



FUNDACIÓN DE LOS  
FERROCARRILES  
ESPAÑOLES

colección

MONOGRAFÍAS  
del FERROCARRIL

INGENIERÍA / ARQUITECTURA

# METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL MATERIAL MÓVIL FERROVIARIO

Alberto García Álvarez y M<sup>a</sup> del Pilar Martín Cañizares  
(Coordinadores)



4<sup>a</sup> edición, 2016

INGENIERÍA / ARQUITECTURA

---

# Metodología de evaluación de la eficiencia energética del material móvil ferroviario

---

Alberto García Álvarez  
M<sup>a</sup> del Pilar Martín Cañizares  
(Coordinadores)

Fundación de los Ferrocarriles Españoles



Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía



4<sup>a</sup> edición, septiembre de 2016

Edición revisada y adaptada a la TecRec “Specification and verification of energy consumption for railway rolling stock” de UIC/UNIFE

Este documento es el resultado de la reflexión de un grupo de trabajo constituido en el seno de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE) para el desarrollo del convenio firmado entre la propia Fundación de los Ferrocarriles Españoles y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Ha sido dirigido por Alberto García Álvarez con la colaboración de M<sup>a</sup> del Pilar Martín Cañizares y han participado en él Estefanía Sánchez Gómez, de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles; José Antonio Jiménez Redondo, Ignacio Ribera Sánchez, Alfonso Serrano Duque y Francisco Esteban Casas, de Renfe-Alta Velocidad y Larga Distancia; Ramón Morales Arquero, de Renfe-Cercanías y Media Distancia; Jorge Blanquer Jaraiz, de Metro de Madrid; Rafael Fernández Pérez, de Cetren; Josep Lluís Arqués y José Carlos Terés, de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya; Ramón Vall Canosa, de Trambaix; y Ángel Cediel Galán, del IDAE.

*Ilustraciones de portada: Oaris (Gonzalo Rubio), AVRIL (Talgo), Metro de Palma de Mallorca (Alberto García) y 331 de FGC (Aleix Cortés)*

### **Metodología de evaluación de la eficiencia energética del material móvil ferroviario**

Edición 1. Enero de 2010

Edición 2. Agosto de 2010

Edición 3. Mayo de 2011

Edición 4. Septiembre de 2016

ISBN: 978-84-943462-5-5

Depósito legal: M-6739-2016

© Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Este documento es propiedad de sus autores



MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, TURISMO  
Y COMERCIO



# ÍNDICE

---

1	INTRODUCCIÓN .....	3
1.1.	Antecedentes.....	3
1.2.	Convenio IDAE-FFE .....	4
1.3.	Resultados del trabajo.....	4
1.4.	Ámbito .....	5
1.5.	Objetivo.....	5
1.6.	Organización del estudio y metodología .....	6
2	ASPECTOS GENERALES SOBRE LA EVALUACIÓN Y HOMOLOGACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES EN LOS TRENES.....	9
2.1.	Reflexiones sobre el indicador de consumo .....	9
2.2.	Tipos de indicadores .....	10
2.3.	Incidencia en el consumo de los tipos de servicio y la infraestructura .....	15
3	CÁLCULO TEÓRICO DEL CONSUMO DE UN TREN EN UN SERVICIO TIPO.....	22
3.1.	El modelo .....	22
3.2.	Parámetros de diseño del tren que inciden en el consumo de energía .....	23
3.3.	Cálculo de la energía consumida para el movimiento del tren.....	28
3.4.	Pérdidas en la cadena de tracción.....	29
3.5.	Cálculo de la energía consumida por los servicios auxiliares .....	32
3.6.	Cálculo y efecto de la energía eléctrica regenerada por el freno regenerativo.....	38
3.7.	Cálculo de la energía primaria y las emisiones .....	40
4	VALORACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO.....	43
4.1.	Las condiciones de los pliegos.....	43
4.2.	Necesidad de conocer el valor económico de la energía consumida en el ciclo de vida.....	44
4.3.	Forma de cálculo del coste de la energía consumida .....	45
	ANEJO .....	49
	BIBLIOGRAFÍA .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Parámetros característicos del servicio .....	17
Tabla 2. Fracciones de parada equivalente por reducción de velocidad según velocidad y de la limitación .....	18
Tabla 3. Valores del coeficiente por equipos para la ayuda a la conducción económica .....	21
Tabla 4. Parámetros del tren empleados en el modelo .....	24
Tabla 5. Parámetros del tren calculados .....	26
Tabla 6. Variables parametrizables consideradas independientes del tren .....	26
Tabla 7. Rendimientos de la cadena de tracción eléctrica en electrificación en corriente continua .....	30
Tabla 8. Rendimientos de la cadena de tracción eléctrica en electrificación en corriente alterna .....	31
Tabla 9. Rendimientos en el vehículo de tracción diésel .....	31
Tabla 10. Precio de la energía eléctrica entre los años 2012 y 2036.....	46
Tabla 11. Coste de la energía en cada año entre los años 2012 y 2036.....	47
Tabla 12. Valor actual de la energía consumida cada año.....	47
Tabla 13. Características de los servicios tipo Larga distancia.....	49
Tabla 15. Características de los servicios tipo de Cercanías, FGC y Tranviario y metro .....	51