



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Análisis de costes en el transporte de mercancías  
intermodal (ferroviario-carretera)

Autor/es

Ismael Torres Sánchez

Director/es

Emilio Larrodé Pellicer

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015



# DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>ña</sup>. ISMAEL TORRES SÁNCHEZ

con nº de DNI 18457038-K en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo

de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la

Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
GRADO, (Título del Trabajo)

ANÁLISIS DE COSTES EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS INTERMODAL  
(FERROVIARIO-CARRETERA)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada  
debidamente.

Zaragoza, 17 de Noviembre de 2015

Fdo: ISMAEL TORRES SÁNCHEZ

# **ANÁLISIS DE COSTES EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS INTERMODAL (FERROVIARIO-CARRETERA)**

## **RESUMEN**

El objetivo principal del trabajo es desarrollar un documento que sirva como herramienta económica a la hora de decidir cómo transportar una determinada mercancía entre un origen y un destino. El estudio se basa en los dos modos de transporte terrestres por antonomasia, el ferrocarril y la carretera. Para ello, se realiza un exhaustivo análisis de costes de ambos modos, presentando una metodología concreta y diferentes valores obtenidos mediante una amplia recopilación de información. De este modo, se realiza una comparativa entre el transporte de mercancías en cadena unimodal, es decir el transporte por carretera, y el transporte de mercancías en cadena intermodal, ferrocarril-carretera. Esta comparativa es en clave económica, por lo tanto la búsqueda consiste en obtener cuál de los dos tipos de cadenas descritas da como resultado un coste de operación final menor.

La unidad principal a tratar es el €/km, por lo tanto se deduce que los resultados del documento son función de la distancia que debe recorrer dicha mercancía. Sin embargo, hay otros factores que influyen fuertemente en todo este entramado, como por ejemplo y en gran medida, el volumen de carga transportado.

El trabajo comienza estableciendo un trayecto ferroviario que considerar como punto de partida. Este trayecto será entre Abroñigal (Madrid) y Barcelona (Morrot). Conociendo las características de dicha línea ferroviaria, se puede elegir un material rodante y componer un tren. Con este tren compuesto se comienzan a detallar los diferentes factores que influyen en el coste kilométrico final de una operación ferroviaria, estableciendo de este modo una metodología.

Posteriormente se establece la correspondiente metodología al transporte en carretera. Con todas estas etapas completadas, el último paso es interactuar con todos los factores influyentes en el coste del transporte para poder llegar a los objetivos marcados inicialmente.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

**ÍNDICE**

1. Introducción.....	10
2. Trayecto.....	12
3. Elección del material ferroviario y composición del tren.....	13
4. Comprobación de potencia.....	16
5. Comprobación de adherencia.....	17
6. Costes de la etapa ferroviaria.....	18
<b>6.1. Estructura de costes en la etapa ferroviaria.....</b>	<b>18</b>
<b>6.2. Costes directos de la etapa ferroviaria.....</b>	<b>19</b>
6.2.1. Costes fijos: Coste capital.....	19
6.2.1.1. Amortizaciones.....	19
6.2.1.2. Costes financieros.....	22
6.2.2. Costes fijos: Coste operación.....	24
6.2.2.1. Personal.....	24
6.2.2.2. Cánones por el uso de la infraestructura.....	25
6.2.2.2.1. Canon de Acceso.....	26
6.2.2.2.2. Canon de Reserva de capacidad.....	27
6.2.2.2.3. Canon de Circulación.....	28
6.2.3. Costes variables.....	29
6.2.3.1. Combustible.....	29
6.2.3.2. Mantenimiento.....	30
6.2.3.2.1. Mantenimiento de locomotoras.....	30
6.2.3.2.2. Mantenimiento de vagones.....	32
<b>6.3. Costes indirectos de la etapa ferroviaria.....</b>	<b>33</b>

Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

<b>6.4. Costes totales de la etapa ferroviaria.....</b>	<b>33</b>
7. Costes de la etapa de transbordo.....	33
<b>7.1. Estructura de costes de la etapa de transbordo.....</b>	<b>33</b>
<b>7.2. Servicios Adicionales.....</b>	<b>34</b>
<b>7.3. Servicios Complementarios.....</b>	<b>35</b>
<b>7.4. Servicios Auxiliares.....</b>	<b>36</b>
8. Costes en la etapa de acarreo.....	37
9. Costes del transporte de mercancías por carretera.....	38
<b>9.1. Estructura de costes en el transporte de mercancías por carretera.....</b>	<b>38</b>
<b>9.2. Costes directos en el transporte por carretera.....</b>	<b>40</b>
9.2.1. Costes fijos: Costes capital.....	40
9.2.1.1. Amortizaciones.....	40
9.2.1.2. Costes financieros.....	41
9.2.2. Costes fijos: Costes operación.....	42
9.2.2.1. Personal.....	42
9.2.2.2. Seguros.....	43
9.2.2.3. Impuestos.....	43
9.2.3. Costes variables.....	44
9.2.3.1. Combustibles.....	44
9.2.3.2. Repuestos.....	45
9.2.3.3. Mantenimiento.....	45
9.2.3.4. Reparaciones.....	46
<b>9.3. Costes indirectos en el transporte de mercancías por carretera.....</b>	<b>46</b>
<b>9.4. Costes totales en el transporte de mercancías por carretera.....</b>	<b>46</b>

Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

10. Resultados.....	47
<b>10.1. Coste del transporte.....</b>	<b>47</b>
<b>10.2. Método comparativo de cadenas de transporte.....</b>	<b>48</b>
<b>10.3. Obtención de valores medios.....</b>	<b>50</b>
<b>10.4. Evolución de resultados en función de la carga útil.....</b>	<b>51</b>
10.4.1. Evolución del coste.....	52
10.4.2. Evolución de la distancia ferroviaria.....	54
10.4.3. Evolución del porcentaje de acarreo.....	56
<b>10.5. Comparativa entre cadenas unimodales.....</b>	<b>57</b>
11. Conclusiones.....	59
12. Bibliografía.....	60

## **ANEXOS**

1. Material ferroviario.....	61
<b>1.1. Locomotoras.....</b>	<b>61</b>
<b>1.2. Vagones.....</b>	<b>62</b>
1.2.1. Vagones abiertos.....	62
1.2.2. Vagones cisterna.....	63
1.2.3. Vagones plataforma.....	63
2. Servicios prestados por Adif en sus instalaciones.....	64
<b>2.1. Servicios Adicionales.....</b>	<b>64</b>
<b>2.2. Servicios Complementarios.....</b>	<b>65</b>
<b>2.3. Servicios Auxiliares.....</b>	<b>70</b>
3. Términos en la metodología del cálculo de costes del transporte por carretera.....	72

Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

<b>3.1. Amortizaciones</b> .....	72
<b>3.2. Costes financieros</b> .....	73
<b>3.3. Personal</b> .....	74
<b>3.4. Seguros</b> .....	75
<b>3.5. Impuestos</b> .....	75
<b>3.6. Combustibles</b> .....	75
<b>3.7. Repuestos</b> .....	76
4. Situaciones de transporte intermodal.....	77
<b>4.1. Opción 1</b> .....	77
<b>4.2. Opción 2</b> .....	77
<b>4.3. Opción 3</b> .....	78
<b>4.4. Opción 4</b> .....	78
5. Rentabilidad en régimen de tren completo.....	79
<b>5.1. Transporte polivalente</b> .....	79
5.1.1. Opción 1.....	79
5.1.2. Opción 2.....	79
5.1.3. Opción 3.....	80
5.1.4. Opción 4.....	81
<b>5.2. Transporte de combustibles líquidos</b> .....	81
5.2.1. Opción 1.....	81
5.2.2. Opción 2.....	82
5.2.3. Opción 3.....	82
5.2.4. Opción 4.....	83
<b>5.3. Transporte de automóviles</b> .....	83

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

5.3.1. Opción 1.....	83
5.3.2. Opción 2.....	84
5.3.3. Opción 3.....	84
5.3.4. Opción 4.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### 1. Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Estructura de costes en la etapa ferroviaria.....	18
<b>Figura 2:</b> Clasificación de las líneas ferroviarias.....	26
<b>Figura 3:</b> Canon de Acceso.....	26
<b>Figura 4:</b> Periodos horarios Adif.....	28
<b>Figura 5:</b> Suministro de la corriente de tracción.....	29
<b>Figura 6:</b> Estructura de costes del transporte por carretera.....	38
<b>Figura 7:</b> Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte polivalente.....	52
<b>Figura 8:</b> Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de combustibles líquidos.....	53
<b>Figura 9:</b> Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de automóviles.....	54
<b>Figura 10:</b> Evolución de la distancia ferroviaria media en el transporte polivalente.....	55
<b>Figura 11:</b> Evolución de la distancia ferroviaria media en el transporte de combustibles líquidos.....	55
<b>Figura 12:</b> Evolución de la distancia ferroviaria media en el transporte de automóviles.....	56
<b>Figura 13:</b> Evolución del porcentaje de acarreo.....	57



Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

<b>Figura 14:</b> Evolución del índice de relación de distancias y costes unimodales en función de la carga.....	58
<b>Figura 15:</b> Locomotoras de mercancías eléctricas (1).....	61
<b>Figura 16:</b> Locomotoras de mercancías eléctricas (2).....	61
<b>Figura 17:</b> Locomotoras de mercancías eléctricas (3).....	62
<b>Figura 18:</b> Tarifas de acceso y expedición de trenes desde las Instalaciones de Adif.....	64
<b>Figura 19:</b> SC-1.....	65
<b>Figura 20:</b> SC-2A.....	65
<b>Figura 21:</b> SC-2B.....	66
<b>Figura 22:</b> SC-3A.....	66
<b>Figura 23:</b> SC-3B.....	67
<b>Figura 24:</b> SC-4A.....	67
<b>Figura 25:</b> SC-4B.....	68
<b>Figura 26:</b> SC-5A.....	68
<b>Figura 27:</b> SC-5B.....	69
<b>Figura 28:</b> SC-6.....	70
<b>Figura 29:</b> SX-1.....	70
<b>Figura 30:</b> SX-2.....	70
<b>Figura 31:</b> SX-3.....	70
<b>Figura 32:</b> SX-4.....	70
<b>Figura 33:</b> SX-5.....	71
<b>Figura 34:</b> SX-6.....	71
<b>Figura 35:</b> SX-7.....	71
<b>Figura 36:</b> SX-8.....	71

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

<b>Figura 37:</b> Opción primera de transporte intermodal.....	77
<b>Figura 38:</b> Opción segunda de transporte intermodal.....	78
<b>Figura 39:</b> Opción tercera de transporte intermodal.....	78
<b>Figura 40:</b> Opción cuarta de transporte intermodal.....	78
2. Índice de tablas	
<b>Tabla 1:</b> Características del trayecto.....	12
<b>Tabla 2:</b> Características locomotora SERIE 251.....	13
<b>Tabla 3:</b> Características vagón Serie Internacional: Ealos, Tipo: XX.....	14
<b>Tabla 4:</b> Características vagón Serie Internacional: Zans, Tipo: RR92.....	14
<b>Tabla 5:</b> Características vagón Serie Internacional: Laaes, Tipo: MA6.....	15
<b>Tabla 6:</b> Composición del tren.....	15
<b>Tabla 7:</b> Comprobación de potencia.....	16
<b>Tabla 8:</b> Comprobación de adherencia.....	17
<b>Tabla 9:</b> Precios unitarios de adquisición de locomotoras.....	21
<b>Tabla 10:</b> Coste anual de un maquinista.....	24
<b>Tabla 11:</b> Canon por Reserva de Capacidad.....	27
<b>Tabla 12:</b> Canon por circulación.....	28
<b>Tabla 13:</b> Precio kilométrico del mantenimiento de locomotoras.....	31
<b>Tabla 14:</b> Coste del servicio de acarreo.....	37
<b>Tabla 15:</b> Características de los vehículos del transporte por carretera.....	39
<b>Tabla 16:</b> Coste kilométrico del modo ferroviario y carretero.....	47
<b>Tabla 17:</b> Rentabilidad del transporte de mercancías.....	50
<b>Tabla 18:</b> Rentabilidad del transporte intermodal.....	50
<b>Tabla 19:</b> Ahorro del transporte intermodal frente al transporte carretero con una distancia ferroviaria de 1100 km.....	51

Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

<b>Tabla 20:</b> Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte polivalente.....	52
<b>Tabla 21:</b> Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de combustibles líquidos.....	52
<b>Tabla 22:</b> Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de automóviles.....	53
<b>Tabla 23:</b> Distancia ferroviaria media en el transporte polivalente.....	54
<b>Tabla 24:</b> Distancia ferroviaria media en el transporte de combustibles líquidos.....	55
<b>Tabla 25:</b> Distancia ferroviaria media en el transporte de automóviles.....	56
<b>Tabla 26:</b> Vagones abiertos.....	62
<b>Tabla 27:</b> Vagones cisterna.....	63
<b>Tabla 28:</b> Vagones plataforma.....	63
<b>Tabla 29:</b> Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 1).....	79
<b>Tabla 30:</b> Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 2).....	80
<b>Tabla 31:</b> Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 3).....	80
<b>Tabla 32:</b> Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 4).....	81
<b>Tabla 33:</b> Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 1).....	82
<b>Tabla 34:</b> Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 2).....	82
<b>Tabla 35:</b> Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 3).....	83
<b>Tabla 36:</b> Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 4).....	83
<b>Tabla 37:</b> Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 1).....	84
<b>Tabla 38:</b> Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 2).....	84
<b>Tabla 39:</b> Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 3).....	85
<b>Tabla 40:</b> Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 4).....	85

## **1. INTRODUCCIÓN**

El transporte intermodal de mercancías consiste básicamente en la articulación de varios modos de transporte en una misma operación comercial cuyo fin es desplazar una determinada carga entre un origen y un destino. Estos modos de transporte son divisibles en terrestre, marítimo y aéreo. A su vez, el transporte terrestre se subdivide en carretera y ferrocarril, y el marítimo en transporte marítimo y transporte en vías navegables interiores. En este documento se va a abordar y estudiar únicamente el transporte terrestre, es decir, el ferrocarril y la carretera.

Actualmente existen dos serios problemas que hacen replantearse de manera muy seria la intermodalidad en las operaciones comerciales. Por un lado, la congestión de las carreteras, ya que tanto el transporte de mercancías como de viajeros está dominado por la carretera debido a que es el único medio que es capaz de llegar a todos los lugares (domicilios, comercios...). Los demás medios necesitan de esa última etapa que haga llegar el producto de las instalaciones logísticas (puertos, estaciones ferroviarias, aeropuertos...) a su lugar de destino o viceversa, de su origen a esas instalaciones, salvo excepciones muy concretas. El otro factor importante es la contaminación generada por el transporte en carretera en su emisión de CO<sub>2</sub>, que sumado al primer factor de congestión de las carreteras lo hacen muy importante y a tener en cuenta.

Una de las características generales del transporte intermodal es la utilización de medidas de carga únicas, como es el caso de los contenedores, de manera que la mercancía pueda atravesar la etapa de transbordo entre modos de manera rápida y eficaz. Sin embargo, en este documento se va a estudiar el transporte de mercancías sin este factor, es decir la carga será transportada en vagones y camiones destinadas a tal fin según el tipo de mercancía y no en contenedores. Debido a que el estudio será puramente económico no se entrará en la casuística propia de la etapa de transbordo (cuya influencia tecnológica es importante en la necesidad de uso de grúas, grúas pórtico, vehículos de maniobras...), simplemente se comentarán sus costes.

De este modo, son muchos los factores que influyen en el transporte intermodal de mercancías. A los ya nombrados factores económicos y contaminantes habría que añadir factores como el tiempo de transporte o la calidad del servicio. Muchos de ellos son imputables y pagados por la empresa transportista, como el combustible, el personal o el uso de infraestructuras (los

**Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

llamados costes internos), sin embargo otros muchos son asumidos por la sociedad en detrimento del bienestar social (costes externos). Aspectos como las pérdidas de tiempo en los otros conductores por la congestión del tráfico, problemas en la salud debido a ruidos o contaminación atmosférica (efecto invernadero, lluvia ácida, contaminación fotoquímica, emisión de partículas...) y otros, son aspectos que no son atribuidos a las empresas transportistas.

Debido a que el tema es muy amplio, en este documento únicamente se va a abordar el factor económico correspondiente al transporte de mercancías, y más concretamente a los dos modos terrestres, el ferrocarril y la carretera. Los dos estudios previos más recurridos serán por lo tanto: *Costes del transporte de mercancías por ferrocarril (Una primera aproximación para su estudio sistemático)* del Observatorio del Ferrocarril Español y la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (Vicente Rallo Guinot, Noviembre 2008) y *Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera* (Ministerio de Fomento, Enero 2015).

El objetivo del trabajo es por lo tanto desarrollar una metodología a partir de la cual se pueda estimar el coste kilométrico (€/km) del transporte de mercancías en ambos modos terrestres, de manera que a continuación pueda realizarse una comparativa de rentabilidad entre el transporte unimodal de mercancías por carretera y el transporte intermodal ferrocarril-carretera. Dentro de este estudio se incluirá también cómo afecta la cantidad de mercancía transportada en los costes y su rentabilidad, e incluso una comparativa entre transporte unimodal de ambos modos, ferrocarril y carretera. Todo ello será analizado en diferentes escenarios según el tipo de mercancía transportada. Se estudiará el transporte polivalente de mercancías, el transporte de combustibles líquidos y el transporte de automóviles.

Se comenzará tomando un trayecto como referencia que permita la elección del material ferroviario (locomotoras y vagones) y la composición del tren, el cual será sometido a las pertinentes comprobaciones de adherencia y potencia. Posteriormente se desarrollará la metodología en el cálculo de costes del transporte ferroviario y carretero, para poder obtener un valor concreto de coste kilométrico. Para ello, será necesario recopilar diferentes datos de los documentos (estudios previos) ya nombrados, así como de otros muchos que se considerarán en su momento. También se buscará un valor concreto a la etapa

## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

de acarreo<sup>1</sup>, de manera que en conjunto con todos los costes extraídos del documento se pueda abordar el objetivo final de rentabilidad económica buscado.

Con todos los resultados sobre la mesa, el documento servirá como herramienta en la elección de la modalidad adecuada (en cuanto a rentabilidad económica se refiere) para transporte de mercancías en medio terrestre en función de diferentes factores como la distancia o la cantidad de carga: carretera, ferrocarril o intermodalidad ferrocarril-carretera.

## **2. TRAYECTO**

Para el análisis de costes del transporte intermodal (carretera-ferrocarril) de mercancías que se estudia en este documento, es necesario establecer un origen y un destino entre los cuales será transportada la carga, y que servirá de punto de partida para establecer el trayecto y la posterior composición del tren. El origen será Abroñigal y el destino Morrot. Ambas son Estaciones Logísticas Principales de mercancías en dos de los centros mercantiles más importantes de España, como son Madrid y Barcelona respectivamente.

El trayecto establecido será el siguiente:

Origen-Destino	Estructura			Longitud de tren (m)		Rampa característica (‰)	
	Distancia km.	Electrificación	Tipo de vía	L. Básica-Viajeros	L. Básica-Mercancías	O-D	D-O
Abroñigal - Guadalajara	57	doble 3 kV	1668mm	460	460	8	17
Guadalajara - Torralba	99	doble 3 kV	1668mm	460	460	14	8
Torralba - Calatayud	87	doble 3 kV	1668mm	460	460	0	13
Calatayud - Ricla	36	única 3 kV	1668mm	460	500	0	10
Ricla - Casetas	47	doble 3 kV	1668mm	460	500	2	10
Casetas - C.I.M.	3	doble 3 kV	1668mm	350	450	0	0
C.I.M. - Zaragoza Delicias	5	doble 3 kV	1668mm	350	450	0	0
Zaragoza Delicias - La Cartuja	13	única 3 kV	1668mm	350	450	0	0
La Cartuja - Mora	182	única 3 kV	1668mm	350	450	19	16
Mora - Reus	48	única 3 kV	1668mm	350	450	17	14
Reus - Tarragona	19	doble 3 kV	1668mm	350	450	1	15
Tarragona - Sant Vicenç de Calders	25	doble 3 kV	1668mm	350	450	9	6
Sant Vicenç de Calders - Morrot	60	doble 3 kV	1668mm	350	450	27	27

**Tabla 1:** Características del trayecto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nombre que se le da al transporte de mercancías por carretera en operaciones intermodales.

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

El trayecto elegido consta de 681 km, con un ancho de vía constante a lo largo de todo el recorrido de 1668 mm. Todo el trayecto está electrificado a 3 kV, por lo tanto la tracción del tren será únicamente con locomotoras eléctricas y solo se estudiará este caso. La longitud máxima del tren, al tratarse de transporte de mercancías, será de 450 m, ya que es la longitud básica mínima para el trayecto escogido. Por último cabe destacar que la máxima rampa a superar en todo el trayecto será el tramo entre Sant Vicenç de Calders a Morrot, con 27 ‰.

### **3. ELECCIÓN DEL MATERIAL FERROVIARIO Y COMPOSICIÓN DEL TREN**

Se van a estudiar tres escenarios diferentes según el tipo de mercancía a transportar: el transporte de mercancía polivalente mediante vagones abiertos, el transporte de combustibles líquidos mediante vagones cisterna y el transporte de automóviles mediante vagones plataforma.

A continuación, se elige para cada caso el material a utilizar. Como locomotora se va a utilizar en los tres casos la SERIE 251 del Parque de Material de Mercancías de Renfe, cuyas características son las siguientes:

	<b>SERIE 251</b>
<b>UNIDADES EN SERVICIO</b>	29
<b>SERVICIO</b>	Línea
<b>AÑO DE PUESTA EN SERVICIO</b>	1982-1984
<b>TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN</b>	3 kV cc
<b>ANCHO DE VÍA</b>	1.668 mm
<b>DISPOSICIÓN DE EJES</b>	B'B'B'
<b>VELOCIDAD MÁXIMA</b>	100 km/h
<b>POTENCIA</b>	4.650 kW
<b>PESO</b>	138 t
<b>CONSTRUCTOR</b>	Macosa, Caf y Mitsubishi
<b>OTROS DATOS</b>	Es la única serie dotada en su totalidad de equipos chopper

**Tabla 2:** Características locomotora SERIE 251

Se puede apreciar que cumple con todas las características del trayecto trazado. El criterio de selección es por orden de prioridad: potencia, velocidad

---

<sup>2</sup> Fuente: Adif, *Anexos de Actualización Declaración sobre la Red 2013*, V.1, 2013.

**Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

máxima, unidades en servicio (Ver material ferroviario en los anexos, página 61, apartado 1.1).

Por otro lado, hay que elegir los vagones correspondientes al transporte de cada tipo de mercancía. En este caso el criterio de selección es por orden de prioridad: aplicación comercial correcta, menor carga máxima (con el fin de que posteriormente no aparezcan problemas con la adherencia y la potencia), velocidad máxima adecuada a la locomotora (100 km/h) (Ver material ferroviario en los anexos, página 62, apartado 1.2).

Con estos parámetros, para el transporte polivalente de mercancías se elige la Serie Internacional: Ealos de tipo XX, vagones abiertos de bordes máximos y cuatro puertas. Sus características generales son las siguientes:

	<b>Serie Internacional: Ealos Tipo: XX</b>
<b>Carga máxima t</b>	56,8
<b>Tara Media t</b>	23,2
<b>Freno</b>	Aire Comprimido
<b>Velocidad Máxima km/h</b>	100
<b>Long. entre Topes m</b>	14,04
<b>Altura Máxima m</b>	3,24
<b>Altura Piso m</b>	1,23
<b>Empate m</b>	9,00

**Tabla 3:** Características vagón Serie Internacional: Ealos, Tipo: XX

Para el transporte de combustibles líquidos se elige la Serie Internacional: Zans de tipo RR92, vagones cisterna. Sus características generales son las siguientes:

	<b>Serie Internacional: Zans Tipo: RR92</b>
<b>Carga máxima t</b>	65,5
<b>Tara Media t</b>	24,5
<b>Freno</b>	Aire Comprimido
<b>Velocidad Máxima km/h</b>	120
<b>Long. Entre Topes m</b>	16,74
<b>Altura Máxima m</b>	4,265
<b>Empate m</b>	11,70
<b>Capacidad l</b>	85.000

**Tabla 4:** Características vagón Serie Internacional: Zans, Tipo: RR92



**Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

Para el transporte de automóviles se elige la Serie Internacional: Laaes de tipo MA6, vagones plataforma porta-automóviles. Sus características generales son las siguientes:

	<b>Serie Internacional: Laaes Tipo MA6</b>
<b>Carga máxima t</b>	16,0
<b>Tara Media t</b>	23,3
<b>Peso por Eje t</b>	20
<b>Freno</b>	Aire Comprimido
<b>Velocidad Máxima km/h</b>	100
<b>Long. entre Topes m</b>	21,16
<b>Altura Máxima m</b>	4,03
<b>Altura Piso m</b>	1,25
<b>Empate m</b>	2x5,70

**Tabla 5:** Características vagón Serie Internacional: Laaes, Tipo: MA6

La composición del tren para cada uno de los escenarios va a ser la siguiente:

	<b>Transporte polivalente</b>	<b>Transporte de combustibles líquidos</b>	<b>Transporte de automóviles</b>
<b>Locomotoras</b>	2	2	1
<b>Vagones</b>	28	24	20
<b>Velocidad máxima</b>	100 km/h	100 km/h	100 km/h
<b>Peso total</b>	2.516 t	2.436 t	918 t
<b>Potencia total</b>	12.648 CV	12.648 CV	6.324 CV
<b>Longitud total</b>	434,52 m	443,16 m	443,9 m

**Tabla 6:** Composición del tren

El número de vagones por caso viene determinado por la longitud total máxima del tren ya nombrada, mientras que el número de locomotoras se establece de este modo debido a que los dos primeros casos el peso total del tren es mayor que en el tercero y será necesaria mayor potencia para su puesta en movimiento.

## **4. COMPROBACIÓN DE POTENCIA**

Para que el tren pueda entrar en movimiento, se debe cumplir que<sup>3</sup>:

$$W_{máquina} > W_T$$

Donde:

$$W_T = \frac{P_{tren} * \Psi * v}{75}$$

$$\Psi = 3 + i$$

- $W_T$ : potencia de tracción (CV)
- $P_{tren}$ : peso total del tren (t)
- $v$ : velocidad del tren en cada tramo (m/s)
- $i$ : rampa característica del trazado (‰)

De manera que con todos los datos disponibles, se realiza la comprobación de potencia:

CASO	TRAMO	PENDIENTE (‰)	VELOCIDAD (km/h)	PESO TREN (t)	Wt (CV)	W máquina (CV)	W máquina > Wt
Transporte polivalente	llano pendiente max.	0	100	2516	2795,555556	12648	SI
		27	45		12580		SI
Transporte de combustibles líquidos	llano pendiente max.	0	100	2436	2706,666667	12648	SI
		27	45		12180		SI
Transporte de automóviles	llano pendiente max.	0	100	918	1020	6324	SI
		27	60		6120		SI

**Tabla 7:** Comprobación de potencia

Se observa que se cumplen las condiciones de potencia para cada uno de los casos. En el caso más desfavorable de pendiente máxima será necesaria una velocidad máxima de 45 km/h para los dos primeros casos y una velocidad de 60 km/h para el último caso en ese tramo. Se entiende, que si cumple dichas condiciones con el número máximo de vagones que puede aceptar la composición total del tren, también lo hará con un número menor.

<sup>3</sup> Fuente: Emilio Larrodé Pellicer, *Ferrocarriles y tracción eléctrica*, Zaragoza, 2007.

## **5. COMPROBACIÓN DE ADHERENCIA**

Para que el tren pueda entrar en movimiento se debe cumplir que<sup>4</sup>:

$$W_{máquina/eje} > W$$

Donde:

$$W = \frac{100}{27} \frac{\varphi_0 * P * v}{(1 + 0,01 * v)}$$

- W: potencia máxima que se puede aplicar a un eje (CV)
- P: peso adherente (t)
- $\varphi_0$ : coeficiente de adherencia en arranque
- v: velocidad del tren (km/h)

Antes de realizar la comprobación se deben aclarar algunos aspectos.

- El peso adherente es el peso que apoya la rueda sobre el carril, de manera que cuanto mayor sea este peso mayor será la adherencia. En la fórmula se debe introducir el peso de las locomotoras dividido por el número de ejes.
- $\varphi_0 = 0,24$

De manera que con todos los datos disponibles, se realiza la comprobación de adherencia:

CASO	TRAMO	Coef. Adherencia en arranque	VELOCIDAD (km/h)	PESO ADHERENTE (t)	W (CV)	EJES	W máquina / nºejes(CV)	W < W máquina / nºejes
Transporte polivalente	llano	0,24	100	276	1022,222222	12	1054	SI
	pendiente max.	0,24	45		634,4827586			SI
Transporte de combustibles líquidos	llano	0,24	100	276	1022,222222	12	1054	SI
	pendiente max.	0,24	45		634,4827586			SI
Transporte de automóviles	llano	0,24	100	138	1022,222222	6	1054	SI
	pendiente max.	0,24	60		766,6666667			SI

**Tabla 8:** Comprobación de adherencia

<sup>4</sup> Fuente: Emilio Larrodé Pellicer, *Ferrocarriles y tracción eléctrica*, Zaragoza, 2007.

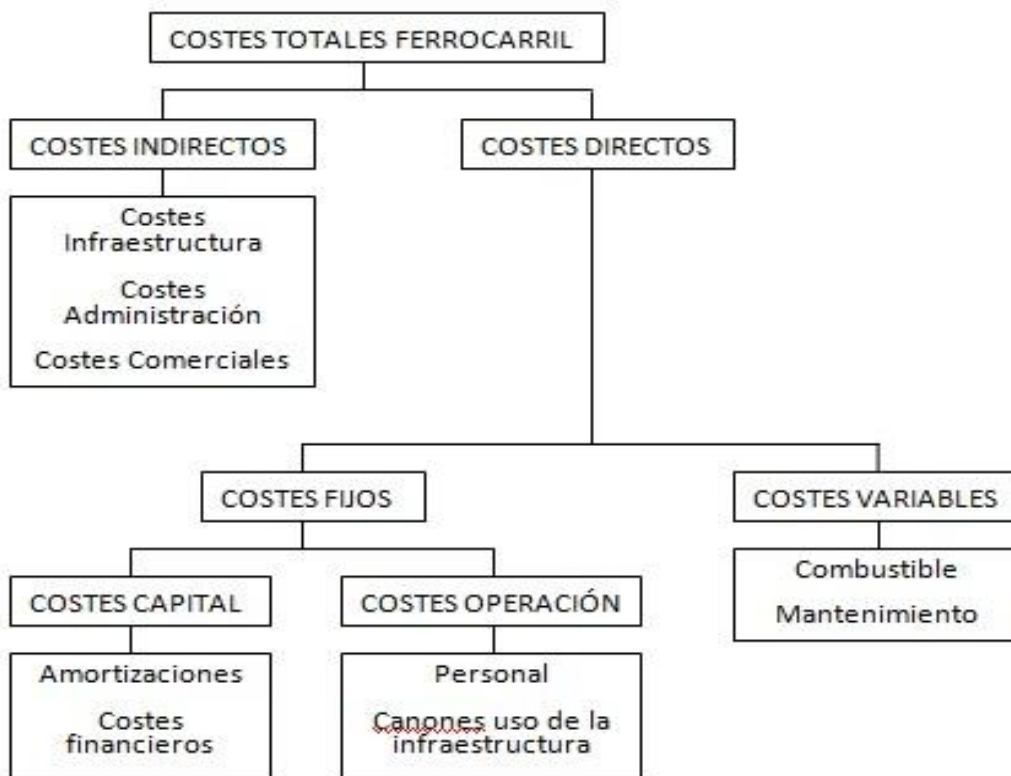
Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Se observa que se cumplen las condiciones de adherencia para cada uno de los casos. Se entiende, que si cumple dichas condiciones con el número máximo de vagones que puede aceptar la composición total del tren, también lo hará con un número menor.

## **6. COSTES DE LA ETAPA FERROVIARIA**

### **6.1. Estructura de costes en la etapa ferroviaria**

En el siguiente apartado, se va a desarrollar principalmente la metodología de cálculo de costes del transporte de mercancías por ferrocarril y sus valores de referencia en la medida de lo posible debido a que las empresas ferroviarias han sido siempre muy reacias a proporcionar datos sobre los costes que se generan por cada uno de sus factores productivos.



**Figura 1:** Estructura de costes en la etapa ferroviaria

A continuación, se van a detallar por partes los diferentes costes del transporte de mercancías por ferrocarril, extraídos del documento *Costes del transporte de mercancías por ferrocarril (Una primera aproximación para su*

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

*estudio sistemático*) del Observatorio del Ferrocarril Español y la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (Vicente Rallo Guinot, Noviembre 2008). El análisis se refiere a toda clase de transportes de mercancía por ferrocarril (vagón completo o intermodal), pero siempre en referencia a trenes completos, es decir, que no se estudian los costes del transporte en régimen de vagón disperso ni carga fraccionada.

La unidad a utilizar para dicho análisis va a ser €/km, de manera que los costes estén en función de la distancia.

Además, debido al tema ya nombrado de la negativa, tanto las empresas ferroviarias como las dedicadas a la construcción de ferrocarriles, a publicar las cifras de los acuerdos, no se va a poder establecer un valor concreto a determinados aspectos (precio de adquisición de locomotoras y vagones, producción anual de estos...). Para ello, en cada apartado se mostrarán datos de diferentes informaciones a las que sí que se tiene acceso, y a partir de ellas se establecerá un valor medio con el que se trabajará para cada uno de los datos necesarios para la determinación del coste indicado según la metodología estudiada.

### **6.2. Costes directos de la etapa ferroviaria**

#### **6.2.1. Costes fijos: Coste capital**

##### **6.2.1.1. Amortizaciones**

El coste de amortización kilométrico de cualquier equipo ferroviario, ya sean locomotoras o vagones, viene definido de la siguiente forma:

$$A = \frac{C - R}{v * Pa}$$

- A: coste kilométrico del elemento (€/km)
- C: coste de adquisición del elemento (€)
- R: valor residual del elemento (€)
- v: vida útil del elemento (años)
- Pa: producción anual del elemento (km/año)

Como puede apreciarse en la fórmula anterior, el valor de amortización depende fundamentalmente del precio de adquisición de los elementos y de su producción anual.

Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

El precio unitario de adquisición de cada elemento ferroviario depende a su vez de varios factores:

- El volumen de pedido, de manera que a mayor volumen de pedido menor es el precio unitario de cada elemento, lo que da a Renfe una posición negociadora mucho mayor que a las empresas privadas incorporadas al mercado en los últimos años.
- El grado de madurez del elemento en cuestión, es decir si se trata de modelos de una serie continuada que ya lleva cientos de unidades fabricadas o si por el contrario se requiere un modelo novedoso al que hay que añadir costes de ingeniería de diseño.
- La relación entre comprador y vendedor: capacidad de compra del primero, situación de pedidos del segundo, la relevancia del vendedor en conseguir un determinado pedido...

A continuación se muestran datos conocidos sobre el precio de adquisición de diferentes locomotoras eléctricas, ya que toda la vía del trazado estudiado está electrificada y no serían necesarias locomotoras diesel. De ello se extraerá un valor medio que se utilizará para el cálculo de costes:

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Contrato	Hipótesis	Precio unitario
Compañía Nacional de Ferrocarriles de Marruecos (ONCF) a Alstom	20 locomotoras, serie Prima II, de 6MW, velocidad máxima 200 km/h, mantenimiento de dos años y 150.000 km anuales de media, 74 millones de €	3,4 millones de €
SNCF a Alstom	30 locomotoras, 78 millones de €	2,6 millones de €
Veolia Cargo a Alstom	10 locomotoras, serie Prima I, ocho años de mantenimiento, 30 millones de €	2,7 millones de €
Ferrocarriles portugueses a Siemens Transportation Systems (TS)	15 locomotoras, serie Europrinter, de 4.600 kW, 60 millones de €	4 millones de €
SNCB a Siemens Transportation Systems (TS)	60 locomotoras, serie Europrinter, de 6.000 kW, velocidad máxima 200 km/h	3,52 millones de €
Renfe a Bombardier	100 locomotoras, serie Traxx tipo BB, de 5600 kW, 237 millones de €	2,37 millones de €

**Tabla 9:** Precios unitarios de adquisición de locomotoras

El precio medio de adquisición de una locomotora eléctrica es de 3,1 millones de €. Respecto al resto de parámetros, se utilizan los valores medios aportados por el documento *Costes del transporte de mercancías por ferrocarril (Una primera aproximación para su estudio sistemático)* del Observatorio del Ferrocarril Español y la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (Vicente Rallo Guinot, Noviembre 2008) ya nombrado. Así pues, se tiene una vida útil de 25 años, una producción anual de 100.000 km y un valor residual de la locomotora del 10%.

Por otro lado, respecto a los vagones y en consecuencia con el citado documento, se tendrán unos valores de 25 años de vida útil, 40.000 km de producción anual, 10% de valor residual y 100.000 € de precio de adquisición del vagón. Este último dato puede extraerse de la inversión realizada por Renfe en 2007 de 35 millones de € en la adquisición de 100 vagones porta-automóviles, 78 vagones tolva para el transporte de graneles, 60 vagones

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

cisterna para el transporte de diferentes combustibles y aceites y vagones plataforma para el transporte de productos siderúrgicos, de lo que resulta un coste unitario de 106.060 €, muy cercano al valor tomado.

Valores

1. TRANSPORTE POLIVALENTE

- Locomotoras:
  - $A = 2 \text{ locomotoras} * 1,116 \text{ €/km} = 2,232 \text{ €/km}$
- Vagones:
  - $A = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,09 \text{ €/km}$

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO

- Locomotoras:
  - $A = 2 \text{ locomotoras} * 1,116 \text{ €/km} = 2,232 \text{ €/km}$
- Vagones:
  - $A = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,09 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES

- Locomotoras:
  - $A = 1 \text{ locomotora} * 1,116 \text{ €/km} = 1,116 \text{ €/km}$
- Vagones:
  - $A = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,09 \text{ €/km}$

**6.2.1.2. Costes financieros**

Por lo general, el coste financiero que genera suscribir un préstamo para la adquisición de un elemento ferroviario se reparte a partes iguales en todos los años para evitar que los primeros, que suelen ser los más complicados, no se tengan que soportar costes superiores a los restantes. De esta manera, el coste financiero kilométrico viene definido de la siguiente forma:



Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

$$F = \frac{\left(T \frac{P * i * j}{j - 1}\right) - P}{n * Pa}$$

- F: coste kilométrico de financiación del elemento (€/km)
- T: tiempo de devolución del préstamo (años)
- P: importe del préstamo (€)
- i: interés del préstamo en tanto por uno
- $j = (1+i)^T$
- n: vida útil del elemento (años)
- Pa: producción anual del elemento (km/año)

Se conocen los datos ya utilizados en apartados anteriores y un préstamo del 50%, un periodo de financiación de 12 años y un interés del 5% extraído del documento ya nombrado.

Valores

1. TRANSPORTE POLIVALENTE

- Locomotoras:
  - $F = 2 \text{ locomotoras} * 0,2194 \text{ €/km} = 0,4388 \text{ €/km}$
- Vagones:
  - $F = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,0177 \text{ €/km}$

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO

- Locomotoras:
  - $F = 2 \text{ locomotoras} * 0,2194 \text{ €/km} = 0,4388 \text{ €/km}$
- Vagones:
  - $F = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,0177 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES

- Locomotoras:
  - $F = 1 \text{ locomotora} * 0,2194 \text{ €/km} = 0,2194 \text{ €/km}$
- Vagones:

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

➤  $F = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,0177 \text{ €/km}$

## 6.2.2. Costes fijos: Coste operación

### 6.2.2.1. Personal

Actualmente en España, en la Red de Interés general, la mayoría de los trenes de mercancías circulan con un único maquinista. Únicamente en casos aislados y en vías de extinción se utilizan dos de ellos, por lo que se considerará un único maquinista en este estudio. El coste kilométrico del personal depende de dos factores: coste anual del maquinista y producción anual de este.

El coste anual del maquinista es el siguiente:

Concepto	Coste
Salario anual	42.000 €
Dietas y primas de conducción	6.000 €
Compensaciones por excesos de jornadas	5.000 €
Seguros Sociales	18.000 €
Formación y reconocimientos médicos	6.000 €
Manutención y hospedaje	19.200 €
TOTAL	96.200 €

**Tabla 10:** Coste anual de un maquinista

La producción anual media parte de la normativa legal en materia de jornadas del personal de conducción, reguladas en España por el RD 2387/2004 de 30 de diciembre, con 6 horas de jornada máxima de conducción, que con un margen de seguridad se reduce a 5 horas. La velocidad media del tramo a estudiar se va a establecer en 70 km/h (100 km/h de velocidad máxima en llano y 45 km/h en los dos primeros casos de transporte de mercancías o 60 km/h en el segundo para cumplir condiciones de adherencia y potencia) y 230 jornadas de trabajo anuales. Sin embargo, existen algunos factores que alejan esta cifra de la realidad:

- La necesidad de estar en condiciones de afrontar puntas de tráfico a petición de los clientes, para lo cual se necesita personal adicional preparado.
- Supresión de trenes por problemática variada con los clientes y retrasos en los procesos de carga y descarga.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

- Averías producidas en los vehículos del propio operador como en otros operadores, o en la propia infraestructura, además de las jornadas dedicadas a socorrer dichas averías.
- Jornadas utilizadas en formación, reconocimientos médicos, absentismo por enfermedad, accidente...

Con todo esto, el coste kilométrico del personal viene a ser el siguiente:

$$P = \frac{S}{vm * J * h}$$

- P: coste kilométrico del personal de conducción (€/km)
- S: salario anual del maquinista (€/año)
- vm: velocidad media (km/h)
- J: jornadas anuales de trabajo (días/año)
- h: tiempo de conducción por jornada (h/día)

Valores

➤  $P = 2,39 \text{ €/km}$

**6.2.2.2. Cánones por el uso de la infraestructura**

Los Cánones Ferroviarios son las tasas que Adif recibe de las estaciones ferroviarias por la utilización de las infraestructuras de su titularidad o las que estén adscritas a él.

Los principales cánones que afectan a la explotación ferroviaria son:

- Canon de acceso
- Canon de reserva
- Canon de circulación

El primer paso es identificar el tipo de línea del trazado estudiado. Para ello, se acude a Adif en su Declaración sobre la Red de 2015 y se decide a partir de lo siguiente:

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Tabla 1		Clasificación de las Líneas Ferroviarias
Tipo de Línea	Velocidad Máxima de la Línea	
A	A.1	Línea Madrid-Barcelona-Frontera Francesa (Límite con la Sección Internacional entre Figueras-Perpignan administrada por TP Ferro).
	A.2	Resto de líneas con V máx > 250 Km/h en al menos 2/3 de su recorrido.
B	B.1	250 Km/h $\geq$ V máx Línea > 200 Km/h en al menos 2/3 de su recorrido.
C	C.1	Núcleos de Cercanías.
	C.2	Resto de líneas.

**Figura 2:** Clasificación de las líneas ferroviarias<sup>5</sup>

El trazado estudiado entre Abroñigal y Morrot pertenecerá al tipo de línea C2.

#### 6.2.2.2.1. Canon de Acceso

El Canon de Acceso regula el derecho de utilización con carácter general de la RFIG, titularidad de Adif o de parte de ella. Este canon, de carácter anual, dependerá de la productividad de empresa ferroviaria en cuestión.

Canon de Acceso (Modalidad A)		
Nivel	Volumen de Tráfico	€/ Año
N1.A	$\leq 0,2$ millones km/Tren-año	13.251,56
N1.B	$> 0,2$ y $\leq 0,5$ millones de km/Tren-año	33.128,92
N1.C	$> 0,5$ y $\leq 1$ millones de km/Tren-año	66.257,83
N2.A	$> 1$ y $\leq 2,5$ millones de km/Tren-año	116.178,60
N2.B	$> 2,5$ y $\leq 5$ millones de km/Tren-año	165.644,60
N2.C	$> 5$ y $\leq 10$ millones de km/Tren-año	364.418,11
N3.A	$> 10$ y $\leq 15$ millones de km/Tren-año	761.965,14
N3.B	$> 15$ y $\leq 20$ millones de km/Tren-año	1.557.059,19
N3.C	$> 20$ y $\leq 30$ millones de km/Tren-año	1.557.059,19
N3.D	$> 30$ y $\leq 40$ millones de km/Tren-año	1.557.059,19
N3.D	$> 40$ y $\leq 50$ millones de km/Tren-año	1.557.059,19
N3.F	$> 50$ millones de km/Tren-año	1.557.059,19

**Figura 3:** Canon de Acceso<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Fuente: Adif, *Declaración sobre la Red 2015*, V.2, 2015.

<sup>6</sup> Fuente: Adif, *Declaración sobre la Red 2015*, V.2, 2015.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Valores

Fijada la producción del tren en 100.000 km/año este valor será de:

$$\text{➤ } C_A = \frac{13.251,6 \text{ €/año}}{100.000 \text{ km/año}} = 0,1325 \text{ €/km}$$

**6.2.2.2. Canon de Reserva de capacidad**

El Canon por Reserva de Capacidad grava la disponibilidad del trayecto solicitado.

CANON POR RESERVA DE CAPACIDAD (MODALIDAD B)		
Periodo Horario	Tipo de Línea	€/Tren-km. reservado
PUNTA	A1	0,5757
	A2	0,5757
	B1	0,5757
	C1	0,3333
	C2	0,3333
NORMAL	A1	0,5757
	A2	0,5757
	B1	0,5757
	C1	0,0505
	C2	0,0505
VALLE	A1	0,5757
	A2	0,5757
	B1	0,5757
	C1	0,0505
	C2	0,0505

**Tabla 11:** Canon por Reserva de Capacidad<sup>7</sup>

Las cuantías del Canon se establecen en función de los kilómetros–tren reservados, tomando en cuenta el tipo de línea, el tipo de servicio a prestar, el tipo de tren y el periodo del día al que afecte la reserva (valle, normal o punta).

Así, en un punto determinado del recorrido, se aplicará el periodo horario correspondiente a la hora de la última parada comercial realizada por el tren en una estación, o si dicha estación fuera la del origen del tren, se aplicará el período correspondiente a la hora de la salida del tren de la misma.

<sup>7</sup> Fuente: Adif, *Declaración sobre la Red 2015*, V.2, 2015.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Tabla 3		Periodos Horarios	
Período	Tramo Horario		
	Inicio	Fin	
Valle	0:00	5:59	
Punta	6:00	9:29	
Normal	9:30	17:59	
Punta	18:00	20:29	
Normal	20:30	23:59	

**Figura 4:** Periodos horarios Adif<sup>8</sup>

Valores

Al no estar definido el periodo horario del transporte, se va a estudiar el periodo horario con mayor coste, es decir, en periodo horario punta:

➤  $C_R (P) = 0,3333 \text{ €/km}$

**6.2.2.2.3. Canon por Circulación**

El Canon por Circulación regula la utilización efectiva de la Capacidad reservada.

CANON POR CIRCULACIÓN (MODALIDAD C)	
Tipo de Línea	€/Tren-km. Circulado
A1	0,5050
A2	0,5050
B1	0,5050
C1	0,0606
C2	0,0606

**Tabla 12:** Canon por circulación<sup>9</sup>

Valores

➤  $C_C = 0,0606 \text{ €/km}$

<sup>8</sup> Fuente: Adif, *Declaración sobre la Red 2015*, V.2, 2015.

<sup>9</sup> Fuente: Adif, *Declaración sobre la Red 2015*, V.2, 2015.

## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

### 6.2.3. Costes variables

#### 6.2.3.1. Combustible

Los costes energéticos ferroviarios dependen en su totalidad del tipo de tracción que usa la locomotora: diesel o eléctrica. Para el trazado estudiado únicamente se van a utilizar locomotoras eléctricas, ya que la totalidad de este está electrificado. De este modo, solamente se van a detallar las características de este tipo de tracción.

En la actualidad, la totalidad de los vehículos de tracción eléctrica se han dotado de diferentes instrumentos (vatiohorímetros) que transmiten los datos reales de consumo al gestor de la infraestructura. De esta manera, el operador paga lo que realmente consume, ya que con anterioridad estos sistemas no estaban implementados en los vehículos y se percibía el mismo importe para trenes con distinto consumo, como puede ser el caso del mismo trayecto en sentido ascendente o descendente.

El valor de la energía en tracción eléctrica es el siguiente:

SC-7	Suministro de la corriente de tracción.												
<b>Descripción</b>	Este servicio supone la disponibilidad de tensión en las líneas que disponen de las Instalaciones adecuadas para la prestación de este servicio.												
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestión de la contratación de corriente de tracción en los diferentes mercados de la energía eléctrica.</li><li>• Mantenimiento de las instalaciones de medida asociadas al consumo en subestaciones y centros de transformación.</li><li>• Gestión inherente a la prestación del servicio.</li></ul>												
<b>Unidad de Facturación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Líneas de Alta Velocidad: Importe facturado a Adif por las compañías eléctricas en cada una de las subestaciones existentes en las líneas.</li><li>• Resto de Líneas: TKB.</li></ul>												
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• No se prestará el servicio de corriente de tracción durante las franjas de mantenimiento establecidas.</li><li>• No supondrá penalización alguna para Adif la ausencia de corriente de tracción, cuando se deba a una avería ocasionada por alguna Empresa Ferroviaria, o sea consecuencia de obras u operaciones de mantenimiento debidamente programadas, así como las producidas por causas de fuerza mayor.</li></ul>												
	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>Unidad de facturación</th><th>Tarifa 2014</th></tr></thead><tbody><tr><td>Mercancías - trenes convencionales</td><td>Miles de TKB</td><td>2,635221 €</td></tr><tr><td>Mercancías - locomotoras aisladas</td><td>Miles de TKB</td><td>2,635221 €</td></tr><tr><td>Coste de gestión (importe sobre el total de Megavatios hora)</td><td>MWh</td><td>1,12€/MWh</td></tr></tbody></table>		Unidad de facturación	Tarifa 2014	Mercancías - trenes convencionales	Miles de TKB	2,635221 €	Mercancías - locomotoras aisladas	Miles de TKB	2,635221 €	Coste de gestión (importe sobre el total de Megavatios hora)	MWh	1,12€/MWh
	Unidad de facturación	Tarifa 2014											
Mercancías - trenes convencionales	Miles de TKB	2,635221 €											
Mercancías - locomotoras aisladas	Miles de TKB	2,635221 €											
Coste de gestión (importe sobre el total de Megavatios hora)	MWh	1,12€/MWh											

**Figura 5:** Suministro de la corriente de tracción<sup>10</sup>

Para este estudio, al ser imposible controlar el valor real de consumo del tren, se tomará únicamente el valor fijo de la Tarifa de Adif en 2014.

<sup>10</sup> Fuente: Adif, *Declaración sobre la Red 2014*, 2014.

## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

### Valores

#### 1. TRANSPORTE POLIVALENTE

$$\text{➤ } C = (138 \cdot 2 + 80 \cdot \text{N}^\circ \text{ vagones}) \cdot t \cdot 0,002635221 \text{ €/km} \cdot t = 0,7273 + \text{N}^\circ \text{ vagones} \cdot 0,2108 \text{ €/km}$$

#### 2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO

$$\text{➤ } C = (138 \cdot 2 + 90 \cdot \text{N}^\circ \text{ vagones}) \cdot t \cdot 0,002635221 \text{ €/km} \cdot t = 0,7273 + \text{N}^\circ \text{ vagones} \cdot 0,2372 \text{ €/km}$$

#### 3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES

$$\text{➤ } C = (138 + 39 \cdot \text{N}^\circ \text{ vagones}) \cdot t \cdot 0,002635221 \text{ €/km} \cdot t = 0,3637 + \text{N}^\circ \text{ vagones} \cdot 0,1028 \text{ €/km}$$

### **6.2.3.2. Mantenimiento**

Para el cálculo del coste de mantenimiento de los elementos ferroviarios se va a distinguir entre el mantenimiento de locomotoras y el de vagones, ya que suelen seguir metodologías diferentes.

#### **6.2.3.2.1. Mantenimiento de locomotoras**

Existen dos métodos aproximados empleados para el cálculo de los costes de mantenimiento de las locomotoras. El primero consiste en establecer un porcentaje sobre el precio de adquisición de dicha locomotora, que suele rondar el 4% para locomotoras eléctricas. Por otro lado, en la actualidad lo más habitual es que las propias empresas ferroviarias suscriban con el constructor de las locomotoras un contrato de mantenimiento de larga duración en el mismo momento de su compra. Este contrato suele constar de un componente fijo y otro dependiente de la producción. Para este caso, se tomarán tres referencias de las que se tienen datos y se utilizará la media de estas.



Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Contrato	Hipótesis	Precio por km
Renfe a Bombardier	100 locomotoras, tipo Traxx, de 5.600 Kw, 14 años de mantenimiento, 1,79 millones de €/unidad, producción media 100.000 km	1,27 €
Veolia a Alstom	10 locomotoras, serie Prima, 8 años de mantenimiento, 500.000 €/unidad, producción media 80.000 km/año	0,78 €
Renfe a filial de Bombardier	20 locomotoras, serie 269, 5 años de mantenimiento, 15,8 millones de € producción media 100.000 km/año	1,58 €

**Tabla 13:** Precio kilométrico del mantenimiento de locomotoras

Con todo esto, hay que tener precaución en el contenido de cada uno de los contratos de mantenimiento que se suscriben con los constructores, ya que en ese precio pueden no estar incluidos aspectos como:

- Las grandes reparaciones a efectuar como media cada millón de kilómetros y que pueden llegar a tener un coste de hasta el 30 % del precio de adquisición de la locomotora.
- El remolque de las locomotoras desde el lugar en el que se produce una incidencia que origina su paralización hasta el taller.
- La locomotora sustitutiva que en ocasiones se proporciona en tanto se repara la averiada, o la que ha sido objeto del accidente.
- La limpieza exterior e interior de la locomotora.
- El desplazamiento de los operarios para atender pequeñas averías en la ruta, etc.

Valores

1. TRANSPORTE POLIVALENTE

➤  $M = 2 \text{ locomotoras} * 1,21 \text{ €/km} = 2,42 \text{ €/km}$

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO

➤  $M = 2 \text{ locomotoras} * 1,21 \text{ €/km} = 2,42 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES

➤  $M = 1 \text{ locomotora} * 1,21 \text{ €/km} = 1,21 \text{ €/km}$

**6.2.3.2.1. Mantenimiento de vagones**

Por otro lado, para el cálculo del coste del mantenimiento de los vagones vuelven a existir dos métodos diferentes. El primero consiste en establecer entre las partes contratantes (empresa ferroviaria y empresa de mantenimiento) un contrato a largo plazo, donde los precios suelen variar entre los 0,05 y los 0,07 €/km. Sin embargo, para este caso se va a utilizar el segundo método, que consiste en establecer un valor anual de mantenimiento del 3% sobre el coste de adquisición del vagón, que traducido a coste kilométrico es el siguiente:

$$Mv = \frac{3\% V}{Pa}$$

- Mv: coste kilométrico de mantenimiento de un vagón (€/km)
- V: valor de adquisición del vagón (€)
- Pa: producción anual de los vagones (km/año)

Valores

1. TRANSPORTE POLIVALENTE

➤  $Mv = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,075 \text{ €/km}$

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO

➤  $Mv = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,075 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES

➤  $Mv = N^{\circ} \text{ vagones} * 0,075 \text{ €/km}$

### **6.3. Costes indirectos de la etapa ferroviaria**

Además de todos los costes directos recogidos en el documento *Costes del transporte de mercancías por ferrocarril (Una primera aproximación para su estudio sistemático)* ya tratados en los apartados anteriores, existen una serie de costes adicionales difícilmente cuantificables, ya sean costes de infraestructura, de administración o comerciales. Algunos ejemplos de estos costes adicionales son: la necesidad de tener locomotoras y vagones de más que satisfagan el trayecto en caso de posibles averías (ya sea por separado o conjuntamente a otras empresas), la necesidad de posibles servicios auxiliares por parte de Adif (se tratarán en el tema de transbordos), indemnizaciones con la empresa receptora de la mercancía por posibles retrasos...

De este modo, debido al alto valor de facturación de los transportes ferroviarios, se va a considerar este valor en un 5% sobre los costes directos del transporte de mercancías por ferrocarril.

### **6.4. Costes totales de la etapa ferroviaria**

Además de los costes ya tratados, existe el propio beneficio que la empresa transportista busca obtener por la ejecución del servicio. Este beneficio suele establecerse en un porcentaje sobre el coste total del servicio, de manera que a mayor volumen de coste del transporte, mayor es el beneficio capital obtenido por dicha empresa. Este valor se considera del 15% del coste total del servicio.

Dentro de los costes del transporte ferroviario se van a incluir los costes en la etapa de transbordo, de manera que el valor numérico de estos será proporcionado más adelante.

## **7. COSTES DE LA ETAPA DE TRANSBORDO**

### **7.1. Estructura de costes de la etapa de Transbordo**

En esta etapa no se va a entrar a detallar el funcionamiento interno de las terminales donde se realizan las operaciones correspondientes, únicamente se definirán cada una de ellas y sus costes, así como diferentes factores influyentes.

## **Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

Existen tres tipos de servicios a prestar por parte de las instalaciones o terminales, que son: Servicios Adicionales, Servicios Complementario y Servicios Auxiliares. Los dos primeros recogen los siguientes campos de actividad: servicios en las instalaciones técnicas y logísticas de mercancías, servicios de suministro de energía para tracción y servicios relacionados con la seguridad en la circulación. Mientras que los Servicios Auxiliares son más variados y suelen estar sujetos a contratos.

Además, para la prestación de Servicios Adicionales y Complementarios en la RFIG, titularidad de Adif y zonas de servicio administradas por Adif, se pueden diferenciar distintos tipos de instalaciones en función del lugar donde se realizan los servicios y el uso al que estén destinadas:

- Instalaciones de aprovisionamiento de combustible.
- Instalaciones de electrificación para la tracción.
- Terminales de carga (Instalaciones técnicas y logísticas) para la formación de trenes, clasificación de vagones y operaciones de carga y descarga.

### **7.2. Servicios Adicionales**

Son aquellos servicios relacionados con el control de las instalaciones y la seguridad en la circulación de aplicación en todas las instalaciones ferroviarias controladas por Adif. De este modo, el acceso desde la vía a las instalaciones de mantenimiento, reparación y suministro de la RFIG, titularidad de Adif y en sus zonas de servicios ferroviarios, se encuadra dentro de estos servicios. Estas instalaciones suelen tener diversas funciones:

- Aprovisionamiento de combustible.
- Aprovisionamiento de suministro eléctrico para la tracción.
- Formación de trenes, excluyendo las operaciones sobre el material, que corresponden a la Empresa Ferroviaria.
- Mantenimiento y otras instalaciones técnicas.
- Instalaciones logísticas de carga y estaciones de clasificación.

Todos estos servicios deben ser realizados siempre por Adif que está obligado a prestarlos a petición de las empresas ferroviarias (Ver Servicios prestados por Adif en los anexos, página 64, apartado 2.1)

### **7.3. Servicios Complementarios**

Los Servicios Complementarios son prestados en las estaciones e Instalaciones Logísticas Principales de mercancías y los puntos fijos de suministro de combustible que se incluyan en la Declaración de Red, así como en las diferentes instalaciones controladas por Adif, las cuales el interesado puede conocer previa consulta a la dirección de Adif prestadora de ese servicio. Estos servicios son de obligado cumplimiento por parte de Adif a petición de las empresas ferroviarias y otros candidatos. Dichos servicios son los siguientes:

- Suministro de corriente de tracción (previamente se ha debido suscribir el correspondiente acuerdo).
- Suministro de combustible (previamente se ha debido suscribir el correspondiente acuerdo).
- Precalentamiento de trenes de viajeros.
- Maniobras y cualquier otro relacionado con operaciones sobre el material ferroviario.
- Específicos para el control del transporte de mercancías peligrosas y para la asistencia a la circulación de convoyes especiales.

En cuanto a la prestación de Servicios Complementarios de maniobras en las Instalaciones Logísticas Principales, las empresas ferroviarias y candidatos pueden acogerse a una de las dos siguientes modalidades según sus intereses, fomentando la planificación eficaz y la petición previa de los servicios:

- Modalidad A, constituida por SC-2A, SC-3A, SC-4A, SC-5A.
- Modalidad B, constituida por SC-2B, SC-3B, SC-4B, SC-5B.

Los criterios de adhesión a cada una de las modalidades son los siguientes:

- Cada empresa ferroviaria o candidato solamente puede optar por una de las propuestas.
- Cada empresa ferroviaria o candidato que ya esté operando en algunas de las dos modalidades, debe manifestarse de forma contundente por la modalidad a la que quiere adherirse, si esta implica cambio con la relativa al año anterior, dentro del mes siguiente a la publicación de Tarifas Provisionales por parte del Ministerio de Fomento. Su nueva modalidad será aplicada dentro de los primeros quince días naturales del mes siguiente a la recepción de la adhesión.

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

- Cada empresa ferroviaria o candidato que vaya a demandar Servicios Complementarios de maniobras por primera vez, deberá manifestarse de manera contundente por la modalidad a la que quiere adherirse, de lo contrario se le aplicará la modalidad A.
- Cada empresa ferroviaria o candidato adherido a cualquiera de las dos modalidades debe aceptar su permanencia en ella hasta la publicación de una nueva actualización de Tarifas.

Para el caso estudiado lo más adecuado es adherirse a la modalidad B, de manera que no sea necesario el desplazamiento del vehículo ferroviario y sus componentes fuera de las Instalaciones Logísticas Principales, y sin la necesidad de vehículo de maniobras (Ver Servicios prestados por Adif en los anexos, página 65, apartado 2.2). De este modo, los servicios complementarios necesarios para la operación intermodal desarrollada en este estudio serán: SC-1 (36,90 €), SC-2B sin vehículo de maniobras (24,70 €), SC-4B (24,55 + 4,85\*Nº vagones) y SC-6 suponiendo entre 0 y 2 días de tránsito por las instalaciones (22,45 €).

Si mantenemos el supuesto de 100.000 km/año recorridos por el tren y sabiendo que el trayecto es de 681 km, el número de veces que deberá realizar el tren este recorrido y por lo tanto equivalente al número de veces que deberán realizarse todas estos servicios complementarios es de 146,84 veces. Por lo tanto, el coste kilométrico de estos servicios complementarios será de:

$$SC = \frac{146,84 \frac{\text{operación}}{\text{año}} * (\sum \text{Servicios complementarios}) \text{€/operación}}{100.000 \text{ km/año}}$$
$$= 0,1595 + 0,0071 * N^{\circ} \text{vagones}$$

### 7.4. Servicios Auxiliares

Los Servicios Auxiliares son aquellos que las empresas ferroviarias pueden solicitar a Adif u otros prestadores sin que el administrador de infraestructuras este obligado a prestarlos, como son el acceso a la red de telecomunicación y el suministro de información complementaria. Estos servicios prestados en la RFIG, titularidad de Adif y zonas de servicio administradas por Adif, se efectuarán en régimen de Derecho Privado, es decir si que sea necesaria autorización previa de la administración ferroviaria y sin obligatoriedad.

Estos Servicios Auxiliares pueden ser prestados por Adif o diferentes empresas que hayan suscrito con el administrador de infraestructuras el correspondiente

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

contrato sobre disponibilidad de espacios. La empresa prestadora deberá realizar los correspondientes servicios, sin embargo las propias empresas ferroviarias y candidatos titulares del material rodante que no cumplan dicho requisito podrán realizar para sí los referidos servicios en régimen de autoprestación, directamente o a través de terceros, siempre que hayan suscrito con Adif el contrato sobre disponibilidad de espacios ya nombrado. En este contrato figurarán aspectos como el objeto, la forma y temporalidad de la utilización de dichos medios, la duración del contrato y sus precios (Ver Servicios prestados por Adif en anexos, página 70, apartado 2.3)

Debido a que el coste de todos estos servicios va ligado a diferentes contratos suscritos entre las partes, y no están disponibles las cifras de estos, se van a considerar como una partida de los costes indirectos de la etapa ferroviaria y por ello serán incluidos ahí.

## **8. COSTES EN LA ETAPA DE ACARREO**

La etapa de acarreo en el transporte de mercancías se rige bajo el mismo comportamiento que se describe en el siguiente apartado del documento, sin embargo, al tratarse por norma general de trayectos cortos en comparación a la totalidad de una operación intermodal en la que se busca sacarle el mayor partido posible al recorrido ferroviario, las empresas transportistas establecen precios en franja kilométrica. Esto quiere decir, que el precio del acarreo no se toma en clave lineal kilométrica (€/km) sino que se establecen unos tramos que dan el coste final del acarreo en función de la distancia a recorrer. De este modo, el coste del servicio de acarreo es el siguiente:

<b>Recorrido en km</b>	<b>Coste final €</b>
Entre 0-15 km	227,00 €
Entre 16-40 km	273,00 €
Entre 41-60 km	319,00 €
Entre 61-80 km	364,00 €
Entre 81-120 km	409,00 €
Entre 121-150 km	476,00 €
Entre 151-175 km	512,00 €
Entre 176-206 km	554,00 €
>207 km nacional	1,24 €/km

**Tabla 14:** Coste del servicio de acarreo<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Fuente: Ministerio de Fomento, *Observatorio del transporte intermodal terrestre y marítimo*, 2011.

## 9. COSTES DEL TRANSPORTES DE MERCANCÍAS POR CARRETERA

### 9.1. Estructura de costes en el transporte de mercancías por carretera

En este apartado se va a detallar tanto la metodología de cálculo de costes en el transporte de mercancías por carretera, como los diferentes valores de referencia que adoptan cada uno de los conceptos tratados en esta metodología según el vehículo utilizado (elegido a partir de la mercancía transportada). Esta etapa se puede dividir básicamente en dos fases: Costes Directos y Costes Indirectos. Su estructura es la siguiente:

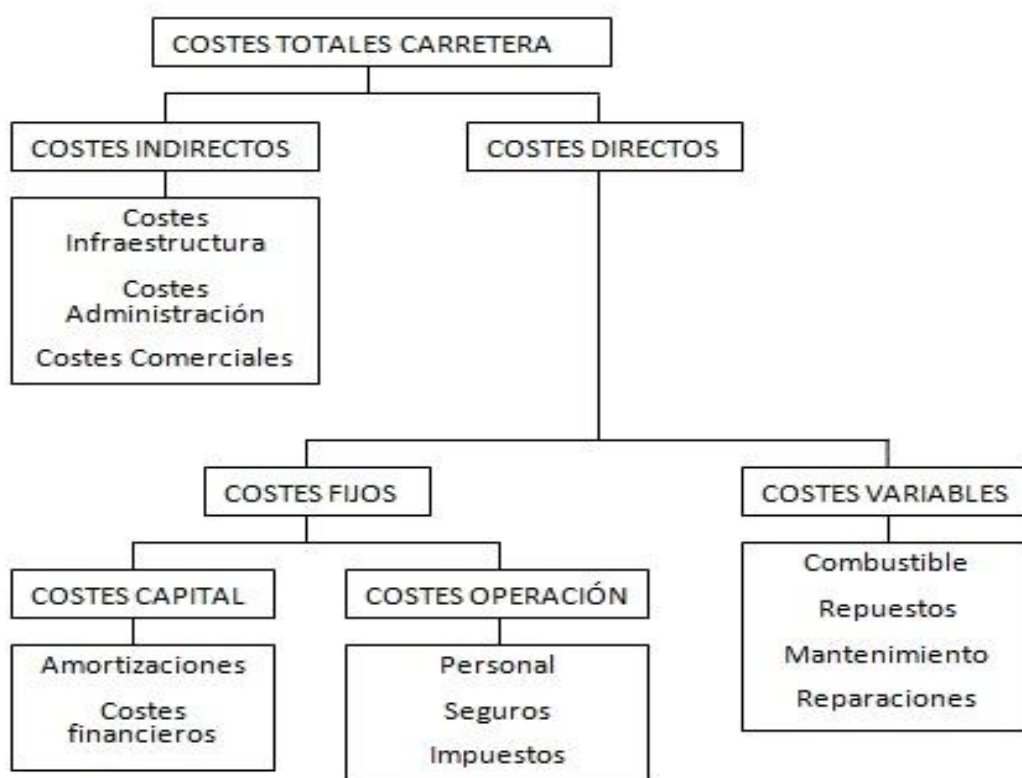


Figura 6: Estructura de costes del transporte por carretera

A continuación, se van a detallar por partes los diferentes costes del transporte de mercancías por carretera, extraídos del documento *Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera* (Ministerio de Fomento, Enero 2015). La metodología calcula costes kilométricos unitarios sin IVA, ya que se considera que este resultará neutro.



**Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

Los diferentes casos que se van a tratar, y por tanto el vehículo a utilizar, vienen definidos por el tipo de mercancía transportada. Los diferentes escenarios son: el transporte polivalente de mercancía, el transporte de combustible líquido y el transporte de automóviles. Para cada uno de estos casos se han elegido los siguientes vehículos extraídos del Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera citado con anterioridad respectivamente: vehículo articulado de carga general, vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos) y portavehículos (tren de carretera). Las características técnicas y de explotación de estos vehículos vienen definidas en la siguiente tabla.

	<b>Vehículo articulado de carga general</b>	<b>Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)</b>	<b>Portavehículos (tren de carretera)</b>
<b>Potencia (CV)</b>	420	400	385
<b>M.M.A. (kg)</b>	40.000	40.000	40.000
<b>Carga útil (kg)</b>	25.000	-	-
<b>Nº de ejes</b>	5	5	4
<b>Nº neumáticos tractores</b>	6	6	6
<b>Nº neumáticos equipos</b>	6	6	8
<b>Kilometraje anual</b>	120.000	110.000	135.000
<b>Consumo medio (l/100km)</b>	38,5	36,0	40,0

**Tabla 15:** Características de los vehículos del transporte por carretera<sup>12</sup>

Cada uno de los costes anuales obtenidos de esta metodología será dividido por el kilometraje anual definido para obtener valores del coste de transporte de mercancías por carretera en función de la distancia (€/km). Para visualizar detalladamente los valores obtenidos de la metodología acudir a Términos en la metodología del cálculo de costes del transporte por carretera de los anexos, página 72, apartado 3.

<sup>12</sup> Fuente: Ministerio de Fomento, *Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera*, 2015

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

**9.2. Costes directos en el transporte por carretera**

**9.2.1. Costes fijos: Costes capital**

**9.2.1.1. Amortizaciones**

Es la suma de los costes de amortización de los diferentes elementos (vehículo de tracción, carrozado del vehículo de tracción, semirremolque, remolque y equipos auxiliares).

La fórmula de cálculo del coste kilométrico de la amortización de un elemento es:

$$A = \frac{C - R - N}{v * kmA}$$

- A: coste kilométrico de amortización del elemento (€/km)
- C: valor de adquisición sin IVA del elemento (€)
- R: valor residual sin IVA del elemento (€)
- N: valor sin IVA de los neumáticos del elemento (€)
- v: vida útil del elemento (años)
- kmA: kilometraje anual (km/año)

Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general
  - Cabeza tractora:
    - A = 0,0914 €/km
  - Semirremolque:
    - A = 0,0255 €/km
2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)
  - Cabeza tractora:
    - A = 0,0923 €/km
  - Semirremolque cisterna:
    - A = 0,0573 €/km

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

- Cabeza tractora:
  - A = 0,0734 €/km
  
- Carrozado y remolque:
  - A = 0,0425 €/km

**9.2.1.2. Costes financieros**

Es la suma de los costes de financiación de los diferentes elementos que se hayan comprado (vehículo de tracción, carrozado del vehículo de tracción, semirremolque, remolque y equipos auxiliares).

La fórmula de cálculo del coste kilométrico de financiación de un elemento es la siguiente, suponiendo cuotas anuales:

$$F = \frac{\left( n \frac{P * i * j}{j - 1} \right) - P}{v * kmA}$$

- F: coste kilométrico de financiación del elemento (€/km)
- P: préstamo para la compra del elemento (€)
- i: interés en tanto por uno (interés en % dividido por 100)
- n: periodo de financiación (años)
- v: vida útil del elemento (años)
- $j = (1 + i)^n$
- kmA: kilometraje anual (km/año)

Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

- Cabeza tractora:
  - F = 0,0061 €/km
  
- Semirremolque:
  - F = 0,0017 €/km

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

- Cabeza tractora:
  - F = 0,0035 €/km
- Semirremolque cisterna:
  - F = 0,0021 €/km

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

- Cabeza tractora:
  - F = 0,0045 €/km
- Carrozado y remolque:
  - F = 0,0026 €/km

**9.2.2. Costes fijos: Costes operación**

**9.2.2.1. Personal**

Es el coste kilométrico para la empresa del personal de conducción del vehículo, incluyendo las dietas.

$$H = \frac{S + Dm * J}{kmA} + Pa$$

- H: coste kilométrico del personal de conducción (€/km)
- S: salario anual conductor, incluida Seguridad Social y otros (€/año)
- Dm: dieta media (€/día)
- J: jornadas de trabajo anuales (días/año)
- kmA: kilometraje anual (km/año)
- Pa: plus de actividad (€/km)

Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

➤ H = 0,3917 €/km

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

➤  $H = 0,4632 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

➤  $H = 0,3544 \text{ €/km}$

**9.2.2.2. Seguros**

Es el coste kilométrico de los seguros del vehículo.

$$S = \frac{CS}{kmA}$$

- S: coste kilométrico de los seguros del vehículo (€/km)
- CS: suma de todos los costes de cada seguro (€/año)
- kmA: kilometraje anual (km/año)

Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

➤  $S = 0,0595 \text{ €/km}$

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

➤  $S = 0,0714 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

➤  $S = 0,0607 \text{ €/km}$

**9.2.2.3. Impuestos**

Es el coste kilométrico de los costes fiscales repercutibles al vehículo.

$$I = \frac{CI}{kmA}$$

- I: coste kilométrico de los costes fiscales del vehículo (€/km)
- CI: suma de todos los costes de cada uno de los costes fiscales (€/año)
- kmA: kilometraje anual (km/año)

Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

➤  $I = 0,0084 \text{ €/km}$

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

$$\text{➤ } I = 0,0139 \text{ €/km}$$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

$$\text{➤ } I = 0,0075 \text{ €/km}$$

### 9.2.3. Costes variables

#### 9.2.3.1. Combustibles

Es la suma de los costes kilométricos de combustible (vehículo de tracción y equipos).

La fórmula de cálculo del coste kilométrico de combustible es:

$$C = Cv + Ce$$

$$Cv = \frac{pv * cv}{100}$$

$$Ce = pe * ce * h$$

- C: coste kilométrico de combustible (€/km)
- Cv: coste kilométrico de combustible del vehículo de tracción (€/km)
- Ce: coste kilométrico de combustible de los equipos (€/km)
- pv: precio de adquisición sin IVA del combustible del vehículo de tracción (€/litro)
- cv: consumo medio de combustible del vehículo de tracción (litros/100 km)
- pe: precio de adquisición sin IVA del combustible de los equipos (€/ litro)
- ce: consumo medio de combustible de los equipos (litros/hora)
- h: horas anuales de funcionamiento de los equipos (horas/año)

En los tres escenarios elegidos el consumo de combustible por parte de los equipos es nulo, por lo tanto el valor correspondiente a Ce se anulará para todos ellos y no se tratará.

#### Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

$$\text{➤ } C = Cv = 0,3316 \text{ €/km}$$

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

➤  $C = C_v = 0,3073 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

➤  $C = C_v = 0,3415 \text{ €/km}$

### 9.2.3.2. Repuestos

Es la suma de los costes kilométricos de los diferentes tipos de repuestos del vehículo, en este caso neumáticos.

La fórmula de cálculo del coste kilométrico de un tipo de neumáticos es:

$$N = \frac{p * n}{d}$$

- N: coste kilométrico de un tipo de neumáticos (€/km)
- P: precio sin IVA de la sustitución de un neumático de este tipo (€)
- n: número de neumáticos de este tipo
- d: duración media de este tipo de neumáticos (kilómetros)

#### Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

➤  $N = 0,0610 \text{ €/km}$

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

➤  $N = 0,0454 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

➤  $N = 0,0536 \text{ €/km}$

### 9.2.3.3. Mantenimiento

Es el coste total kilométrico del mantenimiento del vehículo y de los equipos sin IVA.

#### Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

➤  $M = 0,0189 \text{ €/km}$

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

➤  $M = 0,0377 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

➤  $M = 0,0287 \text{ €/km}$

### 9.2.3.4. Reparaciones

Es el coste total kilométrico de las reparaciones del vehículo y de los equipos sin IVA.

#### Valores:

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

➤  $R = 0,0336 \text{ €/km}$

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

➤  $R = 0,0424 \text{ €/km}$

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

➤  $R = 0,0388 \text{ €/km}$

### 9.2. Costes indirectos en el transporte de mercancías por carretera

Además de todos los costes directos ya tratados según el Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera, existen otra serie de costes difícilmente cuantificables, ya sean costes de administración, comerciales o de infraestructuras, como pueden ser peajes, tasas por el uso de infraestructuras, coste del lavado interior de cisternas... Estos costes son los llamados indirectos, y se van a cuantificar con un valor porcentual aplicable al coste directo final de la etapa. Dado que en el transporte por carretera estos costes suelen ser de escaso valor comparado al ferrocarril se van a establecer en el 2%.

### 9.3. Coste total en el transporte de mercancías por carretera

Por otro lado a los costes ya tratados, existe el propio beneficio que la empresa transportista busca obtener por la ejecución del servicio. Este



## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

beneficio se establece con asiduidad con un porcentaje sobre el coste total del servicio, de manera que a mayor volumen de coste del transporte, mayor es el beneficio capital obtenido por dicha empresa. Este valor se establece en el 15% del coste total del servicio.

### **10. RESULTADOS**

Una vez llegados a este punto, se van a desarrollar una serie de estudios para determinar diversos factores económicos interesantes que se pueden extraer de este documento.

#### **10.1. Coste del transporte**

El primer paso es obtener el valor del coste kilométrico del transporte de mercancías por carretera y por ferrocarril. Si sumamos cada uno de los términos detallados en los apartados anteriores para cada uno de los modos de transporte, y les aplicamos los nombrados costes indirectos y beneficios industriales obtenemos lo siguiente:

	<b>Transporte polivalente</b>	<b>Transporte de combustibles líquidos</b>	<b>Transporte de automóviles</b>
<b>Coste ferroviario (€/km)</b>	10,74 + 0,48*Nº vagones	10,74 + 0,52*Nº vagones	7,23 + 0,35*Nº vagones
<b>Coste carretera (€/km)</b>	1,21	1,33	1,18

**Tabla 16:** Coste kilométrico del modo ferroviario y carretero

Para que estos costes puedan ser comparables y útiles en un estudio debemos asemejar el coste ferroviario al carretero, ya que no es equivalente la carga a transportar en ambos modos de transporte. El método sería el siguiente:

$$C_f = \frac{\text{Coste ferroviario}}{\frac{\text{Nº vagones} * \text{Carga útil vagón}}{\text{Carga útil camión}}}$$

Siendo  $C_f$  el nuevo indicador del coste ferroviario y  $C_c$  el indicador de coste carretero. La carga útil de los vagones viene especificada en apartados anteriores y respecto a los camiones únicamente se conoce el caso del transporte polivalente. Para los otros dos casos se realiza una aproximación. En

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

el caso de transporte de combustible líquido se sabe que un camión con MMA de 16.000 kg tiene una carga útil de 8.000 kg<sup>13</sup>, por lo tanto se realiza una sencilla regla de tres y un camión de MMA de 40.000 kg como el de este estudio tiene una carga útil de 20.000 kg. En cuanto al transporte de automóviles, las dimensiones máximas autorizadas a un vehículo articulado para poder circular incluida la carga es de 16,50 m<sup>14</sup>, por lo tanto realizando un símil con el vagón ferroviario porta-automóviles usado, que con una longitud entre topes de 21,16 m es capaz de transportar 16 t de carga útil, se realiza una regla de tres y el resultado es de 12,5 t de carga útil del camión.

### 10.2. Método comparativo de cadenas de transporte

El objetivo principal del estudio es comparar la rentabilidad entre el transporte de mercancías por carretera y el transporte intermodal ferrocarril-carretera. Para ello se realiza una comparación en función de diversos factores como son las distancias de acarreo, las distancias ferroviarias, las posiciones relativas de las terminales ferroviarias respecto a la ruta de transporte...

El coste del transporte por carretera (CC) es:

$$CC = C_c \left( \frac{\text{€}}{\text{km}} \right) * \text{distancia del trayecto (km)}$$

Mientras que el coste del transporte intermodal (CTI) es:

$$CTI = \text{Coste de acarreo (€)} + C_f \left( \frac{\text{€}}{\text{km}} \right) * \text{distancia ferrocarril (km)}$$

Para realizar esta comparación se utiliza una hipótesis sobre el coste final del trayecto en cada una de las situaciones tratadas (transporte carretero y transporte intermodal), con cuatro posibles situaciones función de cuatro posibles orígenes y destinos:

- Origen 1: el acarreo por carretera hasta la terminal ferroviaria no duplica tramos del recorrido del transporte.
- Origen 2: el acarreo por carretera hasta la terminal ferroviaria duplica tramos del recorrido del transporte.

<sup>13</sup>Fuente: HANGZHOU SPECIAL AUTOMOVILE CO..LTD., *Camión cisterna de combustible*, obtenido el 10 de noviembre de 2015, de <http://www.vehicleinchina.es/2-tank-transport-vehicle-1b.html>.

<sup>14</sup>Fuente: Muñoz Peláez, Fernando y Moliner Martín, Luis, *Reglamentación de vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías, seguro de automóviles y tramitación administrativa*, 2016.

**Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

- Destino 3: el acarreo por carretera desde la terminal ferroviaria duplica tramos del recorrido del transporte.
- Destino 4: el acarreo por carretera desde la terminal ferroviaria no duplica tramos del recorrido del transporte.

De este modo, las cuatro posibles situaciones son las siguientes (Ver Situaciones de transporte intermodal en anexos, página 77, apartado 4):

- Origen 1 – Destino 4 (Opción 1).
- Origen 1 – Destino 3 (Opción 2).
- Origen 2 – Destino 4 (Opción 3).
- Origen 2 – Destino 3 (Opción 4).

Dentro de estas cuatro situaciones se van a estudiar tres supuestos de distancia de acarreo:

- Supuesto 1: 20 km en el origen y 40 km en el destino.
- Supuesto 2: 30 km en el origen y 50 km en el destino.
- Supuesto 3: 40 km en el origen y 60 km en el destino.

Con todo esto, se realiza un primer estudio en el que el tren está completamente cargado (es decir, conforme a la composición inicial del tren vista en apartados anteriores). Se sabe el coste de acarreo según el tramo de distancia con lo visto en el apartado 8. También se conoce el coste del transporte por carretera y el coste del transporte por ferrocarril aplicando el número de vagones correspondientes a cada caso. De este modo, conociendo todos estos factores se va incrementando, para cada opción y supuesto tratado, la distancia ferroviaria, de manera que como resultado final se obtiene una tabla como la siguiente:

- Opción 1.
- Supuesto 1.
- Transporte de mercancías polivalente.
- Tren completo.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Transporte intermodal			Transporte carretero		
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
37,5	60	100	357,17	160	193,22
23,08	60	200	395,35	260	313,98
16,67	60	300	433,52	360	434,74
13,04	60	400	471,70	460	555,50
10,71	60	500	509,87	560	676,25
9,09	60	600	548,05	660	797,01
7,89	60	700	586,22	760	917,77
6,98	60	800	624,40	860	1038,53
6,25	60	900	662,57	960	1159,29
5,66	60	1000	700,75	1060	1280,05
5,17	60	1100	738,92	1160	1400,81

**Tabla 17:** Rentabilidad del transporte de mercancías

Las casillas coloreadas en rojo indican que transporte resulta más rentable, de modo que en este caso concreto se observa como a una distancia ferroviaria de 300 km, y una distancia de acarreo de 60 km, que supone el 20% de la distancia total del trayecto, el transporte de dicha mercancía comienza a ser más económico en transporte intermodal, que en transporte carretero (Ver Rentabilidad en régimen de tren completo en los anexos, página 79, apartado 5).

### 10.3. Obtención de valores medios

Sabiendo esto, se realiza la media de estos factores para cada opción y supuesto propuesto, y se sabe que en régimen de tren completo, el transporte intermodal comienza a ser más económico que el transporte carretero a partir de los siguientes valores medios:

	Transporte polivalente	Transporte de combustibles líquidos	Transporte de automóviles
Distancia ferroviaria (km)	491,67	400	633,33
% acarreo	16,69	20,64	13,00

**Tabla 18:** Rentabilidad del transporte intermodal

En el transporte polivalente a partir de 491,67 km y por debajo de 16,69% de acarreo sobre el total del trayecto como valores medios, el transporte

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

intermodal comienza a ser más rentable que el transporte por carretera. Para el transporte de combustibles líquidos y transporte de automóviles los valores son los proporcionados en la tabla .

Si se acude al anexo 5, se observa que como es lógico, la opción más competitiva en la cadena intermodal es aquella en la que no se duplica ningún tramo recorrido, es decir la opción 1, mientras que la menos competitiva será aquella en la que los tramos duplicados son mayores, es decir la opción 4. Además también se puede ver que la distancia de acarreo juega un papel importante en la cadena intermodal, de manera que a menores distancias y porcentajes de acarreo sobre el total del recorrido, el transporte intermodal resulta mucho más competitivo que el transporte carretero económicamente hablando.

También es lógico intuir que conforme se aumenta la distancia ferroviaria a recorrer, el ahorro de la cadena intermodal en el coste final de la operación en comparación con la cadena carretera aumenta. A continuación se muestra para régimen de tren completo el ahorro medio que supone la cadena intermodal frente a la cadena unimodal, a modo de ejemplo ilustrativo, para distancias ferroviarias de 1100 km en cada una de las opciones propuestas.

	<b>Transporte polivalente</b>	<b>Transporte de combustibles líquidos</b>	<b>Transporte de automóviles</b>
<b>Opción 1</b>	45,01%	56,14%	29,93%
<b>Opción 2</b>	39,89%	52,05%	23,14%
<b>Opción 3</b>	42,04%	53,76%	26,15%
<b>Opción 4</b>	36,29%	49,17%	18,84%

**Tabla 19:** Ahorro del transporte intermodal frente al transporte carretero con una distancia ferroviaria de 1100 km

Se puede observar así mismo en la Tabla 18 y en la Tabla 19, que el transporte de combustibles líquidos es el que más competitivo se muestra en la elección de una cadena intermodal, mientras que el transporte de automóviles es el menos competitivo.

### **10.4. Evolución de resultados en función de la carga útil**

A continuación, se va a estudiar la evolución de diversos factores interesantes, la mayoría ya nombrados en este apartado, en función de la cantidad de carga transportada.

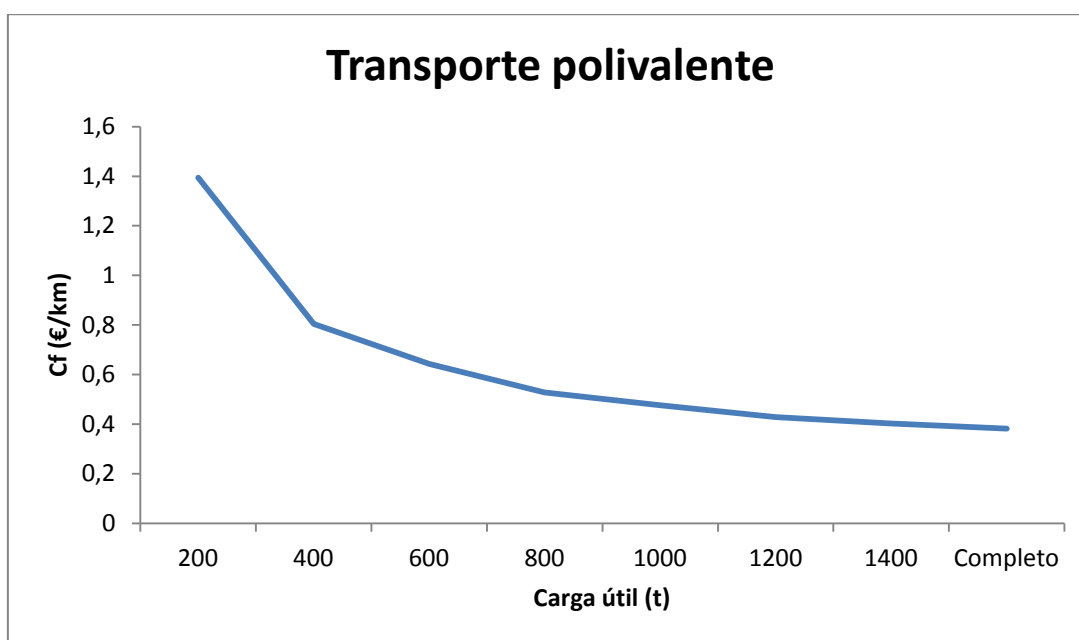
### 10.4.1. Evolución del coste

En primer lugar se muestra la evolución del indicador del coste kilométrico ferroviario ( $C_f$ ) en función de la cantidad de carga transportada. El indicador del coste kilométrico del transporte por carretera ( $C_c$ ) permanece invariable debido a que no depende de la cantidad de carga transportada, sin embargo  $C_f$  sí que varía en función de este factor debido a que condiciona el número de vagones a transportar. No es lo mismo utilizar un solo maquinista para transportar cuatro vagones que diez. Este y muchos otros condicionantes son los que modifican este coste en función de la cantidad de carga.

#### Transporte polivalente

Peso <sup>15</sup> (t)	200	400	600	800	1000	1200	1400	Completo
$C_f$ (€/km)	1,395	0,804	0,643	0,528	0,476	0,428	0,402	0,382

**Tabla 20:** Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte polivalente



**Figura 7:** Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte polivalente

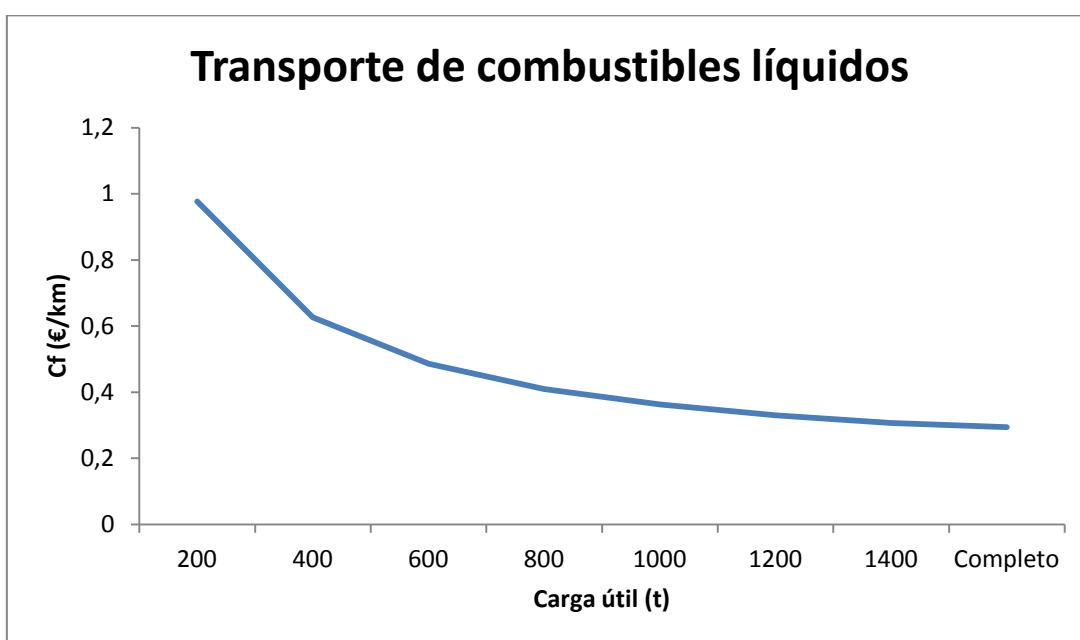
<sup>15</sup> Carga útil transportada

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Transporte de combustibles líquidos

Peso (t)	200	400	600	800	1000	1200	1400	Completo
C <sub>f</sub> (€/km)	0,977	0,626	0,485	0,410	0,362	0,330	0,307	0,294

**Tabla 21:** Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de combustibles líquidos



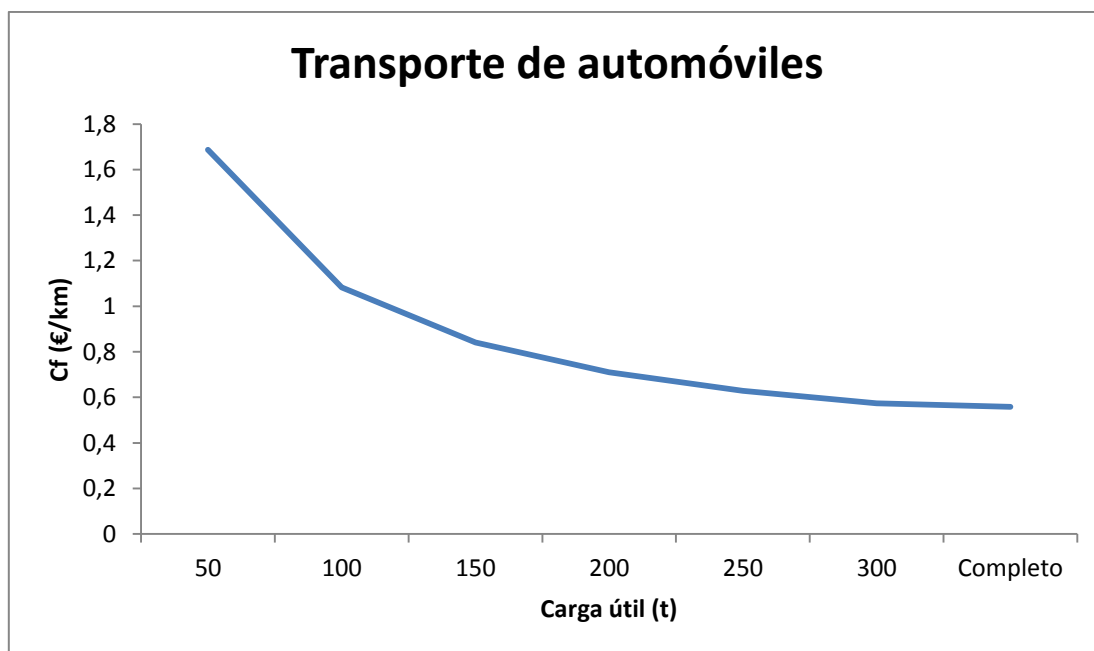
**Figura 8:** Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de combustibles líquidos

Transporte de automóviles

Peso (t)	50	100	150	200	250	300	Completo
C <sub>f</sub> (€/km)	1,688	1,083	0,841	0,710	0,629	0,573	0,558

**Tabla 22:** Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de automóviles

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**



**Figura 9:** Indicador del coste ferroviario en función de la carga útil transportada para transporte de automóviles

Se observa que para los tres escenarios de transporte de mercancías la evolución del indicador del coste ferroviario sigue aproximadamente una tendencia exponencial negativa. Esto viene a significar que para que el transporte ferroviario resulte económico frente a otros modos de transporte, ya sea en cadena intermodal o unimodal, este debe poder transportar la mayor carga útil posible, es decir que el tren sea lo más largo posible, ya que de este modo se amortiguan factores intrascendentes a la cantidad de carga útil como el personal, canones...

#### 10.4.2. Evolución de la distancia ferroviaria

A continuación se muestra cómo evoluciona la distancia ferroviaria media a recorrer para que el transporte intermodal ferrocarril-carretera comience a ser más rentable que el transporte por carretera.

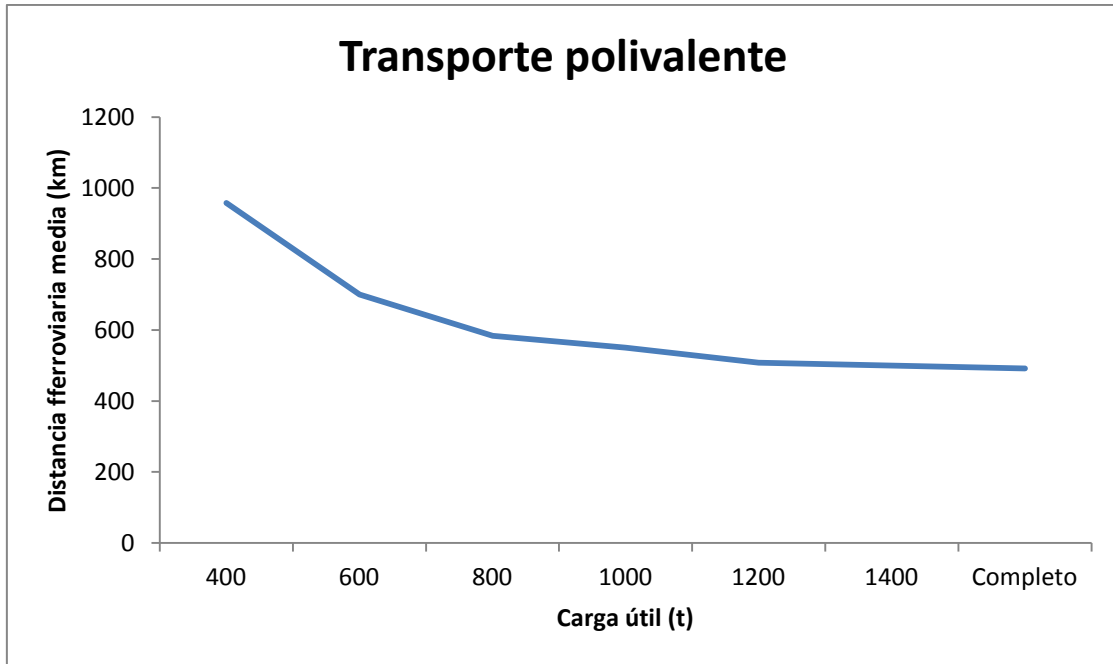
##### Transporte polivalente

Peso (t)	200	400	600	800	1000	1200	1400	Completo
Distancia (km)	-	958	700	583	550	508	500	492

**Tabla 23:** Distancia ferroviaria media en el transporte polivalente



Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

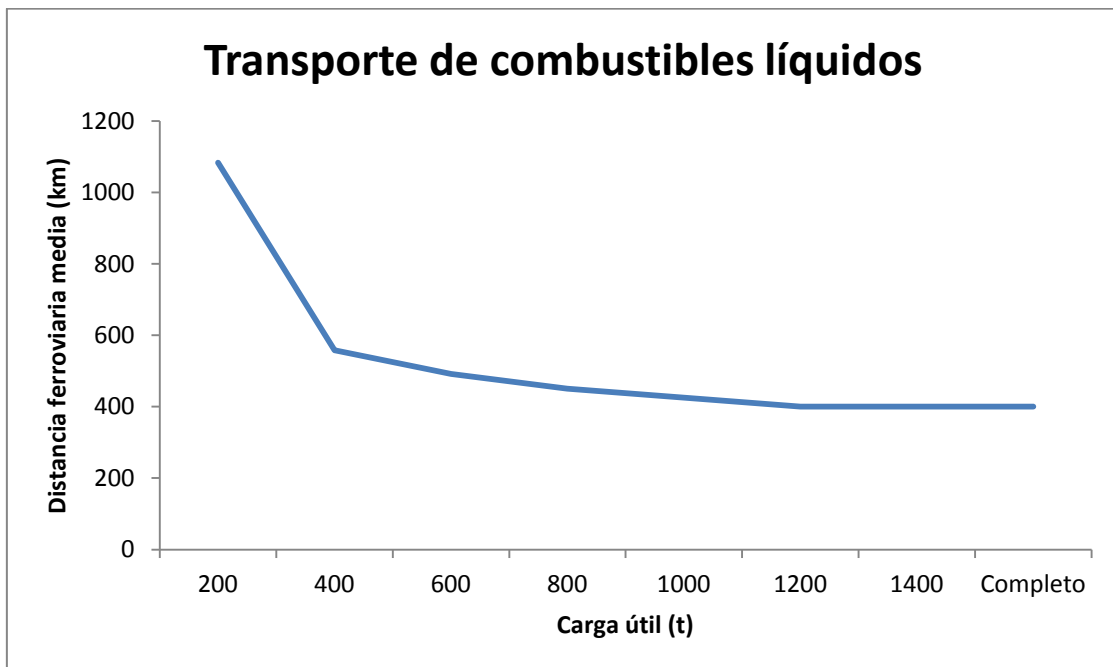


**Figura 10:** Evolución de la distancia ferroviaria media en el transporte polivalente

Transporte de combustibles líquidos

Peso (t)	200	400	600	800	1000	1200	1400	Completo
Distancia (km)	1083	558	492	450	425	400	400	400

**Tabla 24:** Distancia ferroviaria media en el transporte de combustibles líquidos



**Figura 11:** Evolución de la distancia ferroviaria media en el transporte de combustibles líquidos

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

Transporte de automóviles

Peso (t)	50	100	150	200	250	300	Completo
Distancia (km)	-	3692	1117	875	717	650	633

Tabla 25: Distancia ferroviaria media en el transporte de automóviles

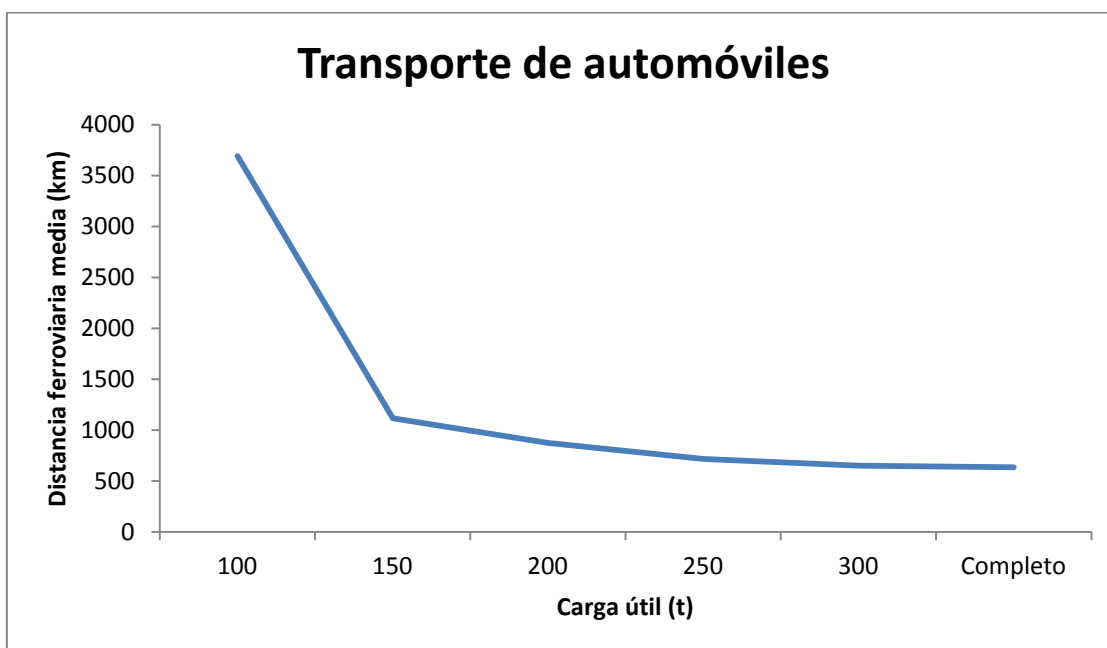


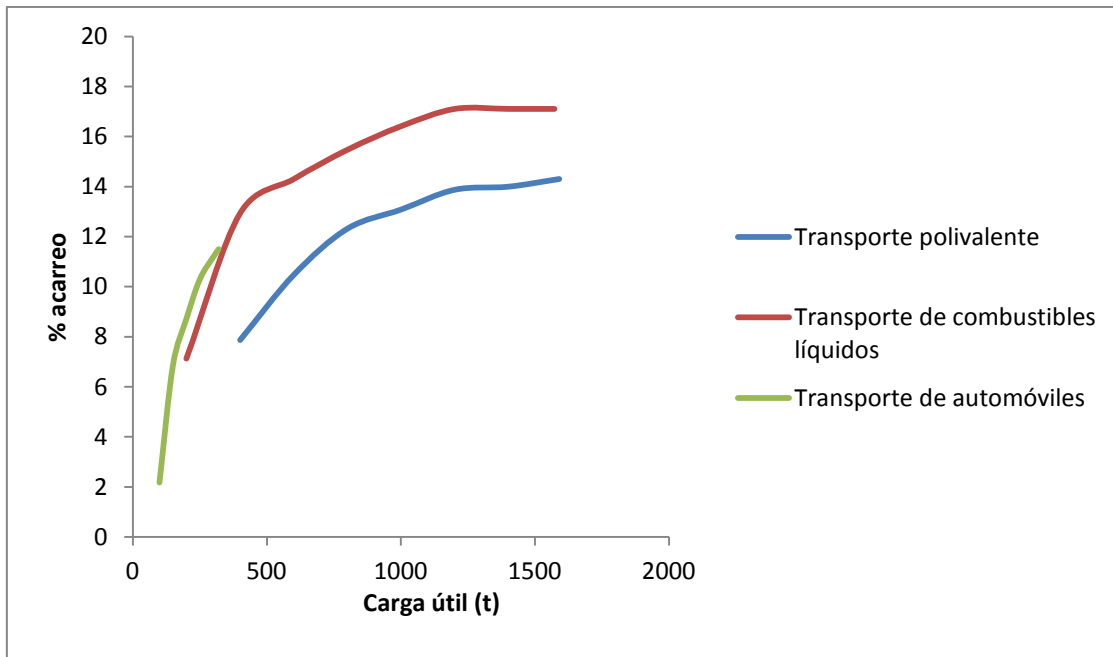
Figura 12: Evolución de la distancia ferroviaria media en el transporte de automóviles

Al igual que el indicador del coste kilométrico ferroviario, la distancia media ferroviaria a partir de la cual el transporte intermodal resulta más económico que el transporte por carretera sigue aproximadamente un comportamiento exponencial negativo, de manera que para trayectos ferroviarios con cargas útiles de pequeña cantidad (en torno a las 200 t) el transporte intermodal requiere de tramos ferroviarios muy altos, mientras que conforme este tren es cargado con mayor cantidad de mercancía se estabiliza en un valor medio mucho menor.

#### 10.4.3. Evolución del porcentaje de acarreo

En este apartado se muestra la evolución del porcentaje de distancia de acarreo media sobre la distancia total del trayecto en un transporte intermodal por debajo del cual la operación intermodal comienza a ser más rentable que el transporte unimodal por carretera.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**



**Figura 13:** Evolución del porcentaje de acarreo

En la Figura se observa como para los tres escenarios la tendencia del porcentaje de acarreo medio es ascendente, estabilizándose de forma aproximada en ciertos valores con el aumento de la carga:

- Transporte polivalente: 14%
- Transporte de combustibles líquidos: 17%
- Transporte de automóviles: 12%

### 10.5. Comparativa entre cadenas unimodales

Por último, como finalización de este estudio, se va a considerar el caso aislado que supone que una determinada carga, pueda ser transportada entre un origen y un destino sin necesidad de ningún tipo de acarreo. Es decir, fuera del estudio comparativo entre el transporte intermodal ferrocarril-carretera y el transporte unimodal carretero, se va a dedicar este pequeño espacio a la comparativa entre transporte unimodal ferroviario y transporte unimodal carretero. Por todo lo observado en los diferentes apartado anteriores a este se puede afirmar rotundamente que en caso de comparativa de transporte unimodal terrestre, el ferrocarril siempre sale victorioso frente a la carretera económicamente hablando. Ahora se va a estudiar la tendencia.

Lo interesante de este apartado es comparar la distancia que se puede recorrer en cada uno de los dos modos, para que su coste final sea idéntico. Para ello, se establece esta igualdad:

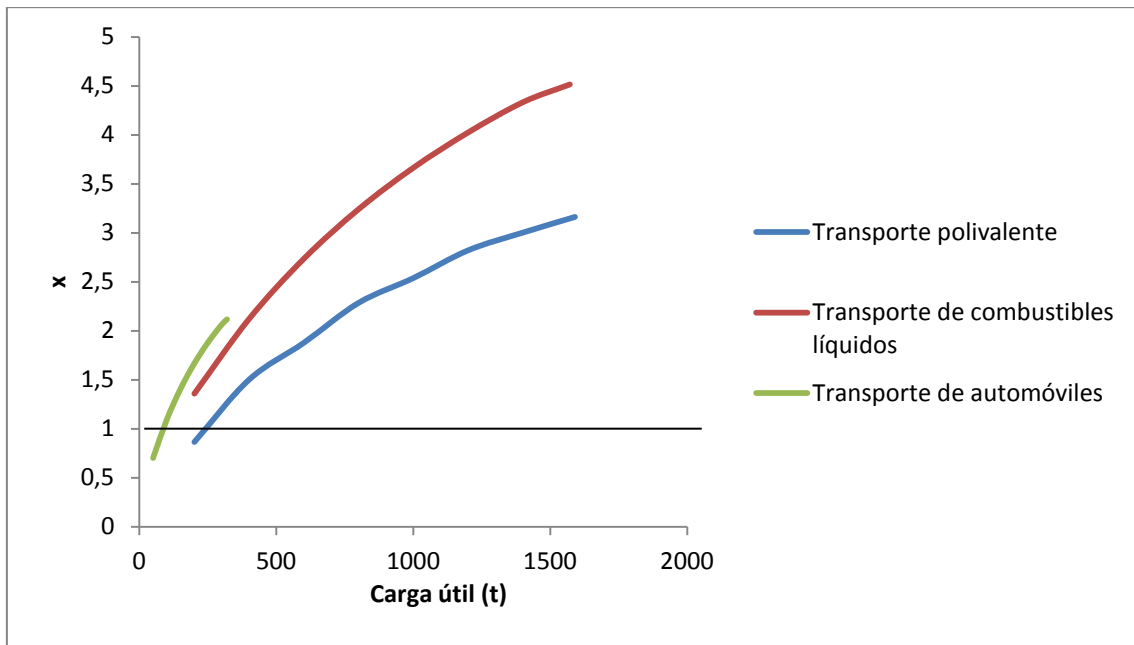
Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

$$C_f * distancia\ ferroviaria = C_c * distancia\ carretera$$

De manera que se puede crear un índice que relacione estas distancias:

$$x = \frac{distancia\ ferroviaria}{distancia\ carretera} = \frac{C_c}{C_f}$$

La evolución de este índice en función del volumen de carga transportada es el siguiente:



**Figura 14:** Evolución del índice de relación de distancias y costes unimodales en función de la carga

Se observa como la tendencia en los tres escenarios de transporte de mercancías es progresiva, estabilizándose conforme aumenta el volumen de carga. Para tener una idea real de lo que este índice significa, para régimen de tren completo, el coste de transportar mercancía polivalente en camión una distancia de 215,25 km sería equivalente a transportar esta misma carga en ferrocarril los 681 km existentes entre Abroñigal y Morrot (origen y destino de suposición inicial respectivamente). Así pues, este valor sería de 150,86 km en el transporte de combustibles líquidos y 321,51 en el transporte de automóviles.

## **11. CONCLUSIONES**

El documento busca tener una finalidad concreta a su conclusión: servir como herramienta económica en la elección y decisión acerca de la intermodalidad o no en el transporte de mercancías por medio terrestre. Se trata de un método sencillo y rápido para hacer una valoración preliminar en la decisión de tomar una alternativa u otra.

El trabajo consiste básicamente en la descripción de la metodología para el cálculo de costes kilométricos en el transporte ferroviario y carretero, para posteriormente buscar resultados comparativos de rentabilidad entre ambos tipos de transporte. En caso de poseer los datos concretos de la operación a realizar y no valores medios obtenidos de diferentes observatorios como es el caso de este documento, la metodología descrita podría dar resultado a un análisis muy fiel a la realidad.

Sin embargo, a pesar de la exclusividad económica del documento es conveniente resaltar en este apartado otra serie de ventajas y desventajas de cada uno de los dos modos de transporte analizados, el transporte unimodal por carretera y el transporte intermodal ferrocarril-carretera.

En cuanto al transporte unimodal por carretera se puede destacar:

- Flexibilidad horaria
- Rapidez y fiabilidad
- Entrega de la mercancía puerta por puerta
- Gran competencia en el sector

Mientras que sus desventajas son:

- Congestión
- Condiciones laborales adversas

En cuanto al transporte intermodal se puede destacar:

- Grandes volúmenes de transporte
- Mayor seguridad (apenas existen accidentes)

Mientras que sus desventajas son:

- Ruptura del factor de entrega puerta por puerta
- Menor fiabilidad

Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

- Rigidez de servicio en horarios
- Poca competencia
- Condicionado al transporte de viajeros

El tiempo empleado en la elaboración de este documento es de unas 30 semanas aproximadamente. El periodo de trabajo más costoso y menos fructuoso corresponde a los inicios, donde la búsqueda y recopilación de información es muy alta, para poder comprender globalmente la totalidad del trabajo. Además, esta búsqueda de información resulta muy compleja debido a la cantidad de trabas que las empresas transportistas o incluso la propia administración pública ferroviaria ponen a la hora de mostrar datos económicos de sus actividades.

La experiencia final del trabajo resulta gratificante ya que se cumplen los objetivos marcados en un principio y se consigue tener una visión muy amplia de todo lo que concierne el tema del transporte de mercancías en medio terrestre.

## **12. BIBLIOGRAFÍA**

Todas las informaciones y datos tomados de fuentes externas, ajenos al conocimiento del autor o del producto de las tutorías correspondientes al proyecto con el tutor, han sido referenciadas en el documento en la misma página, párrafo o apartado en el que han sido utilizadas.

## ANEXOS

### 1. MATERIAL FERROVIARIO

#### 1.1. Locomotoras

Debido a que la totalidad del trayecto (Abroñigal-Morrot) elegido en este estudio está electrificado, únicamente se van a mostrar las diferentes locomotoras de tracción eléctrica proporcionadas por Renfe<sup>16</sup>:

	SERIE 250	SERIE 251	SERIE 253
UNIDADES EN SERVICIO	25	29	0
SERVICIO	Línea	Línea	Línea
AÑO DE PUESTA EN SERVICIO	1982-1989	1982-1984	2008-2010
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	3 kV cc	3 kV cc	3 kV cc
ANCHO DE VÍA	1.668 mm.	1.668 mm.	1.668 mm.
DISPOSICIÓN DE EJES	C' C'	B' B' B'	B' B'
VELOCIDAD MÁXIMA	100 km/h	100 km/h	140 km/h
POTENCIA	4.600 kW	4.650 kW	5.600 kW
PESO	124 t	138 t	85 t
CONSTRUCTOR	Caf, MTM, Brown Boveri y Krauss Maffei	Macosa, Caf y Mitsubishi	Bombardier
OTROS DATOS	En sus orígenes también remolcaron trenes de viajeros	Es la única serie dotada en su totalidad de equipos chopper	100 en proceso de construcción
			

Figura 15: Locomotoras de mercancías eléctricas (1)

	SERIE 269.100	SERIE 269.200	SERIE 269.700	SERIE 269.850	SERIE 269.950
UNIDADES EN SERVICIO	85	48	18	7	21
SERVICIO	Línea	Línea	Línea	Línea	Línea
AÑO DE PUESTA EN SERVICIO	1973-1978	1980-1985	1974-1976		1999
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	3 kV cc	3 kV cc	3 kV cc	3 kV cc	3 kV cc
ANCHO DE VÍA	1.668 mm.	1.668 mm.	1.668 mm.	1.668 mm.	1.668 mm.
DISPOSICIÓN DE EJES	B' B'	B' B'	B' B'	B' B'	B' B'
VELOCIDAD MÁXIMA	80 km/h	80 km/h	120 km/h	100 km/h	100 km/h
POTENCIA	3.100 kW	3.100 kW	3.100 kW	6.200 kW	3.100 kW
PESO	88 t	88 t	88 t.	176 t	88 t
CONSTRUCTOR	Caf, Macosa y Mitsubishi				
OTROS DATOS	Las distintas transformaciones se han realizado en Renfe				
	Originariamente aptas para 140 km/h con viajeros y 80 con mercancías	Originariamente aptas para 160 km/h con viajeros y 80 con mercancías	Transformación para trenes intermodales. Monorreductora para 120 km/h	Circulan acopladas por parejas para formar máquinas dobles	Monorreductoras a 100 km/h
					

Figura 16: Locomotoras de mercancías eléctricas (2)

<sup>16</sup> Fuente: Renfe, *Parque de material motor de Renfe Operadora* 2008.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

	SERIE 279.000 (Eléctrica)	SERIE 289.000 (Eléctrica)	SERIE 289.100 - Tandem (Eléctrica)
UNIDADES EN SERVICIO	3	3	9
SERVICIO	Línea	Línea	Línea
AÑO DE PUESTA EN SERVICIO	1967-1968	1969-1972	1999-2003
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	3 kV cc	3 kV cc	3 kV cc
ANCHO DE VIA	1.668 mm.	1.668 mm	1.668 mm
DISPOSICIÓN DE EJES	B' B'	Bo' Bo'	B' B' + B' B'
VELOCIDAD MÁXIMA	80 km/h	8 km/h	100 km/h
POTENCIA	2.700 kW	3.100 kW	6.200 kW
PESO	80 t	84 t	168 t
CONSTRUCTOR	Caf, Cenemesa y Mitsubishi	Caf, Cenemesa y Mitsubishi	Renfe
OTROS DATOS	Originariamente eran bitensión a 1,5kV y 3 kV		Formadas por dos locomotoras de la serie 289 a modo de tandem



Figura 17: Locomotoras de mercancías eléctricas (3)

## 1.2. Vagones

### 1.2.1. Vagones abiertos

	Aplicación comercial	Velocidad máxima (km/h)	Carga máxima (t)
SI <sup>17</sup> : Ekklos Tipo: X7	Transporte de madera en rollizos	100	28,2
SI: Elos Tipo: X8	Transporte de madera en rollizos	100	26,7
SI: Ealos Tipo: XX	Polivalente	100	57,5
SI: Ealos Tipo: XX	Polivalente	100	56,8
SI: Us Tipo: X6	Transporte de traviesas	100	22,5

Tabla 26: Vagones abiertos<sup>18</sup>

<sup>17</sup> SI: Serie Internacional.

<sup>18</sup> Fuente: Renfe Mercancías, *Vagones abiertos*.



Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

**1.2.2. Vagones cisterna**

	<b>Aplicación comercial</b>	<b>Velocidad máxima (km/h)</b>	<b>Carga máxima (t)</b>
<b>SI: Zaens</b> <b>Tipo: RR2</b>	Transporte de combustibles líquidos	100	66,0
<b>SI: Zans</b> <b>Tipo: RR92</b>	Transporte de combustibles líquidos	120	65,5

**Tabla 27:** Vagones cisterna<sup>19</sup>

**1.2.3. Vagones plataforma**

	<b>Aplicación comercial</b>	<b>Velocidad máxima (km/h)</b>	<b>Carga máxima (t)</b>
<b>SI: Laads</b> <b>Tipo: MA</b>	Transporte de vehículos de carretera	100	53,5
<b>SI: Llps</b> <b>Tipo: MA1</b>	Transporte de traviesas y automóviles	100	24,0
<b>SI: Laaes</b> <b>Tipo: MA5</b>	Transporte de automóviles	100	21,5
<b>SI: Laaes</b> <b>Tipo: MA6</b>	Transporte de automóviles	100	16
<b>SI: Sekqss</b> <b>Tipo: MMA</b>	Transporte de automóviles	160	15

**Tabla 28:** Vagones plataforma<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Fuente: Renfe Mercancías, *Vagones cisterna*.

<sup>20</sup> Fuente: Renfe Mercancías, *Vagones plataforma* (Únicamente se han incluido los vagones con aplicaciones comerciales similares a las requeridas debido a la gran cantidad de vagones de este tipo).

## **2. SERVICIOS PRESTADOS POR ADIF EN SUS INSTALACIONES**

Únicamente se van a mostrar los servicios relacionados con las diferentes acciones de transbordo proporcionadas por Adif que conllevaría la operación intermodal descrita en este estudio<sup>21</sup>.

### **2.1. Servicios Adicionales**

<b>SA-1</b>	<b>Acceso de trenes a Instalaciones.</b>	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la entrada de un tren desde la vía de circulación regulada por Adif, a las instalaciones ferroviarias, con el objeto de realizar alguno de los Servicios Complementarios y/o auxiliares.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación del itinerario desde las vías de circulación, reguladas por Adif, hasta las vías de la instalación.</li> <li>• Establecimiento del itinerario, gobernando y controlando los sistemas de señales, comunicaciones y seguridad para garantizar la recepción del tren, así como el apartado de su, o sus locomotoras.</li> <li>• Notificación telemática a la Empresa Ferroviaria de la llegada del tren a la Instalación.</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	Tren Recibido.	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será de aplicación en todas las instalaciones ferroviarias en las que se realiza la prestación.</li> <li>• El concepto de tren se establece de acuerdo al contenido de la norma de “Numeración de trenes con marcha definida” de la Dirección de Gestión de Red e Innovación de Adif.</li> <li>• No será de aplicación esta Tarifa, cuando desde Adif, se haya establecido o programado la entrada del tren en una instalación por necesidades propias de Adif.</li> <li>• Quedan excluidas de la aplicación de esta Tarifa, las circulaciones en régimen de tren que no realicen servicios en la instalación.</li> </ul>	
<b>SA-2</b>	<b>Expedición de trenes desde Instalaciones</b>	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la incorporación de un tren, desde una instalación ferroviaria, a las vías de circulación, reguladas por Adif, cuando haya realizado alguno de los Servicios Complementarios y/o auxiliares.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación del itinerario, desde la posición del tren hasta su incorporación final a las vías de circulación reguladas por Adif.</li> <li>• Establecimiento del itinerario, gobernando y controlando los sistemas de señales, comunicaciones y seguridad para garantizar el posicionamiento de la/s locomotora/s y la salida del tren.</li> <li>• Notificación telemática a la Empresa Ferroviaria de la salida del tren de la Instalación.</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	Tren Expedido.	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será de aplicación en todas las instalaciones ferroviarias en las que se realiza la prestación.</li> <li>• El concepto de tren se establece de acuerdo al contenido de la norma de “Numeración de trenes con marcha definida” de la Dirección de Gestión de Red e Innovación de Adif.</li> <li>• No será de aplicación esta Tarifa, cuando desde Adif, se haya establecido o programado la entrada previa del tren en una instalación.</li> <li>• Quedan excluidas de la aplicación de esta Tarifa, las circulaciones en régimen de tren que no hayan realizado servicios en la instalación.</li> </ul>	
	<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
SA-1, Acceso de trenes a Instalaciones.	Tren Recibido	0,00 €
SA-2, Expedición de trenes desde Instalaciones	Tren Expedido	0,00 €

**Figura 18:** Tarifas de acceso y expedición de trenes desde las Instalaciones de Adif

<sup>21</sup> Fuente: Adif, *Declaración sobre la Red 2014*, 2014.

# Título: ***Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

## 2.2. Servicios Complementarios

SC-1 <b>Operaciones sobre el material asociadas al acceso o expedición de trenes.</b>	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en realizar todas o alguna de las operaciones asociadas.
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirada/colocación de las señales de cola al tren y entrega/recogida al maquinista.</li> <li>• Enganche /desenganche de la locomotora a los vagones de la composición.</li> <li>• Aseguramiento del estacionamiento del tren.</li> <li>• Realización de las pruebas de frenado que corresponda para la puesta en circulación del tren.</li> <li>• Elaboración de la documentación que corresponda a la Empresa Ferroviaria.</li> </ul>
<b>Unidad de Facturación</b>	Por servicio realizado a trenes que acceden o se expiden de la instalación.
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será de aplicación en aquellas instalaciones logísticas Principales que se relacionan en el Capítulo 3, apartado 3.7.1, de la Declaración sobre la Red.</li> <li>• El concepto de tren se establece de acuerdo al contenido de la norma de "Numeración de trenes con marcha definida" de la Dirección de Planificación y Gestión de red de Adif.</li> </ul>

Unidad de facturación	Tarifa 2014
Servicio	36,90 €

**Figura 19: SC-1**

SC-2A <b>Operaciones de acceso a Instalaciones exteriores sin vehículo de maniobras.</b>	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la realización, por parte del personal de la Instalación a la que se ha producido acceso, de las operaciones asociadas para poder desplazar el material y acceder a Instalaciones exteriores. Se entenderán como Instalaciones exteriores los apartaderos, los puertos, los talleres u otras estaciones, situadas fuera de la Instalación.
<b>Operaciones Asociadas</b>	<p>La actividad realizada por el personal en el recorrido Origen - Destino y viceversa, para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ejecución y realización de las funciones atribuidas en la normativa de aplicación al personal de maniobra para esta actividad.</li> <li>• Otras operaciones que posibiliten la entrada o salida de trenes (cubrir paso a nivel, establecer y dirigir el itinerario, etc.).</li> </ul>
<b>Unidad de Facturación</b>	Por servicio según la distancia real ferroviaria.
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distancia Origen - Destino será considerada como distancia real ferroviaria.</li> <li>• Otras operaciones distintas de las asociadas y descritas en este servicio, realizadas en Origen y/o Destino, se facturarán de acuerdo a la Tarifa correspondiente.</li> <li>• Cuando el desplazamiento del personal de Adif no se realice en la locomotora de la Empresa Ferroviaria, los gastos de desplazamiento por otros medios irán por cuenta y cargo de la Empresa Ferroviaria.</li> <li>• No será de aplicación a las EEFF que se adhieran a la modalidad B.</li> </ul>

	Unidad de facturación	Tarifa 2014
Distancia entre 0 – 5 km	Servicio	15,35 €
Entre 5 – 15 km	Servicio	42,50 €
Entre 15 – 30 km	Servicio	88,60 €
Entre 30 – 60 km	Servicio	201,20 €
Más de 60 Km. (Importe correspondiente a 30 - 60 Km + fijo)	Servicio	2,30 €/km

**Figura 20: SC-2A**

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

<b>SC-2B</b>		<b>Maniobras de posicionamiento en las instalaciones logísticas de las Instalaciones Principales.</b>
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en realizar las operaciones asociadas con el personal de maniobras, con o sin vehículo de maniobras, con el objeto de efectuar la entrega y recogida de material ferroviario en las instalaciones logísticas de carga /descarga, de mantenimiento, de reparación, de suministro, etc. que se encuentren dentro de una Instalación Principal.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en práctica las instrucciones dadas por el responsable de circulación, con garantías suficientes de seguridad, para posicionar y/o retirar el material ferroviario en las instalaciones logísticas de la Instalación Principal.</li> <li>• Conducción del vehículo de maniobras de Adif, si es de aplicación.</li> <li>• Informar al maquinista de los movimientos a realizar.</li> <li>• Enganche, desenganche y acoplamiento de vehículos ferroviarios.</li> <li>• Asegurar la inmovilización del material.</li> <li>• Colocación / retirada de calces.</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por maniobra efectuada para posicionar/retirar material ferroviario en la instalación logística sin vehículo de maniobras.</li> <li>• Por maniobra efectuada para posicionar/retirar material ferroviario en la instalación logística con vehículo de maniobras.</li> </ul>	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será de aplicación en las Instalaciones Logísticas Principales relacionadas en el Capítulo 3, apartado 3.7.1, de la Declaración sobre la Red.</li> <li>• Se computará UNA ÚNICA maniobra ASOCIADA AL TREN cuando éste se posicione en la playa de carga /descarga, independientemente de la longitud del tren.</li> <li>• Para el resto de instalaciones logísticas se computarán tantas maniobras como desplazamientos sean realizados.</li> <li>• Quedan excluidas del cómputo aquellas maniobras que se realicen como consecuencia directa de necesidades internas de la instalación.</li> <li>• Será de aplicación a las EE.FF adheridas a la modalidad B.</li> </ul>	
	<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
	Entrega / Recogida Sin Vehículo de Maniobras	Servicio 24,70 €
	Entrega / Recogida Con Vehículo de Maniobra	Servicio 125,35 €

**Figura 21: SC-2B**

<b>SC-3A</b>		<b>Operaciones de acceso a Instalaciones exteriores con vehículo de maniobras.</b>
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la realización, por parte del personal de la Instalación a la que se ha producido acceso, de las operaciones asociadas para poder desplazar el material y acceder a Instalaciones exteriores con vehículo de maniobras propio de Adif. Se entenderán como Instalaciones exteriores los apartaderos, los puertos, los talleres u otras estaciones, situadas fuera de la Instalación.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<p>La actividad realizada por el personal en el recorrido Origen - Destino y viceversa, para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ejecución y realización de las funciones atribuidas en la normativa de aplicación al personal de maniobras para esta actividad.</li> <li>• Otras operaciones que posibiliten la entrada o salida de trenes (cubrir paso a nivel, establecer y dirigir el itinerario, etc.).</li> <li>• Conducción del vehículo de maniobras propiedad de Adif.</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	Por servicio según la distancia real ferroviaria.	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distancia Origen - Destino será considerada como distancia real ferroviaria.</li> <li>• Otras operaciones distintas de las asociadas y descritas en este servicio, realizadas en Origen y/o Destino, se facturarán de acuerdo a la Tarifa correspondiente.</li> <li>• No será de aplicación a las EEFF que se adhieran a la modalidad B.</li> </ul>	
	<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
	Distancia entre 0 – 5 km	Servicio 80,55 €
	Entre 5 – 15 km	Servicio 194,75 €
	Entre 15 – 30 km	Servicio 383,45 €
	Más de 30 Km. (Importe correspondiente a 15 - 30 Km + fijo)	Servicio 9,00 €

**Figura 22: SC-3A**

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

<b>SC-3B</b>		<b>Maniobras de entrega y/o recogida en otras Instalaciones.</b>	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en realizar las operaciones asociadas con el personal de maniobras, con o sin vehículo de maniobras, con el objeto de efectuar la entrega y/o recogida de material ferroviario en las instalaciones logísticas de carga /descarga, de mantenimiento, de reparación, de suministro, etc., situadas fuera de las Instalaciones Principales, ya sean éstas administradas por Adif o no.		
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en práctica las instrucciones dadas por el responsable de circulación, con las garantías suficientes para la seguridad, para posicionar y/o retirar el material ferroviario en las instalaciones logísticas que se indiquen.</li> <li>• Conducción del vehículo de maniobras de Adif, si es de aplicación.</li> <li>• Enganche, desenganche y acoplamiento de vehículos ferroviarios.</li> <li>• Asegurar la inmovilización del material.</li> <li>• Colocación / retirada de calces.</li> </ul>		
<b>Unidad de Facturación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por maniobra de entrega o recogida de material ferroviario, según se realice con o sin vehículo de maniobras, y en función de la distancia ferroviaria entre la Instalación Principal y la instalación donde se solicita el servicio.</li> <li>• Se asocian a dos tramos de facturación distintos: Tramo I y II.</li> </ul>		
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será de aplicación en aquellas instalaciones que se encuentren dentro del ámbito de actuación de las Instalaciones Logísticas. Principales relacionadas en el Capítulo 3 de la Declaración sobre la Red, las cuales se encuentran disponibles en la página web de Adif.</li> <li>• Se computarán tantas maniobras, asociadas a la petición, como desplazamientos se hayan realizado sobre la instalación.</li> <li>• Quedan excluidas del cómputo aquellas maniobras que se realicen como consecuencia directa de necesidades internas de la instalación.</li> <li>• Cuando el desplazamiento del personal de Adif no se realice en la locomotora de la Empresa Ferroviaria, los gastos de desplazamiento por otros medios irán por cuenta y cargo de la Empresa Ferroviaria.</li> <li>• Será de aplicación a las EEFF que se adhieran a la modalidad B.</li> </ul>		

	<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
Entrega /Recogida s/ vehículo Tramo I. (0 - 10 km)	Maniobra	40,40 €
Entrega /Recogida s/ vehículo Tramo II. (+ de 10 km)	Maniobra	52,50 €
Entrega /Recogida c/ vehículo Tramo I. (0 - 10 km)	Maniobra	161,80 €
Entrega /Recogida c/ vehículo Tramo II. (+ de 10 km)	Maniobra	257,50 €

**Figura 23: SC-3B**

<b>SC-4A</b>		<b>Maniobras en Instalaciones sin vehículo de maniobras.</b>	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la realización de las operaciones asociadas que permitan la clasificación del material para formar o descomponer trenes, desplazando el material, ya sean vagones y/o locomotoras y dentro de una Instalación de Adif.		
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento y dirección del Itinerario (maneja los cambios manuales / automáticos), que han de seguir tanto los vagones como las locomotoras, hasta las zonas correspondientes.</li> <li>• Asimismo, comprende las operaciones solicitadas para la formación de trenes, agregando y segregando material, posicionamiento de vagones a la carga o a la descarga, posicionamiento de material para reparación, o cualquier otra operación solicitada relacionada con el movimiento de material dentro de la Instalación.</li> </ul>		
<b>Unidad de Facturación</b>	Por Tren maniobrado por instalación que sea origen del tren o intermedia.		
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El concepto de tren se establece de acuerdo al contenido de la norma de "Numeración de trenes con marcha definida" de la Dirección de Gestión de Red e Innovación de Adif.</li> <li>• Si el tren tiene maniobras de formación en origen (con independencia de su número), se factura una única maniobra en origen.</li> <li>• Si el tren, en su recorrido, tiene maniobras en instalaciones intermedias, se factura una única maniobra en cada una de las instalaciones en la que dicho tren es maniobrado, con independencia de las maniobras efectuadas en cada instalación.</li> <li>• Quedan excluidas de la facturación las maniobras que se pudieran realizar en las instalaciones que sean el destino del tren.</li> <li>• Quedan excluidas del cómputo aquellas maniobras que se realicen como consecuencia directa de necesidades internas de la Instalación.</li> <li>• No será de aplicación a las EEFF que se adhieran a la modalidad B.</li> </ul>		

<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
Tren maniobrado por instalación (no destino)	93,60 €

**Figura 24: SC-4A**

## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

SC-4B	Maniobras de formación / selección, sin vehículo de maniobras.	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en realizar las operaciones asociadas con el personal de maniobras, para agregar / segregar / clasificar /agrupar vagones, con el objetivo de llevar a cabo la formación del tren para su puesta en circulación, o bien formar una composición de vagones para su entrega posterior en una instalación logística de carga /descarga, de mantenimiento, de reparación, de suministro, etc.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en práctica las instrucciones dadas por el responsable de circulación, con las garantías suficientes para la seguridad.</li> <li>• Informar al maquinista de los movimientos a realizar.</li> <li>• Enganche, desenganche y acoplamiento de vehículos ferroviarios.</li> <li>• Asegurar la inmovilización del material.</li> <li>• Colocación / retirada de calces.</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por tren o composición maniobrado.</li> <li>• Suplemento por vagón agregado / segregado.</li> </ul>	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será de aplicación en aquellas Instalaciones Logísticas Principales relacionadas en el Capítulo 3, apartado 3.7.1., de la Declaración sobre la Red, y en las de su ámbito de actuación, las cuales se encuentran disponibles en la página Web de Adif.</li> <li>• En la Instalación ORIGEN del tren, se computará una ÚNICA maniobra asociada al tren o composición formada, más un suplemento por cada uno de los vagones que forman el tren o la composición. Siempre se entenderá que existe maniobra de formación de tren o de composición, cuando contenga vagones que hayan llegado a la instalación en trenes distintos.</li> <li>• En las Instalaciones INTERMEDIAS, se computa una ÚNICA maniobra más un suplemento por vagón agregado/segregado.</li> <li>• En la Instalación de DESTINO del tren, se computa una ÚNICA maniobra más un suplemento por vagón segregado.</li> <li>• Quedan excluidas del cómputo aquellas maniobras que se realicen como consecuencia directa de necesidades internas de la instalación.</li> <li>• Será de aplicación a las EE.FF adheridas a la modalidad B.</li> </ul>	
	<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
Tren / Composición maniobrado	Maniobra	24,55 €
Suplemento vagón maniobrado	Vagón	4,85 €

**Figura 25: SC-4B**

SC-5A	Maniobras en Instalaciones con vehículo de maniobras.	
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la realización de las operaciones asociadas que permitan la clasificación del material para formar o descomponer trenes, desplazando el material, ya sean vagones y/o locomotoras, dentro de una Instalación de Adif y con vehículo de maniobras propio de Adif.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento y dirección del itinerario (manejando los cambios manuales /automáticos), que han de seguir tanto los vagones como las locomotoras, hasta las zonas correspondientes.</li> <li>• Asimismo, comprende las operaciones solicitadas para la formación de trenes, agregando y segregando material, posicionamiento de vagones a la carga o a la descarga, posicionamiento de material para reparación, o cualquier otra operación solicitada relacionada con el movimiento de material dentro de la Instalación.</li> <li>• Conducción del vehículo de maniobras propiedad de Adif.</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	Por Tren maniobrado por instalación que sea origen del tren o intermedia.	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El concepto de tren se establece de acuerdo al contenido de la norma de "Numeración de trenes con marcha definida" de la Dirección de Gestión de Red e Innovación de Adif.</li> <li>• Si el tren tiene maniobras de formación en origen (con independencia de su número), se factura una única maniobra en origen.</li> <li>• Si el tren, en su recorrido, tiene maniobras en instalaciones intermedias, se factura una única maniobra en cada una de las instalaciones en la que dicho tren es maniobrado, con independencia de las maniobras efectuadas en cada instalación.</li> <li>• Quedan excluidas de la facturación las maniobras que se pudieran realizar en las instalaciones que sean el destino del tren.</li> <li>• Quedan excluidas del cómputo aquellas maniobras que se realicen como consecuencia directa de necesidades internas de la Instalación.</li> <li>• No será de aplicación a las EEFF que se adhieran a la modalidad B.</li> </ul>	
	<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
Tren maniobrado por instalación (no destino)		302,80 €

**Figura 26: SC-5A**

## Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

<b>SC-5B</b>		<b>Maniobras de formación / selección, con vehículo de maniobras.</b>
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en realizar las operaciones asociadas con el personal y el vehículo de maniobras, para agregar / segregarse / clasiicar /agrupar vagones con el objetivo de llevar a cabo la formación del tren para su puesta en circulación, o bien formar una composición de vagones para su entrega posterior en una instalación logística de carga /descarga, de mantenimiento, de reparación, de suministro etc.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en práctica las instrucciones dadas por el responsable de circulación, con las garantías suicientes para la seguridad.</li> <li>• Conducción del vehículo de maniobras de Adif.</li> <li>• Enganche, desenganche y acoplamiento de vehículos ferroviarios.</li> <li>• Asegurar la inmovilización del material.</li> <li>• Colocación / retirada de calces.</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por tren o composición maniobrado.</li> <li>• Suplemento por vagón agregado / segregado.</li> </ul>	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<p>Será de aplicación en aquellas Instalaciones Logísticas Principales relacionadas en el Capítulo 3, apartado 3.7.1., de la Declaración sobre la Red, y en las de su ámbito de actuación, las cuales se encuentran disponibles en la página Web de Adif.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En la Instalación ORIGEN del tren, se computará una ÚNICA maniobra asociada al tren o composición formada, más un suplemento por cada uno de los vagones que forman el tren o la composición. Siempre se entenderá que existe maniobra de formación de tren o de composición, cuando contenga vagones que hayan llegado a la instalación en trenes distintos.</li> <li>• En las Instalaciones INTERMEDIAS, se computa una ÚNICA maniobra más un suplemento por vagón agregado/segregado.</li> <li>• En la Instalación de DESTINO del tren, se computa una ÚNICA maniobra más un suplemento por vagón segregado.</li> <li>• Quedan excluidas del cómputo aquellas maniobras que se realicen como consecuencia directa de necesidades internas de la instalación.</li> <li>• Será de aplicación a las EE.FF adheridas a la modalidad B.</li> </ul>	

	<b>Unidad de facturación</b>	<b>Tarifa 2014</b>
Tren / Composición maniobrado	Maniobra	125,40 €
Suplemento vagón maniobrado	Vagón	10,00 €

**Figura 27: SC-5B**

<b>SC-6</b>		<b>Manipulación de unidades de transporte intermodal.</b>
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la carga / descarga de Unidades de Transporte Intermodal (UTI's), dentro del modo de transporte ferroviario.	
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de entrada y salida de la UTI en la Instalación.</li> <li>• Planificación y ejecución de la carga/descarga de la UTI sobre vagón, sobre camión, zona de tránsito, etc.</li> <li>• Control de vigilancia y seguridad.</li> <li>• Control de pesos de UTI's para garantizar la seguridad en su manipulación</li> </ul>	
<b>Unidad de Facturación</b>	Por UTI manipulada.	
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<p>Se aplicará UNA ÚNICA manipulación a la entrada de la UTI en la instalación, bien sea por tren o por camión, para aquellas UTI's que a su llegada a la instalación faciliten información sobre destino (tren/fecha o stock), y su salida se produzca como máximo en las dos fechas hábiles siguientes a la de su llegada. O se aplicará UNA ÚNICA manipulación a la entrada de la UTI en la instalación bien sea por tren o por camión que incluye un tránsito temporal en la instalación, por un máximo de 7 días, contados a partir de la fecha siguiente de la llegada de la UTI a la instalación (excepto para las UTI's con Mercancías Peligrosas que deberán cumplir con la normativa que sea de aplicación para cada Instalación o para aquellas otras que realicen trámites aduaneros en la Instalación).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la UTI supere el tránsito temporal máximo de 7 días, se facturará, además de este servicio, un movimiento de grúa adicional y los días de exceso, siempre que no se haya suscrito un contrato de almacenaje en la instalación.</li> <li>• Quedan excluidas del cómputo aquellas manipulaciones que se realicen como consecuencia directa de necesidades de la Instalación.</li> </ul>	

## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

	Unidad de facturación	Tarifa 2014
UTI, entre 0 y 2 días de tránsito por la Instalación	UTI	22,45 €
UTI, hasta 7 días de tránsito por la Instalación	UTI	39,40 €
Exceso sobre 7 días de tránsito por la Instalación	UTI/día	6,00 €
Manipulación adicional por más de 7 días de tránsito	UTI	22,45 €

Figura 28: SC-6

### 2.3. Servicios Auxiliares

SX-1	Facturación comercial
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en cumplimentar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La documentación necesaria para la facturación comercial de vagones y UTI's (Carta de Porte).</li> <li>• La documentación necesaria para la facturación de los servicios de almacenaje, movimientos de grúa y acarreos ligados a la Carta de Porte.</li> </ul>
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimentación de la documentación comercial necesaria para la facturación.</li> <li>• Tramitación y envío de la documentación (vía fax, correo, etc.) al centro que indique la Empresa Ferroviaria.</li> <li>• Introducción de datos en el sistema informático de la información de facturación.</li> </ul>
<b>Unidad de Facturación</b>	Carta de Porte.
<b>Condiciones de Aplicación</b>	Las que se relejen en el contrato que se suscriba.

Figura 29: SX-1

SX-2	Pesaje de vagones
<b>Descripción</b>	Pesaje de vagones, en aquellas Instalaciones dotadas de los medios necesarios para ello, obteniendo el comprobante de peso correspondiente.
<b>Operaciones Asociadas</b>	Utilización de la báscula estática o dinámica para la realización del pesaje.
<b>Unidad de Facturación</b>	Vagón aislado o remesa de vagones. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se considerará remesa de vagones el pesaje de varios vagones, que formando una composición realizan una única maniobra de posicionamiento.</li> </ul>
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este servicio incluye las maniobras de posicionamiento si las hubiera.</li> <li>• Otras que se pudieran relejar en el contrato que se suscriba.</li> </ul>

Figura 30: SX-2

SX-3	Suministro de arena
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en suministrar arena para locomotoras en las Instalaciones, cuando éstas estén dotadas de la infraestructura necesaria para ello.
<b>Operaciones Asociadas</b>	Realización del suministro de arena.
<b>Unidad de Facturación</b>	Vehículo suministrado, más consumo de arena. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El importe de la arena consumida se facturará a coste.</li> </ul>
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este servicio incluye las maniobras de posicionamiento si las hubiera.</li> <li>• Otras que se pudieran relejar en el contrato que se suscriba.</li> </ul>

Figura 31: SX-3

SX-4	Transbordo de carga completa en las instalaciones de Adif
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en realizar el transbordo de la mercancía de un vagón a otro en las instalaciones de Adif.
<b>Operaciones Asociadas</b>	Las operaciones inherentes a la manipulación de carga completa para su transbordo.
<b>Unidad de Facturación</b>	En función del tipo de mercancía. (Bobinas, Chatarra, Tubos, Periles, Vidrios, Azulejos, Cereales, Maderas, Maquinaria, resto).
<b>Condiciones de Aplicación</b>	Las que se recojan en el contrato que se suscriba entre las partes.

Figura 32: SX-4



## Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

SX-5	Almacenaje de unidades de transporte intermodal
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la reserva de espacio para un número determinado de UTI's (contenedores y cajas móviles) dentro de la zona habilitada para ello, dónde se pueden almacenar UTI's vacías por tiempo deinido, estando limitado el servicio a la capacidad operativa de la Instalación.
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de entrada y salida de la UTI en la Instalación.</li> <li>• Planificación y ejecución de la carga/descarga de la UTI sobre camión, zona de almacenaje, etc.</li> <li>• Información de las UTI's almacenadas y sus movimientos de entrada y salida.</li> <li>• Control de vigilancia y seguridad.</li> </ul>
<b>Unidad de Facturación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importe fijo mensual por zona de TEU's contratada.</li> <li>• Por TEU de exceso sobre la zona contratada.</li> <li>• Quedan excluidas las UTI's con residuos de mercancías peligrosas.</li> </ul>
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es de aplicación a partir de la finalización del tránsito temporal máximo de 7 días, siempre que se tenga suscrito contrato por este servicio.</li> <li>• Las que se recojan en el contrato que se suscriba entre las partes.</li> </ul>

**Figura 33: SX-5**

SX-6	Planificación de acarreo e información al Cliente
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en la planificación diaria de las operaciones de acarreo de la empresa ferroviaria, o de terceros, cuando así lo solicite expresamente.
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación con el Cliente Final, la Empresa Ferroviaria y el Transportista sobre las condiciones de recogida y entrega de las mercancías.</li> <li>• Planificación de las recogidas y entregas de las mercancías.</li> <li>• Emisión de la documentación administrativa necesaria para justificar la prestación del servicio.</li> <li>• Información sobre el desarrollo de los mismos.</li> </ul>
<b>Unidad de Facturación</b>	Según contrato.
<b>Condiciones de Aplicación</b>	Las que se relejen en el contrato que se suscriba.

**Figura 34: SX-6**

SX-7	Apoyo a la admisión / envío de trenes y / o circulaciones en régimen de maniobras a / desde Instalaciones
<b>Descripción</b>	Este servicio consiste en realizar las operaciones asociadas a la entrada o salida de trenes y/o circulaciones en régimen de maniobras a/o desde a/ desde Instalaciones de Adif distintas de las incluidas en el Capítulo 3. de la Declaración sobre la Red.
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirada de las señales de cola de la locomotora y colocación de las mismas en la cola de la circulación y viceversa.</li> <li>• Enganche / desenganche de la locomotora a los vagones.</li> <li>• Realización de las actividades correspondientes al personal de maniobras en la realización de las pruebas de frenado establecidas en el Reglamento General de Circulación.</li> <li>• Elaboración de la documentación de circulación, cuando proceda (Hoja de material o 1007, Boletín de circulación y frenado y Boletín de órdenes e informaciones temporales de circulación).</li> <li>• Realizar la actualización informática del tren.</li> <li>• Otras tareas y operaciones, no expresadas en los párrafos anteriores y que estén intrínsecamente unidas a la entrada y/o salida de composiciones, y/o desde la Instalación, que corresponda su realización a Adif y que quedarían recogidas en el contrato que a tal in se establezca.</li> </ul>
<b>Unidad de Facturación</b>	Por servicio prestado.
<b>Condiciones de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las que se relejen en el contrato que se suscriba.</li> <li>• No será de aplicación a las EEFF que se adhieran a la modalidad B.</li> </ul>

**Figura 35: SX-7**

SX-8	Modificaciones y / o Adaptaciones de la Infraestructura Ferroviaria para Transportes Excepcionales
<b>Descripción</b>	Realización por parte de Adif de cualesquiera modificaciones y/o adaptaciones que requiera la infraestructura ferroviaria para permitir el acceso a la misma, o circulación por ella de Convoyes Especiales.
<b>Operaciones Asociadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refuerzo de resistencia de puentes.</li> <li>• Acondicionamientos especiales en puntos de carga y descarga.</li> <li>• Eliminación de obstáculos, etc.</li> </ul>
<b>Unidad de Facturación</b>	Por Actuación.
<b>Condiciones de Aplicación</b>	Las establecidas por contrato/convenio en función de las características del correspondiente proyecto.

**Figura 36: SX-8**

### **3. TÉRMINOS EN LA METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DE COSTES DEL TRANSPORTE POR CARRETERA<sup>22</sup>**

#### **3.1 Amortizaciones**

##### 1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

- Cabeza tractora:
  - $C = 99.899,14 \text{ €} - 10\% \text{ descuento sobre tarifa} = 89.909,226 \text{ €}$
  - $R = 20\% \text{ de } 99.899,14 \text{ €} = 19.979,828 \text{ €}$
  - $N = 686,64 \text{ €/unidad} * 6 = 4119,84 \text{ €}$
  - $v = 6 \text{ años}$
  
- Semirremolque:
  - $C = 33.689,84 \text{ €}$
  - $R = 15\% \text{ de } 33.689,84 \text{ €} = 5053,476 \text{ €}$
  - $N = 686,64 \text{ €/unidad} * 6 = 4119,84 \text{ €}$
  - $v = 8 \text{ años}$

##### 2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

- Cabeza tractora:
  - $C = 92.386,56 \text{ €} - 10\% \text{ descuento sobre tarifa} = 83.147,904 \text{ €}$
  - $R = 20\% \text{ de } 92.386,56 \text{ €} = 18.477,312 \text{ €}$
  - $N = 624,60 \text{ €/unidad} * 6 = 3747,6 \text{ €}$
  - $v = 6 \text{ años}$
  
- Semirremolque cisterna:
  - $C = 67.726,99 \text{ €}$
  - $R = 20\% \text{ de } 67.726,99 \text{ €} = 13545,398 \text{ €}$
  - $N = 624,6 \text{ €/unidad} * 6 = 3747,6 \text{ €}$
  - $v = 8 \text{ años}$

##### 3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

---

<sup>22</sup> Todos los datos del apartado se extraen de la misma fuente: Ministerio de Fomento, *Observatorio de de costes del transporte de mercancías por carretera*, 2015.

**Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)***

- Cabeza tractora:
  - $C = 83.356,29 \text{ €} - 10\% \text{ descuento sobre tarifa} = 75.020,661 \text{ €}$
  - $R = 15\% \text{ de } 83.356,29 \text{ €} = 12.503,4435 \text{ €}$
  - $N = 517,05 \text{ €/unidad} * 6 = 3102,3 \text{ €}$
  - $v = 6 \text{ años}$
  
- Carrozado y remolque:
  - $C = 97.249,01 \text{ €} - 10\% \text{ descuento sobre tarifa} = 87.524,109 \text{ €}$
  - $R = 15\% \text{ de } 97.249,01 \text{ €} = 14.587,3515 \text{ €}$
  - $N = 517,05 \text{ €/unidad} * 8 = 4136,4 \text{ €}$
  - $v = 12 \text{ años}$

**3.2. Costes financieros**

**1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general**

- Cabeza tractora:
  - $P = 70\% \text{ de } 89.909,226 \text{ €} = 62.936,4582 \text{ €}$
  - $i = 2,298\%$
  - $n = 5 \text{ años}$
  - $v = 6 \text{ años}$
  
- Semirremolque:
  - $P = 70\% \text{ de } 33.689,84 \text{ €} = 23.582,888 \text{ €}$
  - $i = 2,298\%$
  - $n = 5 \text{ años}$
  - $v = 8 \text{ años}$

**2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)**

- Cabeza tractora:
  - $P = 70\% \text{ de } 83.147,904 \text{ €} = 58.203,5328 \text{ €}$
  - $i = 1,298\%$
  - $n = 5 \text{ años}$
  - $v = 6 \text{ años}$
  
- Semirremolque cisterna:

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

- $P = 70\%$  de 67.726,99 € = 47.408,893 €
- $i = 1,298\%$
- $n = 5$  años
- $v = 8$  años

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

- Cabeza tractora:
  - $P = 70\%$  de 75.020,661 € = 52.514,4627 €
  - $i = 2,298\%$
  - $n = 5$  años
  - $v = 6$  años
  
- Carrozado y remolque:
  - $P = 70\%$  de 87.524,109 € = 61.266,8763 €
  - $i = 2,298\%$
  - $n = 5$  años
  - $v = 12$  años

**3.3. Personal**

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general

- $S = 31.505,99$  €/año
- $J = 200$  días/año
- $Dm = 43,81$  €/día
- $Pa = 0,0561$  €/km

2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)

- $S = 34.622,85$  €/año
- $J = 220$  días/año
- $Dm = 43,81$  €/día
- $Pa = 0,0608$  €/km

3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

- $S = 31.505,99$  €
- $J = 200$  días/año
- $Dm = 43,81$  €/día

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

- $Pa = 0,0561 \text{ €/km}$

### 3.4. Seguros

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general
  - $CS = 7.144,65 \text{ €/año}$
2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)
  - $CS = 7.850,22 \text{ €/año}$
3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)
  - $CS = 8.192,57 \text{ €/año}$

### 3.5. Impuestos

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general
  - $CI = 1.010,02 \text{ €/año}$
2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)
  - $CI = 1.533,98 \text{ €/año}$
3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)
  - $CI = 1.010,02 \text{ €/año}$

### 3.6. Combustible

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general
  - $pv = 1,072 \text{ €/litro} - \text{descuento} - \text{IVA} = 1,072 - 0,03 - (1,072 - 0,03) * 0,21 = 0,8612 \text{ €/litro}$
  - $cv = 38,5 \text{ litros/100km}$
2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)
  - $pv = 1,072 \text{ €/litro} - \text{descuento} - \text{IVA} = 1,072 - 0,039 - (1,072 - 0,039) * 0,21 = 0,8537 \text{ €/litro}$
  - $cv = 36 \text{ litros/100km}$
3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

- $pv = 1,072 \text{ €/litro} - \text{descuento} - \text{IVA} = 1,072 - 0,039 - (1,072 - 0,039) * 0,21 = 0,8537 \text{ €/litro}$
- $cv = 40 \text{ litros/100km}$

### 3.7. Repuestos

1. TRANSPORTE POLIVALENTE: Vehículo articulado de carga general
  - $p = 686,64 \text{ €}$
  - $d = 135.000 \text{ km}$
  
2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO: Vehículo cisterna articulado de mercancías peligrosas (químicos)
  - $p = 624,6 \text{ €}$
  - $d = 165.000 \text{ km}$
  
3. TRANSPORTE DE AUTOMÓVILES: Portavehículos (tren de carretera)
  - $p = 517,05 \text{ €}$
  - $d = 135.000 \text{ km}$

## 4. SITUACIONES DE TRANSPORTE INTERMODAL

A continuación se muestran una serie de imágenes ilustrativas de las diferentes situaciones de transporte intermodal tratadas en el documento<sup>23</sup>.

### 4.1. Opción 1

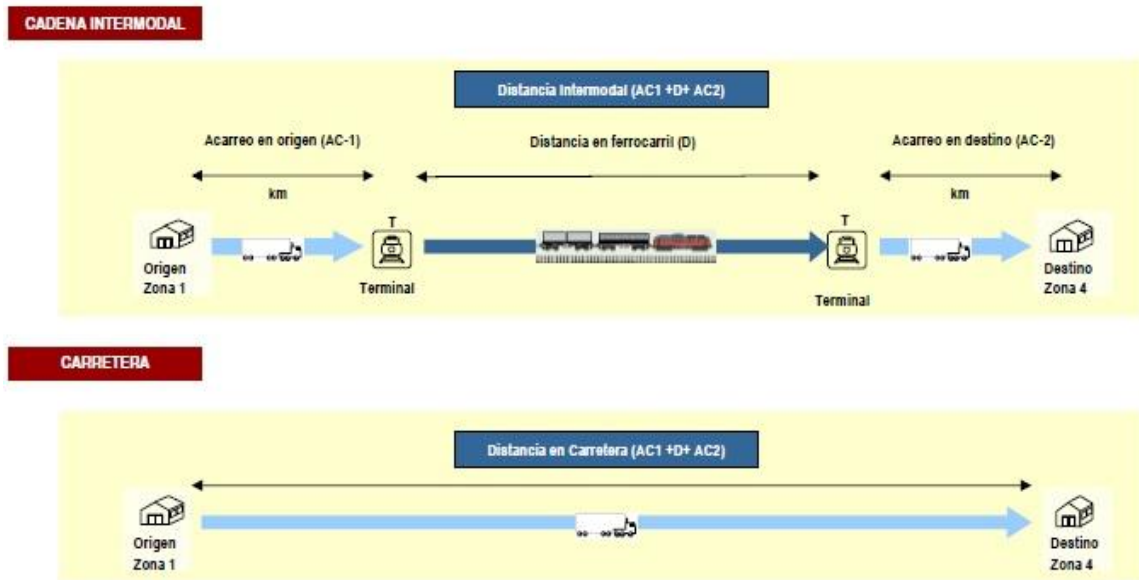


Figura 37: Opción primera de transporte intermodal

### 4.2. Opción 2

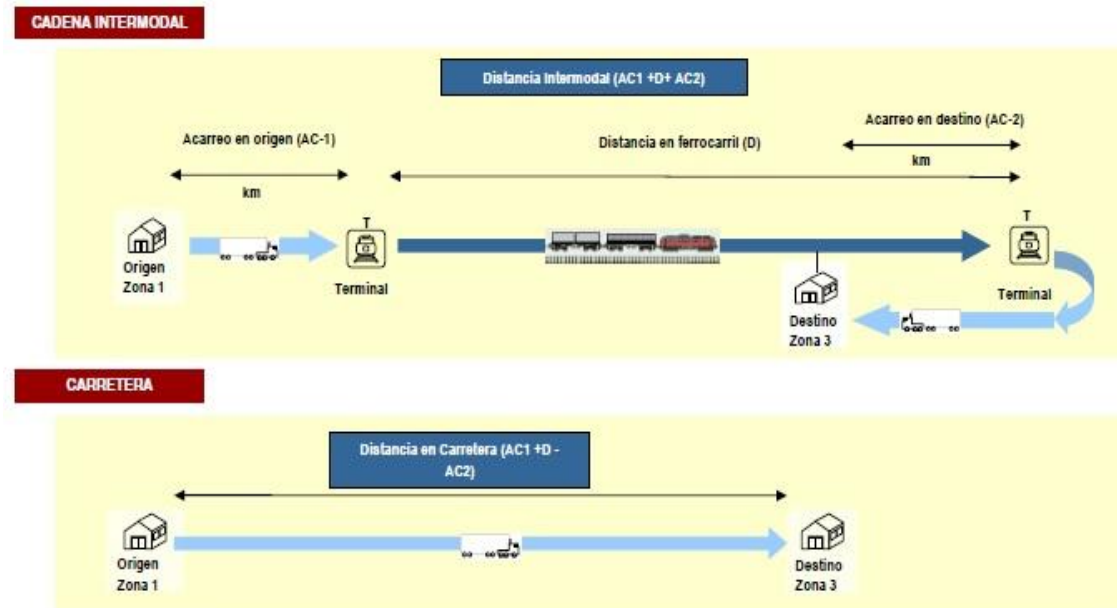


Figura 38: Opción segunda de transporte intermodal

<sup>23</sup> Fuente: Ministerio de Fomento, *Observatorio del transporte intermodal terrestre y marítimo*, 2011.

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

4.3. Opción 3

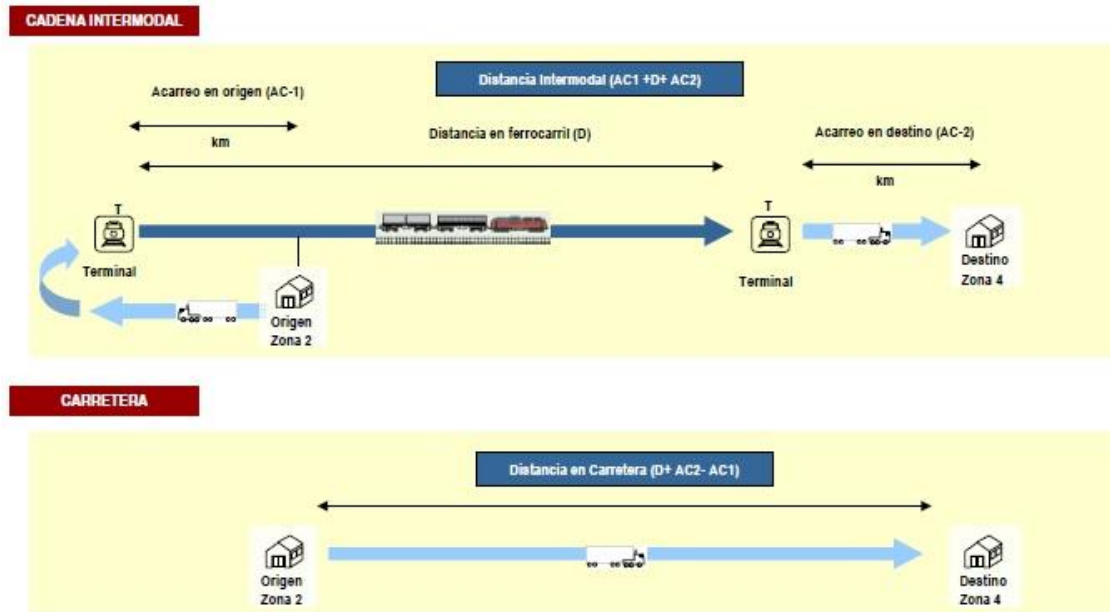


Figura 39: Opción tercera de transporte intermodal

4.4. Opción 4

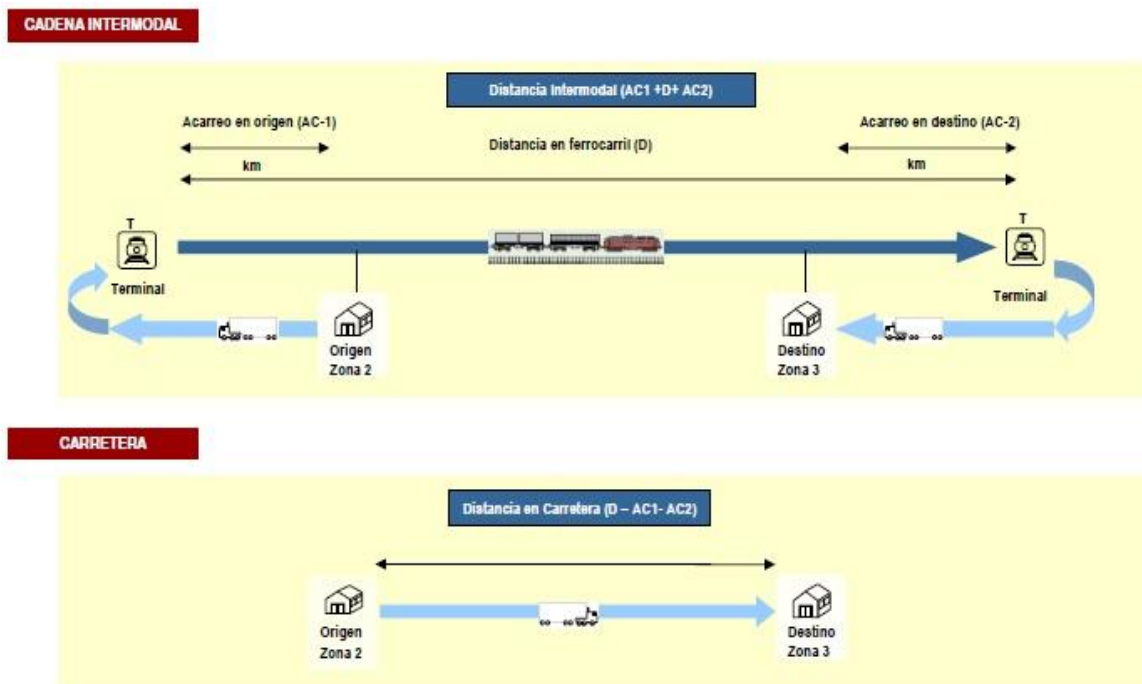


Figura 40: Opción cuarta de transporte intermodal



## **5. RENTABILIDAD EN RÉGIMEN DE TREN COMPLETO**

En este anexo se van a extraer los tramos en los que el transporte intermodal de mercancías comienza a ser más competitivo económicamente que el transporte por carretera en régimen de tren completo para cada tipo de mercancía transportada con sus diferentes opciones y supuestos. Servirá como ejemplo de la metodología llevada en el documento para extraer valores medios, ya que la manera de actuar para otros regímenes de carga es la misma que se va a mostrar pero adaptando el número de vagones a transportar en el transporte ferroviario a la carga transportada.

### **5.1. Transporte polivalente**

#### **5.1.1. Opción 1**

<b>Transporte intermodal</b>				<b>Transporte carretero</b>	
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
23,08	60	200	395,35	260	313,98
16,67	60	300	433,52	360	434,74
<b>Transporte intermodal</b>				<b>Transporte carretero</b>	
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
21,05	80	300	478,52	380	458,89
16,67	80	400	516,70	480	579,65
<b>Transporte intermodal</b>				<b>Transporte carretero</b>	
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
25	100	300	523,52	400	483,04
20	100	400	561,70	500	603,80

**Tabla 29:** Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 1)

#### **5.1.2. Opción 2**

<b>Transporte intermodal</b>				<b>Transporte carretero</b>	
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
13,04	60	400	471,70	380	458,89

Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

10,71	60	500	509,87	480	579,65
<b>Transporte intermodal</b>			<b>Transporte carretero</b>		
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
16,67	80	400	516,70	380	458,89
13,79	80	500	554,87	480	579,65
<b>Transporte intermodal</b>			<b>Transporte carretero</b>		
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
16,67	100	500	599,87	480	579,65
14,29	100	600	638,05	580	700,41

**Tabla 30:** Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 2)

**5.1.3. Opción 3**

<b>Transporte intermodal</b>			<b>Transporte carretero</b>		
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
16,67	60	300	433,52	320	386,43
13,04	60	400	471,70	420	507,19
<b>Transporte intermodal</b>			<b>Transporte carretero</b>		
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
16,67	80	400	516,70	420	507,19
13,79	80	500	554,87	520	627,95
<b>Transporte intermodal</b>			<b>Transporte carretero</b>		
<b>% acarreo</b>	<b>Distancia acarreo (km)</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Coste (€)</b>
20	100	400	561,70	420	507,19
16,67	100	500	559,87	520	627,95

**Tabla 31:** Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 3)

Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

5.1.4. Opción 4

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
13,04	60	400	471,70	340	410,58
10,71	60	500	509,87	440	531,34
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
13,79	80	500	554,87	420	507,19
11,76	80	600	593,05	520	627,95
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
14,29	100	600	638,05	500	603,80
12,5	100	700	676,22	600	724,56

Tabla 32: Rentabilidad en transporte polivalente de mercancías (Opción 4)

5.2. Transporte de combustibles líquidos

5.2.1. Opción 1

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
23,08	60	200	377,81	260	345,17
16,67	60	300	407,22	360	477,97
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
28,57	80	200	422,81	280	371,72
21,05	80	300	452,22	380	504,48
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
33,33	100	200	467,81	300	398,27

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

25	100	300	497,22	400	531,03
----	-----	-----	--------	-----	--------

**Tabla 33:** Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 1)

**5.2.2. Opción 2**

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
16,67	60	300	407,22	280	371,72
13,04	60	400	436,63	380	504,48
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
21,05	80	300	452,22	280	371,72
16,67	80	400	481,63	380	504,48
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
20	100	400	526,63	380	504,48
16,67	100	500	556,03	480	637,24

**Tabla 34:** Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 2)

**5.2.3. Opción 3**

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
23,08	60	200	377,81	220	292,07
16,67	60	300	407,22	320	424,82
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
21,05	80	300	452,22	320	424,82
16,67	80	400	481,63	420	557,58
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

25	100	300	497,22	320	424,82
20	100	400	526,63	420	557,58

Tabla 35: Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 3)

#### 5.2.4. Opción 4

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
16,67	60	300	407,22	240	318,62
13,04	60	400	436,63	340	451,38
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
16,67	80	400	481,63	320	424,82
13,79	80	500	511,03	420	557,58
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
16,67	100	500	556,03	400	531,03
14,29	100	600	585,44	500	663,79

Tabla 36: Rentabilidad en transporte de combustibles líquidos (Opción 4)

### 5.3. Transporte de automóviles

#### 5.3.1. Opción 1

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
16,67	60	300	486,50	360	425,72
13,04	60	400	542,33	460	543,98
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
16,67	80	400	587,33	480	567,63
13,79	80	500	643,16	580	685,89
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia	Distancia	Coste (€)	Distancia	Coste (€)

Título: *Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)*

	acarreo (km)	ferroviaria (km)		(km)	
20	100	400	632,33	500	591,28
16,67	100	500	688,16	600	709,54

Tabla 37: Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 1)

5.3.2. Opción 2

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
10,71	60	500	598,16	480	567,63
9,09	60	600	653,99	580	685,89
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
11,76	80	600	698,99	580	685,89
10,25	80	700	754,82	680	804,14
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
14,29	100	600	743,99	580	685,89
12,5	100	700	799,82	680	804,14

Tabla 38: Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 2)

5.3.3. Opción 3

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
13,04	60	400	542,33	420	496,68
10,71	60	500	598,16	520	614,93
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
13,79	80	500	643,16	520	614,93
11,76	80	600	698,99	620	733,19
Transporte intermodal				Transporte carretero	

Título: **Análisis de costes en el transporte de mercancías intermodal (ferroviario-carretera)**

% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
14,29	100	600	743,99	620	733,19
12,5	100	700	799,82	720	851,45

Tabla 39: Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 3)

5.3.4. Opción 4

Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
9,09	60	600	653,99	540	638,58
7,89	60	700	709,82	640	756,84
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
10,25	80	700	754,82	620	733,19
9,09	80	800	810,66	720	851,45
Transporte intermodal				Transporte carretero	
% acarreo	Distancia acarreo (km)	Distancia ferroviaria (km)	Coste (€)	Distancia (km)	Coste (€)
11,11	100	800	855,66	700	827,80
10	100	900	911,49	800	946,05

Tabla 40: Rentabilidad en transporte de automóviles (Opción 4)