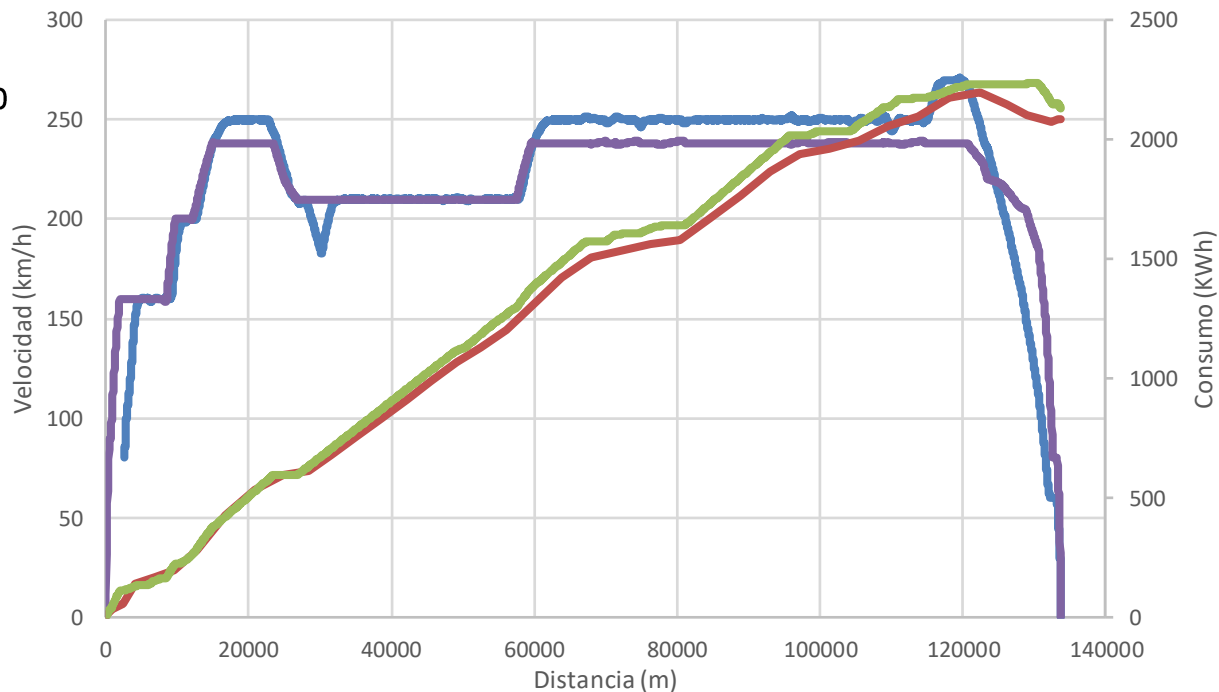
- Alta velocidad
- Tiempo operativo
45 min 38 seg
- Margen
+24%
- Consumo
1825 kWh
- Ahorro -23%



Estudio Energía Conducción

- Contrastación con datos medidos en tren

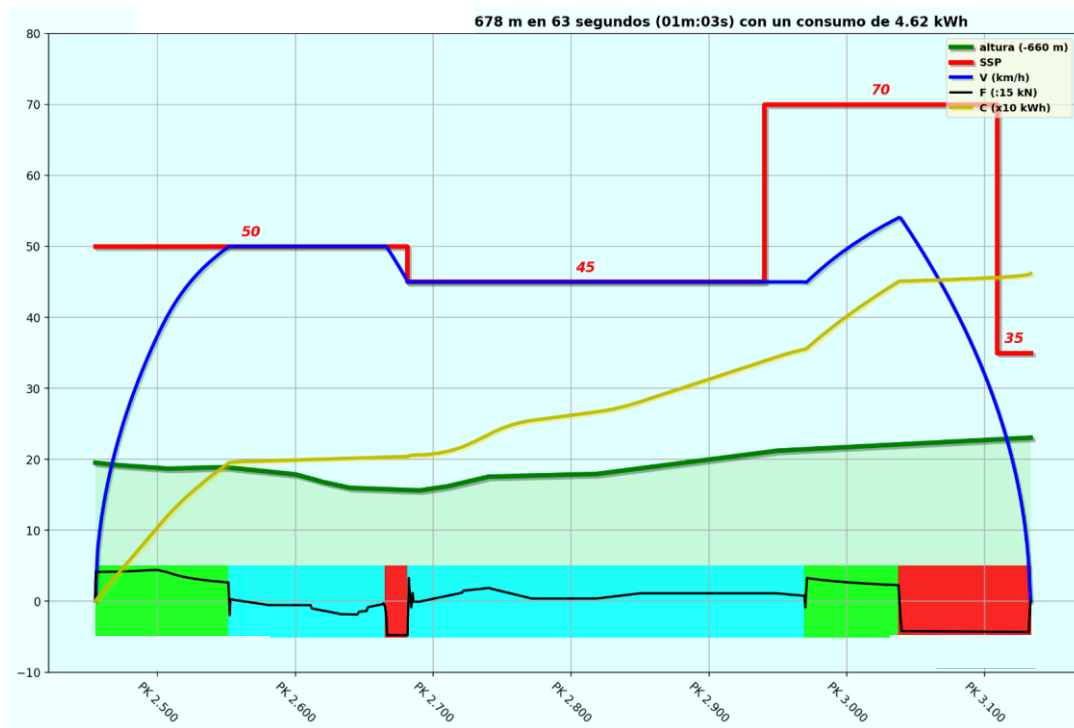
- Alta velocidad:
Córdoba – Puerto Llano
- Velocidad
- Consumo
- Diferencia
+/-5%



Estudio Energía Conducción

- Metro Ligero

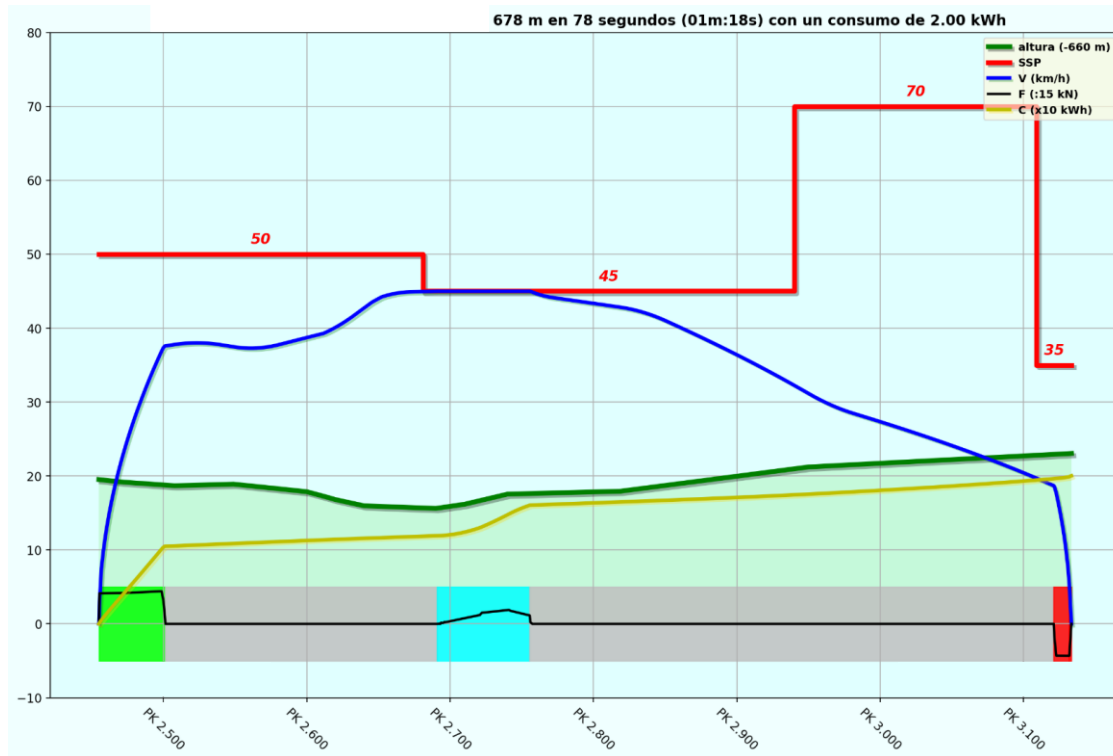
- Tiempo mínimo 63 seg
- Consumo 4,62 kWh



Estudio Energía Conducción

- Metro Ligero

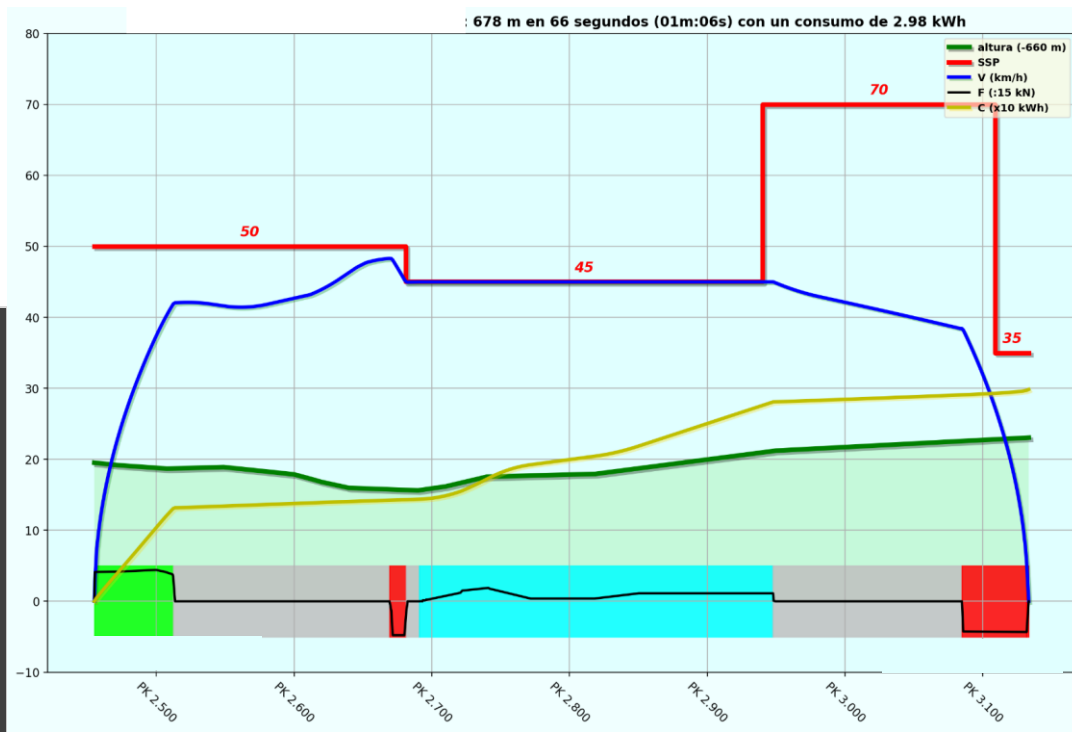
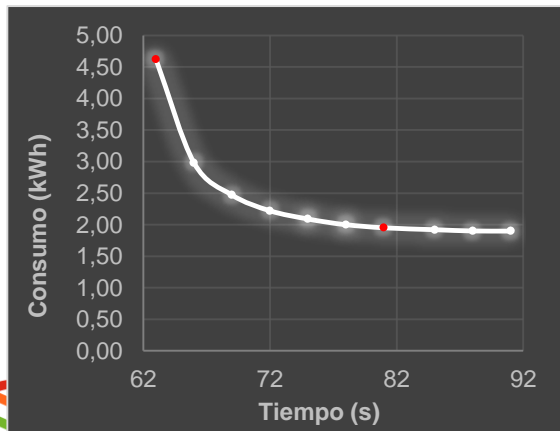
- Tiempo operativo
78 seg
- Margen +23%
- Consumo
2.00 kWh
- Ahorro -56%



Estudio Energía Conducción

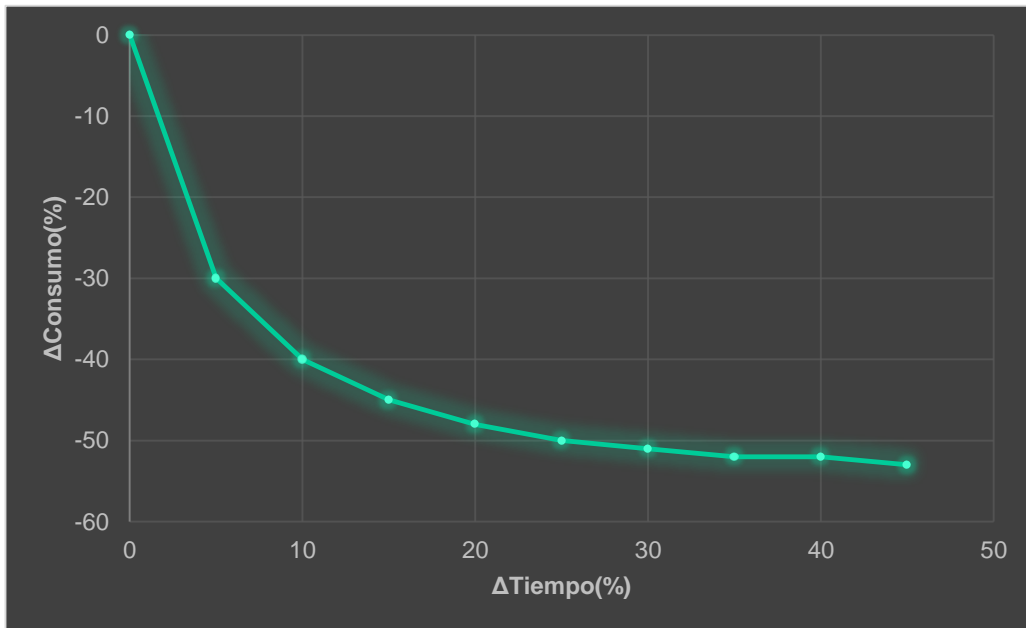
• Metro Ligero

- Tiempo operativo 66 seg
- Margen +5%
- Consumo 2.98kWh
- Ahorro -35%



Estudio Energía Conducción

- Metro Ligero
- Estudio de la línea completa:





Objetivos



Bases del desarrollo



Ejemplos de resultados



Caso Práctico



Conclusiones



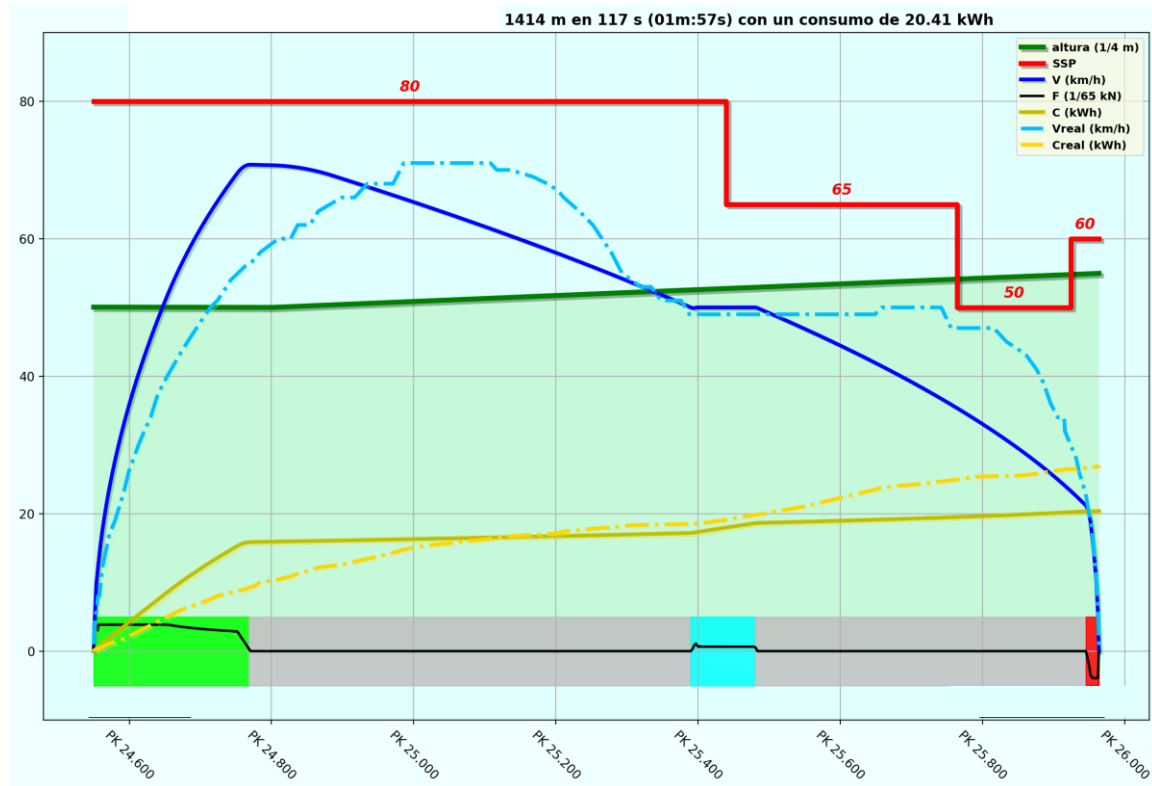
Futuros desarrollos

Caso Práctico, Metro Pesado

- Comparativa con datos reales de tren

(velocidad y consumo medidos):

mismo tiempo de viaje,
menor consumo



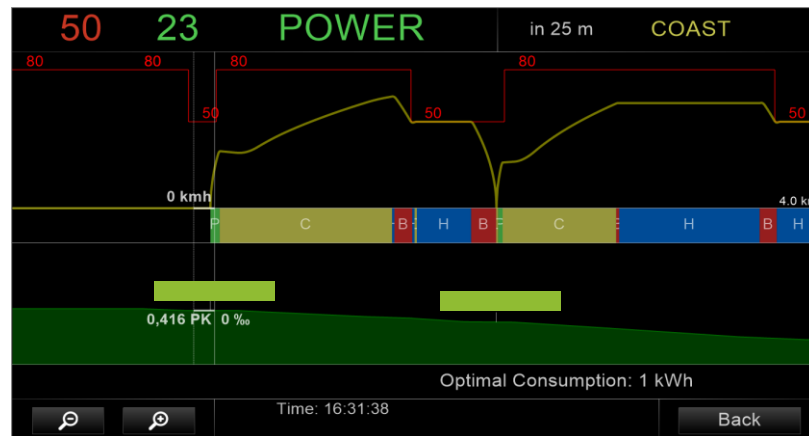
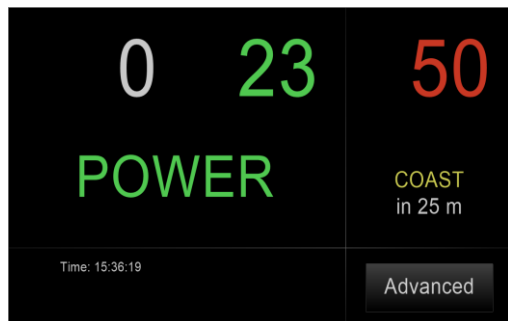
Caso Práctico, Metro Pesado

- Se han realizaron pruebas en un tren tipo metro
- Instalando el equipo ECOs con
 - Receptor GNSS.
 - Antena GNSS.
 - Videocámara y trípode.
 - Computador portátil con ECOS.
- Probando diferentes estrategias de conducción calculadas por ECOs y comparando con conducción a marcha tendida y conducción normal.



Caso Práctico, Metro Pesado

- El equipo ECOs-DAS proporciona información de la ruta y el perfil optimo calculado, en forma detallada o resumida

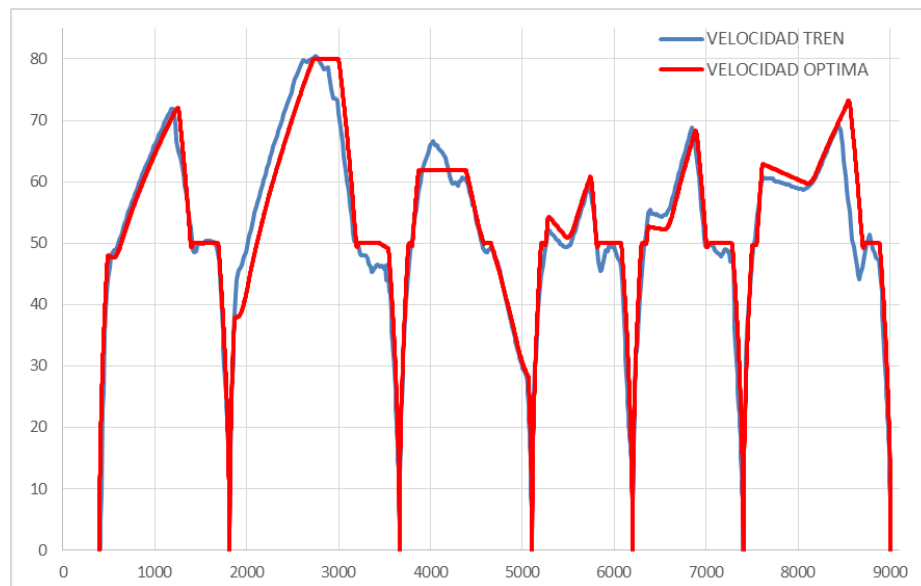


- Se instala en la cabina en un dispositivo autónomo, con o sin conexión al tren



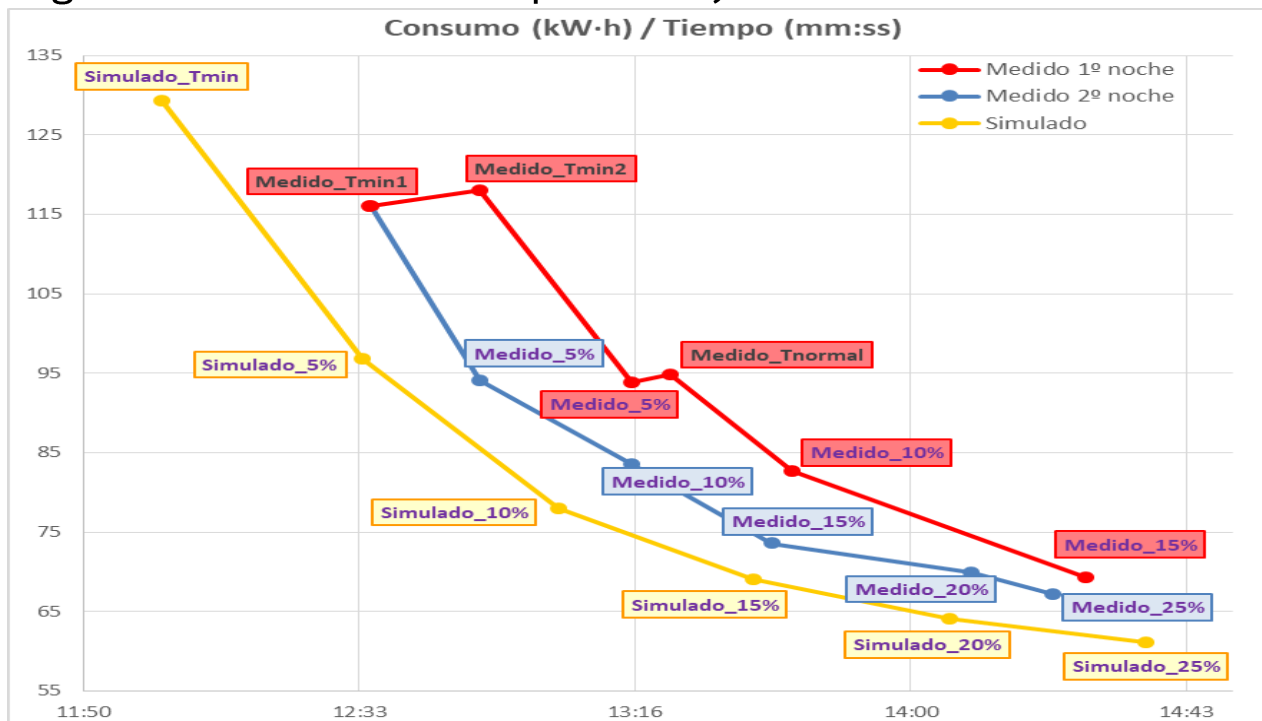
Caso Práctico, Metro Pesado

- Resultados:
- Durante las pruebas se realizó conducción manual para ajustar las curvas de velocidad a lo calculado por ECOs
- **Conducción Manual Libre**
 - Tiempo mínimo de viaje
 - Tiempo NORMAL
- **Conducción Manual GUIADA por ECOs**
 - Tiempo mínimo de viaje
 - Tiempo mínimo +5%, +10%, +20%...



Caso Práctico, Metro Pesado

- Resultados: Diagrama Consumo – Tiempo de Viaje



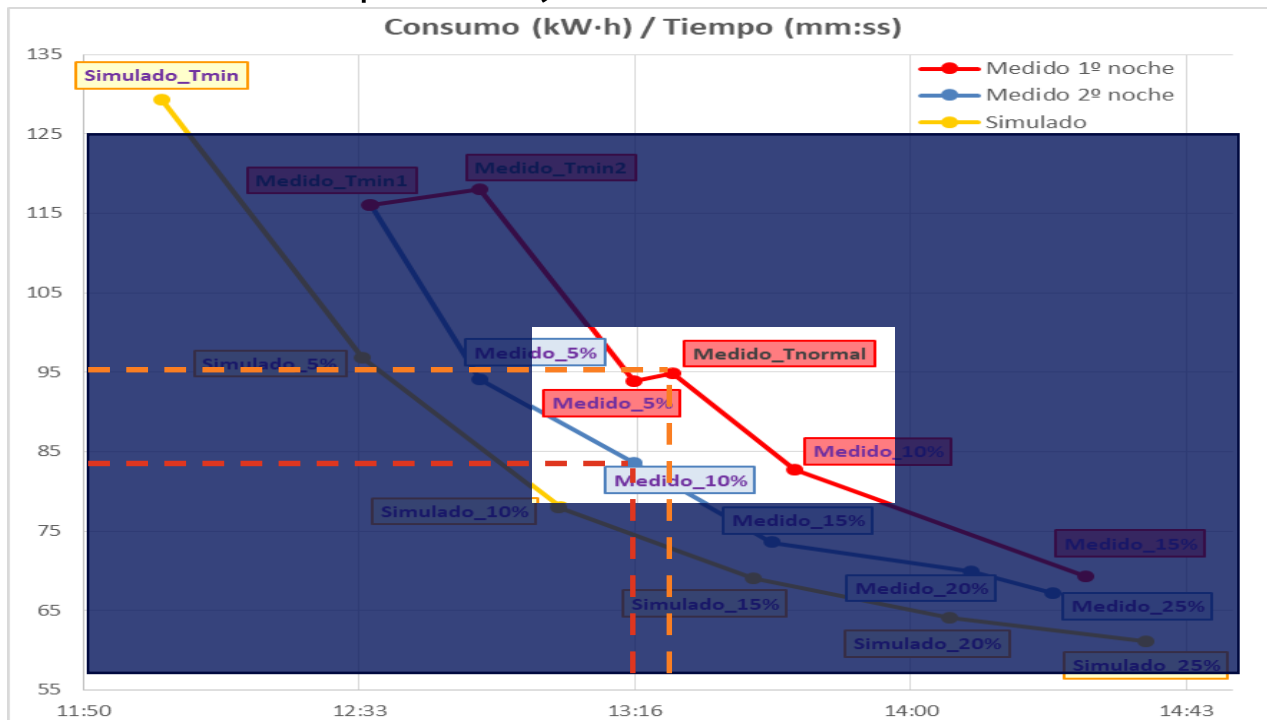
Caso Práctico, Metro Pesado

- Resultados: Diagrama Consumo – Tiempo de Viaje

- Resultado más positivo

- Mismo tiempo

- Menor consumo que conducción Normal (-12%)





Objetivos



Bases del desarrollo



Ejemplos de resultados



Caso Práctico



Conclusiones



Futuros desarrollos

El Sistema **ECOs**, desarrollado por CITEF, ha **demostrado** conseguir **ahorros importantes de energía**, por medio de su algoritmo de optimización del perfil de velocidad.



Conclusiones

Puede usarse en:

- configuración totalmente independiente del tren, con **conducción manual** gracias a su **DAS** y a las sencillas indicaciones que genera, o
- **integrado en el sistema de conducción automática.**

CITEF ofrece:

- A. Realización del **ESTUDIO** para conocer la posibilidad de ahorro de energía
- B. **CAPACITACIÓN** del personal operativo para conseguir el ahorro calculado
- C. Instalar el **DAS**, sistema embarcado que apoye al conductor en el modo de conducción eficiente en tiempo real.

ECOs

Sistema de ahorro de energía
en tracción y optimización del
perfil de velocidad.

***MUCHAS
GRACIAS POR
SU ATENCIÓN***

Prof Dr Jose Manuel Mera
Director
Tel +34 910 677 380
e-mail: citef@etsii.upm.es
www.citef.es

