

---

## Análisis de las oportunidades medioambientales y económicas de la electrificación de una línea ferroviaria

### *Analysis of the environmental and economical opportunities in railway electrification.*

**Javier Santander Gimeno**

---

#### Resumen

A día de hoy, el transporte está siguiendo un proceso de electrificación en el que, desde hace tiempo, el ferrocarril va a la cabeza. Este proceso tiene el objetivo de alcanzar un modelo de transporte más sostenible, reduciendo la huella de carbono mediante la contribución de las energías renovables, además de la emisión de contaminantes a la atmósfera, haciendo más limpio el aire que respiramos. Las instituciones han venido potenciando este cambio a través de tasas e impuestos, con mención especial a la creación, por parte de la Unión Europea, del Régimen de comercio de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Dentro del análisis se incluyen cálculos necesarios para este estudio, tanto energéticos como de la huella de carbono de las circulaciones. Además, se trata la manera de poner en valor las emisiones de gases de efecto invernadero que supone la realización de esta actividad.

*Palabras clave: Mix energético, emisiones, CO2, transición energética, tracción eléctrica, tracción diesel, huella de carbono, RCDE.*

#### Abstract

Nowadays, transport is following an electrification process in which, for so long, railway leads the field. This process has the objective of achieving a more sustainable transport model, reducing the carbon footprint through the contribution of renewable energies, as well as pollutant emissions into the atmosphere, making the air we breathe cleaner. Institutions have been promoting this change through taxes and fees, with special mention to the creation, by the European Union, of the Emissions Trading System of greenhouse gases. This analysis includes necessary estimates for this study, both energetic and carbon footprint of the train movements. In addition, the way to value the greenhouse gas emissions involved in this activity is discussed.

*Keywords: Energy matrix, emissions, CO2, energy transition, electric traction, diesel traction, carbon footprint, EU ETS.*

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, han predominado distintos argumentos para la electrificación de una línea ferroviaria. Desde aspectos técnicos, pasando por los políticos o sociales, hasta llegar a los medioambientales, de vital importancia a día de hoy.

Existe, sin embargo, un factor que subyace de manera atemporal a los anteriores y que es fundamental en la toma de decisiones; la rentabilidad económica. Se debe llevar a cabo la electrificación solamente si resulta positivo el estudio de rentabilidad.

Para la evaluación de las inversiones es necesario dar valor a las externalidades que generaría la electrificación de la línea, tanto positivas como negativas. Esto no suele ser sencillo ni tampoco objetivo, y por tanto, distintos estudios pueden alcanzar resultados distintos.

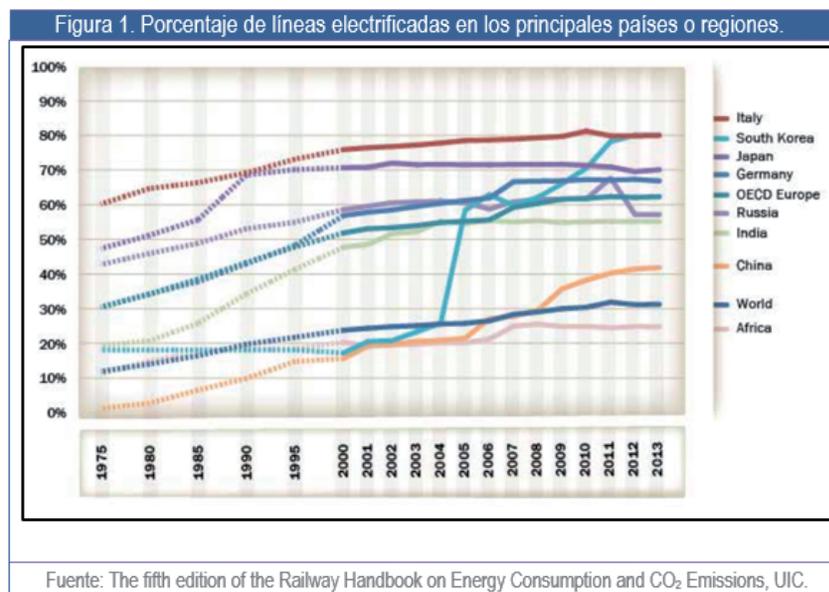
### Situación en datos

#### En el mundo

En 2013, el sector del transporte fue el responsable de la emisión del 23,4% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, que supusieron 7500 millones de toneladas. De estas emisiones, el 3,5% se debieron al transporte por ferrocarril, y sin embargo, los trenes transportaron el 8% de las mercancías y pasajeros de todo el mundo.

En cuanto a las diferentes tracciones, en el año 2013, el 57,3% corresponde a la tracción diésel-eléctrica (en adelante, tracción diésel), mientras que el 36,4% a la tracción eléctrica. La tracción a vapor persiste con una cuota del 5,6%. Al comparar estas cuotas con las de 1990, se observa que mientras que la tracción diésel se mantiene igual, la tracción a vapor pierde 20 puntos que gana la tracción eléctrica.

Las líneas electrificadas han crecido un 163% entre los años 1975 y 2013 a nivel mundial, manteniendo en la mayoría de los países una tendencia creciente, como muestra el siguiente gráfico.



En 2013, el consumo específico de energía del transporte de pasajeros fue de 138 kJ/tkm, mientras que el de mercancías fue de 129 kJ/tkm. El consumo específico de energía se redujo un 63%

y un 48% respectivamente entre los años 1975 y 2013.

Las emisiones han seguido la misma línea de mejora, descendiendo un 60% y un 38% respectivamente en el mismo periodo.

## En Europa

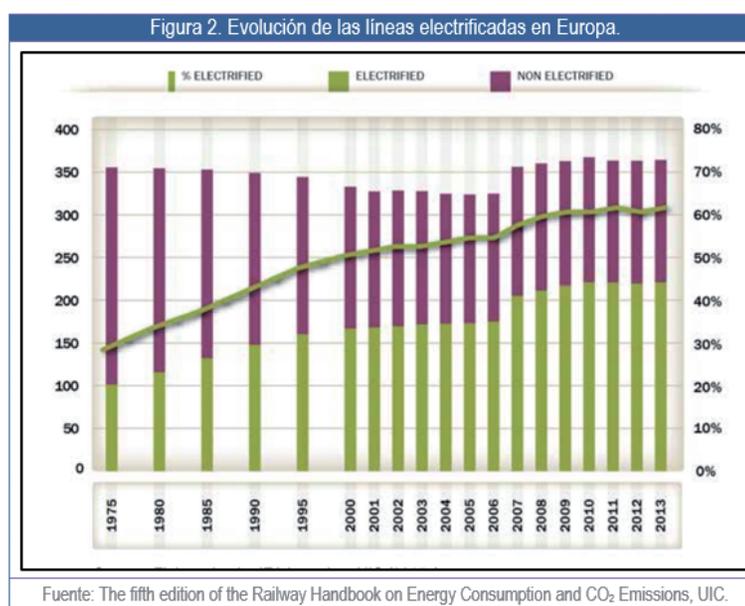
El transporte fue, en 2013, la principal fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> en la Unión Europea, con una cuota que alcanzó un 31,6% del total, lo que supuso la emisión de 1100 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

De estas emisiones, solamente el 1,5% se debieron al transporte por ferrocarril, mientras que los trenes transportaron el 9,2% de las mercancías y pasajeros.

En cuanto a las diferentes tracciones, en el año 2013, la tracción diésel representó el 28,3%, mientras que la tracción a vapor, prácticamente en desuso, representó el 0,2%. A costa de ellas, la tracción eléctrica ha venido creciendo hasta situarse en el 71,1% en el año 2013.

La red de ferrocarril electrificada en Europa ha doblado su longitud entre los años 1975 y 2013, sumando 221000 kilómetros en este último año (el 61% del total de la red).

El gráfico siguiente muestra la tendencia creciente hacia la electrificación en Europa, teniendo en cuenta la longitud en miles de kilómetros y el porcentaje de las líneas electrificadas.



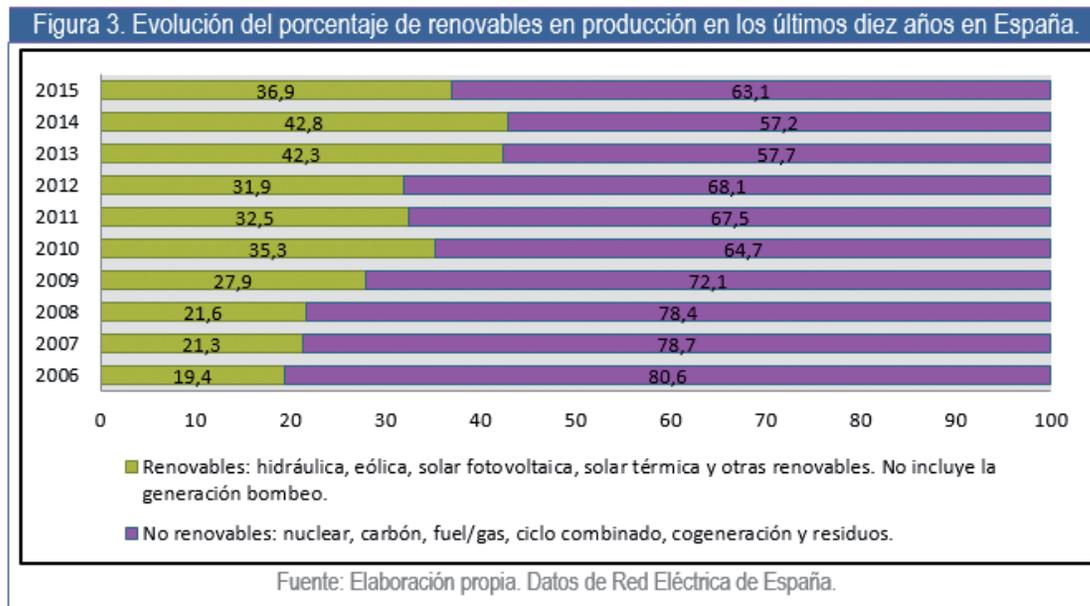
El consumo específico de energía del transporte de pasajeros cayó un 19,6%, frente al de mercancías, que cayó un 22,3% durante el periodo de 1990 a 2013.

Las emisiones han descendido, en este mismo periodo, un 41% y un 46% respectivamente para pasajeros y mercancías.

## Sistema eléctrico de potencia nacional

El uso de la tracción eléctrica frente a la tracción diésel supone un avance hacia un modelo de transporte sostenible gracias al consumo parcial de energía limpia, producida mediante fuentes renovables como pueden ser el sol, el viento, el movimiento del agua, o la biomasa. El aporte de estas fuentes al sistema eléctrico conlleva la reducción de las emisiones indirectas de la tracción eléctrica y reduce la contribución al agotamiento de fuentes de energía fósil.

En el año 2016 se produjeron en España 248.383 GWh, de los cuales el 40,8% provino de fuentes renovables. Como se aprecia en el gráfico, esta cuota se ha duplicado a lo largo de los últimos diez años, y parece que seguirá creciendo debido al empuje de la Administración hacia la transición energética, objetivo prioritario del Ministerio de Energía y Turismo:



Según la Red Eléctrica de España, la producción está mantenida por tres pilares, los combustibles fósiles, la energía nuclear, y las energías renovables. Dentro de estas últimas predomina la energía eólica, con un 49%, por delante de la hidráulica, con un 31%, y la solar, con un 14%.

El avance en la tendencia creciente de las renovables hace que cada vez estemos más cerca de las cero emisiones, algo fundamental para que el ferrocarril eléctrico se posicione como el modo de transporte prioritario en los próximos años.

### Fiscalidad energética

Según el informe de Eurelectric sobre la fiscalidad de la electricidad en Europa, en España los consumidores de energía, dentro de los que se encuentra el ADIF y el resto de empresas ferroviarias, pagan dos impuestos sobre el precio base de la electricidad; por un lado, un impuesto de valor añadido (IVA) que fue creado en la Ley 37/1992, y que se establece en base al precio considerado, situándose desde 2012 en un 21%. Por el otro lado, y de manera extraordinaria, se paga un impuesto especial sobre la electricidad, creado en la Ley 38/1992, y que actualmente es del 5,113%.

Esta misma Ley 38/1992 de Impuestos Especiales contiene también las tasas especiales a aplicar a los hidrocarburos, sin embargo, en el artículo 51 de exenciones, aparece en cuarto lugar la utilización como carburante en el transporte por ferrocarril, de manera que la tracción diésel queda exenta de este impuesto, que sin la nombrada exención debería pagar (331 € por cada 1000 litros de gasóleo, más el posible recargo autonómico, que en cualquiera de los casos sería igual o inferior a 48 € por cada 1000 litros).

Por tanto, se puede decir que los trenes traccionados eléctricamente soportan el impuesto especial sobre la electricidad, mientras que los de tracción diésel están exentos del equivalente impuesto de hidrocarburos.

## Derechos de emisión

El anteriormente citado (impuesto especial) no es el único incentivo a la tracción diésel. En lo que respecta a los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, regulados por la Ley 1/2005 del 9 de marzo, se aplican impuestos como medida fundamental para fomentar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en los sectores industriales y de generación eléctrica, mediante el Régimen de Comercio de los Derechos de Emisión de la Unión Europea (en inglés, European Union Emission Trading System).

En la actualidad, este régimen afecta a casi 1.100 instalaciones y un 45% de las emisiones totales nacionales de todos los gases de efecto invernadero, sin embargo, las emisiones del transporte están excluidas del mercado de derechos de emisión (a excepción de la aviación), a pesar de suponer aproximadamente un cuarto de las emisiones de gases de efecto invernadero y de ser la principal causa de contaminación del aire en las zonas pobladas.

Con arreglo al Protocolo de Kioto, la UE se comprometió a reducir un 8 % las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre los años 2008 y 2012 respecto al nivel de 1990. Durante un segundo período de compromisos comprendido entre 2013 y 2020, se comprometió a reducir un 20 % las emisiones de GEI para 2020 en relación con los niveles de 1990.

A fin de cumplir sus compromisos, la UE creó el citado RCDE de gases de efecto invernadero dentro de la UE, piedra angular de la política de la UE para combatir el cambio climático y una herramienta clave para reducir las emisiones industriales de efecto invernadero de una forma rentable.

Los titulares de instalaciones reciben o compran derechos de emisión que pueden comerciar entre ellos según necesiten. Desde 2013, la norma de asignación por defecto es la subasta de los derechos, de forma que cada derecho representa el permiso para emitir una tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o equivalentes de dióxido de carbono durante un período específico.

Además de la subasta, existe un mercado secundario de derechos de emisión, que consiste en la compraventa de estos derechos a precios de mercado a través de diversas plataformas como EEX o SENDECO<sub>2</sub> (en el caso de España).

Se da la paradoja de que la tracción eléctrica, por el hecho de adquirir la electricidad de la red, soporta el coste de los derechos de emisión que pagan las centrales de producción eléctrica (impuesto indirecto), sin asignación gratuita de derechos desde 2013, mientras que la tracción diésel ferroviaria, el transporte marítimo y el transporte por carretera no pagan por la enorme cantidad de CO<sub>2</sub> que emiten, por lo que en este caso, la aplicación del mercado europeo de derechos de emisiones no supone un incentivo para la reducción de las emisiones sino todo lo contrario.

La tabla siguiente resume la fiscalidad energética de los distintos modos de transporte:

Tabla 1. Fiscalidad según el modo de transporte.			
	I.V.A.	Impuesto especial	Derechos de emisión (EU ETS)
Ferrocarril diésel	Sí	Exento	No incluido
Ferrocarril eléctrico	Sí	Electricidad	Indirectamente
Carretera	Sí	Hidrocarburos	No incluido
Marítimo	Sí	Hidrocarburos	No incluido
Aviación	Sí	Hidrocarburos	Incluido

Fuente: Elaboración propia

## Problemas sanitarios asociados

Existen una serie de afecciones que son comunes para el modo ferroviario; la contaminación acústica, el impacto visual, el efecto barrera de la infraestructura ferroviaria, etc. Los trenes diésel suponen mayores inconvenientes medioambientales que los eléctricos, sin embargo, existe otro aspecto en el que esta diferencia es todavía mayor; el sanitario.

Las partículas que emiten los escapes de motores diésel son de naturaleza y toxicidad muy diferente y están presentes compuestos reconocidos como cancerígenos. Los efectos adversos para la salud más conocidos son la irritación ocular y respiratoria, que provoca tos y dificultad al respirar. Además, hay evidencia epidemiológica de que existe un aumento del riesgo de cáncer de pulmón, por contener alguna sustancia carcinógena (PAH) y que son fácilmente inhalables.

El IARC, que forma parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), clasificó en 2012 el escape de los motores de diésel como cancerígeno para humanos (categoría 1), basado en una evidencia suficiente de que la exposición está asociada a un aumento de riesgo de cáncer de pulmón.

Mientras que la tracción eléctrica mantiene localizados los posibles puntos de emisiones en las centrales de producción dependientes de combustibles fósiles, la tracción diésel emite continuamente a lo largo del recorrido del tren.

Los gastos sanitarios asociados a estas afecciones sanitarias deberían tenerse en cuenta desde la Administración a la hora de fomentar una tracción frente a otra, valorando el ahorro en medios sanitarios que se podría producir con tan solo una pequeña reducción de estas enfermedades.

## Cálculo del consumo energético

Uno de los aspectos clave del análisis de las oportunidades de la electrificación de una línea es el cálculo del consumo energético de las circulaciones. Estos consumos darán una aproximación del coste del diésel y la electricidad, y permitirán estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, de tal manera que se puedan incluir en la valoración económica del análisis de rentabilidad.

Para el cálculo del consumo se recomienda el uso de simuladores, aunque también se pueden obtener resultados aproximados conociendo las nociones básicas de dinámica ferroviaria.

## Dinámica ferroviaria

Sobre el tren actúan diversas fuerzas longitudinales, siendo el balance de ellas el que produce la aceleración o deceleración del tren y explica su consumo de energía.

Las fuerzas producidas por el propio tren para aumentar o disminuir su velocidad son los llamados, respectivamente, esfuerzos de tracción y de frenado. Además, las resistencias al avance se oponen al esfuerzo de tracción.

El valor de la resistencia al avance en recta y en horizontal ( $R_{ar}$ ) depende de características físicas del tren, y se compone de tres términos: el término independiente, que representa la resistencia mecánica al avance; el término dependiente de la velocidad, que representa la resistencia a la entrada de aire, y el término dependiente del cuadrado de la velocidad, que representa la resistencia aerodinámica.

En el caso de que el tren no circule por un tramo recto, la  $R_{ar}$  es una componente de la resistencia al avance total, a la que debe sumarse la resistencia adicional debida a la curva. En el caso de no circular en horizontal, la fuerza de la gravedad terrestre disminuye (en las pendientes) o aumenta (en las rampas) la resistencia al avance, y por tanto, será otra componente a sumar o restar a  $R_{ar}$ .

## Cálculo de la huella de carbono

Como primera aproximación del cálculo de la huella de carbono de la circulación de un tramo se pueden utilizar las herramientas que proporciona la UIC para tal efecto: “EconTransIT” y “EcoPassenger”. Estas herramientas (eco-calculadores) para trenes de mercancías y pasajeros respectivamente, están disponibles en plataforma online y nos proporcionan un resultado aproximado, con amplio margen de error.

Para cuantificar las pérdidas y las emisiones, se realiza la división entre lo que ocurre en el propio vehículo (tank to wheel) y lo que ocurre antes de llegar a éste (well to tank). En el propio vehículo, se producen pérdidas debidas a los rendimientos de la unidad de los motores, transmisores y equipos embarcados, mientras que antes de llegar al vehículo, se producen pérdidas debidas a los procesos de extracción, transformación y transporte de la energía desde las fuentes primarias.

Mientras que en la tracción diésel las pérdidas en el vehículo son muy altas y las que se producen antes de llegar al vehículo son bajas, en la tracción eléctrica es al revés. La tracción diésel supone un bajo rendimiento “tank to wheel” mientras que la tracción eléctrica supone un bajo rendimiento “well to tank”.

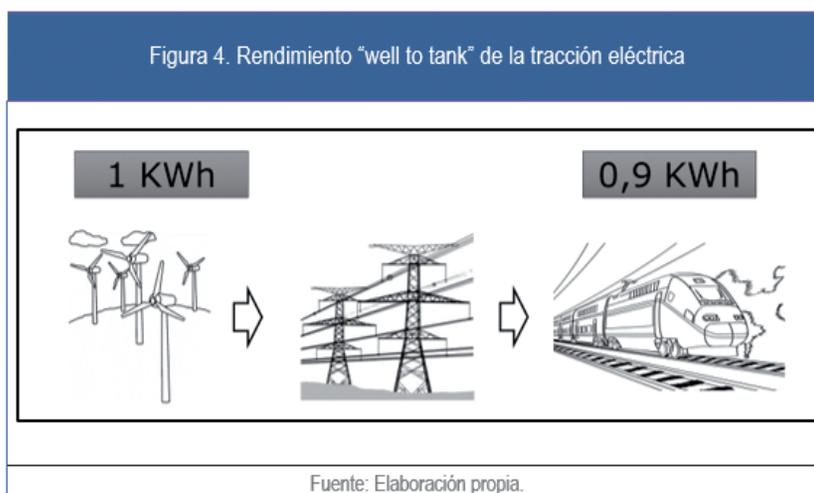
### Well to tank

Para el caso de la tracción eléctrica, se toman los factores de emisiones y de pérdidas en la generación de electricidad, particularizados para el caso español, así como las pérdidas de energía en el transporte y distribución de electricidad según el nivel de tensión en que funcione el tren, del estudio EnerTrans.

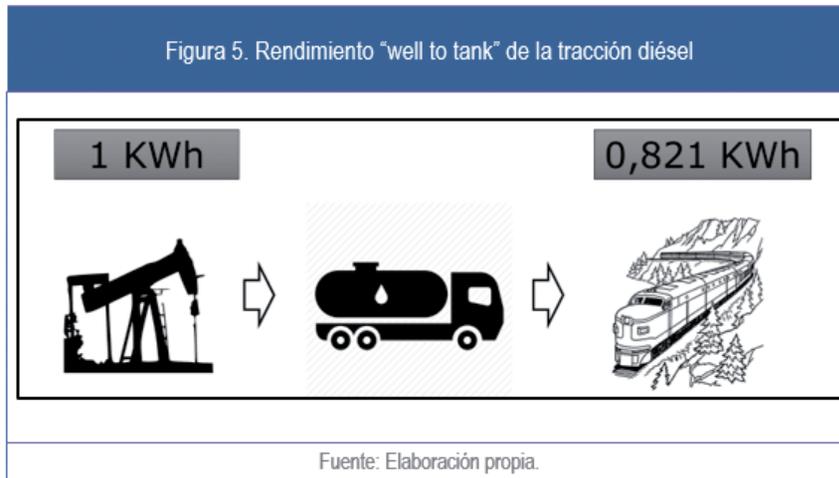
Para que llegue 1 kWh al tren deben producirse entre 1,035 y 1,292 kWh en las centrales de generación, con valor típico de 1,12 kWh/kWh.

La producción de esa energía supone unas pérdidas que dependen del mix de generación de electricidad, que varía de un país a otro e incluso de un año a otro.

En el caso de España, para el mix de generación del año 2013 eran necesarios 2,461 kWh primarios para producir 1 kWh de electricidad. En lo que refiere a las emisiones de dióxido de carbono, las que se producen en el proceso de generación de electricidad fueron en 2013 de 248 gramos por kWh generado, aunque subió hasta 302 gramos por kWh generado en 2015. A pesar de esta subida y debido al aporte de las renovables, se prevé un descenso de este factor de emisión en los próximos años.

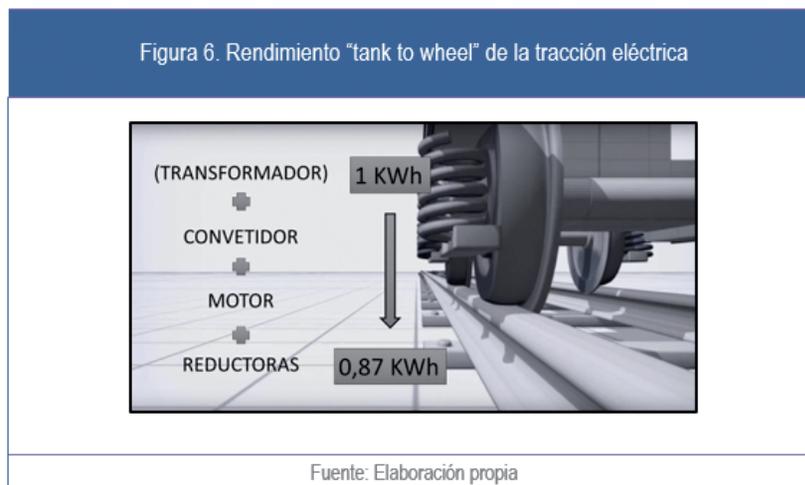


Para el caso de la tracción diésel, resulta que por cada kWh de gasóleo suministrado al vehículo (1 litro equivale, aproximadamente a 10,2 kWh) se producen unas pérdidas de 0,179 kWh desde el pozo de petróleo (la mayor parte de las cuales se producen en la transformación en la refinería) y se emiten 52,49 gramos de dióxido de carbono, lo que supondría 293,24 gramos de CO<sub>2</sub>/kWh final.



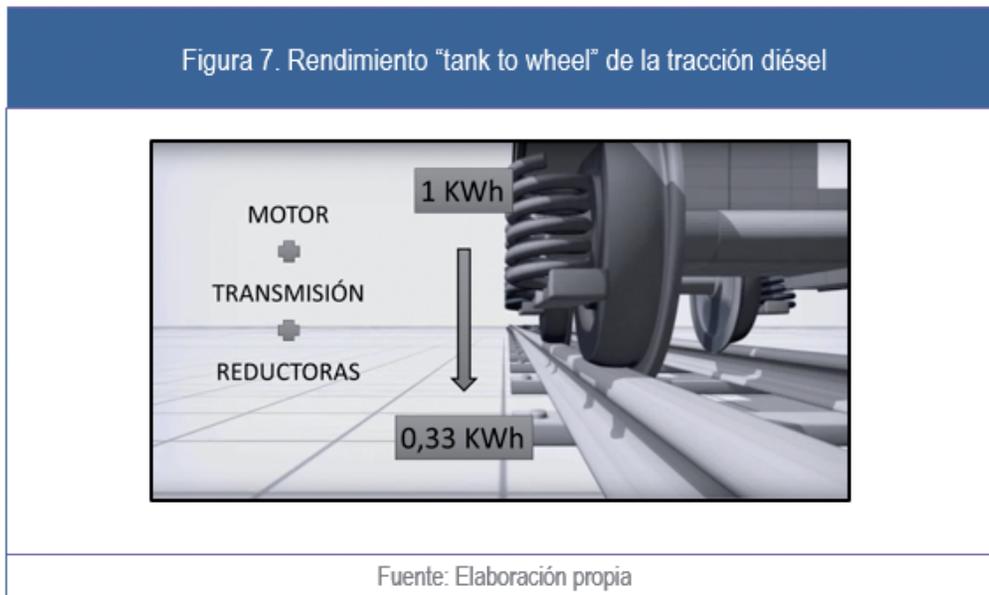
### Tank to wheel

Para el caso de la tracción eléctrica, hablamos de un rendimiento representativo del 87%, a causa de los rendimientos de convertidor, motor y reductoras.



Para el caso de la tracción diésel, hablamos de un rendimiento representativo del 33%, a causa del motor, la transmisión y las reductoras. Debe también tenerse en cuenta que la combustión en el propio vehículo produce unas emisiones de 2,66 kilogramos de dióxido de carbono por litro de gasóleo suministrado al mismo, lo que equivale a 261 gCO<sub>2</sub>/kWh (aproximadamente 10,2 kWh el litro) a la entrada del vehículo. A ello hay que sumar los valores indicados por las pérdidas "wheel to tank".

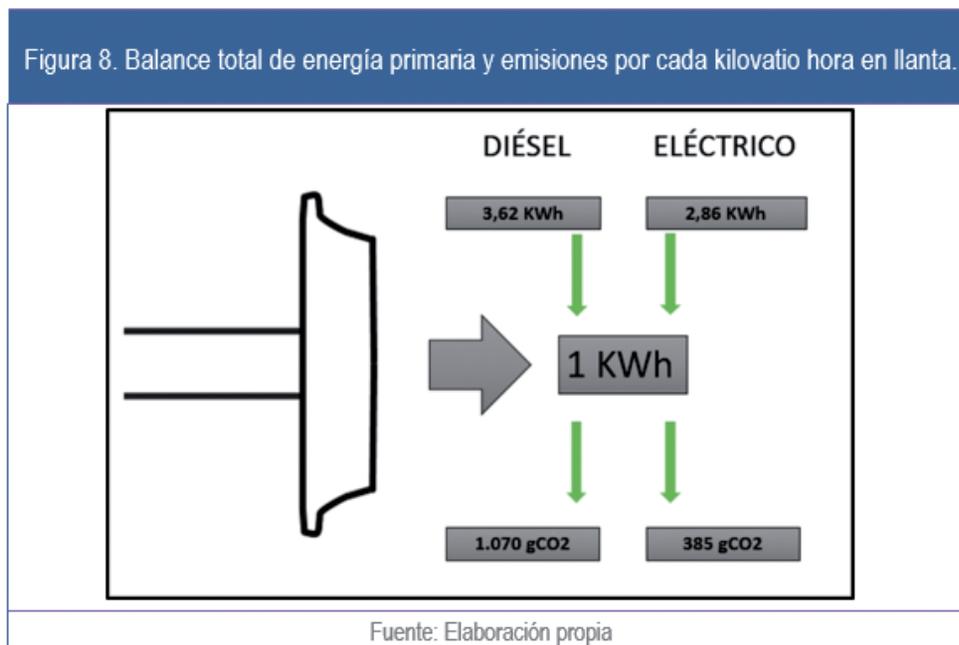
Figura 7. Rendimiento "tank to wheel" de la tracción diésel



### Balance total

Mientras que la totalidad del combustible del tren diésel produce emisiones de gases de efecto invernadero, solo una parte de los combustibles que se emplean en la generación de electricidad tienen tal efecto. Como balance total, para cada kilovatio hora en llanta, son necesarios 3,62 kilovatios hora primarios en la tracción diésel y 2,86 en la eléctrica. Además, cada kilovatio hora en llanta genera 1.070 gramos de CO<sub>2</sub> en el caso del diésel y 385 en el eléctrico.

Figura 8. Balance total de energía primaria y emisiones por cada kilovatio hora en llanta.



## Valor de las emisiones

Es obvio que los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera tienen un valor, sin embargo, se diferencia el valor del mercado del valor sombra.

El valor del mercado viene definido por la oferta y la demanda en cada momento. La oferta está definida por las autoridades europeas, que marcan un ritmo de decrecimiento de las emisiones, de manera que los volúmenes emitidos estén fijados y sigan una tendencia fija decreciente (-1,74% anual). Este mecanismo de reducción de las emisiones (EU ETS) tiene inconvenientes, por ejemplo, en periodos de recesión económica, en los que la economía no crece, las empresas disminuyen la demanda y los precios caen, como ha ocurrido en los últimos años, de manera que el valor de los derechos de emisión es muy reducido y no se corresponde con el valor real.

El concepto de valor (o precio) sombra del carbono, se establece considerando que las emisiones suponen una externalidad negativa para la sociedad, debido a sus actuales y potenciales consecuencias. Esta externalidad debería ser entendida como un coste adicional en los procesos productivos y, por tanto, como una disminución de los márgenes de beneficios de bienes y servicios.

Aunque monetizar algo intangible supone siempre un reto, se han elaborado tasaciones que marcan la evolución del precio a lo largo de los años, como la que se concluye en el “Handbook on Estimation of External Cost in Transport Sector”.

En la tabla se recogen los valores a utilizar dentro del análisis de rentabilidad para incluir los costes que suponen las emisiones realmente.

Tabla 2. Precio sombra de la tonelada de CO <sub>2</sub> .			
Coste de la tonelada equivalente de CO <sub>2</sub> recomendado (€)			
	Coste a la baja	Coste medio	Coste al alta
2010	7	25	45
2020	17	40	70
2030	22	55	100
2040	22	70	135
2050	20	85	180

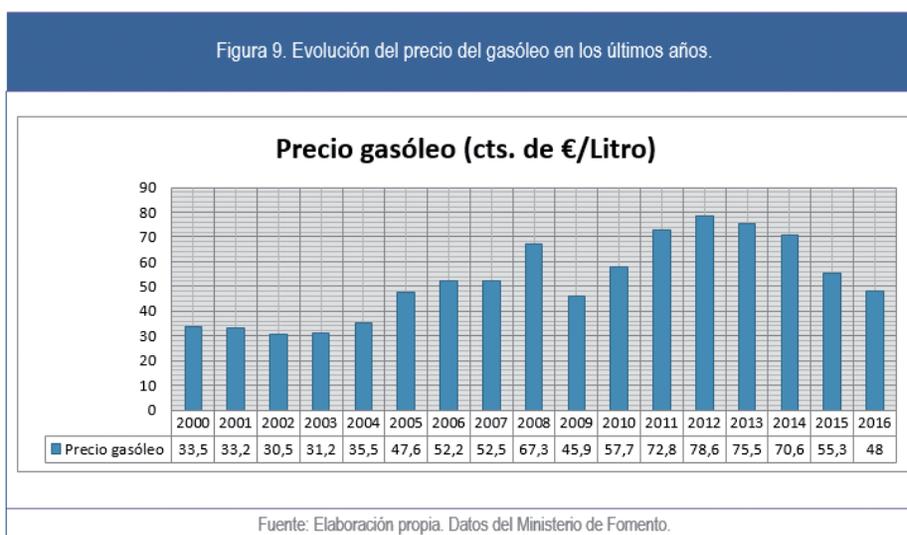
Fuente: Elaboración propia. Datos de “Handbook on Estimation of External Cost in Transport Sector”.

## Coste de la energía

Para un tren diésel, por cada kilovatio hora necesario en llanta se requieren 0,306 litros de gasóleo a la entrada del vehículo. Para un tren eléctrico, por cada kWh necesario en llanta se requieren 1,12 kWh a la entrada de la subestación. Tomando como valor de referencia 0,1€/kWh (ADIF) como precio de la electricidad que consume el ferrocarril, y 0,55 €/L de gasóleo, obtenemos que el precio del kWh es de 0,1683 € para el diésel y 0,1307€ para el eléctrico, es decir, la electricidad resulta un 33% más barata que el gasóleo, medidas en términos de energía. El precio del gasóleo es algo más inestable, y varía con el tiempo; para que el precio

del consumo sea exactamente el mismo, el precio del gasóleo debería ser 0,366 €/L, es decir, valores anteriores a 2004.

Si analizamos una inversión desde el año 2000, el precio medio del gasóleo habría sido de 0,555 €/L, y la electricidad habría resultado un 35% más barata, considerando el precio actual del KWh. Respecto a la carretera, la comparación según las toneladas-kilómetro establece un ahorro energético del 60%, y una reducción de las emisiones del 94%. Para la comparación exhaustiva de precios es necesaria la aplicación a un tramo concreto.



## Valoración de otros factores para la electrificación de una línea

Evidentemente existen infinidad de factores que influyen en la decisión de electrificar una línea y que no se mencionan en el presente trabajo. Por ejemplo, se puede dar el caso de que un proyecto concreto no sea rentable, pero forme parte de una línea de actuación de la Administración compuesta por un conjunto de proyectos que sí lo sea.

Para la valoración de la electrificación de una línea es necesario tener en cuenta el entorno de esta línea; puntos de origen-destino y trayecto. Que en los límites de la línea existan focos de población supone un tránsito probable de mercancías y pasajeros, que además se puede ver influido por la existencia de poblaciones intermedias.

En cuanto al tráfico, es necesario valorar la evolución de la circulación, es decir, la tendencia que sigue el tráfico y el grado de saturación de la vía. Será conveniente electrificar tramos con las circulaciones suficientes, o cuya tendencia satisfaga en un futuro próximo las condiciones necesarias.

Será necesaria la valoración de los equipamientos tanto de los sistemas de bloqueo como de los sistemas de seguridad, que permitan una adecuada circulación, de manera que se priorizará la electrificación de las líneas dotadas de mejores equipamientos. El trazado de la línea también es importante, sobre todo en lo que se refiere a pendientes; la existencia de rampas pronunciadas hace que aumente el beneficio de electrificar una línea debido a las ventajas de las máquinas eléctricas frente a las máquinas diésel.

Uno de los principales argumentos a considerar será el de dar continuidad a trayectos no electrificados por completo, en los que aparecen tramos sin electrificar que imposibilitan la circulación de locomotoras eléctricas a lo largo de todo el trayecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFNOR. (2012). EN 16258. Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of energy consumption and GHG emissions of transport services. European standard.
- Alonso, M. B. (2013). La emisión de aerosoles de partículas y gases en motores diésel.
- BOE. Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- BOE. Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales.
- Conferencia: "Transición energética: Pasos hacia un nuevo modelo energético". (2016). Madrid, ETSII (UPM).
- EURELECTRIC. (2014). Taxes and Levies on Electricity in 2012.
- García Álvarez, A. (2009). Comparación medioambiental entre la tracción eléctrica y la tracción diesel en el ferrocarril. ICAI, Madrid.
- García Álvarez, A., & Martín Cañizares, M. d. (2008). Cuantificación del consumo de energía eléctrica en el ferrocarril español. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Madrid: Monografías ElecRail.
- García Álvarez, A., & Martín Cañizares, M. d. (s.f.). Usos de la energía en el transporte. EnerTrans.
- IEA & UIC. (2016). Railway Handbook on Energy Consumption and CO2 Emissions.
- López, J. M. (2008). Flujos del petróleo y del gas natural para el transporte. Madrid: Monografías EnerTrans.
- M. Maibach, C. S. (2007). Handbook on estimation of external cost in the transport sector. Delf.
- Observatorio del transporte y la logística en España. (2014). Informe anual.
- Pilo de la Fuente, E. P. (2008). Flujos de la energía de la electricidad para el transporte. Madrid: Monografías EnerTrans.
- Red Eléctrica de España. (2016). Informe del Sistema Eléctrico Español