



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

Análisis de costes para la selección de transporte
ferroviario ante diferente tipología de cargas

Autor/es

Pablo Cancer Casado

Director/es

Emilio Larrodé Pellicer

Facultad / Escuela

EINA/ Departamento de Ingeniería Mecánica

Año

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^a. Pablo Cancer Casado

con nº de DNI 72990146-Z 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 para la selección de transporte ferroviario ante diferente
tipología de cargas

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

Zaragoza, 5 de Septiembre del 2015

Fdo: Pablo Cancer Casado

RESUMEN:

El trabajo de fin de grado realizado consiste en analizar diferentes costes debido a las características del transporte de mercancías, tanto el transporte por carretera como el transporte por ferrocarril. Para poder realizar el análisis se han escogido unos recorridos donde las diferentes tipologías de mercancía escogidas, contenedores, cereal, automóviles y carbón circulan en la realidad, es necesario elegir un recorrido antes de analizar los costes porque estos dependen de las características del trayecto, pendiente, longitud máxima del tren, velocidad máxima o tipo de vía (electrificada o no). Dentro del trabajo hay tres partes diferenciadas en el análisis de costes, una parte donde se analiza la intermodalidad del transporte de contenedores, otra en la que se estudia los costes en función de la tipología de la mercancía (cereal, contenedor, automóviles) y una última parte donde se analizan dos tipos de mercancía (cereal y carbón) para ver si los costes dependen en función del peso o de la mercancía.

Se ha analizado los costes para ver si es rentable la intermodalidad o no, el transporte intermodal solo se realiza con contenedores porque los demás tipos de mercancía van de un punto de salida (zona de explotación o producción de la mercancía) a un destino final de consumo. Para ello se ha analizado los costes de si hay intermodalidad o no en el itinerario Madrid-Zaragoza-Barcelona, para ver que modalidad transporte, carretero o ferroviario, o ambas (transporte intermodal) es la que tiene menos costes para el transporte de contenedores.

Para el estudio de las diferentes tipologías se ha escogido el trayecto Zaragoza-Barcelona, donde circulan este tipo de mercancías. Para ello se estudiarán los costes en función de la tipología de mercancía al ser tres mercancías con características diferentes como son el cereal, los contenedores y el transporte de vehículos para ver cómo influyen en los costes.

Para la última parte se ha analizado el recorrido Tarragona-Caspe para el cereal y Tarragona-Andorra para carbón, se ha elegido estos recorridos porque por Zaragoza no pasan transportes de carbón. La similitud del peso entre el cereal y carbón hace que se puede hacer una comparativa para ver de qué depende el coste del transporte si de la mercancía o del peso.

Todos los recorridos analizados se estudian tanto para el transporte carretero como el ferroviario para hacer una comparativa entre ambos.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 TRANSPORTE CARRETERO.	5
1.2 TRANSPORTE FERROVIARIO	6
2. ALCANCE.	8
3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	9
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO	9
3.2 TRANSPORTE POR CARRETERA	12
3.2.1 VEHÍCULO ARTICULADO PORTACONTENEDORES	13
3.2.2 CISTERNA DE PRODUCTOS DE ALIMENTACIÓN	14
3.2.3 PORTAVEHÍCULOS	15
3.2.4 CARBÓN	16
3.3 TRANSPORTE POR FERROCARRIL.....	17
3.3.1 MATERIAL RODANTE MOTOR	20
3.3.2 MATERIAL RODANTE REMOLCADO	21
3.3.2.1 PLATAFORMA PORTACONTENEDORES	21
3.3.2.2 TOLVA PARA CEREAL	22
3.3.2.3 PORTAVEHÍCULOS	23
3.3.2.4 TOLVA PARA CARBÓN	24
3.4 COMPROBACIÓN DE LA POTENCIA.....	25
3.5 COMPROBACIÓN DE LA ADHERENCIA	26
4. ESTUDIO INTERMODALIDAD MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA..	27
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO	27
4.2 COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA ..	27
4.3 SIN INTERMODALIDAD	27
4.3.1 SIN ACARREOS	28
4.3.2 ACARREO DE 25 KM	28
4.4 CARGA Y DESCARGAR EN ZGZ	31
4.4.1 SIN ACARREOS	31
4.4.2 ACARREOS DE 25 KM	31
4.5 INTERMODALIDAD	33

4.6	CONCLUSIONES	35
5.	ESTUDIO TIPOLOGÍA DE MERCANCIAS ZARAGOZA-BARCELONA.	36
5.1	CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO.	36
5.2	TRANSPORTE DE AUTOMOCIÓN	36
5.2.1	COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA	36
5.2.2	COMPARATIVA SIN ACARREOS	36
5.2.3	COMPARATIVA CON ACARREO DE 25 KM	38
5.2.4	COMPARATIVA CON ACARREO DE 50 KM	39
5.3	TRANSPORTE DE CEREAL.....	41
5.3.1	COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA	41
5.3.2	COMPARATIVA SIN ACARREOS,	41
5.3.3	COMPARATIVA ACARREO DE 25KM	42
5.3.4	COMPARATIVA ACARREO DE 50KM	45
5.4	TRANSPORTE DE CONTENEDORES.....	47
5.4.1	COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA	47
5.4.2	COMPARATIVA SIN ACARREOS	47
5.4.3	COMPARATIVA ACARREO DE 25KM	47
5.4.4	COMPARATIVA ACARREO DE 50KM	49
5.5	CONCLUSIONES	50
6.	TRAYECTO TARRAGONA-CASPE, TARRAGONA-ANDORRA.....	51
6.1	CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO	51
6.2	TRANSPORTE CEREAL, TARRAGONA-CASPE.....	51
6.3	TRANSPORTE CARBÓN, TARRAGONA-ANDORRA	53
6.4	COMPARACIÓN CEREAL-CARBÓN.....	55
6.5	CONCLUSIÓN	56
7.	CONCLUSIONES GENERALES	57
8.	BIBLIOGRAFÍA	58
9.	ANEXOS	59

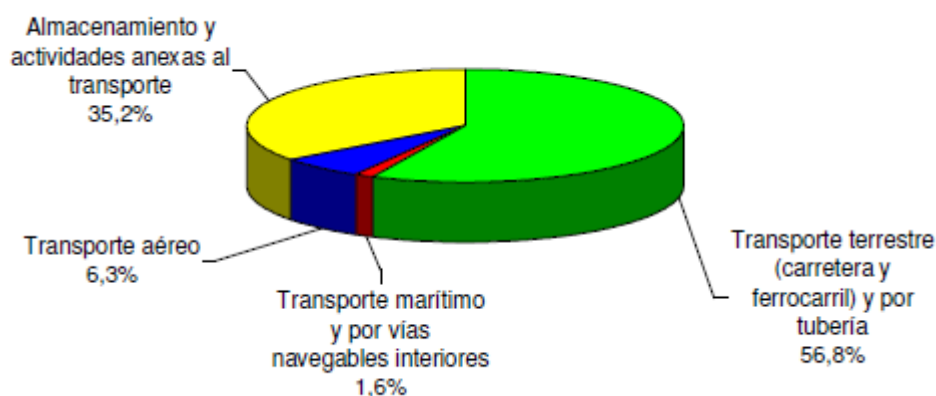
1. INTRODUCCIÓN

El Transporte es la actividad económica que permite trasladar viajeros o mercancías entre dos o más lugares. Existen diferentes modalidades de transporte dependiendo del medio:

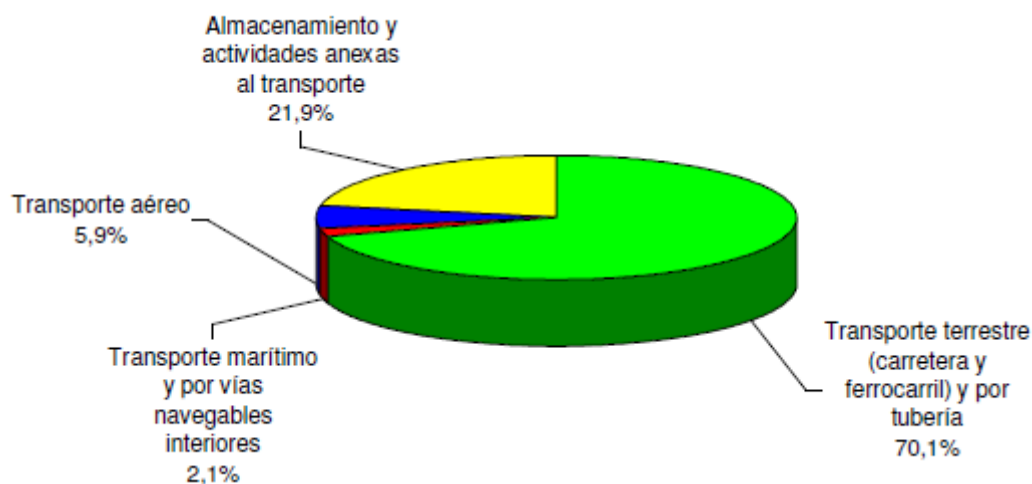
- Agua, transporte marítimo o fluvial.
- Tierra, transporte carretero o ferroviario.
- Aire, transporte aéreo.
- De tubería, oleoductos, gaseoductos, etc.

Por Intermodalidad se entiende la forma de organizar los diferentes tipos de transporte buscando combinarlos para obtener una mayor eficiencia, utilizando cada modo de transporte en función de las ventajas o menores inconvenientes que presenta cada modo en el traslado de los viajeros o la mercancía. Para poder realizarse la intermodalidad es necesario puntos intermodales donde se conecten varios nodos, estos pueden ser de viajeros, mercancías o ambos.

El Sector del transporte y almacenamiento tiene una gran importancia en la economía de España ya que en el 2009 aportó el 4,2% del VAB nacional, siendo el 56,8% aportado por el transporte terrestre y de tubería. En el año 2013 este mismo sector ocupó al 4,3% de la población nacional ocupada, el 70,1% de estos puestos pertenecen al sector terrestre y de tubería. (INE, 2009)



1. Distribución del VAB del Sector "Transporte y Almacenamiento", Año 2009. Fuente: INE (Contabilidad Nacional de España)



2. Distribución de la Población Activa en el Sector Transporte. Año 2013. Fuente INE (Encuesta de Población Activa)

1.1 TRANSPORTE CARRETERO.

El transporte terrestre ha tenido una evolución lenta; durante un largo periodo de tiempo se utilizó la fuerza animal como medio de propulsión, dejando un pequeño margen de desarrollo para el transporte por carretera. Posteriormente, con la aparición de los motores de combustión interna supuso un gran salto evolutivo en el transporte carretero. La línea de evolución en la actualidad y en tiempos futuros para el transporte por carretera, reside en la investigación para evitar la dependencia del petróleo.

El transporte de mercancías por carretera es el modo más utilizado en el transporte interurbano de mercancías, realizando en el año 2012 el 80,4% de las toneladas por kilómetro producidas. La demanda de transporte de mercancías por carretera en vehículos pesados de servicio público se incrementó de forma importante de 1993 a 2007, con un promedio anual del 8,2%. Por efecto de la crisis económica la demanda disminuyó de 2007 a 2013, con una variación media anual de -4,6%. En 2012 la demanda de transporte de mercancías por carretera en vehículos pesados fue satisfecha por el servicio público en un 95,2% de las toneladas-kilómetro producidas, siendo la productividad y la eficiencia mayores en el servicio público que en el servicio privado. (Observatorio de mercado del transporte, Marzo-2014)

PERIODO	TOTAL	INTERIOR				INTERNACIONAL
		TOTAL	INTRAMUNICIPAL	INTERMUNICIPAL INTRAREGIONAL	INTERREGIONAL	TOTAL
2014	1.184.866	1.116.810	218.646	632.384	265.780	68.056
2013	1.124.833	1.059.671	187.811	606.811	265.049	65.162
2012	1.239.140	1.173.985	231.294	662.731	279.960	65.155
2011	1.466.502	1.401.429	304.880	801.342	295.207	65.073
2010	1.566.705	1.502.375	367.325	826.558	308.492	64.329
2009	1.711.314	1.651.693	427.535	919.158	305.001	59.621
2008	2.120.494	2.053.393	578.841	1.124.276	350.275	67.101
2007	2.408.978	2.344.763	671.245	1.292.158	381.359	64.215
2006	2.387.526	2.326.740	748.215	1.225.370	353.155	60.787
2005	2.210.644	2.148.186	651.771	1.166.933	329.482	62.459
2004	2.012.726	1.952.192	613.319	1.033.061	305.813	60.534
2003	1.850.099	1.800.575	612.756	916.141	271.679	49.524
2002	1.760.533	1.709.581	581.124	873.880	254.577	50.952

3. Operaciones de transporte con carga y en vacío según tipo de desplazamiento, tipo de servicio. Fuente: Encuesta permanente de transporte de mercancías por carretera 2014

1.2 TRANSPORTE FERROVIARIO

El ferrocarril es un modo de transporte terrestre, donde el movimiento de mercancías o personas se realiza por carriles o railes.

Los inicios de este tipo de transporte se encuentran en el siglo VI a.C. en Corinto, se empleaban un sistema de hendiduras excavadas sobre tierra para transportar barcos mediante la fuerza de esclavos. Ya durante la Edad Media se empleaban líneas con carriles de madera para transportar mercancías por medio de la fuerza humana o animal.

Es a finales de 1700 cuando se empieza a usar el hierro para la fabricación de railes; a partir de este punto, se empieza a trabajar con aparatos de vías más complejos (lazos de final de línea, cambios de agujas...). A mediados de 1800, se empieza a usar el acero para la fabricación de los railes.

Los inicios de la era de vapor en las locomotoras datan en 1769, cuando James Watt patenta un motor de vapor para locomotoras; era demasiado pesado y generaba poca presión. El éxito de las locomotoras no llega hasta las primeras décadas de 1800.

Otro punto clave de la historia del transporte ferroviario es la introducción de la electricidad y el diésel como fuentes de energía para la propulsión. A finales de 1800 se empieza a utilizar la electricidad como medio de propulsión, sobre todo en los tranvías de las ciudades.

El alto coste de personal para el mantenimiento de las locomotoras de vapor y el impulso que la guerra produjo sobre el desarrollo de los motores de combustión interna favorecieron el paso de las locomotoras de vapor hacia las locomotoras diésel, más baratas y potentes.

En la actualidad, los estudios se centran en la automatización del transporte ferroviario con vistas a la reducción de costes. (Ferrocarril, s.f.)

El transporte en España es regido por la Red Ferroviaria de Interés General, RFIG (Observatorio del Ferrocarril, 2010): está integrada por las infraestructuras ferroviarias esenciales para garantizar un sistema común de transporte ferroviario en todo el territorio del estado, o cuya administración conjunta sea necesaria para el correcto funcionamiento del sistema común de transporte, como las vinculadas a rutas de tráfico internacional, las que enlazan distintas comunidades autónomas y sus conexiones y acceso a los principales núcleos de población y transporte o instalaciones esenciales para la economía o la defensa nacional. Para poder operar en el RFIG es necesario contar con una licencia de empresa ferroviaria. Las empresas con licencias de operador se muestran en el siguiente cuadro:

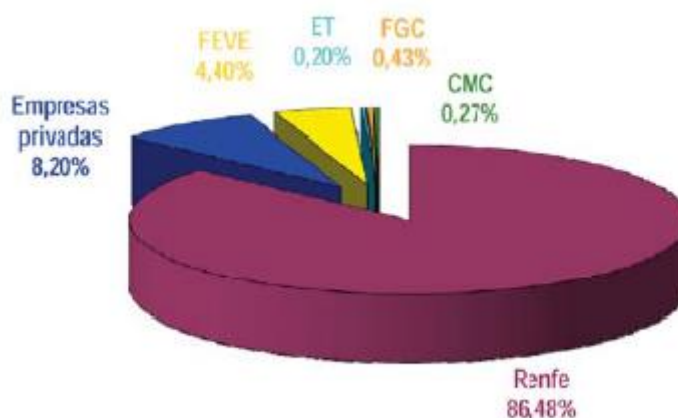
Empresa ferroviaria	Resolución Ministerio Fomento	Fecha inscripción UE	Declaración actividad	Nivel de Actividad
Renfe Operadora	27/09/2005	07/10/2005	Servicios de mercancía general, perecederas y peligrosas	N3
Comsa Rail Transport S.A.	27/09/2005	07/10/2005	Servicios de mercancía general, perecederas y peligrosas	N1
Continental Rail S.A.	14/10/2005	21/10/2005	Servicios de mercancía general, perecederas y peligrosas	N1
Acciona Rail Services S.A.	16/03/2006	16/03/2006	Servicios de mercancía general	N1
Activa Rail S.A.	04/07/2006	14/07/2006	Servicios de mercancía general	N1
Tracción Rail S.A.	24/07/2006	12/09/2006	Servicios de mercancía general, perecederas y peligrosas	N1
Eusko Trenbideak-FFCC VASCOS S.A.	24/08/2006	05/09/2006	Servicios de mercancía general	N1
Arcelor Mittal Siderail S.A.	17/07/2007	03/09/2007	Servicios de mercancía general y peligrosas	N2
EWI (homologación licencia UE)-	17/01/2008	17/01/2008	Servicios de mercancía general y peligrosas	N1
Logitren Ferroviaria S.A.	30/04/2008	19/05/2008	Servicios de mercancía general	N1
FESUR, Ferrocarriles del Suroeste, S.A.	28/05/2008	05/06/2008	Servicios de mercancías peligrosas y perecederas	N1
FGC MOBILITAT, S.A.	30/07/2009	02/12/2009	Servicios de mercancía general, peligrosas y perecederas	N1
Alsa Ferrocarril, S.A.U	29/03/2010	12/04/2010	Tracción exclusiva y transporte de mercancías	N1
Guinovart Rail, S.A.	20/12/2010	14/01/2011	Tracción exclusiva y transporte de mercancías	N1

4. Empresas ferroviarias con licencia de operador. Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010.

Toneladas.km netas	2005	%	2006	%	2007	%	2008	%	2009	%	2010
Ud.: millones t.netas.km											
Renfe	11.071	-0,5	11.012	-4,2	10.547	-7,7	9.737	-28,4	6.972	6,4	7.417
Empresas privadas	-	-	-	-	96	310,7	393	-13,2	341	106,5	704
FEVE	465	1,7	473	-2,9	460	-6,6	429	-21,0	339	11,2	377
EuskoTren	14,6	8,9	15,9	3,1	16,4	3,7	17,0	-2,4	16,6	7,7	17,9
FGC	35,7	12,0	40,0	5,2	42,1	-8,4	38,6	-37,0	24,3	53,4	37,2
Coto Minero Cantábrico	48,9	5,4	51,5	-0,4	51,3	7,3	55,0	-30,2	38,4	-39,0	23,4
TOTAL	11.635	-0,4	11.592	-3,3	11.212	-5,0	10.653	-28,0	7.675	11,8	8.577

5. Reparto de las toneladas netas por operador, 2005 – 2010 (miles de toneladas). Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010

Del cuadro se observa el dominio de Renfe frente a los distintos operadores, aunque se ve una disminución de Renfe desde 2005 a 2008; mientras que las empresas privadas van aumentando el número de toneladas por kilómetro al año. Destacando en 2008 que se produce un descenso de todos los operadores producido por la crisis económica. Aun así la mayoría del transporte ferroviario en España es llevado a cabo por Renfe como se puede observar en este gráfico:



6. Reparto de las toneladas netas por operador, 2010. Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010

2. ALCANCE.

El trabajo consiste en la comparativa del análisis de costes del transporte de mercancías de tres itinerarios concretos entre el coste del transporte realizado por transporte ferroviario y carretero para diferentes tipos de mercancías o transporte intermodal; sin tener en cuenta el tiempo del recorrido y los costes asociados a este. Además en la comparación en el transporte ferroviario se comparara con el carretero con acarreos y sin acarreos, los acarreos son los costes asociados a la manipulación de la carga del tren para pasarla al camión más el coste del transporte en camión.

Los itinerarios escogidos son rutas de transporte reales y únicamente se realiza el estudio de estas rutas debido a que no es posible extrapolar los costes de estas rutas a otras, debido a que surgen cambios en diferentes características de los recorridos como son la distancia, tipo de línea (electrificada o no), la pendiente o la longitud máxima permitida para los trenes. Todos estos factores influyen en gran medida en las características del tren mientras que el transporte carretero no tiene todo este tipo de restricciones.

El primer estudio de costes se realiza sobre el recorrido Madrid-Zaragoza-Barcelona. En este primer recorrido se va a analizar un único tipo de mercancía, transporte de contenedores; y se ha estudiado los costes en caso de que se produzca transporte intermodal o no tanto en el transporte por camión o ferrocarril. Se han analizado diferentes situaciones en Zaragoza con carga y descarga en Zaragoza y con transporte intermodal, ferrocarril Madrid-Zaragoza y camión Zaragoza-Barcelona para ver cuál tiene menos costes en el transporte, además de un trayecto Madrid-Barcelona sin parar en Zaragoza. Todo ello comparándolo entre carretera y ferrocarril.

El segundo estudio de costes se analiza el tramo Zaragoza-Barcelona o Barcelona-Zaragoza. Para este tramos se estudian diferentes tipos de mercancías también estableciendo una comparación entre diferentes modos de transporte, ferroviario y carretero; como son el transporte de automóviles, transporte de grano en tolvas y contenedores. Se han cogido las mismas distancias de recorrido de las diferentes mercancías para que se pudiera hacer la comparación.

El tercer estudio de costes es un estudio de la mercancía en función de diferentes tipos de mercancía de peso similar como son el cereal y el carbón para ello se va analizar el recorrido Tarragona-Caspe/Andorra. No se van a tener en cuenta las distancias ya que es un recorrido que no se hacen acarreos por lo que los costes se han realizado en €/km. Para comparar si los costes son función del peso o de la mercancía que se transporta. Analizando tanto para el transporte ferroviario como para el carretero para realizar una comparación de ambos.

Al ser un análisis comparativo de los dos modos de transporte no se han incluido los costes que tienen la salida/carga o llegada/descarga en los puertos secos, marítimos o terminales de carga/descarga cuando los costes son tanto para el camión como para el tren. Ya que como se puede ver en el los costes en el puerto de Barcelona, 72. T3-TASA DE LA MERCANCÍA (Título VII – Capítulo II- Sección 4ª – Subsección 3ª del Real Decreto Legislativo 2/2011) dependen del tipo de carga y no del modo de transporte, ya sea por ferrocarril o por camión. Pero si se han tenido en cuenta los costes de acceso y expedición a estaciones por parte de los trenes.

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

Una vez seleccionados los recorridos a analizar:

- Madrid-Zaragoza-Barcelona.
- Zaragoza-Barcelona o viceversa.
- Tarragona-Caspe y Tarragona-Andorra.

Se ha analizado el recorrido, camiones, locomotora y vagones para cada recorrido. Las distancias del recorrido se han elegido las distancias de la línea de ferrocarril, esto se ha escogido así debido a que las diferencias de kilometraje entre las distancias por carretera y el tren son muy parecidas; las diferencias están entorno a los 5-15km en un recorridos de alrededor de 350 km lo que supone menores costes en el transporte por carretera, alrededor a los 6-20 Euros en el itinerario; cuando se está hablando en cifras de miles de euros, lo que supone un error del:

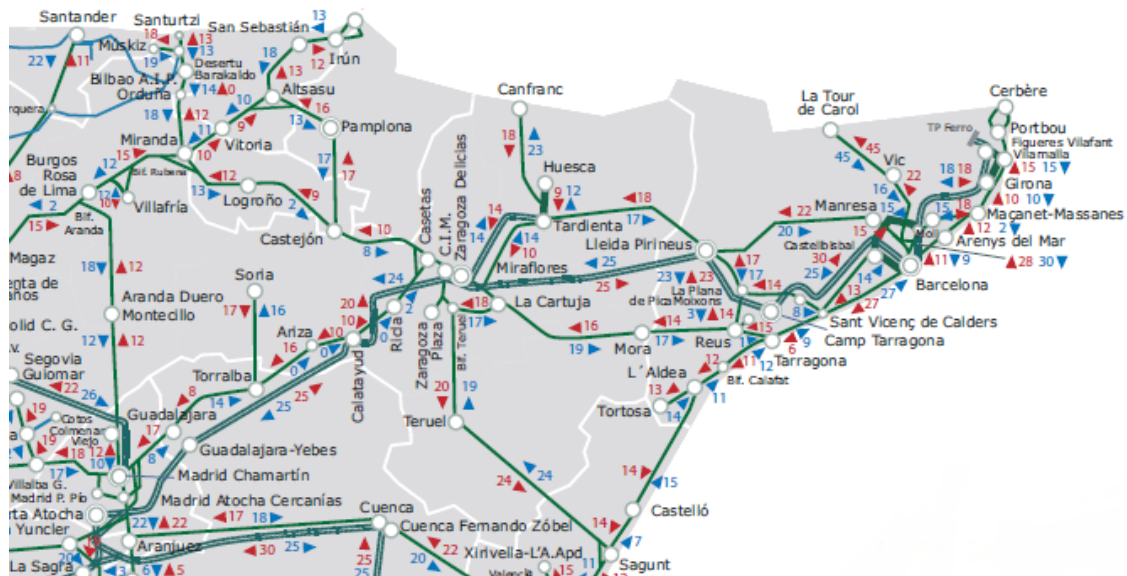
$$\frac{20}{10000} * 100\% = 0,2\% \text{ de Error}$$

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO

Para obtener las distancias, longitud máxima, pendiente máxima de los diferentes recorridos, donde también se ve el tipo de vía (si es electrificada) se han utilizado los siguientes mapas: (Adif, 2013)



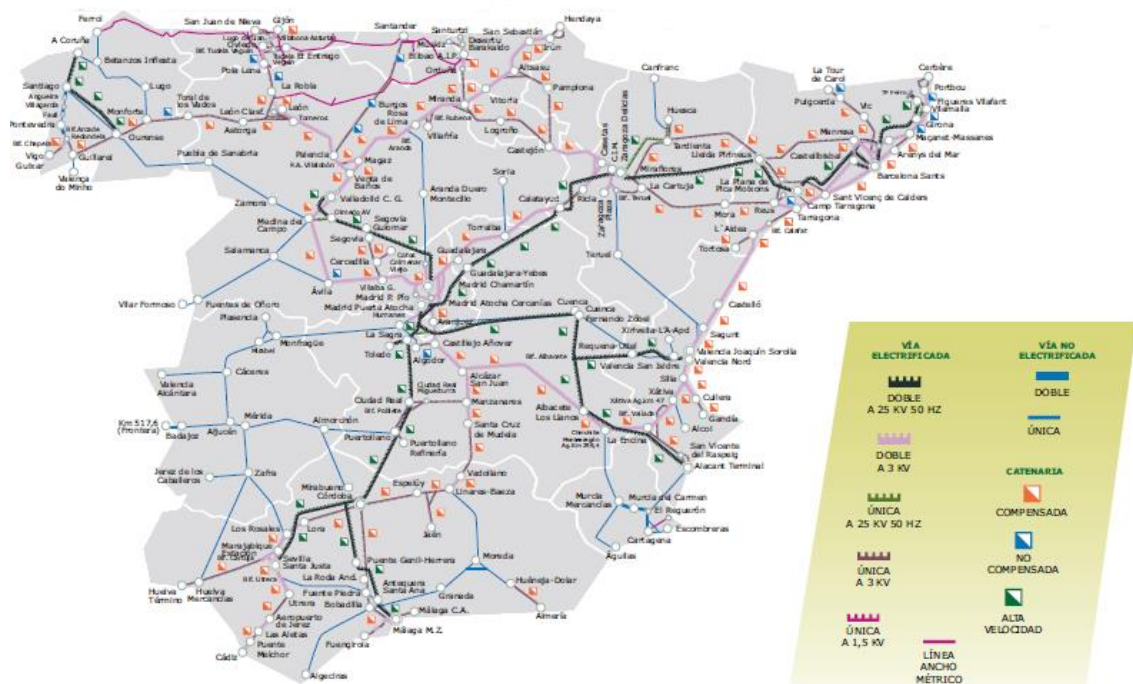
7. Distancias Kilométricas de la Red Ferroviaria Española. Fuente: Actualización Declaración sobre la Red 2013, Adif



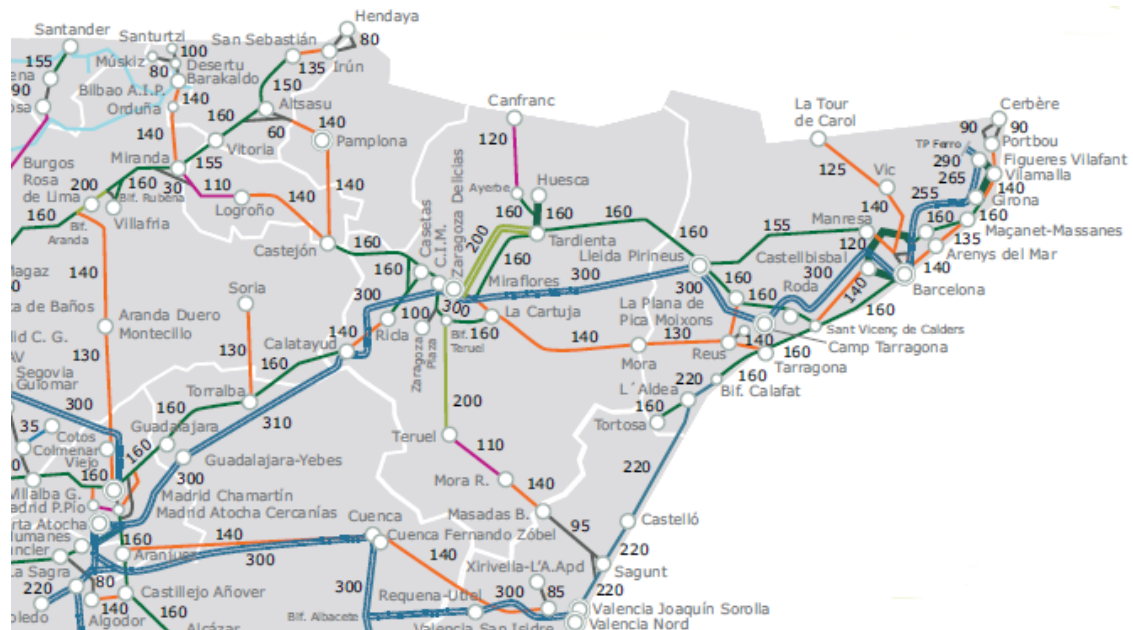
8.Rampas Características de la Red Ferroviaria Española. Fuente: Actualización Declaración sobre la Red 2013, Adif



9.Longitudes máximas trenes de mercancías en la Red Ferroviaria Española. Fuente: Actualización Declaración sobre la Red 2013, Adif



10. Tipología de la Electrificación de la Red Ferroviaria Española. Fuente: Actualización Declaración sobre la Red 2013, Adif



11. Velocidades máximas de la Red Ferroviaria Española. Fuente: Actualización Declaración sobre la Red 2013, Adif

Para el cálculo de la potencia y adherencia como se analizara en un apartado posterior se ha calculado las velocidades en función de las velocidades de los trenes de mercancías para diferentes pendientes. Para 0 milésimas el tren va a su velocidad máxima de 100 km/h y cada 5 milésimas que aumenta la pendiente la velocidad del tren disminuye 10 km/h como se observa en el Anexo II, 73. Tabla Pendiente-Velocidad. Fuente: Elaboración propia, e interpolando para otras pendientes.

3.2 TRANSPORTE POR CARRETERA

Para obtener los datos de los diferentes camiones para las diferentes tipologías de mercancías se han obtenido los datos del (Observatorio de mercado del transporte, Marzo-2014).

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
Costes directos		
Costes por tiempo		
Amortización del vehículo		
Financiación del vehículo		
Personal de conducción		
Seguros		
Costes fiscales		
Dietas		
Costes kilométricos		
Combustible		
Neumáticos		
Mantenimiento		
Reparaciones		
kilometraje anual (km / año)		
kilometraje anual en carga (km / año)		
Costes Directos (euros / km recorrido)		
Costes Directos (euros / km cargado)		

12. Costes directos del transporte por carretera. Fuente: Observatorio de mercado de transporte de mercancías por carretera número 23 de 2014

Para obtener los costes directos anuales se ha realizado de la siguiente manera; diferenciándolos entre costes por tiempo y costes por kilómetros. Todos los valores son sin IVA.

Amortizaciones:

$$\text{Amortización (Euros)} = \frac{\text{Valor Adquisición} - \text{Valor residual} - \text{Valor de los neumáticos}}{\text{Vida útil del elemento}}$$

Financiación:

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

$$\text{Financiación (Euros)} = \frac{\left(n * \frac{P * i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right) - P}{\text{vida útil}}$$

- P=Préstamo para la compra de elementos
- i=Interés en tanto por uno
- n=Periodos financiación

Personal de conducción:

Coste anual para la empresa del personal de conducción, sin incluir las dietas.

Seguros de Vehículo,

Costes fiscales

Dietas del conductor.

Combustibles:

$$\text{Costes (Euros)} = \frac{\text{Precio adquisición (Euros/litros)} * \text{Consumo medio (litros/100 km)} * N^{\circ} \text{km}}{100}$$

Neumáticos:

$$\text{Costes (Euros)} = \frac{\text{Precio} * N^{\circ} \text{de Neumáticos} * \text{Kilómetro recorridos}}{\text{Duración media de los neumáticos}}$$

Mantenimiento:

$$\text{Coste mantenimiento (Euros)} = \text{Coste kilométrico de mantenimiento} * N^{\circ} \text{km}$$

Reparaciones:

$$\text{Coste Reparaciones (Euros)} = \text{Coste kilométrico de reparaciones} * N^{\circ} \text{km}$$

Los diferentes tipos de vehículos de carretera para diferente tipología de mercancías así como sus costes directos están expuestos a continuación. Para hacer el cálculo se han escogido 3 costes, el menor coste el valor del transporte si fuera sin carga, el mayor con la carga y un valor intermedio porque en estos tiempos de crisis se ha vuelto muy competitivo y es más rentable hacer carreras con poco beneficio que tener estacionado el camión.

3.2.1 VEHÍCULO ARTICULADO PORTACONTENEDORES

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
Costes directos	116.220,13	100,0
Costes por tiempo	62.208,18	53,5
Amortización del vehículo	9.826,39	8,5
Financiación del vehículo	760,98	0,7
Personal de conducción	31.411,76	27,0
Seguros	7.046,01	6,1
Costes fiscales	1.011,04	0,9
Dietas	12.152,00	10,5
Costes kilométricos	54.011,95	46,5
Combustible	41.745,45	35,9
Neumáticos	7.106,50	6,1
Mantenimiento	2.060,00	1,8
Reparaciones	3.100,00	2,7
kilometraje anual (km / año)	100.000	
kilometraje anual en carga (km / año)	85.000	
Costes Directos (euros / km recorrido)	1,162	
Costes Directos (euros / km cargado)	1,367	

13. Costes Directos Vehículo Articulado Portacontenedores. Fuente: Observatorio de mercado de transporte de mercancías por carretera número 23 de 2014

Características técnicas:

- Potencia: 420 CV.
- Masa Máxima Autorizada: 44.000kg.
- Carga útil: 26.250 kg.
- Número de ejes: 6.
- Número de neumáticos: 14.

Características de explotación:

- Recorridos superiores a 200km.
- Kilómetros recorridos anuales: 100.000km.
- Recorrido anual en carga: 85%.
- Consumo medio: 38,5 litros/100km.

3.2.2 CISTERNA DE PRODUCTOS DE ALIMENTACIÓN

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
Costes directos	137.505,72	100,0
Costes por tiempo	73.380,22	53,4
Amortización del vehículo	15.365,29	11,2
Financiación del vehículo	694,20	0,5
Personal de conducción	31.411,76	22,8
Seguros	7.494,80	5,5
Costes fiscales	1.229,57	0,9
Dietas	17.184,60	12,5
Costes kilométricos	64.125,50	46,6
Combustible	48.458,68	35,2
Neumáticos	5.666,82	4,1
Mantenimiento	4.712,50	3,4
Reparaciones	5.287,50	3,8
kilometraje anual (km / año)	125.000	
kilometraje anual en carga (km / año)	83.750	
Costes Directos (euros / km recorrido)	1,100	
Costes Directos (euros / km cargado)	1,642	

14. Costes Directos Vehículo Articulado Cisterna de Productos de Alimentación. Fuente: Observatorio de mercado de transporte de mercancías por carretera número 23 de 2014

Características técnicas:

- Potencia: 400 CV.
- Masa Máxima Autorizada: 40.000kg.
- Número de ejes: 6.
- Número de neumáticos: 12.

Características de explotación:

- Recorridos superiores a 200km.
- Kilómetros recorridos anuales: 125.000km.
- Recorrido anual en carga: 67%.
- Consumo medio: 36,0 litros/100km.

3.2.3 PORTAVEHÍCULOS

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
Costes directos	148.010,20	100,0
Costes por tiempo	73.536,51	49,7
Amortización del vehículo	15.654,07	10,6
Financiación del vehículo	1.084,17	0,7
Personal de conducción	31.411,76	21,2
Seguros	8.079,47	5,5
Costes fiscales	1.011,04	0,7
Dietas	16.296,00	11,0
Costes kilométricos	74.473,69	50,3
Combustible	58.150,41	39,3
Neumáticos	7.224,28	4,9
Mantenimiento	3.874,50	2,6
Reparaciones	5.224,50	3,5
kilometraje anual (km / año)	135.000	
kilometraje anual en carga (km / año)	109.350	
Costes Directos (euros / km recorrido)	1,096	
Costes Directos (euros / km cargado)	1,354	

15.Costes Directos Portavehículos. Fuente: Observatorio de mercado de transporte de mercancías por carretera número 23 de 2014

Características técnicas:

- Potencia: 385 CV.
- Masa Máxima Autorizada: 40.000kg.
- Número de ejes: 4.
- Número de neumáticos: 14.

Características de explotación:

- Recorridos superiores a 200km.
- Kilómetros recorridos anuales: 135.000km.
- Recorrido anual en carga: 81%.
- Consumo medio: 40,0 litros/100km.

3.2.4 CARBÓN

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
Costes directos	132.357,74	100,0
Costes por tiempo	68.353,64	51,6
Amortización del vehículo	14.530,67	11,0
Financiación del vehículo	1.082,16	0,8
Personal de conducción	31.411,76	23,7
Seguros	7.046,01	5,3
Costes fiscales	1.011,04	0,8
Dietas	13.272,00	10,0
Costes kilométricos	64.004,10	48,4
Combustible	50.094,55	37,8
Neumáticos	7.309,55	5,5
Mantenimiento	2.580,00	1,9
Reparaciones	4.020,00	3,0
kilometraje anual (km / año)	120.000	
kilometraje anual en carga (km / año)	96.000	
Costes Directos (euros / km recorrido)	1,103	
Costes Directos (euros / km cargado)	1,379	

16Costes Directos Vehículo para Gránulos. Fuente: Observatorio de mercado de transporte de mercancías por carretera número 23 de 2014

Características técnicas:

- Potencia: 420 CV.
- Masa Máxima Autorizada: 40.000kg.
- Carga útil: 24.000 kg.
- Número de ejes: 5.
- Número de neumáticos: 12.

Características de explotación:

- Recorridos superiores a 200km.
- Kilómetros recorridos anuales: 120.000km.
- Recorrido anual en carga: 80%.
- Consumo medio: 38,5 litros/100km.

3.3 TRANSPORTE POR FERROCARRIL

Los costes de explotación ferroviarios se han obtenido a partir del (Observatorio del Ferrocarril, 2010). Los diferentes costes obtenidos son los siguientes:

Cánones de circulación:

En España, las empresas que se dedican a la explotación de mercancías tienen obligatoriamente que abonar al gestor de la infraestructura, Adif, una serie de cánones.

- Canon de Acceso: regula el derecho a la utilización de la RFIG por un segmento específico o por el uso de la totalidad de la red. El pago que realizan las empresas ferroviarias se definen de acuerdo a la declaración de la actividad realizada por las mismas y el nivel de actividad.
- Canon reserva de capacidad: grava la disponibilidad que ofrece Adif a las empresas ferroviarias para el uso de la red ferroviaria. La cuantía se define en base a los kilómetros-tren reservados por la empresa, considerando el tipo de línea, tipo de servicio, el tipo de tren y el periodo del día para el cual se reserva.
- Canon por circulación: dependen del tipo de línea de que se trate. Solo las líneas B1, C1 y el tramo Barcelona TP Ferro se dedican al transporte de mercancías.

Costes de Energía:

- Suministro de combustible (tracción diésel): los litros suministrados se cobran a precio del mercado y se les añade un coste de gestión y dispensación. No obstante, el suministro puede realizarse por parte de la empresa de servicios ferroviarios. La cifra de consumo medio suele ser de 4,5 litros/km para una locomotora de 2.500 KW remolcando trenes de hasta 800 toneladas. Siendo el precio del gasóleo que se usa para las locomotoras de 0,9 Euros/litro. Siendo el coste de 4,05 €/km.
- Suministro eléctrico (tracción eléctrica): es la energía que se transite a partir de la catenaria, que depende de las toneladas que remolca e tren y de los kilómetros que ha recorrido. El coste a pagar por el consumo de energía eléctrica consumida se obtiene por las toneladas kilómetro brutas remolcadas (tkbr) por cada tren. En España se aplica en proporción de 1,86 € por cada 1000 tkbr.

Coste de Personal de Conducción:

En el coste anual del maquinista se incluyen, además de la retribución del trabajador y sus seguros sociales, diversos gastos como son las dietas, hospedajes, compensaciones por excesos de jornadas, seguros sociales, formación y reconocimiento médico. Con lo que se obtiene un valor medio de 96.200 €/año. En cuanto a las horas de conducción, se consideran 230 días de trabajo con 5 horas legales de conducción según R.D 2387/2004. Con un Coeficiente corrector Kr para los mercancías de 0,5.

- Salario anual 42.000€
- Dietas y primas de producción 6.000€
- Compensaciones por excesos jornada 5.000€
- Seguros sociales 18.000€
- Formación y reconocimientos médicos 6.000€
- Manutención y hospedaje: 240días a 80 € 19.200€
- TOTAL 96.200€

Mantenimiento locomotoras:

Para obtener un coste aproximado que sirva como referencia, en algunos países europeos se acepta la correlación que la práctica ha contrastado entre el valor de compra de las locomotoras y los costes de mantenimiento que anualmente requieren. Esta relación es de alrededor del 4 % para las eléctricas y del 7 % para las diésel. Con ello una locomotora eléctrica de coste de adquisición de 3 millones de euros tendría, para una producción media de alrededor de 100.000 Km/año, un coste de mantenimiento de 120.000 euros, lo que supondría alrededor de 1,2 €/km.

Mantenimiento Vagones:

Se considera aceptable valorar el coste anual, del mantenimiento en el 3% de adquisición, siendo el valor medio de un vagón de alrededor de 12m de longitud con un coste de 60.000€. Y suponiendo que el recorrido medio del vagón es de 40.000 km año; lo que supone que los costes son entre 9-4,5 €/km.

Amortización Locomotora:

La amortización se calcula como:

Precio locomotora(Euros)

$$= \text{Euros fijos locomotora} + \text{Euros por Kw de potencia de la locomotora} \\ + \text{Euros por tonelada de masa de la locomotora}$$

- Se considera que la Empresa Ferroviaria es la propietaria de la locomotora (no adquiere la tracción mediante leasing) y la adquiere de primera mano
- Fórmula precio Diésel (millones de 2008)= $1+0,0004(\text{potencia})+0,0833(\text{masa})$
- Fórmula precio Eléctrica (millones de 2008)= $1,666+0,0002083(\text{potencia})+0,012962(\text{masa})$
- Se actualiza el precio con la inflación media de la Eurozona.
- Precios sin IVA.
- No se incluye un parámetro corrector para tener en cuenta descuentos por el volumen.
- Plazo Amortización 25 años.
- Valor residual 10%.

$$\text{Coste Amortización (€)} = \frac{\text{Valor Adquisición} * \text{Valor Residual}}{\text{Vida Útil}}$$

Amortización Vagones:

Precio vagón(Euros)

$$= \text{Euros fijos vagón} + \text{Euros por eje del vagón} \\ + \text{Euros por tonelada de tara}$$

- Se considera que la Empresa Ferroviaria es la propietaria del vagón y lo adquiere de primera mano.
- Precio vagón (millones de 2008) = $0,021+0,01(\text{ejes})+0,016(\text{tara})$.
- No se considera un factor corrector por el volumen de compra de vagones.
- Amortización 25 años.
- Valor residual 0%.

Financiación de vagones y locomotoras:

Es la suma de los costes anuales de financiación de los elementos que se hayan comprado.

$$\text{Financiación (Euros)} = \frac{\left(n * \frac{P * i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right) - P}{\text{vida útil}}$$

- P=Préstamo para la compra de elementos
- i=Interés en tanto por uno
- n=Periodos financiación

COSTES DE EXPLOTACIÓN (c€/ tnet.km)	Tracción eléctrica		Tracción diésel	
	Perfil suave	Perfil montañoso	Perfil suave	Perfil montañoso
Material móvil				
Locomotoras				
Amortización				
Financiación				
Mantenimiento				
Plataformas/vagones				
Alquiler/amortizaciones				
Financiación				
Mantenimiento				
Operación				
Personal				
Energía				
Cánones (infraest. y servicios ACA)				
Reserva y utilización de surcos				
Terminales (acceso y expedición)				
Acarreos internos y otros serv. (maniobras y traslado de UTIs)				
Otros gastos				
Otros gastos fijos de los costes de tracción				
Otros gastos fijos de los costes de material rodante				
TOTAL				


17.Costes de explotación. Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010

Se ha escogido un único tipo de locomotora debido a que todos los recorridos ferroviarios discurren por vías electrificadas. Todo el material rodante ferroviario se ha escogido dentro del parque material de Renfe. Los costes de explotación con los que se ha realizado el trabajo son tracción eléctrica y perfil montañoso, se considera montañoso por encima de las 15 milésimas, ya que no discurren los itinerarios por zonas de grandes pendientes. La locomotora escogida así como los distintos vagones con sus características técnicas y sus costes de explotación se encuentran detallados en las siguientes imágenes

3.3.1 MATERIAL RODANTE MOTOR

Dentro de todo el parque material rodante motor de Renfe se ha escogido la locomotora eléctrica Serie 250 debido a que es una locomotora que se usa para el transporte de mercancías y Renfe tiene una flota de 25 locomotoras.

SERIE 250	
UNIDADES EN SERVICIO	25
SERVICIO	Línea
AÑO DE PUESTA EN SERVICIO	1982-1989
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	3 kV cc
ANCHO DE VIA	1.668 mm.
DISPOSICIÓN DE EJES	C' C'
VELOCIDAD MÁXIMA	100 km/h
POTENCIA	4.600 kW
PESO	124 t
CONSTRUCTOR	Caf, MTM, Brown Boveri y Krauss Maffei
OTROS DATOS	En sus orígenes también remolcaron trenes de viajeros



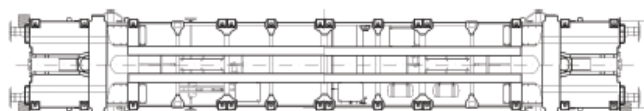
18. Serie 250 Parque Material Motor Renfe Operadora. Fuente: Renfe

3.3.2 MATERIAL RODANTE REMOLCADO

3.3.2.1 PLATAFORMA PORTACONTENEDORES

Para el transporte de contenedores el vagón elegido es la plataforma MMC3E

Numeración	Nacional MMC	453.801 a 453.950
	Internacional	32714252001-1 a 150-6
Características Generales		
Carga Máxima t		70,3
Tara Media t		19,7
Freno		Aire Comprimido
Velocidad Máxima km/h		100
Long. entre Topes m (f)		19,74
Altura Máxima m (g)		-
Altura Apoyo Contenedores m (h)		1,155
Empate m (i)		14,2
Dimensiones Interiores		
Largo m (j)		18,50
Ancho m (k)		2,40
Superficie Útil m²		44,0
Otras Características		
Cambiador de Potencia		Dispositivo autocontinuo
Año de Construcción		2.002-2.003



MMC3E

Aplicaciones Comerciales

Transporte de contenedores. Dispone de 6 clavijas dobles ISO, y 16 clavijas sencillas ISO. Las clavijas son especiales para el transporte de TEU's vacíos de tara inferior a 3.000Kg.

Capacidad máxima 60' <> 3 TEU's.

19. Plataforma MMC3E Parque Material Remolcado. Fuente: Renfe

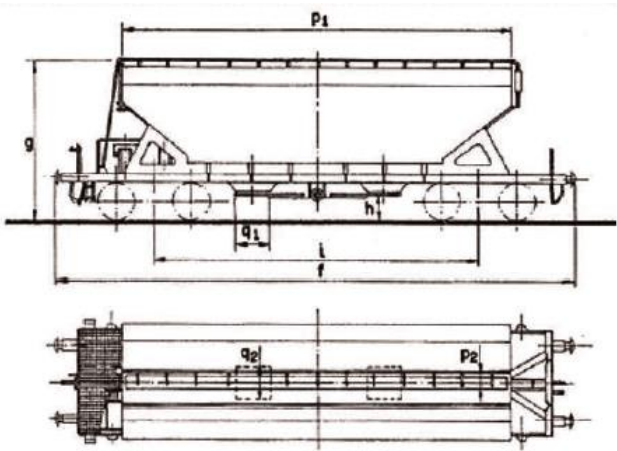
COSTES DE EXPLOTACIÓN (c€/ tneto.km)	Tracción eléctrica		Tracción diésel	
	Perfil suave	Perfil montañoso	Perfil suave	Perfil montañoso
Material móvil	1,11	1,20	1,27	1,30
Locomotoras	0,49	0,58	0,65	0,69
Amortización	0,19	0,22	0,18	0,19
Financiación	0,04	0,05	0,04	0,04
Mantenimiento	0,26	0,31	0,44	0,46
Plataformas/vagones	0,62	0,62	0,62	0,62
Alquiler/amortizaciones	0,29	0,29	0,29	0,29
Financiación	0,06	0,06	0,06	0,06
Mantenimiento	0,27	0,27	0,27	0,27
Operación	0,89	0,99	1,26	1,29
Personal	0,46	0,55	0,46	0,49
Energía	0,43	0,43	0,80	0,80
Cánones (infraest. y servicios ACA)	0,92	0,92	0,92	0,92
Reserva y utilización de surcos	0,02	0,02	0,02	0,02
Terminales (acceso y expedición)	0,04	0,05	0,04	0,04
Acarreos internos y otros serv. (maniobras y traslado de UTIs)	0,86	0,85	0,86	0,85
Otros gastos	0,24	0,27	0,24	0,24
Otros gastos fijos de los costes de tracción	0,16	0,19	0,15	0,16
Otros gastos fijos de los costes de material rodante	0,09	0,09	0,09	0,09
TOTAL	3,15	3,38	3,69	3,75

20. Costes de explotación en el Transporte de Contenedores. Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010

3.3.2.2 TOLVA PARA CEREAL

Para el transporte de cereal el vagón escogido es la Tolva TT5.

Numeración	Nacional TT	571.301 a 571.700(*) 571.113 a 571.694(¶)
	Internacional	81710662001-3 a 400-7(*) 81715660112-9 a 693-8(¶)
Características Generales		
Carga Máxima t		56,0
Tara Media t		24,0
Freno		Aire Comprimido
Velocidad Máxima km/h		100
Long. entre Topes m (f)		14,16
Altura Máxima m (g)		4,28(¶)/4,25(*)
Altura Boca Descarg. m (h)		0,70
Empate m (i)		8,87
Volumen Útil m³		75,0
Otras Características		
Techo		Articulado
Dimens. Boca Carga m (p)		10,18(¶)/10,47(*)x0,50
Descarga		Manual-Central
Nº Bocas Descarga.		2
Dimens. Boca Descarga m (q)		0,90x0,80
Operativa Bª Descarga		Indiv. desde lateral
Año de Construcción		1.970-1.976



Aplicaciones Comerciales
Transporte de cereales y abono.

21.Tolva TT5 Parque Material Remolcado. Fuente: Renfe

COSTES DE EXPLOTACIÓN (c€/ t.neta.km)	Tracción eléctrica		Tracción diésel	
	Perfil suave	Perfil montañoso	Perfil suave	Perfil montañoso
Material móvil	1,32	1,56	1,44	1,69
Locomotoras	0,47	0,72	0,59	0,84
Amortización	0,18	0,27	0,16	0,23
Financiación	0,04	0,06	0,04	0,05
Mantenimiento	0,25	0,38	0,39	0,56
Plataformas/vagones	0,85	0,85	0,85	0,85
Alquiler/amortizaciones	0,40	0,40	0,40	0,40
Financiación	0,08	0,08	0,08	0,08
Mantenimiento	0,37	0,37	0,37	0,37
Operación	0,97	1,22	1,37	1,59
Personal	0,45	0,68	0,42	0,59
Energía	0,52	0,54	0,96	0,99
Cánones (infraest. y servicios ACA)	0,06	0,09	0,05	0,08
Reserva y utilización de surcos	0,02	0,03	0,02	0,03
Terminales (acceso y expedición)	0,04	0,06	0,04	0,05
Acarreos internos y otros serv. (maniobras y traslado de UTIs)	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros gastos	0,27	0,35	0,25	0,31
Otros gastos fijos de los costes de tracción	0,15	0,23	0,13	0,19
Otros gastos fijos de los costes de material rodante	0,12	0,12	0,12	0,12
TOTAL	2,61	3,22	3,12	3,66

22.Costes de explotación en el Transporte Agrícola. Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010

3.3.2.3 PORTAVEHÍCULOS

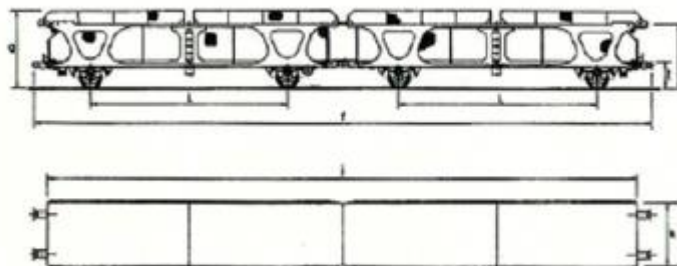
Para el transporte de automóviles el vagón elegido es la plataforma MA5

Numeración	Nacional MA	469.000 a 469.175 469.500
	Internacional	22714352086-3 a 110-1 26714352001-8 a 109-9 26714370000-8 4174352055-5 a 065-4 45714352039-5 a 094-0

Características Generales	
Carga Máxima t	21,5/22,0(†)
Tara Media t	27,7
Peso por Eje t	12,3
Freno	Aire Comprimido
Velocidad km/h	100
Long. entre Topes m (l)	27,0
Altura Máxima m (g)	3,61
Altura Pasarelas m (f)	1,22/2,81
Empate m (h)	8,62

Dimensiones interiores	
Largo Piso Inf. m (j)	25,68
Largo Piso Sup. m (j)	26,52
Ancho m.(k)	2,75
Altura Piso m.(h)	1,22

Otras Características	
Piso	Misto
Piso Superior Móvil	En 20%
Año de Construcción	1.995



Aplicaciones Comerciales

Transporte de automóviles

Vagones Alternativos

MA, MA1, MA5, MA6 y MMA.

Observaciones

Fijación autos: mediante calces.

Protegido con malla lateral entre piso inferior-superior.

(*): Proceden de dos vagones J2.

(#): El segundo valor corresponde a 69 vagones, integrados pero dispersos dentro de la numeración reseñada, de un parque total de 177 vagones MA5, existentes en Mayo 2007.

23. Plataforma MA5 Parque Material Remolcado. Fuente: Renfe

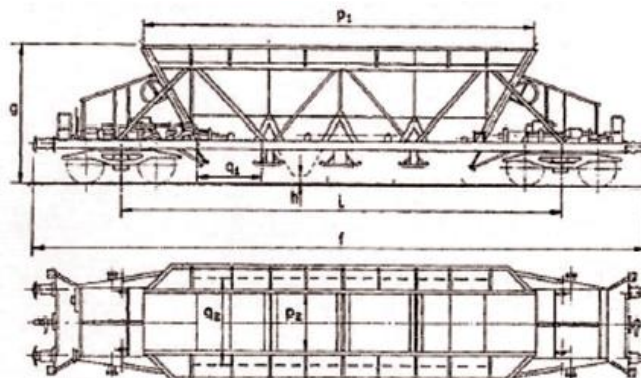
COSTES DE EXPLOTACIÓN (c€ / t.neta.km)	Tracción eléctrica		Tracción diésel	
	Perfil suave	Perfil montañoso	Perfil suave	Perfil montañoso
Material móvil	5,47	5,47	6,40	6,40
Locomotoras	2,69	2,69	3,62	3,62
Amortización	1,03	1,03	0,99	0,99
Financiación	0,23	0,23	0,22	0,22
Mantenimiento	1,43	1,43	2,41	2,41
Plataformas/vagones	2,79	2,79	2,79	2,79
Alquiler/amortizaciones	1,30	1,30	1,30	1,30
Financiación	0,26	0,26	0,26	0,26
Mantenimiento	1,22	1,22	1,22	1,22
Operación	3,92	3,92	5,17	5,17
Personal	2,56	2,56	2,56	2,56
Energía	1,35	1,35	2,61	2,61
Cánones (infraest. y servicios ACA)	0,33	0,33	0,33	0,33
Reserva y utilización de surcos	0,11	0,11	0,11	0,11
Terminales (acceso y expedición)	0,22	0,22	0,22	0,22
Acarreos internos y otros serv. (maniobras y traslado de UTIs)	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros gastos	1,25	1,25	1,21	1,21
Otros gastos fijos de los costes de tracción	0,86	0,86	0,82	0,82
Otros gastos fijos de los costes de material rodante	0,39	0,39	0,39	0,39
TOTAL	10,97	10,97	13,12	13,12

24. Costes de explotación en el Transporte de Automoción. Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010

3.3.2.4 TOLVA PARA CARBÓN

Para el transporte de carbón el vagón es la Tolva TT4

Numeración	Nacional TT	201.001 a 210.610
	Internacional	32716625000-8 a 892-8
Características Generales		
Carga Máxima t	53,0	
Tara Media t	27,0	
Freno	Aire Comprimido	
Velocidad Máxima km/h	100	
Long. entre Topes m (f)	18,00	
Altura Máxima m (g)	4,00	
Altura boca Descarg. m (h)	0,28(1)	
Altura Mecanis. Cierre m	0,03(2)	
Empate m (i)	12,96	
Volumen Útil m ³	70,0	
Otras Características		
Dimens. Boca Carga. m (p)	11,56x1,75	
Descarga	Automática- Central	
Nº Bocas Descarga	4	
Dimens. Boca Descarg. m (q)	1,70x2,30	
Año de Construcción	Inferior- dos a dos (*)	
Operativa B ² . Descarga	1.980-1.983	



Aplicaciones Comerciales

Especializadas en transporte de carbón.

Vagones Alternativos

TT49, TT9, TTE, TTM, TT6 y TT7.

Observaciones

Totalmente preparadas para tráfico internacional.

25.Tolva TT4 Parque Material Remolcado. Fuente: Renfe

COSTES DE EXPLOTACIÓN (c€ / tneto.km)	Tracción eléctrica		Tracción diésel	
	Perfil suave	Perfil montañoso	Perfil suave	Perfil montañoso
Material móvil	1,13	1,39	1,26	1,48
Locomotoras	0,45	0,71	0,58	0,80
Amortización	0,17	0,27	0,16	0,22
Financiación	0,04	0,06	0,04	0,05
Mantenimiento	0,24	0,38	0,39	0,53
Plataformas/vagones	0,68	0,68	0,68	0,68
Alquiler/amortizaciones	0,32	0,32	0,32	0,32
Financiación	0,06	0,06	0,06	0,06
Mantenimiento	0,30	0,30	0,30	0,30
Operación	0,91	1,17	1,30	1,49
Personal	0,43	0,68	0,41	0,57
Energía	0,48	0,50	0,89	0,92
Cánones (infraest. y servicios ACA)	0,06	0,09	0,05	0,07
Reserva y utilización de surcos	0,02	0,03	0,02	0,03
Terminales (acceso y expedición)	0,04	0,06	0,04	0,05
Acarreos internos y otros serv. (maniobras y traslado de UTIs)	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros gastos	0,24	0,32	0,23	0,28
Otros gastos fijos de los costes de tracción	0,14	0,23	0,13	0,18
Otros gastos fijos de los costes de material rodante	0,10	0,10	0,10	0,10
TOTAL	2,34	2,97	2,84	3,31

26.Costes de explotación en el Transporte de Minerías. Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2010

Servicios en Terminales:

El Administrador de infraestructuras ferroviarias, además de gestionar las infraestructuras de vía y todo lo relacionado con las mismas, se encarga de la gestión de las instalaciones anexas y de la prestación de una serie de servicios denominados ACA (Adicionales, Complementarios y Auxiliares), que consiste en la prestación de servicios en las instalaciones logísticas de mercancías, servicios de suministro de energía para tracción y servicios relacionados con la seguridad en la circulación, entre otros.

Estas tarifas son: (Observatorio Industrial del Sector de Fabricantes de Automóviles y Camiones, Marzo-2010)

TARIFAS - SERVICIOS COMPLEMENTARIOS ESPAÑA	
MANIPULACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE INTERMODAL	
MANIPULACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE INTERMODAL	21,00 €/UTI

TARIFAS - SERVICIOS COMPLEMENTARIOS ESPAÑA		
MANIOBRAS EN TERMINALES/INSTALACIONES		
OPERACIONES SOBRE EL MATERIAL ASOCIADAS AL ACCESO Y EXPEDICIÓN DE TRENES	Servicio	36,55 €

27. Tarifas en estaciones e instalaciones logísticas. Fuente: Observatorio Industrial del Sector de Fabricantes de Automóviles y Camiones.

Los 21€/unidad de transporte intermodal son traspasar la carga del tren a un camión que esta situado al lado. Para el calculo del transbordo de la mercancías del tren a camión para realizar los acarreos de las tipologías de mercancías se usan los costos de cambió de ancho de vía, ya que para realizar estos transbordos es similar a traspasar la mercancía de un tren a otro por el cambio de ancho de vía. Los costes van desde los 2,19 €/Tonelada (cereal, carbón) hasta 14,66 €/Tonelada (Automóviles). Estos datos han sido sacados de Jornadas Internacionales Sistemas de Cambio Automático de Ancho de Vía (Guino, 2009). Para el transporte de automóviles se ha elegido el Opel Corsas que pesa 870 kg la unidad con una capacidad de 12 por vagón supone un coste de 153,12 €/vagón. Para el tranpsorte tanto de cereal como de carbón, se ha tomado 24 toneladas que es la carga máxima del camión lo que supone un coste de 52,56 €/vagón.

Estos costes hay que tenerlos en cuenta en los acarreos, ya que normalmente la carga no va a la estación sino que puede s que haya que trasladarla entre 25-50 km más, porque se supone a más distancia hay otras estaciones para hacer la descarga con menor acarreo.

3.4 COMPROBACIÓN DE LA POTENCIA

Para el cálculo de la potencia necesaria, utilizaremos la fórmula:

$$W_T = \frac{P_{tren}(daN) \cdot \Psi \cdot v \left(\frac{m}{s} \right)}{75} (CV)$$

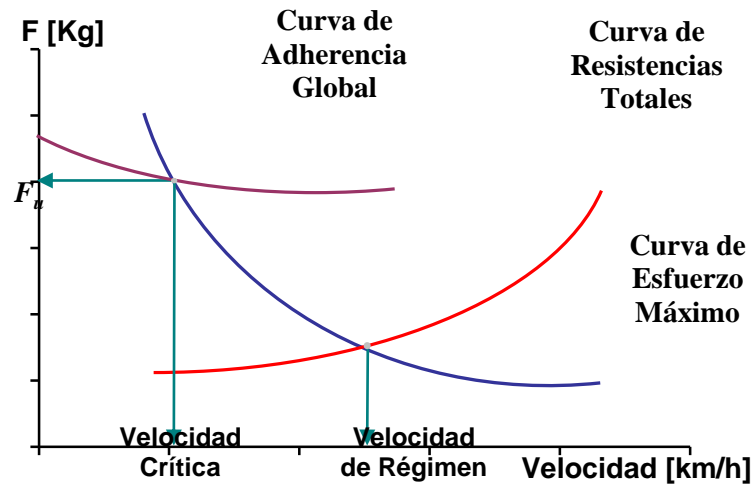
Donde:

- P_{tren} = Peso locomotora + peso total composición (daN)
- Ψ = En recta (3 Kp/Tm (0.003 Kp/Kg) + en rampa (i Kp/Tm = rampa característica del trazado)
- v = Velocidad media en cada tramo (m/s)

Se deberá cumplir que:

$$W_{máquina} \geq W_T$$

Grafico General Esfuerzo – Velocidad



3.5 COMPROBACIÓN DE LA ADHERENCIA

Adherencia: Antes de explicar los factores influyentes hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El coeficiente de adherencia es máximo en el arranque, de esta manera se utiliza al máximo el esfuerzo que nos dé la locomotora.
2. La adherencia durante el viaje depende del tipo de tren del que se trate (de viajeros o mercancías).
3. Límite que impone la adherencia sobre el esfuerzo motor y las potencias aplicables a un eje:

$$W = \frac{100}{27} \cdot \frac{\varphi_0 \cdot P \cdot v}{(1 + 0.01 \cdot v)}$$

- P = Peso adherente.
- φ_0 = Coeficiente de adherencia en arranque.
- W = Potencia máxima, en caballos de vapor, que se puede aplicar a un eje.
- v = Velocidad del tren en Km/h.

Peso adherente (P): Es el peso que apoya la rueda sobre el carril. Cuanto mayor sea este peso mayor será la adherencia.

Coeficiente de adherencia (φ): Es la relación entre el esfuerzo máximo que puede ser aplicado a la llanta sin patinaje y el peso P sobre la rueda:

$$E \leq P \cdot \varphi$$

Cuando no se cumple esta inecuación la rueda desliza sobre el carril.

$$\varphi_0 = 0.24 \text{ (Coeficiente de adherencia en arranque)}$$

Se deberá cumplir que:

$$W \geq W_{\text{máquina/eje}}$$

4. ESTUDIO INTERMODALIDAD MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA

Para este trayecto se ha analizado una única tipología de mercancía como es el transporte intermodal entre Madrid y Barcelona, haciéndose una comparativa con intermodalidad en Zaragoza, y todo esto comparado con el transporte carretero.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO

Las características de este recorrido dependen de los dos tramos:

Madrid-Zaragoza		
Características Trayecto		
Distancia	339	km
Pendiente máxima	17	milésimas
Longitud máxima del tren	550	m
v min	140	km/h

Zaragoza-Barcelona		
Características Trayecto		
Distancia	347	km
Pendiente máxima	27	milésimas
Longitud máxima del tren	550	m
velocidad máxima	130	km/h

Trayecto Madrid-Barcelona		
Características Trayecto		
Distancia	686	km
Pendiente máxima	27	milésimas
Longitud máxima del tren	550	m
v min	130	km/h

28. Características recorrido Madrid-Barcelona. Fuente: Elaboración propia

4.2 COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA

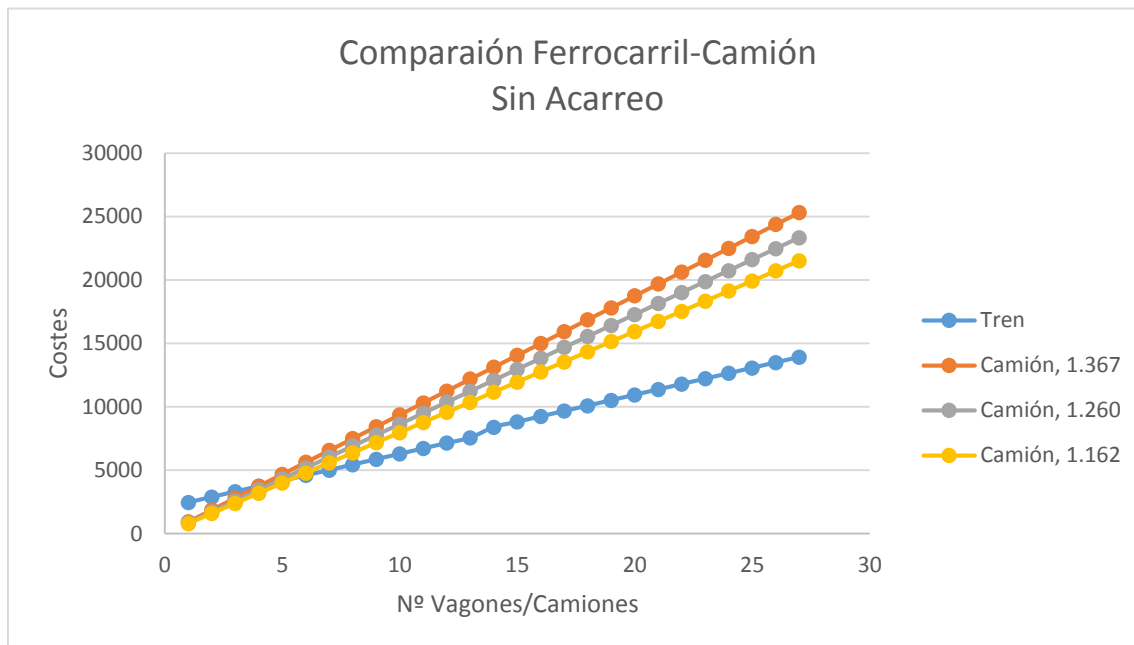
Estos cálculos son iguales para las dos comparaciones, con y sin intermodalidad, debido a que se transportan contenedores en vagones MMC3E en los dos análisis. La longitud máxima del tren en todo el recorrido es 550 metros permitiendo circular un tren de 2 locomotoras y 27 vagones. Pero para la comprobación de la potencia como depende de la rampa característica que en este caso es la máxima que hay en el tramo Zaragoza-Barcelona que es de 27 milésimas. Lo que delimita la capacidad de tracción de las locomotoras, permitiendo la siguiente composición: con una locomotora se puede tirar de 13 vagones y con 2 locomotoras un máximo de 27 vagones MMC3E. Y cumpliéndose también la comprobación de adherencia. Las comprobaciones se encuentran en el Anexo III, 74. Comprobaciones Transporte Intermodal. Fuente: Elaboración propia.

4.3 SIN INTERMODALIDAD

Primero se ha hecho un análisis sin realizar intermodalidad en Zaragoza para ver como son los costes en los dos modos, carretero y ferroviario. En este análisis se ha analizado el recorrido con acarreo y sin acarreo con los costes obtenidos anteriores que son 3,38 €/km. Tm, y para el transporte carretero 1,367 €/km como si fuera cargado, 1,162 €/km si fuera sin carga y un valor intermedio de 1,260 €/km.

4.3.1 SIN ACARREOS

Con los datos de los costes en €/km se obtiene la siguiente gráfica:



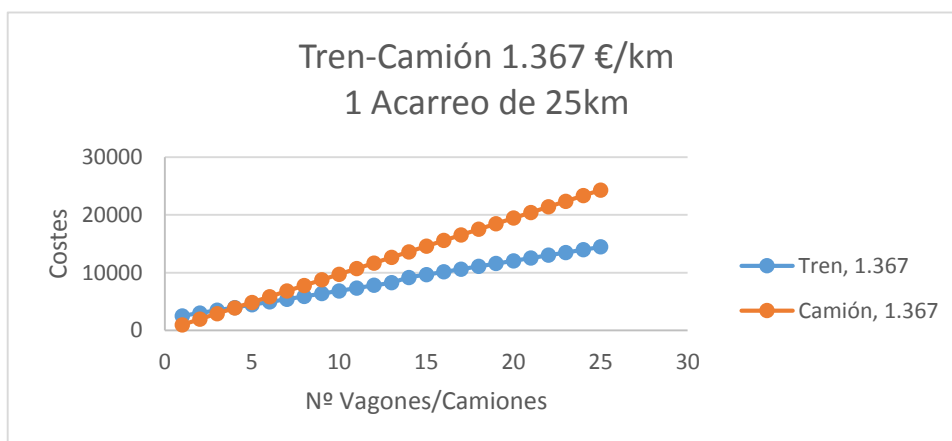
29. Comparativa Transporte de Contenedores Sin Intermodalidad, sin Acarreo. Fuente: Elaboración propia

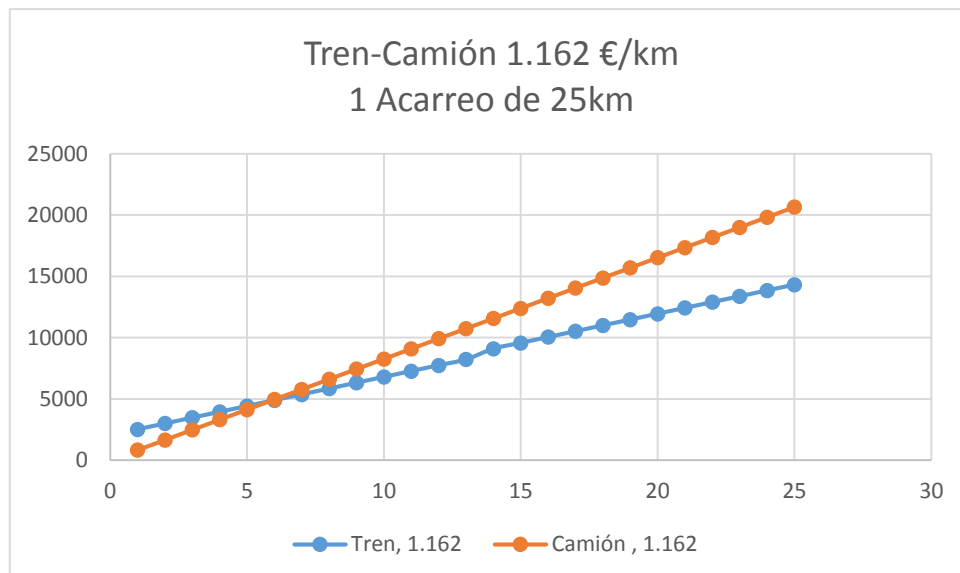
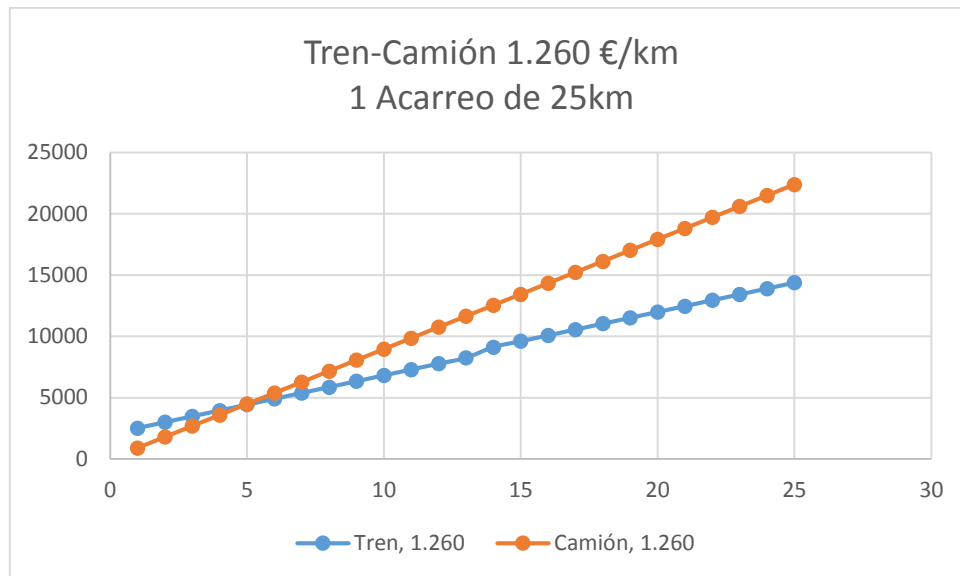
Como se observa en el gráfico el tren comienza con mayores costes pero conforme aumenta el número de contenedores a transportar disminuye los costes y es más rentable que el transporte carretero. Cuando aumenta el número de contenedores de 4 para un precio de 1,367 €/km, 5 para 1,260 €/km y 6 para 1,162 €/km el ferrocarril tiene menos costes. Las tablas con los datos de la gráfica están expuestas en el Anexo III,75. Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión sin Acarreo, Transporte Intermodal. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 ACARREO DE 25 KM

Se ha hecho también una comparación con acarreo de 25 km, con 1 acarreo de 25 y con dos acarreo de 25km. Con lo que se obtiene las siguientes gráficas.

Para un solo acarreo de 25km:

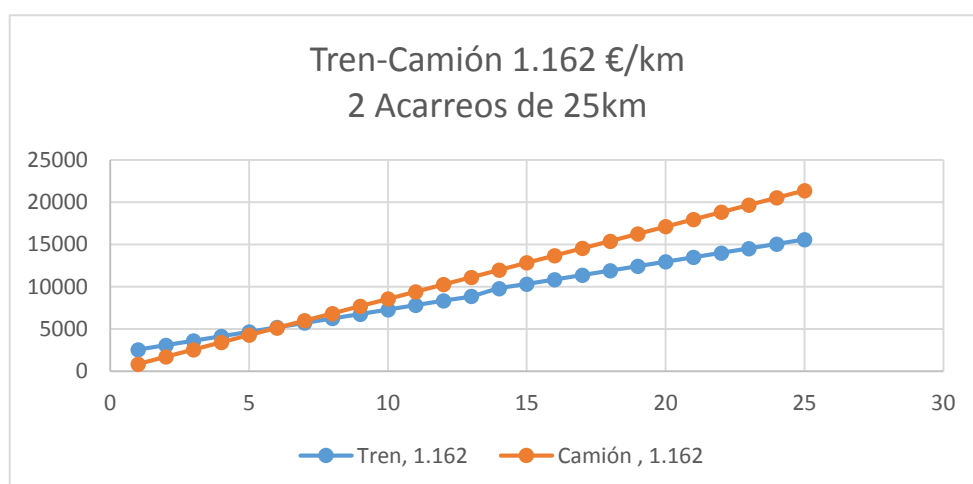
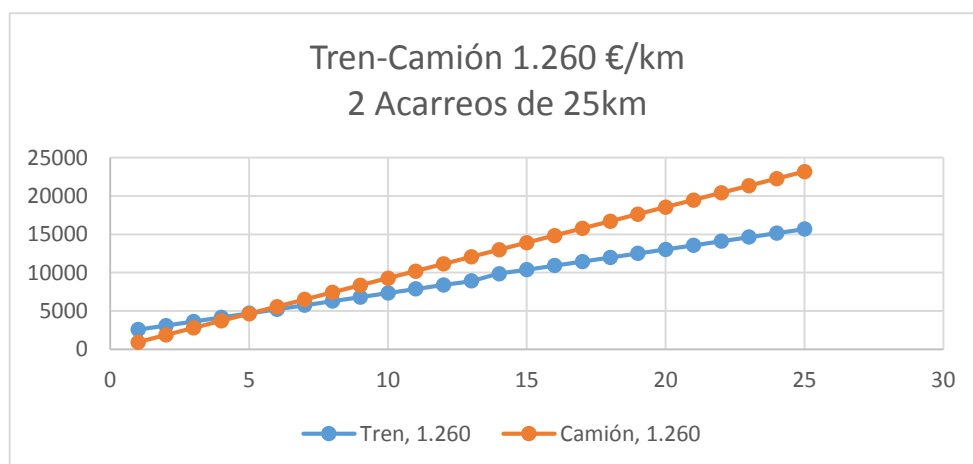
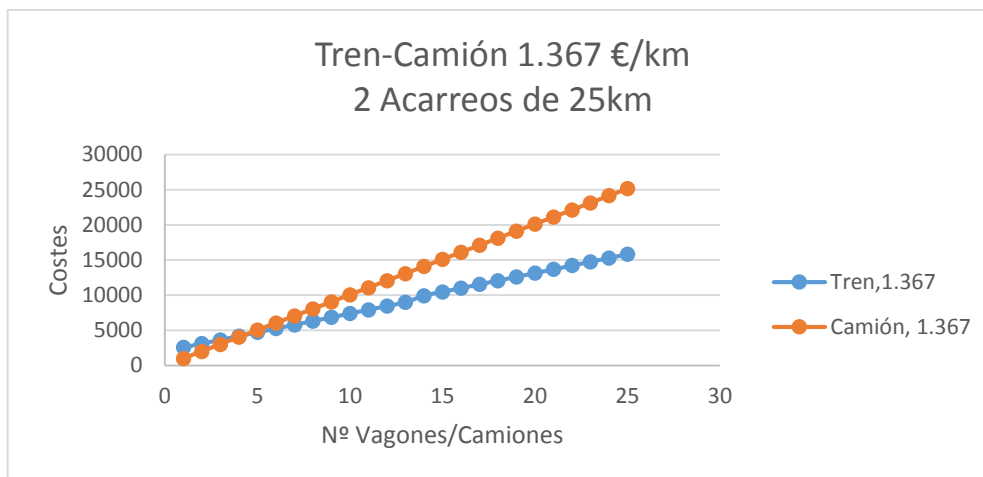




30. Comparativa Transporte de Contenedores Sin Intermodalidad, 1 Acarreo de 25km. Fuente: Elaboración propia.

En estas gráficas se ve que el transporte carretero tiene menos costes al tener que transportar pocos contenedores (un contenedor por camión o vagón), pero cuando el número contenedores aumenta el ferrocarril es más rentable, siendo ya rentable cuando es más de 5 para el coste del camión de 1,367 €/km y 1,26 €/km y 6 para 1,162 €/km.

Sin embargo en vez de ser un acarreo de 25km son dos se obtienen las siguientes gráficas:



31. Comparativa Transporte de Contenedores Sin Intermodalidad, 2 Acarreo de 25km. Fuente: Elaboración propia.

En estos gráficos se observa que al tener dos acarreos se aumentan los costes de manipulación de la carga, con lo que el transporte carretero es más rentable con 4 o menos camiones para un coste de 1,367 €/km, 5 o menos para 1,260 €/km, y menos de 7 para 1,162 €/km. Los datos de las gráficas se muestran en el Anexo III, 76. Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 25 km, Transporte Intermodal. Fuente: Elaboración propia.

4.4 CARGA Y DESCARGAR EN ZGZ

Para el estudio de intermodalidad se ha realizado una tabla con distintas configuraciones de intermodalidad obteniendo la siguiente tabla. En los camiones donde pone 0 a Zaragoza es porque al dejar y coger los mismos contenedores en Zaragoza es como si los camiones únicamente fueran directamente a Barcelona.

4.4.1 SIN ACARREOS

Nº Contenedores	Nº Contenedores en Tren		Nº Camiones		Costes (€)			
	Entrego	Recojo	A Zaragoza	A Barcelona	Tren (€)	Camión 1,367 (€/km)	Camión 1,26 (€/km)	Camión 1,162 (€/km)
7	2	0	2	5	5059	5658	5218	4815
7	2	2	0	7	5101	6606	6093	5622
7	3	0	3	4	5080	5183	4781	4412
7	3	3	0	7	5143	6606	6093	5622
10	2	0	2	8	6335	8471	7811	7207
10	2	2	0	10	6377	9420	8686	8013
10	4	0	4	6	6377	7522	6937	6400
10	4	4	0	10	6461	9420	8686	8013
20	4	0	4	16	11028	16900	15580	14372
20	8	0	8	12	11112	15002	13831	12759
20	8	8	0	20	11280	18797	17329	15985

32. Estudio Intermodalidad, Sin Acarreos. Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos en esta tabla se ve por ejemplo que con 7 contenedores cuando se dejan tres o más en Zaragoza, sin coger ninguno de Zaragoza a Barcelona, es que el transporte carretero tiene menos costes para los casos de 1,162 €/km y para 1,26 €/km en caso de dejar 3 contenedores en Zaragoza, esto es debido a que no hay que manipular carga y dos/tres camiones recorren menos distancia. En el caso del ferrocarril tiene que hacer el trayecto con todos los vagones aunque estén vacíos. También se deduce que al incrementar mucho la carga como es el caso de 16 contenedores el tren sale más rentable que el camión.

4.4.2 ACARREOS DE 25 KM

Para el cálculo de los acarreos se ha utilizado la misma disposición intermodal que en el caso sin acarreos, el estudio ha sido de uno o dos acarreos de 25km de todos los contenedores:

	Nº Contenedores en Tren			Nº camiones	
	Nº Contenedores	Entrego	Recojo	A Zaragoza	A Barcelona
1	7	2	0	2	5
2	7	2	2	0	7
3	7	3	0	3	4
4	7	3	3	0	7
5	10	2	0	2	8
6	10	2	2	0	10
7	10	4	0	4	6
8	10	4	4	0	10
9	20	4	0	4	16
10	20	8	0	8	12
11	20	8	8	0	20

33.Disposición Intermodal. Fuente: Elaboración propia

Con lo que obtenemos la tabla para 1 acarreo de 25 km:

	Costes (€)					
	Tren 1,367	Camión 1,367	Tren, 1,26	Camión 1,26	Tren 1,162	Camión 1,162
1	5445	5897	5426	5281	5409	4815
2	5487	6846	5468	6156	5451	5680
3	5466	5423	5447	4875	5430	4412
4	5529	6846	5510	6187	5493	5709
5	6887	8813	6860	7874	6835	7207
6	6929	9761	6902	8749	6877	8071
7	6929	7864	6902	7063	6877	6400
8	7013	9761	6986	8812	6961	8130
9	12131	17583	12078	15706	12029	14372
10	12215	15686	12162	14083	12113	12759
11	12383	19481	12330	17581	12281	16217

Y en el caso de 2 acarreos de 25 km se obtiene:

	Costes (€)					
	Tren 1,367	Camión 1,367	Tren, 1,26	Camión 1,26	Tren 1,162	Camión 1,162
1	5831	6136	5794	5344	5760	4815
2	5873	7085	5836	6219	5802	5738
3	5852	5662	5815	4970	5781	4412
4	5915	7085	5878	6282	5844	5796
5	7438	9154	7385	7937	7336	7207
6	7480	10103	7427	8812	7378	8130
7	7480	8206	7427	7189	7378	6400
8	7564	10103	7511	8938	7462	8246
9	13235	18267	13128	15832	13030	14372
10	13319	16369	13212	14335	13114	12759
11	13487	20164	13380	17833	13282	16449

34.Estudio Intermodalidad, Sin Acarreo.25 km Fuente: Elaboración propia

En el caso de acarreo de 25 km al igual que en el caso de sin acarreo al aumentar la carga el ferrocarril es el modo más económico. En estas tablas se ve un aumento de los costes del ferrocarril gracias a los costes de manipulación para realizar los acarreo en camión. Con lo que para pocos contenedores y mayor intercambio en Zaragoza el transporte carretero tiene menos costes. Como se observa en las tablas en el caso de 16 contenedores y cuatro contenedores con destino Zaragoza (Línea 7), para los costes de 1,26 €/km y 1,162 €/km el transporte carretero es más económico, siendo que se transportan gran número de camiones. En este caso no se puede hacer grandes comparaciones con el trayecto directo Madrid-Barcelona porque al haber cargas y descargas no se transporta el mismo número de contenedores por lo que las comparaciones se hacen con el siguiente caso donde hay intermodalidad en Zaragoza.

4.5 INTERMODALIDAD

Aunque en el caso anterior de los acarreo ya existe intermodalidad porque se hacen diferentes tramos del recorrido con diferentes modos de transporte. Pero en este apartado se va hacer el estudio a ver si sería más rentable con un tren que vaya a Zaragoza y se descarguen todos los contenedores y parte de ellos sean trasladados a Barcelona en camión.

Nº Contenedores	Coste Total				
	A Zaragoza	A Barcelona	1,36 €/km	1,26 €/km	1,162 €/km
5	0	5	4536	4351	4181
5	2	3	3588	3476	3374
5	3	2	3113	3039	2971
7	0	7	5947	5688	5449
7	2	5	4999	4813	4643
7	3	4	4524	4376	4240
7	4	3	4050	3939	3837
10	0	10	8064	7693	7353
10	2	8	7115	6818	6546
10	3	7	6641	6381	6143
10	4	6	6167	5944	5740
10	5	5	5692	5507	5337
14	0	14	10886	10366	9890
14	2	12	9937	9492	9084
14	4	10	8989	8617	8277
14	6	8	8040	7743	7471
14	8	6	7091	6869	6665
14	10	4	6143	5994	5858
20	0	20	15316	14573	13893
20	4	16	13419	12824	12280
20	8	12	11521	11076	10668
20	10	10	10572	10201	9861
24	0	24	18138	17247	16431
24	4	20	16241	15498	14818
24	8	16	14343	13749	13205
24	12	12	12446	12000	11592

35. Comparativa con Intermodalidad en Zaragoza. Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos y comparándolos con los apartados anteriores se observa que respecto al apartado sin intermodalidad y sin descargar en Zaragoza, es más económico el tren sin intermodalidad para grandes cargas y el camión para pocos contenedores (p. ejemplo 5 contenedores a un coste de 1,162 €/km). Como se ve en la comparación sin dejar ningún contenedor en Zaragoza.

Comparación Madrid-Barcelona			Camión o Intermodal (€/km)		
Intermodalidad	Nº Contenedores	Solo Tren	1,36	1,26	1,162
Si	5		4536	4351	4181
No	5	4166	4689	4322	3986
Si	7		5947	5688	5449
No	7	5017	6564	6051	5580
Si	10		8064	7693	7353
No	10	6293	9378	8644	7971
Si	14		10886	10366	9890
No	14	8392	13129	12101	11160
Si	20		15316	14573	13893
No	20	10944	18755	17287	15943
Si	24		18138	17247	16431
No	24	12645	22506	20745	19131

36. Tabla Comparativa, sin Destino Intermedio. Fuente: Elaboración propia

Sin embargo para el caso de carga y descarga se ha comparado dejando contenedores en Zaragoza con lo que se obtiene la siguiente tabla:

Comparación Madrid-Zaragoza-Barcelona				Camión o Intermodal (€/km)		
Intermodalidad	Nº Contenedores	Entrego	Solo Tren	1,36	1,26	1,162
Si	7	2		4999	4813	4643
No	7	2	5059	5658	5218	4815
Si	7	3		3113	3039	2971
No	7	3	5080	5183	4781	4412
Si	10	2		7115	6818	6546
No	10	2	6335	8471	7811	7207
Si	10	4		6167	5944	5740
No	10	4	6377	7522	6937	6400
Si	20	4		13419	12824	12280
No	20	4	11028	16900	15580	14372
Si	20	8		11521	11076	10668
No	20	8	11112	15002	13831	12759

37. Tabla Comparativa, con Destino Intermedio. Fuente: elaboración propia

En la tabla se ve que para pocos contenedores como es el caso de 7 y 10 contenedores si se dejan bastantes contenedores la intermodalidad es más rentable porque los camiones solo tiene que realizar el trayecto Zaragoza-Barcelona con el ahorro que esto supone, mientras que para 20 contenedores es más rentable el tren siempre que en Zaragoza no se dejen más de 7-8 contenedores, lo que supone descargar casi la mitad del tren.

4.6 CONCLUSIONES

Con los análisis realizados para el trayecto Madrid-Zaragoza-Barcelona para la elección de uno de los dos modos de transporte, carretero y ferroviario, o intermodalidad entre ambos se concluye que hay que la elección de uno u otro depende tanto el destino de cada cargamento como los trasbordos que hay que realizar y el número de contenedores que hay que transportar.

Para el traslado de pocos contenedores la elección sería el transporte carretero debido a que los costes son inferiores al ferrocarril además en caso de tener que realizar acarreos el camión ira directamente al destino sin que tener que añadir costes a este.

Para el transporte de un lote grande de contenedores el ferrocarril toma ventaja frente al carretero, porque los costes del ferrocarril crecen menos que en caso del camión. Es fundamental para la elección de uno u otro en caso de solo carga y descarga, debido a que los costes del ferrocarril aumentan aparte de la manipulación de la carga a que hay que llevar todos los vagones al destino final (Barcelona) aunque estén vacíos. Sin embargo en el transporte carretero los camiones que vayan al destino intermedio (Zaragoza) no tienen que realizar el recorrido hasta el destino final lo que supone un gran ahorro de kilómetros en el recorrido lo que equivale al ahorro de costes. Mientras que el transporte intermodal gana ventaja cuando hay que llevar más contenedores al destino final que al intermedio o cuando no se llevan muchos contenedores o hay que hacer bastantes intercambios de contenedores entre modos de transporte.

Se puede concluir que no hay un medio de transporte perfecto sino que hay que adecuarlo a las necesidades que cada uno tiene para conseguir el mayor ahorro.

5. ESTUDIO TIPOLOGÍA DE MERCANCIAS ZARAGOZA-BARCELONA

Para el siguiente trayecto se analizan 3 tipos de mercancías, transporte de automóviles, transporte de cereal en tolvas y transporte de contenedores. Para ello se analizan las características técnicas del ferrocarril y del camión.

5.1 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO.

El tramo Zaragoza-Barcelona tiene unas características técnicas de:

Zaragoza-Barcelona		
Características Trayecto		
Distancia	347	km
Pendiente máxima	27	milésimas
Longitud máxima del tren	550	m
Velocidad máxima	130	km/h

38. Características recorrido Zaragoza-Barcelona. Fuente: Elaboración propia

5.2 TRANSPORTE DE AUTOMOCIÓN

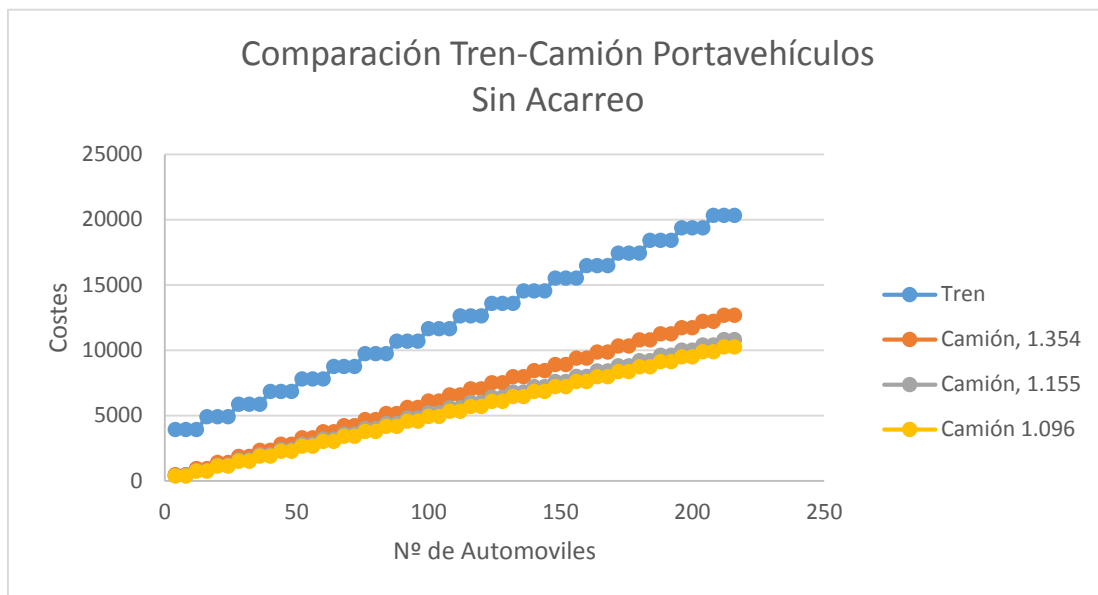
5.2.1 COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA

La longitud máxima del tren en el recorrido es de 550 metros con lo que se podría hacer el transporte de la carga en un tren con dos locomotoras Serie 250 y 19 vagones MA5. Esto es así porque con la comprobación de potencia con una locomotora sería posible mover 24 vagones suponiendo que estos vagones están cargados con la carga máxima. Mientras que con dos locomotoras podríamos transportar hasta 49 vagones, como la capacidad de la línea solo permite 550 metros de longitud del tren, se pueden realizar el trayecto con una locomotora tirando de 19 vagones. Cumpliéndose también la comprobación de la adherencia. Anexo IV,77.Comprobaciones Transporte de Automoción. Fuente: Elaboración propia.

Como la capacidad de un vagón MA5 es diferente a la de un camión portavehículos se ha hecho la comparativa según el número de vehículos a transportar. Como se supone que el recorrido es como si fuera de la General Motors hasta Barcelona se ha escogido un Opel Corsa como el coche que se va a transportar, debido a que es uno de los coches que se fabrican en la GM. Un Opel Corsa tiene una longitud de 4,021m con lo que permite transportar 12 en el vagón MA5 y 8 en el camión.

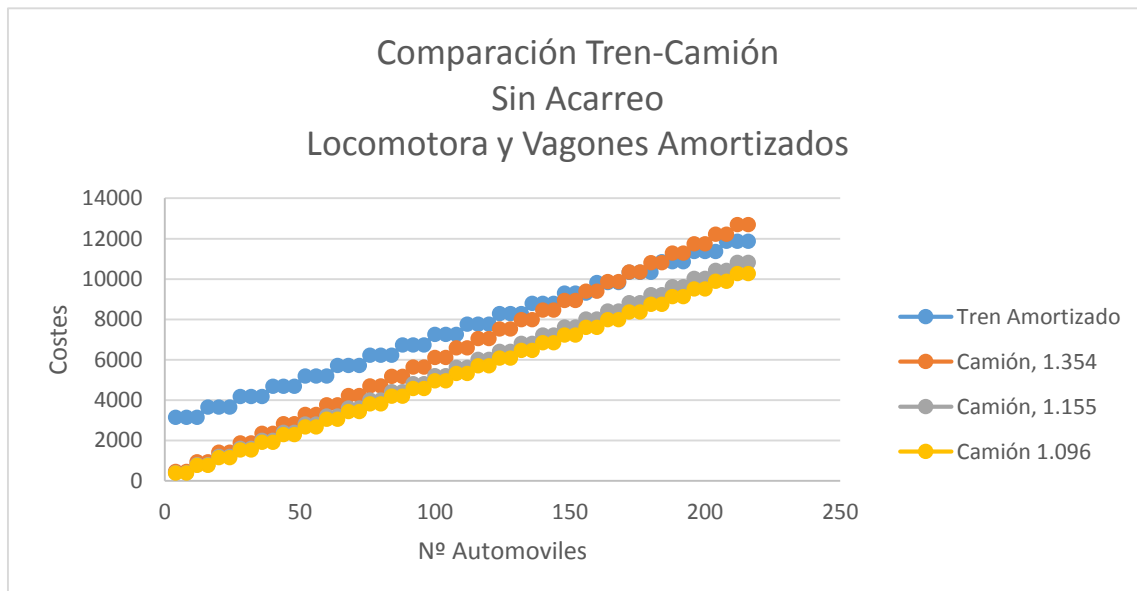
5.2.2 COMPARATIVA SIN ACARREOS

Con los costes del transporte carretero y ferroviario anteriores que son para el transporte ferroviario de 10,96 €/km. Tonelada y para el camión se han tomado tres costes 1,354, 1,155, 1,096 €/km. Con estos costes y conociendo que el recorrido tiene 347 km entre Zaragoza y Barcelona, y sumando los costes ferroviarios de expedición y acceso a las estaciones de 36,55 €/tren cada uno. Con estos datos se obtiene la siguiente comparativa:



39.Comparativa Transporte de Automóviles, sin Acarreos. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el gráfico el tren es mucho más costoso que transportarlo por camión. El problema de transportarlos por camión son más problemas logísticos que pueden incurrir en un mayor coste en el transporte carretero, pero estos costes son externos al transporte en sí, son problemas pertenecientes a las empresas. Por ejemplo para el tren de 1 locomotoras y 19 vagones es necesario cargar 29 camiones con los costes que esto conlleva. También uno de los mayores costes del tren son la amortización con lo que si las empresas son multinacionales, como casi todas las empresas de fabricación de vehículos, pueden comprar locomotoras y vagones obteniéndose este gráfico:



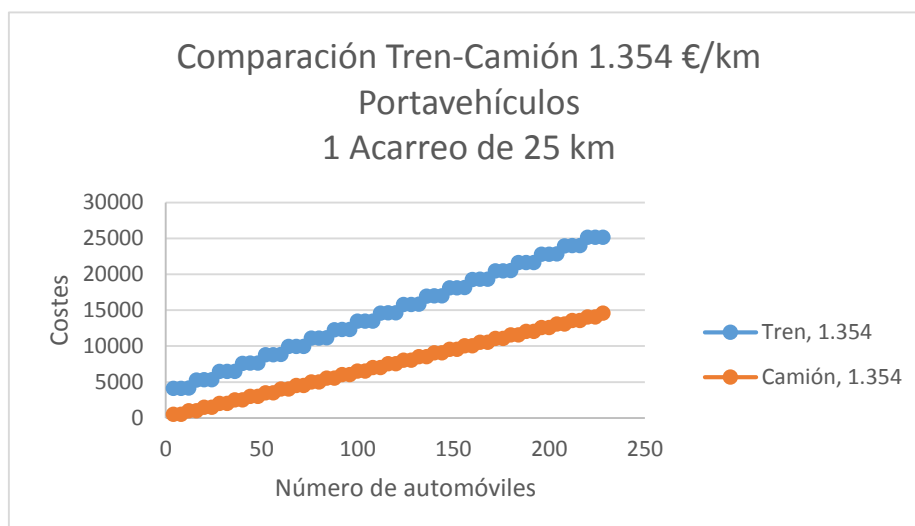
40.Comparativa Transporte de Automóviles, sin Acarreos y Amortización. Fuente: Elaboración propia

En este gráfico se obtiene que si ya se ha amortizado el tren sale más rentable el transporte ferroviario con las ventajas logísticas que este tiene. Pero desde el punto de vista único de transportar automóviles es más rentable el camión sobre todo si son poco automóviles los que hay que transportar.

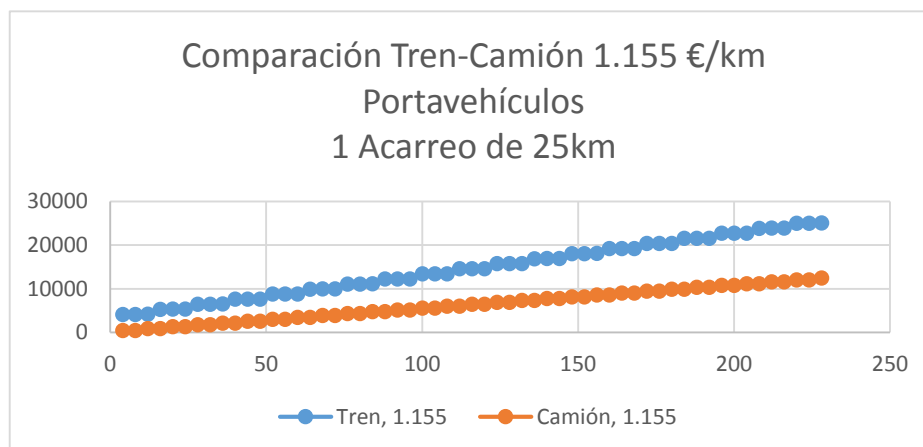
La tabla con los distintos costes están expuestos en el Anexo IV,78.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión sin Acarreos, Transporte de Automoción. Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 COMPARATIVA CON ACARREO DE 25 KM

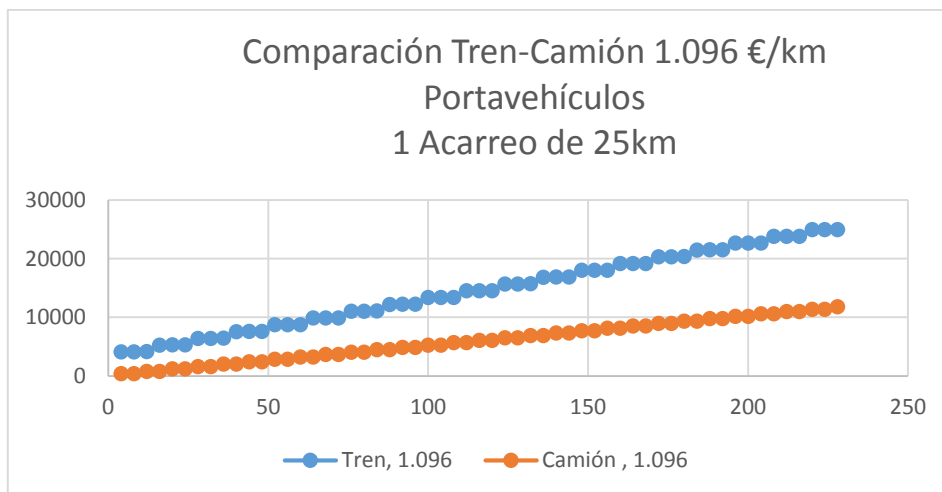
Los costes del recorrido es el mismo que en el apartado anterior pero hay que añadir los costes respectivos a la manipulación de la carga para pasar la carga de los vagones del tren a los camiones. Además de los costes que supone el transporte de la mercancía de 25 km en camión.



41. Comparativa Transporte de Automóviles, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia



42. Comparativa Transporte de Automóviles, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

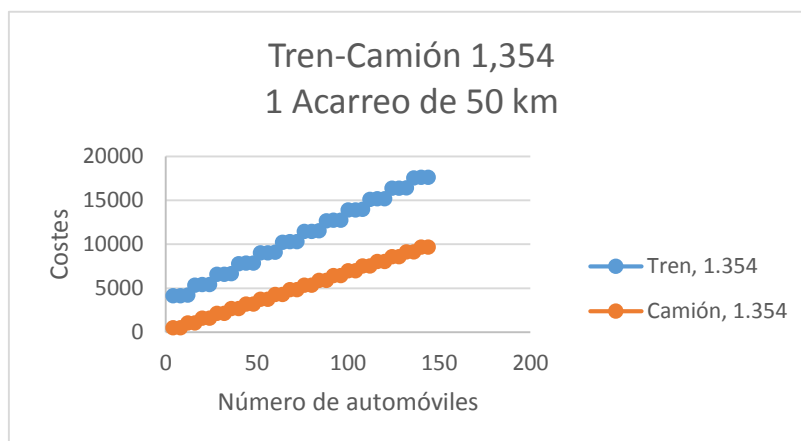


43. Comparativa Transporte de Automóviles, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

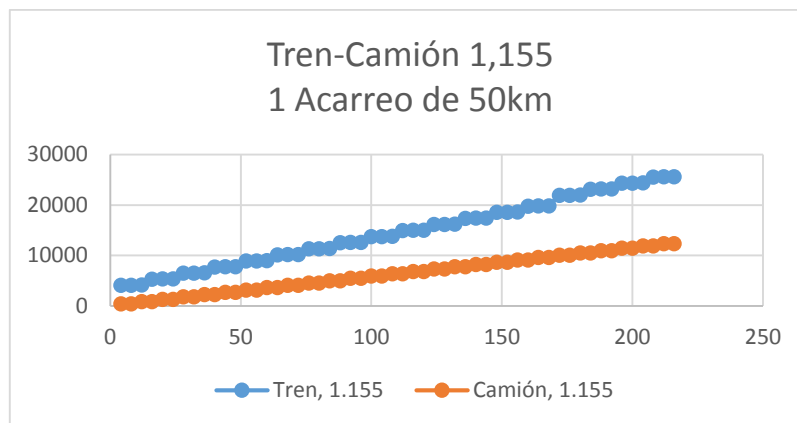
Como se observa en las gráficas el ferrocarril sigue siendo más caro en costes de transporte que en camión. Ya era más costoso sin acarreos lo que al tener que añadir los 21€/unidad por la manipulación de cada vagón hace que siga siendo más rentable el transporte de automoción por carretera en vez de por ferrocarril. La tabla con los diferentes costes se muestran en el Anexo IV,79.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 25 km, Transporte de Automoción. Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 COMPARATIVA CON ACARREO DE 50 KM

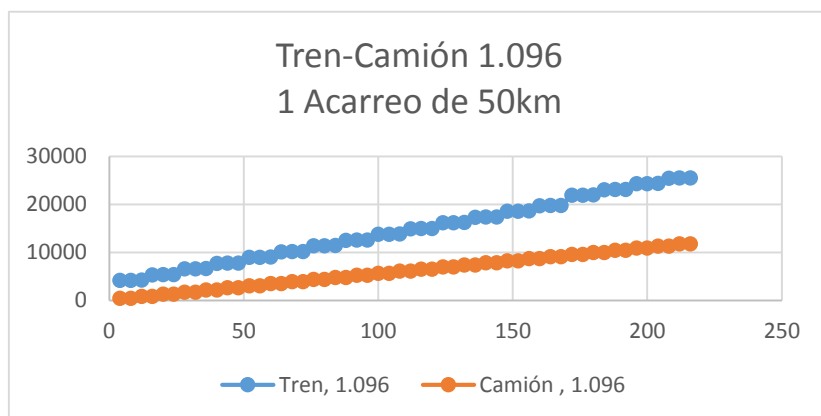
La diferencia es el aumento de los costes porque son 50km más que hay que realizar en camión pero sigue siendo más rentable el transporte carretero. Los datos de las gráficas están en el Anexo IV,80.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreo de 50 km, Transporte de Automoción. Fuente: Elaboración propia.



44. Comparativa Transporte de Automóviles, Acarreo de 50 km. Fuente: Elaboración propia



45. Comparativa Transporte de Automóviles, Acarreo de 50 km. Fuente: Elaboración propia



46. Comparativa Transporte de Automóviles, Acarreo de 50 km. Fuente: Elaboración propia

5.3 TRANSPORTE DE CEREAL

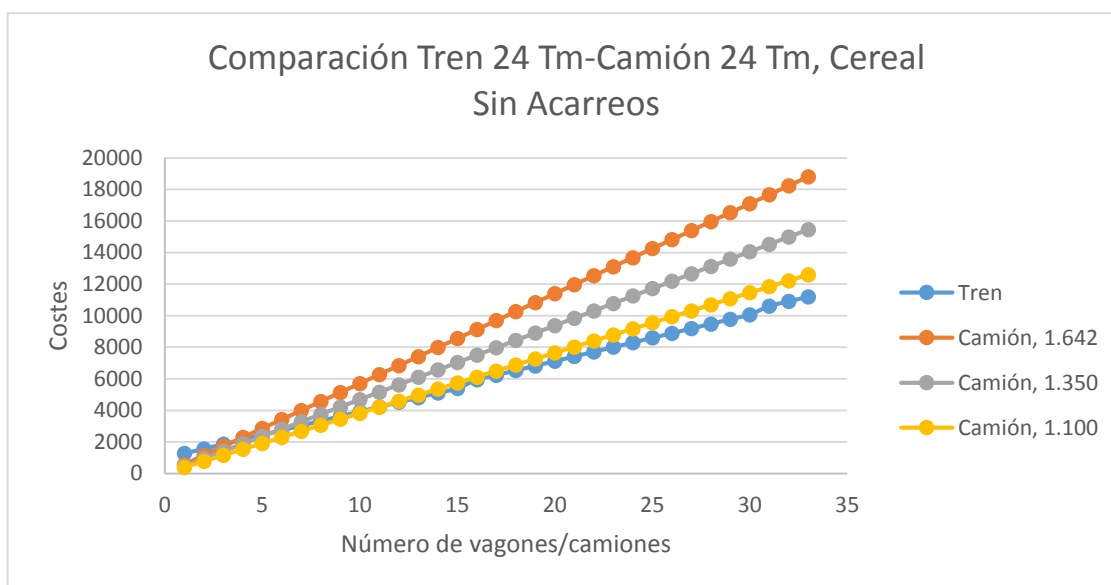
5.3.1 COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA

La longitud máxima del tren en el recorrido es 550 lo que permite una capacidad máxima de 3 locomotoras y 33 vagones tolva TT5 cumpliéndose las comprobaciones de potencia y adherencia. Con la comprobación de potencia podemos comprobar las locomotoras necesarias para la cantidad de vagones a plena carga que se pueden transportar. Con 1 locomotora podemos transportar 15 vagones TT5, con 2 locomotoras 30 vagones, con 3 locomotoras hasta 45 vagones. Aunque como la longitud máxima es menor la capacidad máxima es de 3 locomotoras y 33 vagones. Anexo V,81.Comprobaciones Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la comparación con el transporte carretero se establece que toda la carga que se transporta en el vagón se puede llevar en único camión. Por cada vagón que transporta un tren es necesario un camión. Se van hacer dos comparativas una tanto vagones y camiones cargados con 24 Toneladas de Cereal y otra con 48 Toneladas en los vagones (de 56 Toneladas de carga máxima).

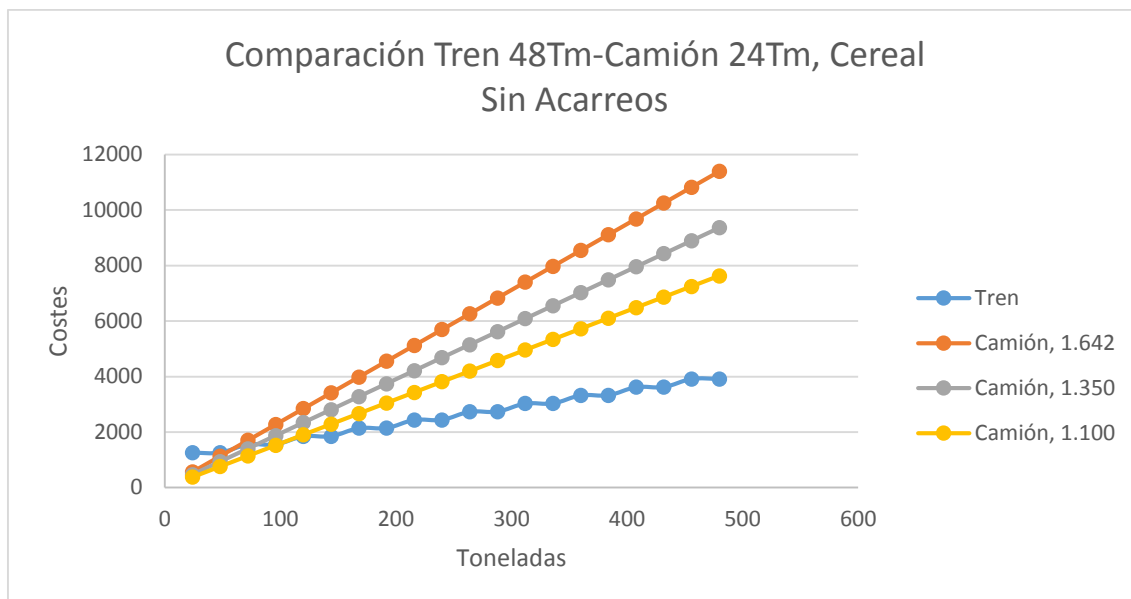
5.3.2 COMPARATIVA SIN ACARREOS,

Los costes son 3,22 €/km. Tonelada para el transporte ferroviario, y para el transporte carretero con carga es 1,642 €/km, y sin carga 1,100 €/km, y un valor intermedio de estos, 1,350 €/km. Con estos costes se ha realizado la comparación de los modos de transporte sin realizar acarreos.



47. Comparativa Transporte de Cereal, sin Acarreos. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica el tren con uno o dos vagones TT5 el camión es bastante más rentable, para precios más competitivos como es el precio como si el camión vaya sin carga es necesario transportar 12 vagones con 24 Toneladas para ser menos costoso que la carga fuera trasladada por los 12 camiones. Pero esto es transportando las mismas toneladas de cereal tanto en tren como en camión, siendo que las tolvas TT5 tienen una mayor capacidad, como se puede observar en el siguiente gráfico con una carga de 48 toneladas por tolva; en caso del transporte carretero son necesarios dos camiones por cada vagón.

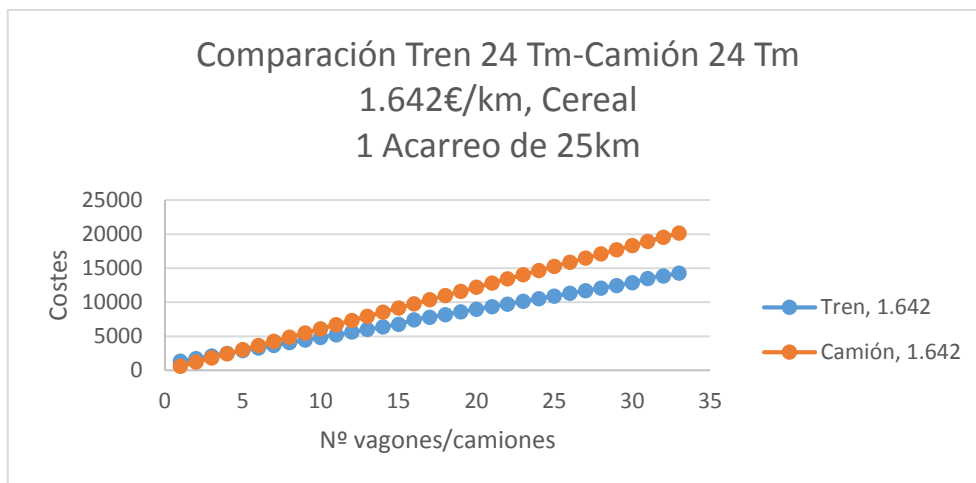


48. Comparativa Transporte de Cereal, sin Acarreos. Fuente: Elaboración propia

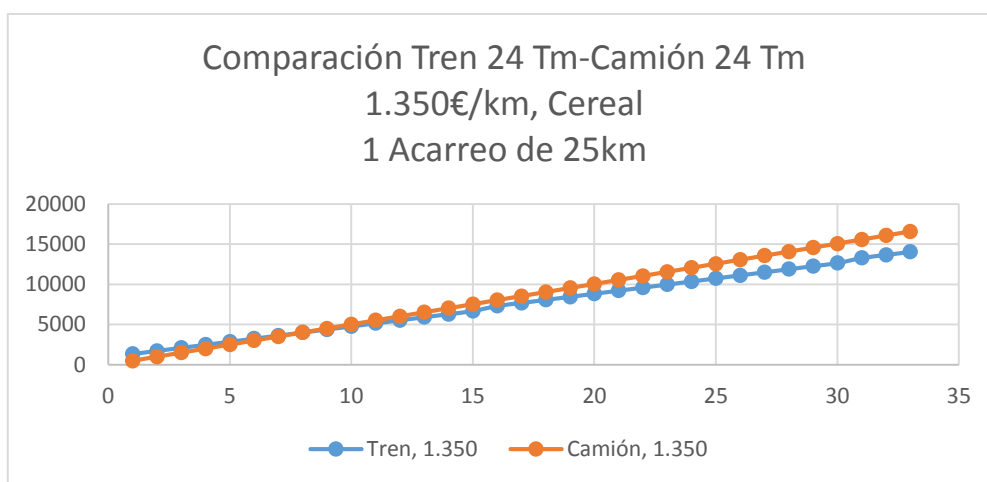
Para transportar 48 toneladas o menos de cereal más rentable el transporte carretero, incluso a un coste de 1,642 €/km. Para un coste del camión de 1,350€/km es necesario que la carga sea menor o igual a 72 Toneladas, lo que significa que transportar la carga con dos camiones es más rentable que con un único vagón. Y para el precio más competitivo del camión supondría menos coste este modo de transporte de mercancías siempre que la carga se de 96 Toneladas o menos. Las tablas con los datos de las gráficas se encuentran en el Anexo V, 82.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 COMPARATIVA ACARREO DE 25KM

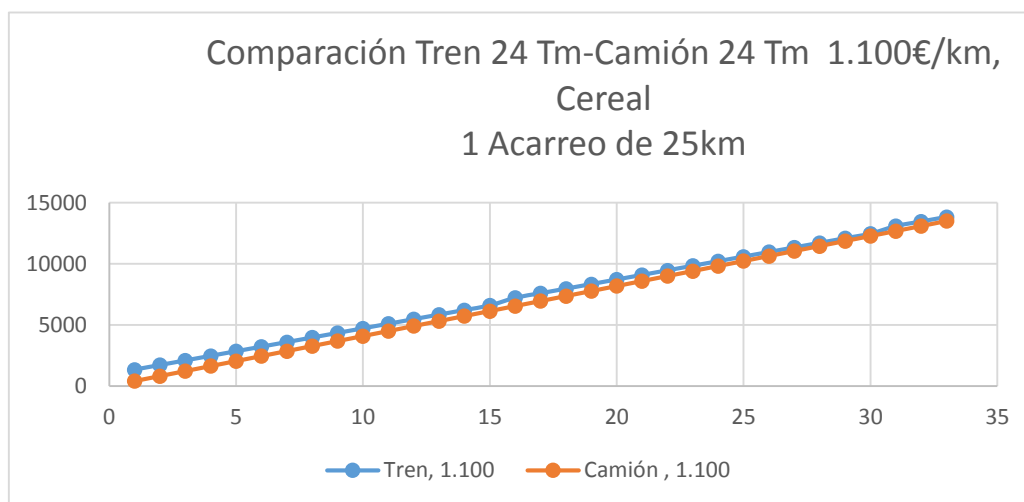
Para la comparación con Acarreo de 25km del tren se han realizado dos análisis uno con 24 toneladas transportadas tanto en camión como en cada vagón, y otro con 48 toneladas en cada vagón y 24 toneladas en cada camión (que es la carga útil del camión), para los diferentes costes por kilómetro del transporte carretero. El Acarreo es de 25 km con lo que conlleva en el coste del transporte la manipulación de la carga para pasarla de los vagones a los camiones. Con un coste para 24 toneladas de 52,56 €/vagón y 105,12 €/vagón, mientras que con el camión no hay manipulación. Las tablas con los datos de las gráficas están en el Anexo V, 84.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Acarreos de 25 km, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.



49.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia



50.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

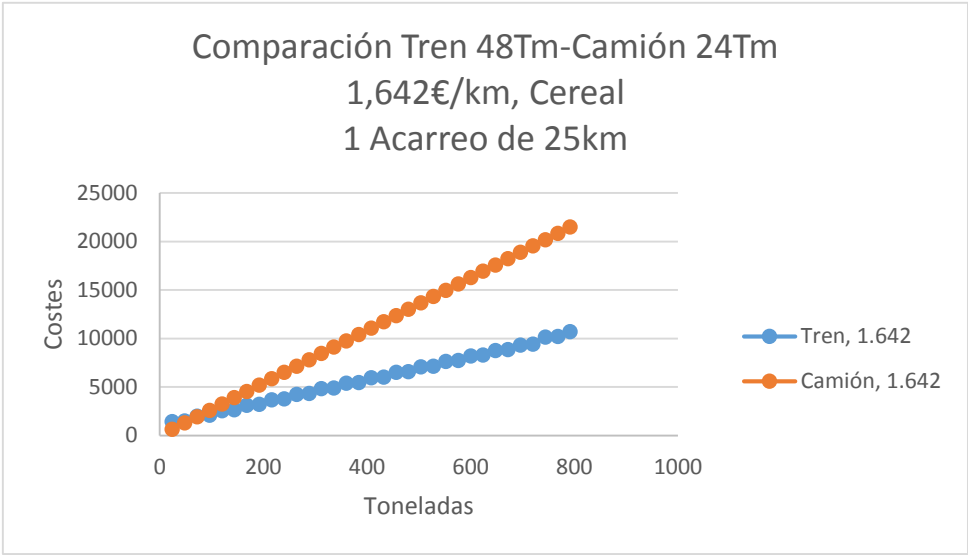


51.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

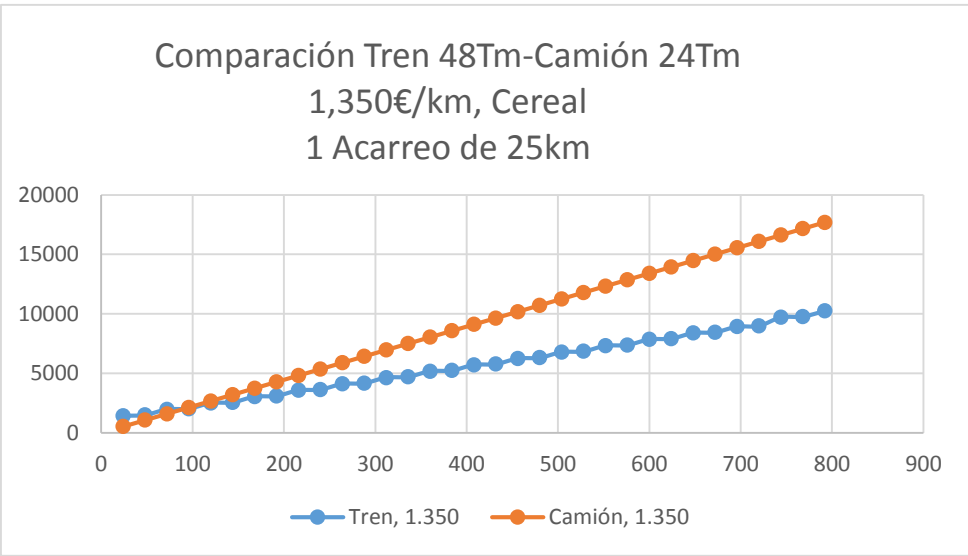
Como se observa en los gráficos con un coste de 1,642 €/km es más costoso el transporte ferroviario hasta que el número de vagones tolva TT5 es mayor de 4 tolvas cargadas con 24 Tm. En el caso de 1,35 €/km es más rentable siempre que el número de camiones sea menor igual a 8 unidades. Para el caso más competitivo del transporte ferroviario de 1,1 €/km siempre es más rentable el transporte carretero por muchos vagones de 24 Tm que se transporten, aunque los costes son muy similares por lo que la

elección de un modo de transporte u otro puede depender de otros factores externos al transporte. Los datos de las gráficas se encuentran en el Anexo V, 84.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Acarreos de 25 km, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.

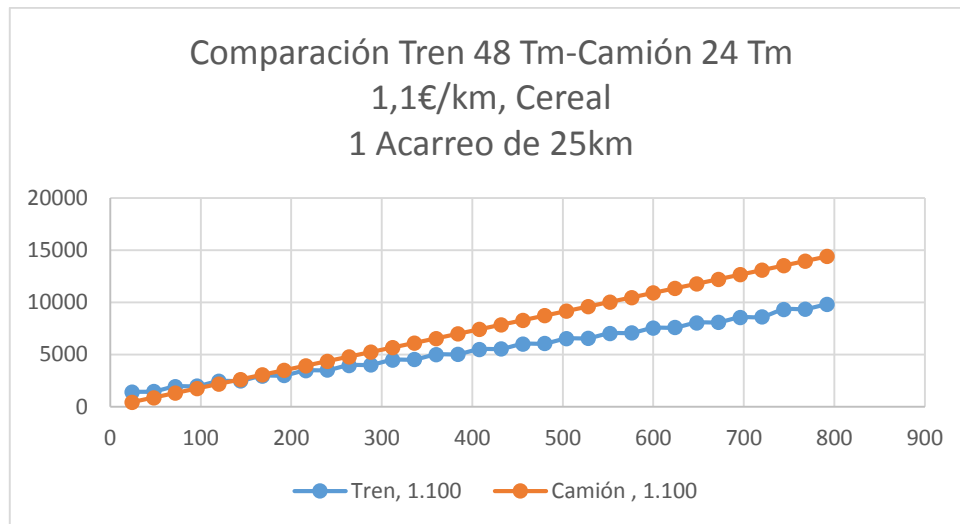
Para el caso de acarreo de 25km pero con las tolvas transportando 48 Tm se obtienen los siguientes gráficos:



52.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia



53.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

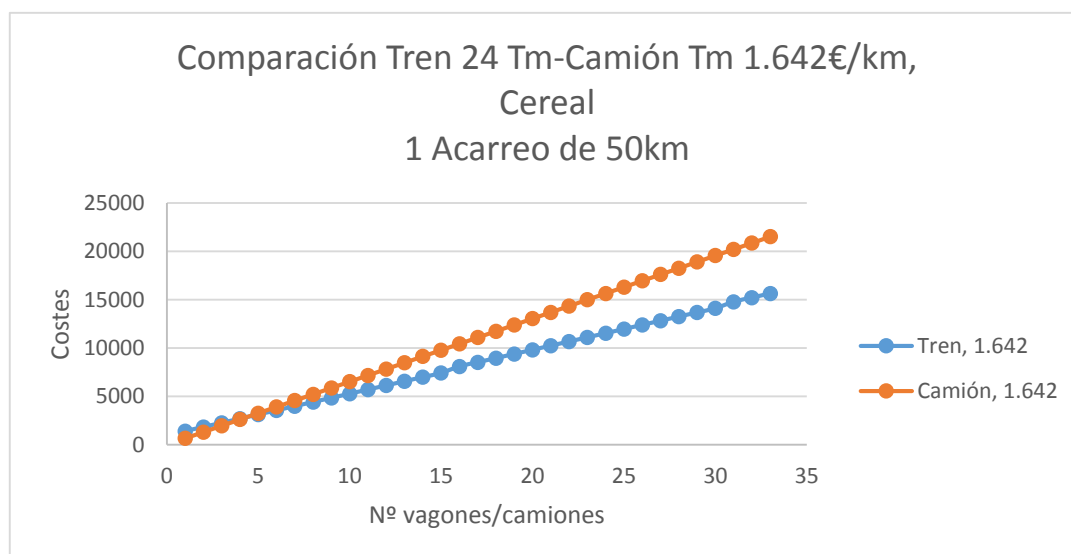


54.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

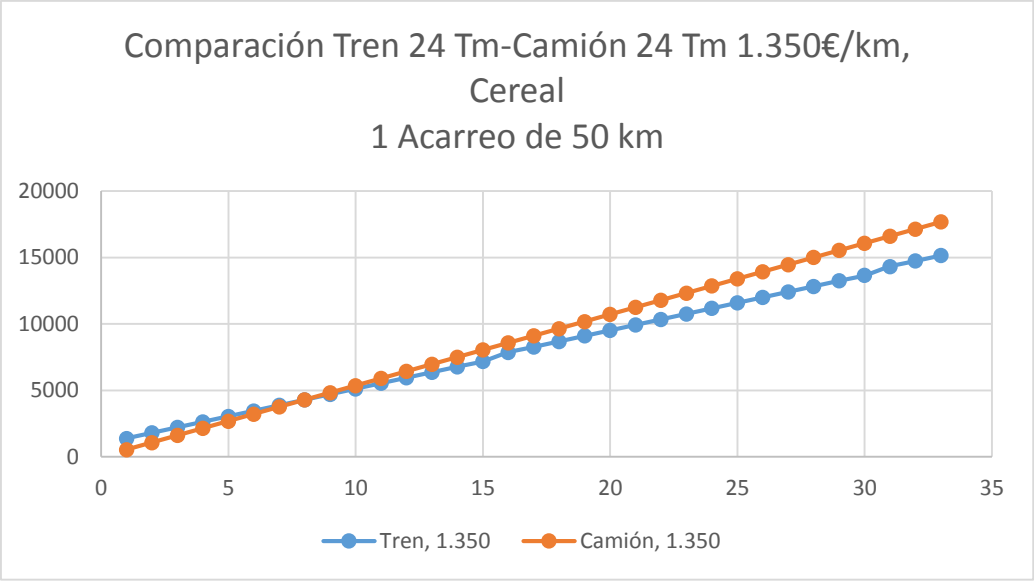
Atendiendo a los tres gráficos se ven grandes diferencias frente a los anteriores (Tren 24tn-Camión 24Tn) donde los costes del ferrocarril se reducen al llevar las tolvas más cargadas que en la anterior comparación. En esta comparación se observa que el ferrocarril tiene menos costes cuando la carga es mayor de 48 Tm para un precio del transporte por carretera de 1,642 €/km, si es mayor 96 Tm para un coste del camión de 1,350 €/km y mayor de 120 Tm para un coste carretero de 1,1 €/km. Anexo V, 85.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 48 Tm y Camión 24 Tm Acarreos de 25 km, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 COMPARATIVA ACARREO DE 50KM

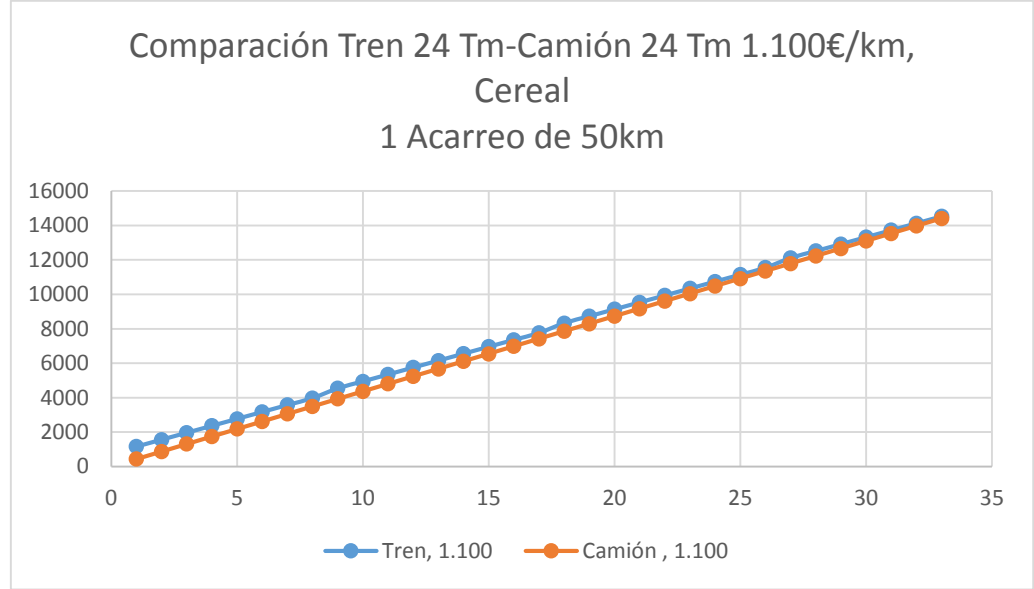
Las diferencias en este apartado son únicamente que se produce un aumento de los costes en todos modos por el aumento de la distancia de acarreo de 25 a 50km calculado transportando 24 Tm tanto el camión como en la tolva del tren, en caso de que las tolvas TT4 llevaran 48 Tm se producirá un aumento de los costes tanto del tren como el camión por el aumento del kilometraje del acarreo. La tabla con los datos está en el Anexo V, 86.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Acarreos de 50 km, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.



55.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 50 km. Fuente: Elaboración propia



56.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 50 km. Fuente: Elaboración propia



57.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 50 km. Fuente: Elaboración propia

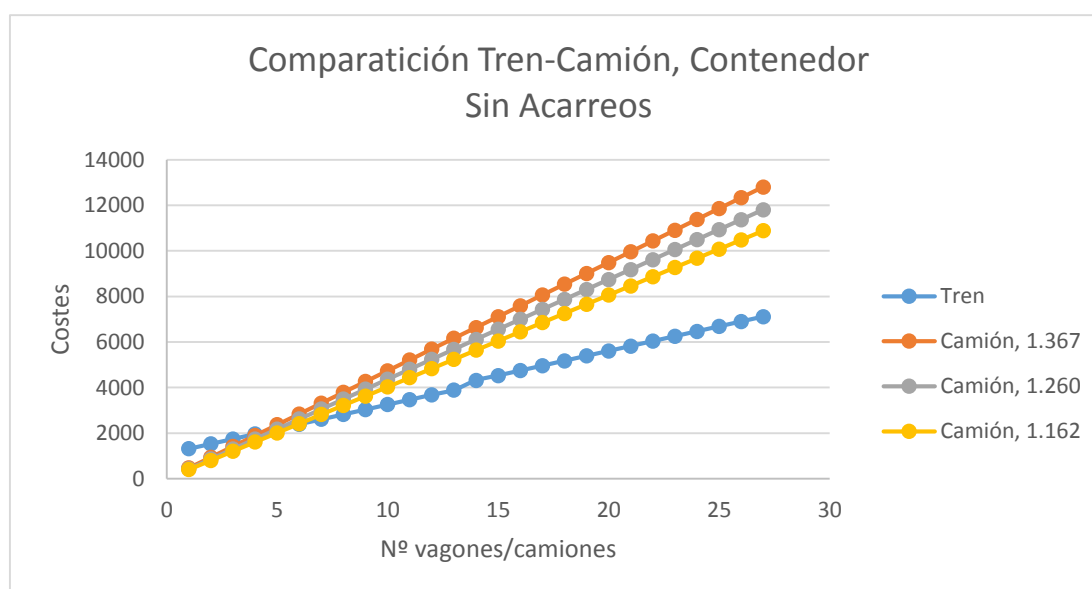
5.4 TRANSPORTE DE CONTENEDORES

5.4.1 COMPROBACIÓN DE LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA

La longitud máxima del tren en el recorrido es 550 metro con lo que permite realizar el trayecto con 2 locomotoras Serie 250 y 27 vagones MMC3E. Con la comprobación de potencia se obtiene que con una única locomotora se puede tirar de 13 vagones, con 2 se pueden transportar 27vagones MMC3E. Cumpliéndose también la comprobación de adherencia. La tabla se encuentra en el Anexo VI, 87.Comprobaciones Transporte de Contenedores. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 COMPARATIVA SIN ACARREOS

Los costes del transporte carretero son 1,367 €/km cargado, 1,162 €/km sin carga (precio mínimo por el que hacen carreras los camioneros) y un valor intermedio 1,260 €/km. Y para el transporte ferroviario 3,38 €/km. Tonelada. Al ser contenedores intermodales, los contenedores se transbordan directamente del camión al tren y viceversa. Con estos datos y según el número de camiones o vagones se obtiene las siguientes gráficas:

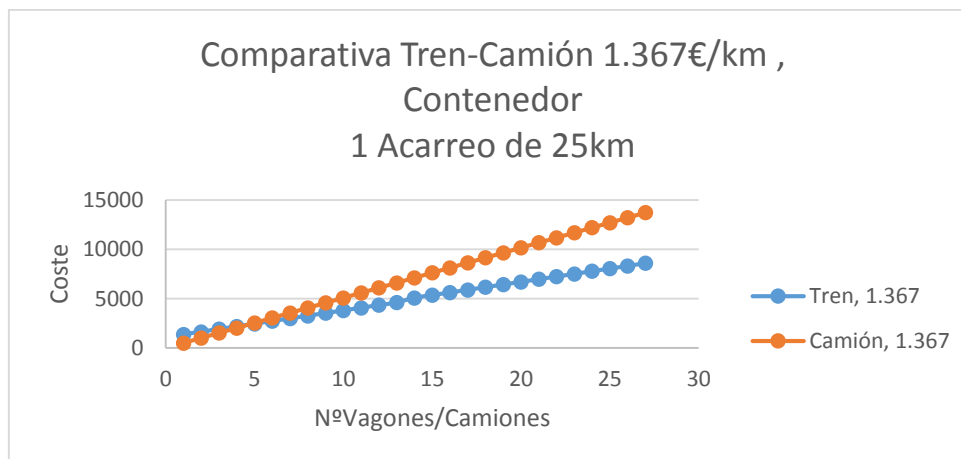


58.Comparativa Transporte de Contenedores, sin Acarreos. Fuente: Elaboración propia

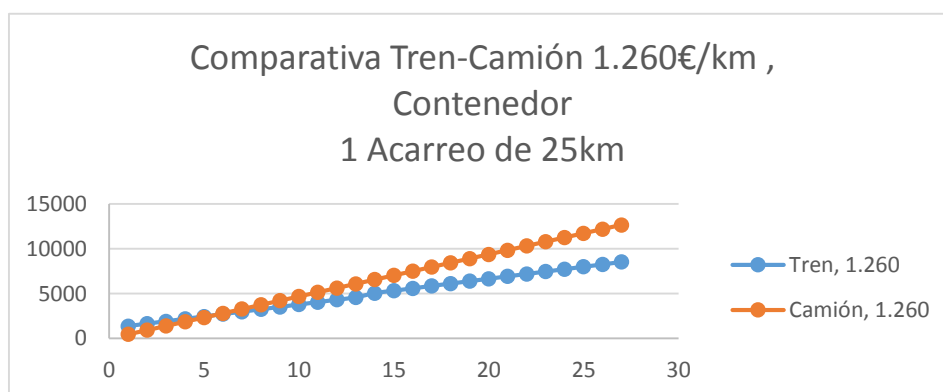
Como se ve en el gráfico al aumentar el número de contenedores a transportar (vagones/camiones) el transporte por ferrocarril tiene menos costes que el transporte carretero. Con 6 vagones ya es menos costoso el transporte incluso para el precio de 1,162 €/km y con solo 4 vagones para un coste de 1,367 €/km. La tabla con todos los costes se encuentra en el Anexo VI, 88.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Sin Acarreos, Transporte de Contenedores. Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 COMPARATIVA ACARREO DE 25KM

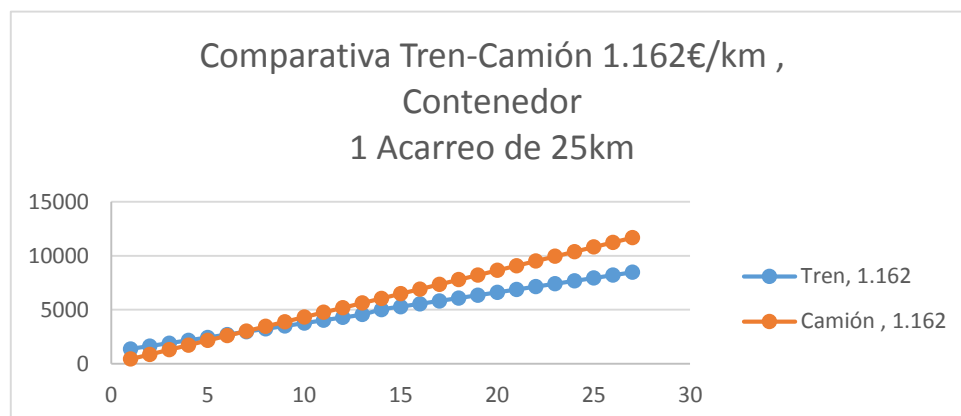
Para el Acarreo hay añadir los costes de la manipulación de los contenedores para transbordarlo del tren al camión son 21 €/Unidad. Con lo que se obtienen las siguientes gráficas:



59.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia



60.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

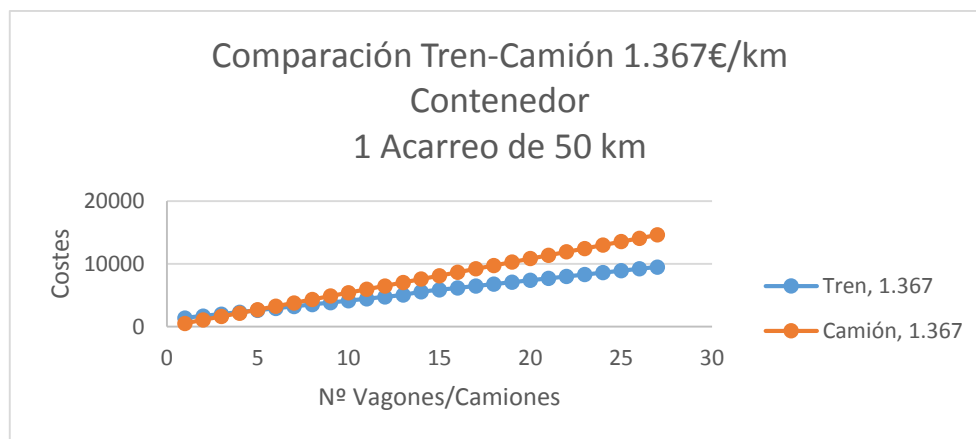


61.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 25 km. Fuente: Elaboración propia

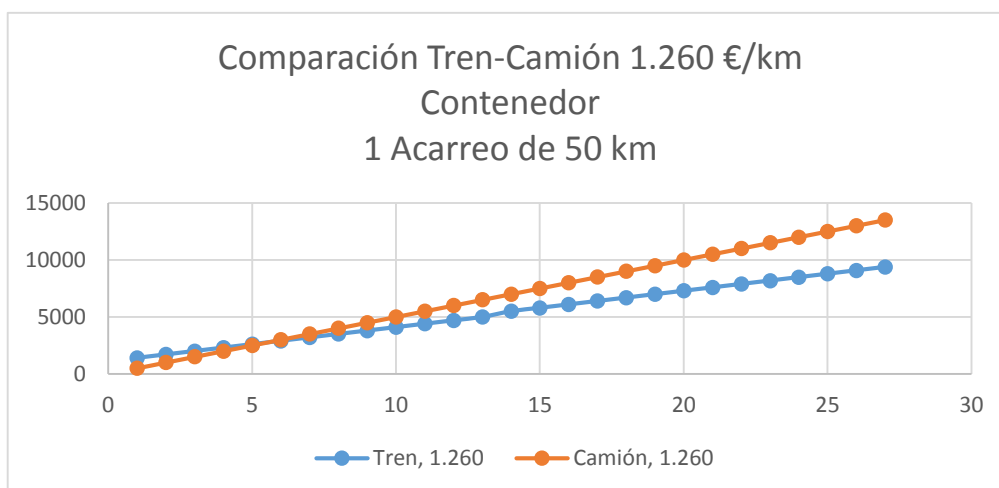
Como se observa en los gráficos, al igual que en el caso sin acarreo al aumentar el número de contenedores el ferrocarril tiene menos costes. Al ser los costes de manipulación de los contenedores de los vagones de solo 21€/vagón, lo que conlleva a que con 5 contenedores es más rentable el tren para un coste de 1,367 €/km del camión, 6 para 1,260 €/km y 7 contenedores para el precio competitivo de 1.162 €/km. Las tablas con los datos de las gráficas se muestran en el Anexo VI, 89.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 25 km, Transporte de Contenedores. Fuente: Elaboración propia.

5.4.4 COMPARATIVA ACARREO DE 50KM

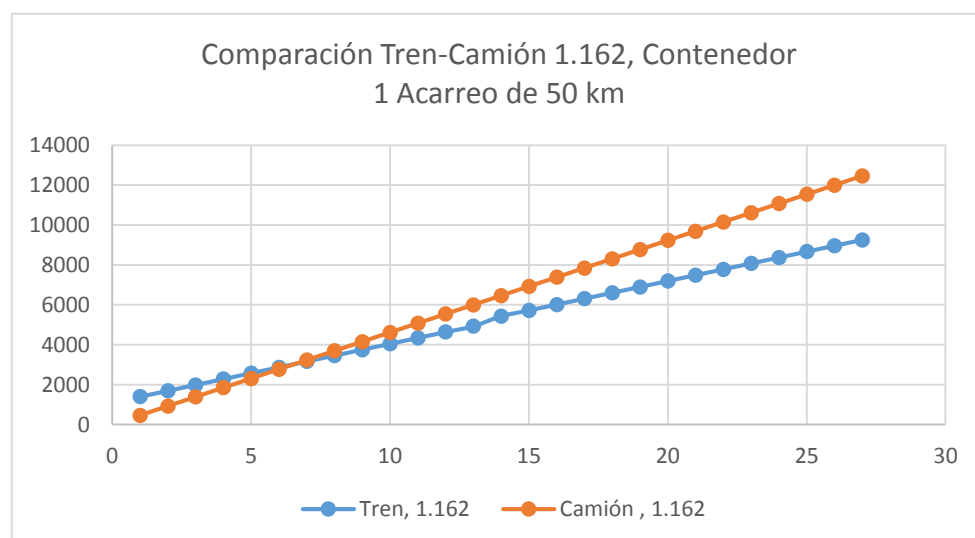
Al igual que en el caso del transporte de automoción y cereal el aumento del kilometraje del acarreo conlleva un aumento similar de los costes tanto en el transporte carretero como ferroviario. Tablas Anexo VI, 90.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 50 km, Transporte de Contenedores. Fuente: Elaboración propia.



62.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 50km. Fuente: Elaboración propia



63.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 50km. Fuente: Elaboración propia



64.Comparativa Transporte de Cereal, Acarreo de 50km. Fuente: Elaboración propia

5.5 CONCLUSIONES

Lo que se observa tanto en las tablas como en las gráficas de las diferentes tipologías de mercancías es que a excepción del transporte de automoción, que tiene altos costes de transporte (10,96 €/km) es que el aumento de las toneladas en el caso del transporte por cereal o el aumento del número de contenedores conlleva que los costes del transporte ferroviario sean menores frente al transporte carretero, mientras que para altos cargamentos mercantes los camiones tienen grandes costes. Sin embargo para cargamentos pequeños el camión es mucho más rentable que utilizar un tren con uno o dos vagones.

Caso especial es el transporte de automóviles, aunque desde el punto de vista del peso de la carga es menor que el de los contenedores y menos pesado que un cargamento de cereal, el coste del transporte de automoción por el modo ferroviario tiene costes mayores. La razón por la que se ven trenes transportando coches es que los usuarios de este tipo de transporte son grandes empresas que transportan grandes lotes de vehículos, lo que supone más costes de cargar un número mayor de camiones. Como se ha visto en las tablas para el tren de unos 550 metros es necesario 27 camiones portavehículos con los costes logísticos que conlleva. Normalmente el transporte de automoción no suele tener acarreo ya que el recorrido a realizar es de la fábrica al puerto, aunque desde el punto de vista del coste del transporte sin tener en cuenta los costes logísticos es más rentable el transporte de vehículos en camión.

También hay que tener en cuenta los costes de los acarreo, porque en el camión no hay que manipular la carga en el recorrido, mientras que en el caso del ferrocarril no hay estaciones en todas las zonas por lo que es necesario el transbordo de la carga de los vagones a los camiones. Esta manipulación hace que el camión sea más rentable que sin acarreo frente al tren; permitiendo aumentar el número de camiones y realizar el recorrido con menos costes. Aun así al aumentar mucho la carga el ferrocarril tiende a disminuir los costes frente al transporte carretero.

La conclusión es que el transporte por carretera es más rentable para cargas pequeñas pero conforme aumenta la carga el ferrocarril tiene menos costes, más aun si en el itinerario no hay que realizar acarreo. Los transportes de mercancías de cereal y contenedores conforme aumenta la carga el transporte ferroviario tiene menos costes mientras que el transporte de automóviles es más rentable realizando el transporte en camión.

6. TRAYECTO TARRAGONA-CASPE, TARRAGONA-ANDORRA

Para este análisis hay que tener en cuenta que son dos recorridos diferente por lo tanto se estudiara las dos tipologías de mercancías en función de €/km. El estudio se centra en dos tipos de mercancía, cereal y carbón, el peso de ambas es muy similar por lo tanto se estudiara si el peso tiene influencia o solo depende del tipo carga se transporta. En este estudio no se van a tener en cuenta los acarreos ya que en la realidad es un trayecto directo que se hace desde el puerto de Tarragona hasta el destino en un solo modo de transporte.

6.1 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO

Las características del recorrido se han sacado de la Actualización Declaración de la Red de 2013 de Adif:

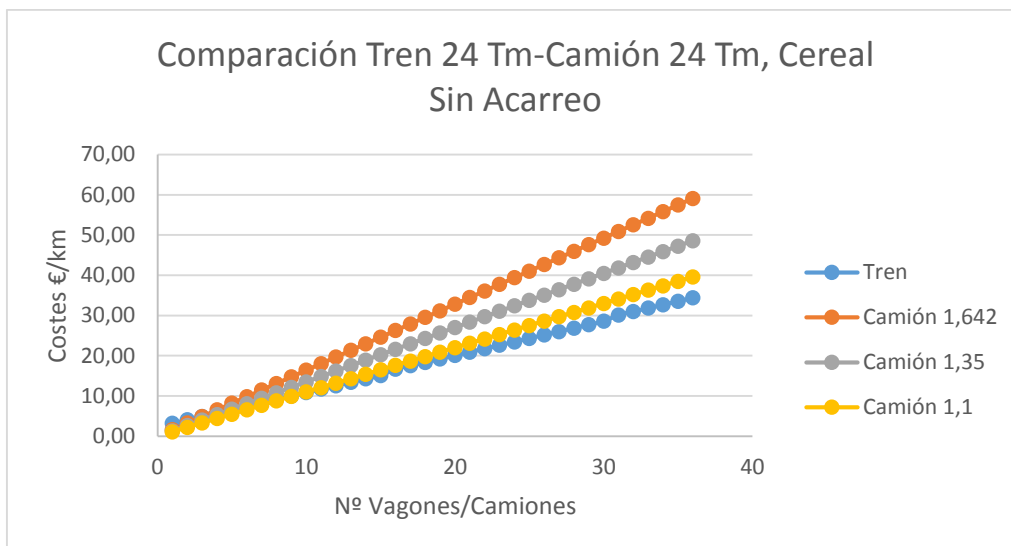
Trayecto Tarragona-Caspe/Andorra		
Características del Trayecto		
Pendiente máxima	19	milésimas
Longitud máxima del tren	575	m
v min	130	km/h

65. Características recorrido Tarragona-Caspe/Andorra. Fuente: Elaboración propia

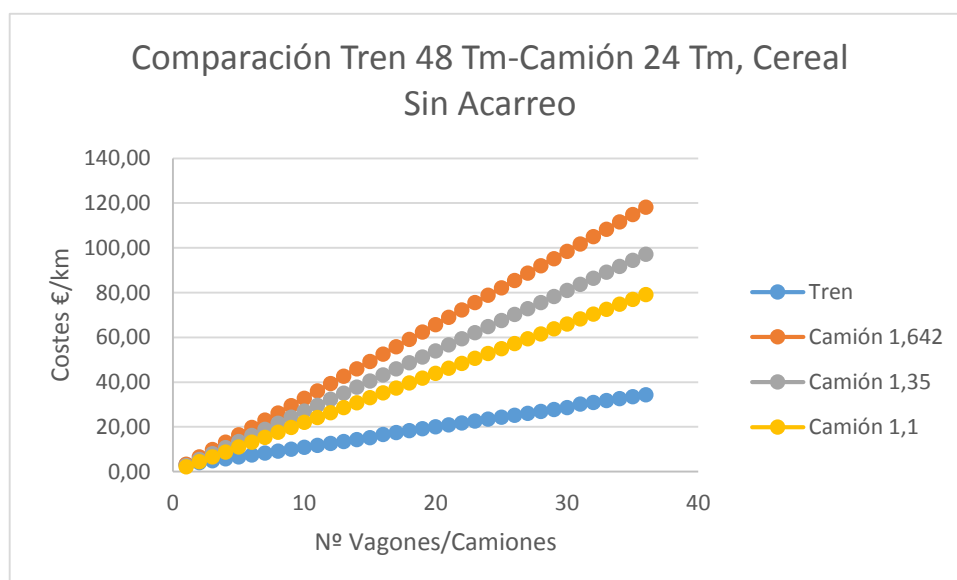
6.2 TRANSPORTE CEREAL, TARRAGONA-CASPE

Con las características del recorrido se han calculado cual sería la disposición del tren en este recorrido con lo que para una longitud máxima de 575 metro permite un tren máximo de 3 locomotoras y 36 vagones, y un máximo de 15 vagones para 1 locomotora y 30 para 2 locomotoras con la comprobación de potencia; cumpliéndose también la comprobación de adherencia. Anexo VII, 91.Comprobaciones Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.

Se ha realizado el estudio con disposiciones de carga en las tolvas TT5, un estudio llevando la misma carga de 24 Tm tanto vagones como camiones (máxima carga de los, camiones) y otra con 48 toneladas en las tolvas y 24 en los camiones. Los datos de los costes son los mismos que en el apartado anterior de 3,22 €/km para el ferrocarril y 1,642, 135 y 1,1 €/km para el camión.



66.Comparativa Transporte de Cereal, Sin Acarreo. Fuente: Elaboración propia



67.Comparativa Transporte de Cereal, Sin Acarreo. Fuente: Elaboración propia

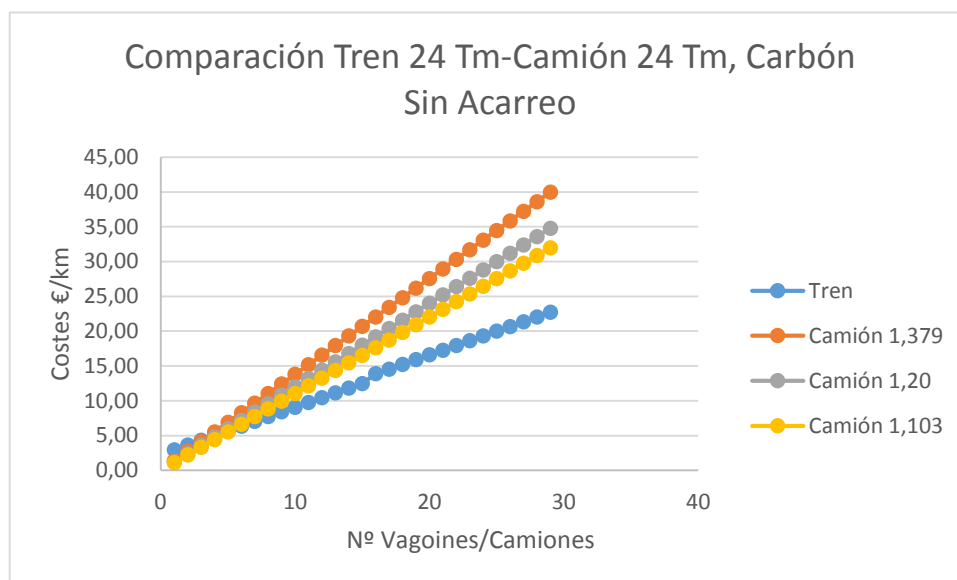
Estos gráficos muestran que el transporte por ferrocarril tiene menos costes a excepción de que la mercancía a transportar se pueda realizar en 1 o 2 camiones dependiendo de cómo se llenen las tolvas TT5. Las tablas con los datos de las gráficas se encuentran en el Anexo VII, 92.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia y 93.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 48 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia.

6.3 TRANSPORTE CARBÓN, TARRAGONA-ANDORRA

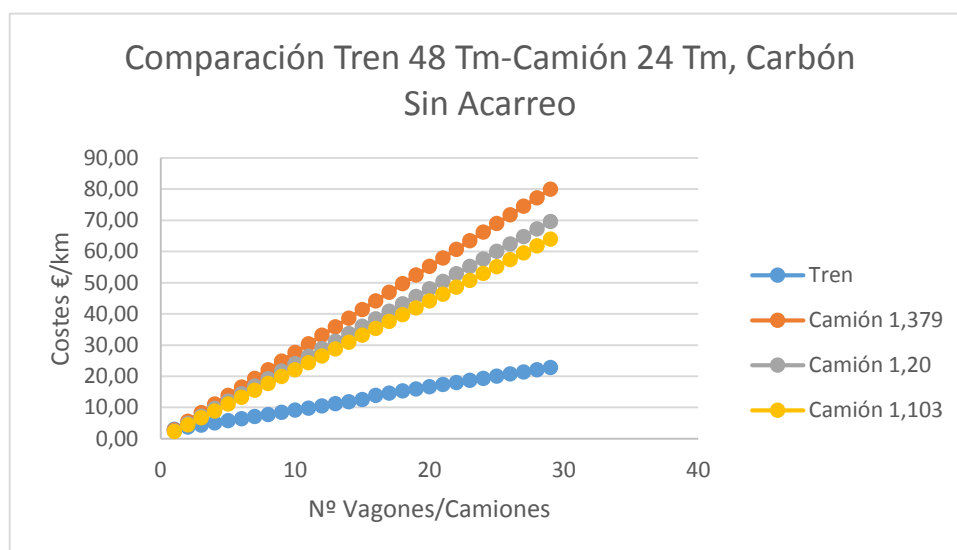
Para este caso se han utilizado las Tolvas TT4, con los costes obtenidos en el apartado 3 de los dos modos de transporte, 2,97 €/km para el ferrocarril y 3 costes para el carretero que son 1,379 €/km (coste cargado), 1,20 €/km y 1,103 €/km (costes sin carga).

Como en el apartado anterior se ha analizado el recorrido para saber la capacidad del tren que puede circular en este trayecto, el tren tiene una longitud máxima de 575 metros lo que permite un total de 28 vagones tolva TT4 y 3 locomotoras, o un máximo de 11 vagones con 1 locomotora o 23 vagones con 2, obtenido con la comprobación de la potencia y cumpliéndose la comprobación de la adherencia. Las comprobaciones se muestran en el Anexo VIII, 94.Comprobaciones Transporte de Carbón. Fuente: Elaboración propia.

Se han realizado también dos análisis con las tolvas transportando 24 Tm y 48 Tm y el camión con su carga máxima de 24 Tm.



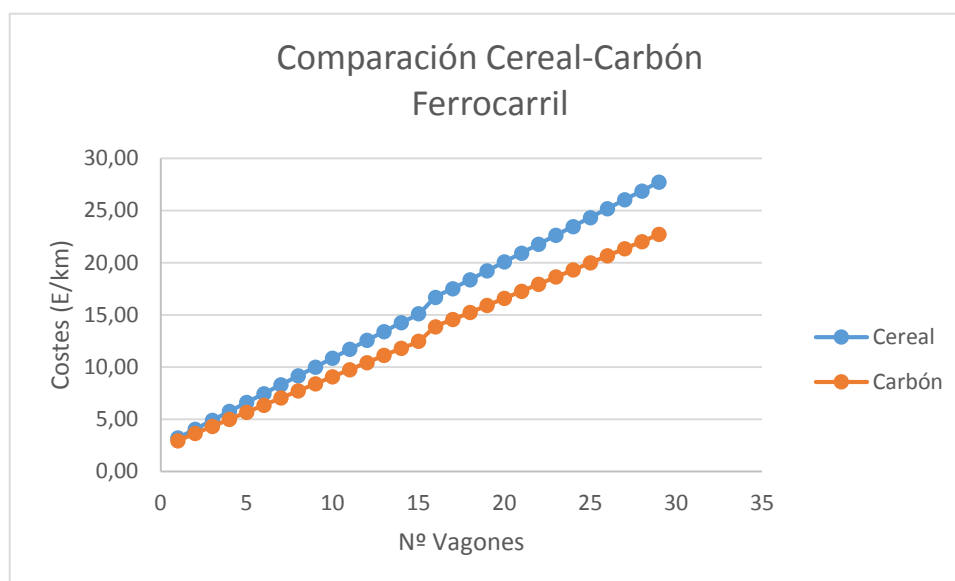
68.Comparativa Transporte de Carbón, Sin Acarreo. Fuente: Elaboración propia



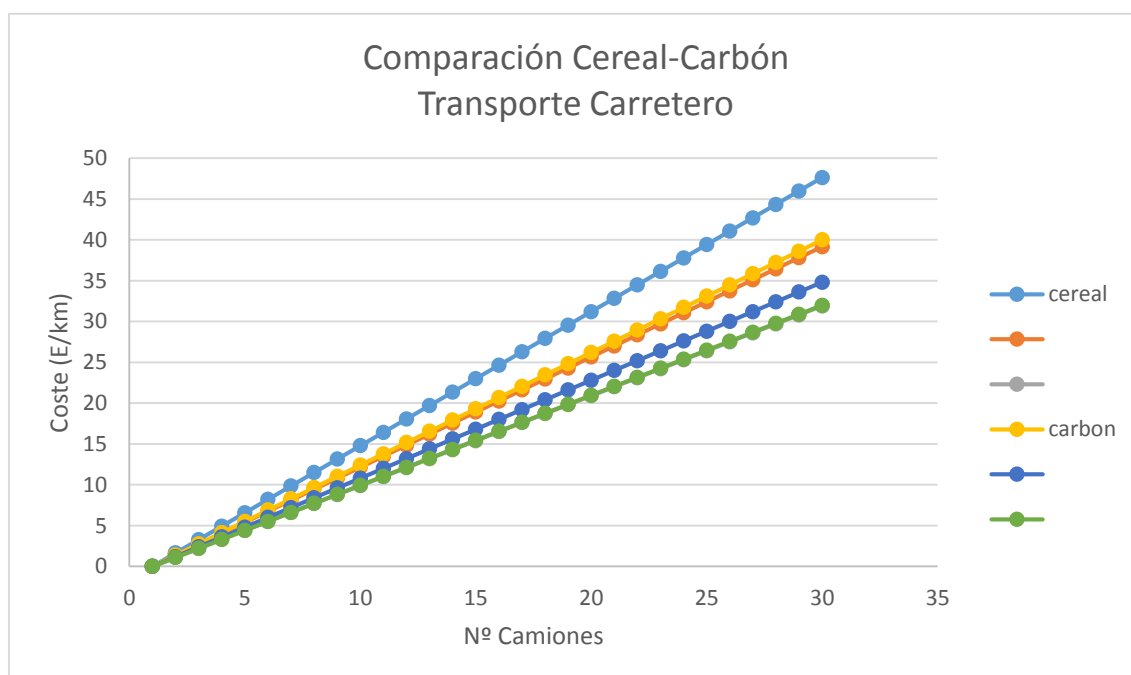
69.Comparativa Transporte de Carbón, Sin Acarreo. Fuente: Elaboración propia

Se observa que el transporte carretero es más rentable cuando se trasladan muy pocas toneladas porque conforme aumenta el número de toneladas y por tanto el número de camiones/vagones el ferrocarril es el más económico. La tabla con los datos que se han obtenido los datos están mostrados en el Anexo VIII, 95.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Carbón. Fuente: Elaboración propia y 96.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 48 Tm y Camión 24 Tm sin Acarreos, Transporte de Carbón. Fuente: Elaboración propia.

6.4 COMPARACIÓN CEREAL-CARBÓN



70. Comparativa Cereal-Carbón, Ferrocarril. Fuente: Elaboración propia



71. Comparativa Cereal-Carbón, Camión. Fuente: Elaboración propia

El primer gráfico muestra que el transporte de carbón por ferrocarril es más económico, pero hay que tener en cuenta que la vía permite 29 Tolvas de TT4 frente a las 35 tolvas TT5 que transportan cereal, las tolvas transportan las mismas toneladas. Por lo que transportar 35 tolvas de cereal tiene un coste de 32,46 €/km el transporte de carbón tiene la suma de los costes de un tren de 29 y otro de 6 tolvas lo que tiene un precio de $5,74 \text{ €/km} + 22,28 \text{ €/km} = 28,02 \text{ €/km}$, saliendo aun así más económico el transporte de carbón.

En el transporte carretero pasa lo mismo con el ferrocarril que los costes del cereal son mayores que el del carbón a excepción del caso más competitivo en que los costes del transporte de las dos mercancías es similar.

6.5 CONCLUSIÓN

Después de analizar los dos tipos de mercancía se ha obtenido que los costes del transporte carretero son más económicos para poca carga de la mercancía mientras que el ferrocarril es más rentable que el camión según aumenta las toneladas a transportar. Y también se ha obtenido que el transporte de carbón es más económico que el del cereal siendo dos mercancías que tienen pesos muy similares, por lo que los costes dependen de la tipología de la carga y no de su peso.

7. CONCLUSIONES GENERALES

Como norma general se establece que si el transporte de mercancía se puede transportar en un número pequeño de camiones o vagones, el transporte de carretera es más económico que el ferroviario. Teniendo el ferrocarril menos costes conforme aumenta el número de vagones cargados que se transportan, a excepción de transporte de automoción que los costes son mayores debido a que los costes de explotación de esta tipología de mercancía en el ferrocarril son mayores que en el resto. Otro factor influyente en los costes del transporte por ferrocarril es la ausencia de estaciones en todas las zonas por lo que hay que realizar acarreo, lo que conlleva costes asociados a la manipulación de la carga para trasladarla al camión aumentando la competitividad del transporte carretero que no tiene que realizar este tipo de acciones.

Atendiendo a la primera parte del trabajo que consiste en los diferentes costes en caso de que haya transporte intermodal de contenedores o no. El transporte intermodal es más económico cuando hay que transporta un gran número de contenedores a un destino intermedio y unos pocos al destino final, lo que significa que se lleva un tren con los vagones cargados, se descargan y los pocos que van al destino final son transportados con camión. En caso que aparte de descarga haya carga en el destino intermedio el ferrocarril es más rentable si hay que transportar bastantes contenedores porque la manipulación de la carga aumenta los costes de este medio de transporte, haciendo que el camión más competitivo al no tener que manipular la carga al ir directamente al destino aunque no en exceso porque los costes de manipulación de contenedores no son elevados gracias a que están normalizados. Con la conclusión de que la elección de uno u otro modo de transporte depende del número de contenedores a transportar y las cargas y descargas que se hacen en las paradas intermedias.

En el segundo apartado se han analizado diferentes tipologías de carga, cereal contenedor y automóviles, y en las tres comparaciones entre el transporte carretero y ferroviario es que el aumento de los costes del ferrocarril según aumenta la carga es menor que el camión. El camión solo presentaba menos costes para poca carga con la excepción del transporte de automoción que ya se ha comentado.

Y en el último caso la comparación de dos cargas con pesos similares como son el carbón y el cereal es que los costes del transporte no depende del peso si no de la tipología de la carga a transportar, como se ha visto que el transporte de carbón tiene menos costes que el cereal pasara ambos modos de transporte. Además los costes que van en función de las toneladas a transportar son los de manipulación de la carga y en este caso al no haber acarreo los costes son más reducidos en el transporte ferroviario haciéndolo más rentable incluso para poca carga (más de 48 Tm, dos camiones).

Como conclusión destacar que la elección de un determinado tipo de transporte únicamente teniendo en cuenta los costes del transporte depende de varios factores. Lo que hace que ni el transporte por carretera ni el ferrocarril son más económicos el uno de otro a nivel global sino que depende de las características y tipología de la carga, su tamaño y el recorrido a realizar, teniendo que analizar todas estas características para la elección de uno u otro modo de transporte o realizar intermodalidad para conseguir el menor coste para el traslado de la carga.

8. BIBLIOGRAFÍA

Adif. (2013). *Actualización Declaración de la Red*.

Ferrocarril. (s.f.). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Ferrocarril>

Ferropedia, Costes del Ferrocarril. (s.f.). Obtenido de http://www.ferropedia.es/wiki/Costes_del_ferrocarril:_servicios#cite_note-Rallo-26

Guino, V. R. (2009). *Las oportunidades del Unichanger. Jornadas internacionales sistemas de cambio automático de ancho de vía*.

INE. (2009). *Contabilidad Nacional de España*. Obtenido de <http://www.ine.es/>

Larrodé Pellicer, E. (2007). *Ferrocarriles y Tracción Eléctrica*. Zaragoza.

Observatorio de mercado del transporte. (Marzo-2014). *Observatorio de mercado del transporte de mercancías por carretera*. Ministerio de Interior, Gobierno de España.

Observatorio del Ferrocarril. (2010). *Observatorio del Ferrocarril en España*.

Observatorio Industrial del Sector de Fabricantes de Automóviles y Camiones. (Marzo-2010). *Estudio comparativo de costes del transporte de mercancías por ferrocarril en España, Francia y Alemania*.

RENFE. (s.f.). *Parque Material Rodante y Motor*.

(2014). *Tasa de la Mercancía del Puerto de Barcelona*.

9. ANEXOS

ANEXO I. TASA MERCANCÍA PUERTO DE BARCELONA

Elemento de transporte tipo cargado o descargado	Cuota íntegra 1)	Cuota íntegra 2)	Cuota íntegra 3)	Uds.
Contenedor <=20' (incluida en su caso una plataforma de transporte de hasta 6,10 metros)	23,60	29,50	14,7500	€/uc
Vehículo rígido, con caja o plataforma, de hasta 6,10 m	23,60	29,50	14,7500	€/uc
Contenedor >20' (incluida en su caso una plataforma de transporte mayor de 6,10 metros)	35,40	44,25	22,1250	€/uc
Semirremolque y remolque	35,40	44,25	22,1250	€/uc
Vehículo rígido con caja o plataforma mayor de 6,10 metros	35,40	44,25	22,1250	€/uc
Vehículo articulado con caja o plataforma de hasta 16,50 metros de longitud total	35,40	44,25	22,1250	€/uc
Vehículo rígido con remolque (tren de carretera)	59,00	73,75	36,8750	€/uc
Vehículos que se transportan como mercancía:		1,475		
Vehículo de hasta 2.500 kg. de peso	1,18	5,900	0,7375	€/uc
Vehículo de más de 2.500 kg. de peso	4,72		2,9500	€/uc

72. T3- TASA DE LA MERCANCÍA (Título VII – Capítulo II- Sección 4ª – Subsección 3ª del Real Decreto Legislativo 2/2011)

ANEXO II. TABLA PENDIENTE-VELOCIDAD

Pendiente máxima (‰)	Velocidad (km/h)
0	100
5	90
10	80
15	70
20	60
25	50
30	40

73.Tabla Pendiente-Velocidad. Fuente: Elaboración propia

ANEXO III. TABLAS TRANSPORTE INTERMODAL MDR-ZGZ-BCN

COMPROBACIÓN LONGITUD, POTENCIA Y ADHERENCIA

Comprobación Longitud		
L máxima	550	m
Nº Vagones	27	
Nº Locomotoras	2	
L Total	539,5	m
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Potencia		
1	Locomotora	
13	Vagones	
	5981,65	Cv
	4396,52	KW
	4600	KW
Cumple:	VERDADERO	
2	Locomotoras	
27	vagones	
	12423,31	Cv
	9131,1304	KW
	9.200	KW
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Adherencia (KW)		
425,41	766,67	VERDADERO

74. Comprobaciones Transporte Intermodal. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREOS MDR-BCN

Comparación (Euros)				
Sin Acarreo				
	Tren	Camión, 1.367	Camión, 1.260	Camión, 1.162
1	2465	938	864	797
2	2890	1876	1729	1594
3	3316	2813	2593	2391
4	3741	3751	3457	3189
5	4166	4689	4322	3986
6	4591	5627	5186	4783
7	5017	6564	6051	5580
8	5442	7502	6915	6377
9	5867	8440	7779	7174
10	6293	9378	8644	7971
11	6718	10315	9508	8768
12	7143	11253	10372	9566
13	7569	12191	11237	10363
14	8392	13129	12101	11160

15	8817	14066	12965	11957
16	9243	15004	13830	12754
17	9668	15942	14694	13551
18	10093	16880	15558	14348
19	10519	17817	16423	15146
20	10944	18755	17287	15943
21	11369	19693	18152	16740
22	11794	20631	19016	17537
23	12220	21569	19880	18334
24	12645	22506	20745	19131
25	13070	23444	21609	19928
26	13496	24382	22473	20725
27	13921	25320	23338	21523

75. Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión sin Acarreos, Transporte Intermodal. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN CON 1 Y 2 ACARREOS DE 25KM MDR-BCN

Comparación, Con Acarreo						
Con 1 Acarreo de 25 km						
	Tren, 1.367	Camión, 1.367	Tren, 1.260	Camión, 1.260	Tren, 1.162	Camión , 1.162
1	2520	972	2517	896	2515	826
2	3001	1944	2995	1792	2990	1652
3	3481	2916	3473	2688	3466	2479
4	3962	3888	3951	3583	3941	3305
5	4442	4860	4429	4479	4416	4131
6	4923	5832	4906	5375	4892	4957
7	5403	6804	5384	6271	5367	5783
8	5884	7775	5862	7167	5843	6609
9	6364	8747	6340	8063	6318	7436
10	6845	9719	6818	8959	6793	8262
11	7325	10691	7296	9854	7269	9088
12	7806	11663	7773	10750	7744	9914
13	8286	12635	8251	11646	8219	10740
14	9164	13607	9127	12542	9093	11567
15	9645	14579	9605	13438	9568	12393
16	10125	15551	10083	14334	10043	13219
17	10606	16523	10560	15230	10519	14045
18	11086	17495	11038	16125	10994	14871
19	11567	18467	11516	17021	11469	15697
20	12047	19439	11994	17917	11945	16524
21	12528	20411	12472	18813	12420	17350
22	13008	21383	12949	19709	12896	18176
23	13489	22355	13427	20605	13371	19002

24	13969	23326	13905	21501	13846	19828
25	14450	24298	14383	22397	14322	20655
26	14930	25270	14861	23292	14797	21481
27	15411	26242	15339	24188	15272	22307
Comparación, Con 2 Acarreo						
2 Acarreos de 25km						
	Tren,1.367	Camión, 1.367	Tren, 1.260	Camión, 1.260	Tren, 1.162	Camión , 1.162
1	2575	1006	2570	927	2565	855
2	3111	2012	3100	1855	3090	1710
3	3647	3018	3631	2782	3616	2566
4	4182	4024	4161	3709	4141	3421
5	4718	5031	4691	4637	4667	4276
6	5254	6037	5221	5564	5192	5131
7	5789	7043	5752	6492	5718	5987
8	6325	8049	6282	7419	6243	6842
9	6861	9055	6812	8346	6768	7697
10	7396	10061	7343	9274	7294	8552
11	7932	11067	7873	10201	7819	9408
12	8468	12073	8403	11128	8345	10263
13	9003	13079	8934	12056	8870	11118
14	9937	14086	9862	12983	9793	11973
15	10472	15092	10392	13910	10319	12828
16	11008	16098	10923	14838	10844	13684
17	11544	17104	11453	15765	11370	14539
18	12080	18110	11983	16692	11895	15394
19	12615	19116	12514	17620	12420	16249
20	13151	20122	13044	18547	12946	17105
21	13687	21128	13574	19475	13471	17960
22	14222	22134	14104	20402	13997	18815
23	14758	23141	14635	21329	14522	19670
24	15294	24147	15165	22257	15048	20526
25	15829	25153	15695	23184	15573	21381
26	16365	26159	16226	24111	16098	22236
27	16901	27165	16756	25039	16624	23091

76.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 25 km, Transporte Intermodal. Fuente: Elaboración propia

ANEXO IV. TABLAS TRANSPORTE DE AUTOMOCIÓN ZGZ-BCN

COMPROBACIÓN LONGITUD, POTENCIA, ADHERENCIA

Comprobación Longitud		
L máxima	550	m
Nº Vagones	19	
Nº Locomotoras	1	
L Total	533	m
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Potencia		
1	Locomotora	
24	Vagones	
	6036,85	Cv
	4437,09	KW
	4600	KW
Cumple:	VERDADERO	
2	Locomotoras	
49	vagones	
	12325,17	Cv
	9059,0024	KW
	9.200	KW
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Adherencia (KW)		
425,41	766,67	VERDADERO

77.Comprobaciones Transporte de Automoción. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREOS

Comparación (Euros)						
Nº Vagones	Nº Vehículos	Tren	Tren Amortizado	Camión, 1.354	Camión, 1.155	Camión 1.096
1	4	3949	3141	470	401	380
1	8	3949	3141	470	401	380
1	12	3949	3141	940	802	761
2	16	4914	3654	940	802	761
2	20	4914	3654	1410	1202	1141
2	24	4914	3654	1410	1202	1141
3	28	5879	4168	1879	1603	1521
3	32	5879	4168	1879	1603	1521
3	36	5879	4168	2349	2004	1902
4	40	6843	4681	2349	2004	1902
4	44	6843	4681	2819	2405	2282
4	48	6843	4681	2819	2405	2282
5	52	7808	5195	3289	2805	2662
5	56	7808	5195	3289	2805	2662
5	60	7808	5195	3759	3206	3042

6	64	8773	5709	3759	3206	3042
6	68	8773	5709	4229	3607	3423
6	72	8773	5709	4229	3607	3423
7	76	9737	6222	4698	4008	3803
7	80	9737	6222	4698	4008	3803
7	84	9737	6222	5168	4409	4183
8	88	10702	6736	5168	4409	4183
8	92	10702	6736	5638	4809	4564
8	96	10702	6736	5638	4809	4564
9	100	11667	7249	6108	5210	4944
9	104	11667	7249	6108	5210	4944
9	108	11667	7249	6578	5611	5324
10	112	12631	7763	6578	5611	5324
10	116	12631	7763	7048	6012	5705
10	120	12631	7763	7048	6012	5705
11	124	13596	8276	7517	6413	6085
11	128	13596	8276	7517	6413	6085
11	132	13596	8276	7987	6813	6465
12	136	14561	8790	7987	6813	6465
12	140	14561	8790	8457	7214	6846
12	144	14561	8790	8457	7214	6846
13	148	15525	9304	8927	7615	7226
13	152	15525	9304	8927	7615	7226
13	156	15525	9304	9397	8016	7606
14	160	16490	9817	9397	8016	7606
14	164	16490	9817	9867	8416	7987
14	168	16490	9817	9867	8416	7987
15	172	17455	10331	10336	8817	8367
15	176	17455	10331	10336	8817	8367
15	180	17455	10331	10806	9218	8747
16	184	18419	10844	10806	9218	8747
16	188	18419	10844	11276	9619	9127
16	192	18419	10844	11276	9619	9127
17	196	19384	11358	11746	10020	9508
17	200	19384	11358	11746	10020	9508
17	204	19384	11358	12216	10420	9888
18	208	20349	11871	12216	10420	9888
18	212	20349	11871	12686	10821	10268
18	216	20349	11871	12686	10821	10268
19	220	21313	12385	13155	11222	10649
19	224	21313	12385	13155	11222	10649
19	228	21313	12385	13625	11623	11029

78.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión sin Acarreos, Transporte de Automoción. Fuente: Elaboración propia

COMPARACION ACARREO DE 25 KM

Comparación, Con Acarreo						
Con 1 Acarreo de 25 km						
Nº Coches	Tren, 1.354	Camión, 1.354	Tren, 1.155	Camión, 1.155	Tren, 1.096	Camión , 1.096
4	4136	504	4131	430	4130	408
8	4136	504	4131	430	4130	408
12	4170	1007	4160	859	4157	815
16	5288	1007	5278	859	5275	815
20	5322	1511	5307	1289	5303	1223
24	5322	1511	5307	1289	5303	1223
28	6474	2015	6454	1719	6448	1631
32	6474	2015	6454	1719	6448	1631
36	6508	2518	6483	2148	6475	2039
40	7625	2518	7601	2148	7593	2039
44	7659	3022	7629	2578	7621	2446
48	7659	3022	7629	2578	7621	2446
52	8811	3526	8776	3008	8766	2854
56	8811	3526	8776	3008	8766	2854
60	8845	4030	8805	3437	8793	3262
64	9963	4030	9923	3437	9911	3262
68	9997	4533	9952	3867	9939	3669
72	9997	4533	9952	3867	9939	3669
76	11148	5037	11099	4297	11084	4077
80	11148	5037	11099	4297	11084	4077
84	11182	5541	11128	4726	11111	4485
88	12300	5541	12245	4726	12229	4485
92	12334	6044	12274	5156	12257	4893
96	12334	6044	12274	5156	12257	4893
100	13486	6548	13421	5586	13402	5300
104	13486	6548	13421	5586	13402	5300
108	13520	7052	13450	6015	13429	5708
112	14637	7052	14568	6015	14547	5708
116	14671	7555	14597	6445	14575	6116
120	14671	7555	14597	6445	14575	6116
124	15823	8059	15743	6875	15720	6523
128	15823	8059	15743	6875	15720	6523
132	15857	8563	15772	7304	15747	6931
136	16975	8563	16890	7304	16865	6931
140	17009	9066	16919	7734	16893	7339
144	17009	9066	16919	7734	16893	7339
148	18160	9570	18066	8164	18038	7747
152	18160	9570	18066	8164	18038	7747
156	18194	10074	18095	8593	18065	8154

160	19312	10074	19213	8593	19183	8154
164	19346	10577	19241	9023	19211	8562
168	19346	10577	19241	9023	19211	8562
172	20498	11081	20388	9453	20356	8970
176	20498	11081	20388	9453	20356	8970
180	20532	11585	20417	9882	20383	9377
184	21649	11585	21535	9882	21501	9377
188	21683	12089	21564	10312	21529	9785
192	21683	12089	21564	10312	21529	9785
196	22835	12592	22711	10742	22674	10193
200	22835	12592	22711	10742	22674	10193
204	22869	13096	22740	11171	22701	10601
208	23987	13096	23857	11171	23819	10601
212	24021	13600	23886	11601	23846	11008
216	24021	13600	23886	11601	23846	11008
220	25172	14103	25033	12030	24992	11416
224	25172	14103	25033	12030	24992	11416
228	25206	14607	25062	12460	25019	11824

79.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 25 km, Transporte de Automoción. Fuente:
Elaboración propia

COMPARACIÓN ACARREO DE 50KM

Comparación, Con Acarreo						
Con 1 Acarreo de 50 km						
Nº Coches	Tren, 1.354	Camión, 1.354	Tren, 1.155	Camión, 1.155	Tren, 1.096	Camión , 1.096
4	4170	538	4160	459	4157	435
8	4170	538	4160	459	4157	435
12	4238	1075	4218	917	4212	870
16	5356	1075	5336	917	5330	870
20	5424	1613	5394	1376	5385	1305
24	5424	1613	5394	1376	5385	1305
28	6609	2150	6569	1834	6558	1740
32	6609	2150	6569	1834	6558	1740
36	6677	2688	6627	2293	6612	2176
40	7795	2688	7745	2293	7730	2176
44	7862	3225	7803	2751	7785	2611
48	7862	3225	7803	2751	7785	2611
52	9048	3763	8978	3210	8958	3046
56	9048	3763	8978	3210	8958	3046
60	9116	4300	9036	3668	9013	3481
64	10234	4300	10154	3668	10130	3481
68	10301	4838	10212	4127	10185	3916
72	10301	4838	10212	4127	10185	3916
76	11487	5375	11387	4585	11358	4351

80	11487	5375	11387	4585	11358	4351
84	11555	5913	11445	5044	11413	4786
88	12672	5913	12563	5044	12531	4786
92	12740	6450	12621	5502	12585	5221
96	12740	6450	12621	5502	12585	5221
100	13926	6988	13796	5961	13758	5656
104	13926	6988	13796	5961	13758	5656
108	13993	7526	13854	6419	13813	6092
112	15111	7526	14972	6419	14931	6092
116	15179	8063	15030	6878	14986	6527
120	15179	8063	15030	6878	14986	6527
124	16365	8601	16205	7337	16158	6962
128	16365	8601	16205	7337	16158	6962
132	16432	9138	16263	7795	16213	7397
136	17550	9138	17381	7795	17331	7397
140	17618	9676	17439	8254	17386	7832
144	17618	9676	17439	8254	17386	7832
148	18804	10213	18614	8712	18558	8267
152	18804	10213	18614	8712	18558	8267
156	18871	10751	18672	9171	18613	8702
160	19989	10751	19790	9171	19731	8702
164	20057	11288	19848	9629	19786	9137
168	20057	11288	19848	9629	19786	9137
172	21242	11826	21024	10088	20959	9572
176	21242	11826	21024	10088	20959	9572
180	21310	12363	21081	10546	21013	10008
184	22428	12363	22199	10546	22131	10008
188	22496	12901	22257	11005	22186	10443
192	22496	12901	22257	11005	22186	10443
196	23681	13438	23433	11463	23359	10878
200	23681	13438	23433	11463	23359	10878
204	23749	13976	23490	11922	23414	11313
208	24867	13976	24608	11922	24531	11313
212	24935	14514	24666	12380	24586	11748
216	24935	14514	24666	12380	24586	11748
220	26120	15051	25842	12839	25759	12183
224	26120	15051	25842	12839	25759	12183
228	26188	15589	25899	13298	25814	12618

80.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreo de 50 km, Transporte de Automoción. Fuente:
Elaboración propia

ANEXO V. TABLAS TRANSPORTE DE CEREAL ZGZ-BCN

COMPROBACIÓN LONGITUD, POTENCIA, ADHERENCIA

Comprobación Longitud		
L máxima	550	m
Nº Vagones	33	
Nº Locomotoras	3	
L Total	527,28	m
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Potencia		
1	Locomotora	
15	Vagones	
	6134,99	Cv
	4509,22	KW
	4600	KW
Cumple:	VERDADERO	
2	Locomotoras	
30	vagones	
	12269,97	Cv
	9018,4304	KW
	9.200	KW
Cumple:	VERDADERO	
3	Locomotoras	
45	vagones	
	18404,96	Cv
	13527,6456	KW
	13.800	KW
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Adherencia (KW)		
425,41	766,67	VERDADERO

81. Comprobaciones Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREOS, 24 TM CAMIÓN Y VAGÓN

Comparación (Euros)				
Sin Acarreo				
	Tren	Camión, 1.642	Camión, 1.350	Camión, 1.100
1	1264	570	468	382
2	1558	1140	937	763
3	1853	1709	1405	1145
4	2148	2279	1874	1527
5	2443	2849	2342	1909
6	2738	3419	2811	2290
7	3033	3988	3279	2672
8	3328	4558	3748	3054
9	3623	5128	4216	3435
10	3918	5698	4685	3817
11	4213	6268	5153	4199
12	4508	6837	5621	4580
13	4803	7407	6090	4962
14	5098	7977	6558	5344
15	5393	8547	7027	5726
16	5934	9116	7495	6107
17	6229	9686	7964	6489
18	6524	10256	8432	6871
19	6819	10826	8901	7252
20	7114	11395	9369	7634
21	7409	11965	9837	8016
22	7704	12535	10306	8397
23	7999	13105	10774	8779
24	8294	13675	11243	9161
25	8589	14244	11711	9543
26	8884	14814	12180	9924
27	9179	15384	12648	10306
28	9474	15954	13117	10688
29	9769	16523	13585	11069
30	10063	17093	14054	11451
31	10605	17663	14522	11833
32	10900	18233	14990	12214
33	11195	18803	15459	12596

82.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Cereal. Fuente:
Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREOS, CAMIÓN 24 TM y VAGÓN 48 TM

Comparación (Euros)						
Sin Acarreo						
Toneladas	Nº Camiones	Nº Vagones	Tren	Camión, 1.642	Camión, 1.350	Camión, 1.100
24	1	1	1264	570	468	382
48	2	1	1264	1140	937	763
72	3	2	1558	1709	1405	1145
96	4	2	1558	2279	1874	1527
120	5	3	1853	2849	2342	1909
144	6	3	1853	3419	2811	2290
168	7	4	2148	3988	3279	2672
192	8	4	2148	4558	3748	3054
216	9	5	2443	5128	4216	3435
240	10	5	2443	5698	4685	3817
264	11	6	2738	6268	5153	4199
288	12	6	2738	6837	5621	4580
312	13	7	3033	7407	6090	4962
336	14	7	3033	7977	6558	5344
360	15	8	3328	8547	7027	5726
384	16	8	3328	9116	7495	6107
408	17	9	3623	9686	7964	6489
432	18	9	3623	10256	8432	6871
456	19	10	3918	10826	8901	7252
480	20	10	3918	11395	9369	7634
504	21	11	4213	11965	9837	8016
528	22	11	4213	12535	10306	8397
552	23	12	4508	13105	10774	8779
576	24	12	4508	13675	11243	9161
600	25	13	4803	14244	11711	9543
624	26	13	4803	14814	12180	9924
648	27	14	5098	15384	12648	10306
672	28	14	5098	15954	13117	10688
696	29	15	5393	16523	13585	11069
720	30	15	5393	17093	14054	11451
744	31	16	5934	17663	14522	11833
768	32	16	5934	18233	14990	12214
792	33	17	6229	18803	15459	12596
816	34	17	6229	19372	15927	12978
840	35	18	6524	19942	16396	13360
864	36	18	6524	20512	16864	13741
888	37	19	6819	21082	17333	14123

912	38	19	6819	21651	17801	14505
936	39	20	7114	22221	18270	14886
960	40	20	7114	22791	18738	15268
984	41	21	7409	23361	19206	15650
1008	42	21	7409	23931	19675	16031
1032	43	22	7704	24500	20143	16413
1056	44	22	7704	25070	20612	16795
1080	45	23	7999	25640	21080	17177
1104	46	23	7999	26210	21549	17558
1128	47	24	8294	26779	22017	17940
1152	48	24	8294	27349	22486	18322
1176	49	25	8589	27919	22954	18703
1200	50	25	8589	28489	23423	19085
1224	51	26	8884	29058	23891	19467
1248	52	26	8884	29628	24359	19848
1272	53	27	9179	30198	24828	20230
1296	54	27	9179	30768	25296	20612
1320	55	28	9474	31338	25765	20994
1344	56	28	9474	31907	26233	21375
1368	57	29	9769	32477	26702	21757
1392	58	29	9769	33047	27170	22139
1416	59	30	10063	33617	27639	22520
1440	60	30	10063	34186	28107	22902
1464	61	31	10605	34756	28575	23284
1488	62	31	10605	35326	29044	23665
1512	63	32	10900	35896	29512	24047
1536	64	32	10900	36466	29981	24429
1560	65	33	11195	37035	30449	24811
1584	66	33	11195	37605	30918	25192

83.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 48 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN ACARREO DE 25KM, 24 TM VAGÓN Y CAMIÓN

Comparación, Con Acarreo						
Con 1 Acarreo de 25 km						
	Tren, 1.642	Camión, 1.642	Tren, 1.350	Camión, 1.350	Tren, 1.100	Camión , 1.100
1	1357	611	1350	502	1344	409
2	1746	1222	1731	1004	1719	818
3	2134	1832	2112	1507	2094	1228
4	2523	2443	2494	2009	2469	1637
5	2911	3054	2875	2511	2844	2046
6	3300	3665	3256	3013	3219	2455
7	3689	4276	3637	3515	3594	2864
8	4077	4887	4019	4018	3969	3274
9	4466	5497	4400	4520	4344	3683
10	4854	6108	4781	5022	4719	4092
11	5243	6719	5162	5524	5094	4501
12	5631	7330	5544	6026	5469	4910
13	6020	7941	5925	6529	5844	5320
14	6408	8552	6306	7031	6219	5729
15	6797	9162	6687	7533	6594	6138
16	7432	9773	7315	8035	7215	6547
17	7820	10384	7696	8537	7590	6956
18	8209	10995	8078	9040	7965	7366
19	8598	11606	8459	9542	8340	7775
20	8986	12216	8840	10044	8715	8184
21	9375	12827	9221	10546	9090	8593
22	9763	13438	9603	11048	9465	9002
23	10152	14049	9984	11551	9840	9412
24	10540	14660	10365	12053	10215	9821
25	10929	15271	10746	12555	10590	10230
26	11318	15881	11128	13057	10965	10639
27	11706	16492	11509	13559	11340	11048
28	12095	17103	11890	14062	11715	11458
29	12483	17714	12272	14564	12090	11867
30	12872	18325	12653	15066	12465	12276
31	13507	18936	13280	15568	13087	12685
32	13895	19546	13662	16070	13462	13094
33	14284	20157	14043	16573	13837	13504

84.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Acarreos de 25 km, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN ACARREO DE 25 KM, CAMIÓN DE 24 TM Y VAGÓN DE 48 TM

Comparación, Con Acarreo							
Con 1 Acarreo de 25 km							
Nº Camiones	Toneladas	Tren, 1.642	Camión, 1.642	Tren, 1.350	Camión, 1.350	Tren, 1.100	Camión , 1.100
1	24	1451	652	1436	536	1424	437
2	48	1533	1304	1504	1072	1479	873
3	72	2015	1956	1971	1608	1934	1310
4	96	2097	2607	2039	2144	1989	1747
5	120	2579	3259	2506	2680	2444	2184
6	144	2661	3911	2574	3216	2499	2620
7	168	3144	4563	3041	3752	2954	3057
8	192	3226	5215	3109	4288	3009	3494
9	216	3708	5867	3576	4824	3464	3930
10	240	3790	6519	3644	5360	3519	4367
11	264	4272	7171	4112	5895	3974	4804
12	288	4354	7822	4179	6431	4029	5240
13	312	4836	8474	4647	6967	4484	5677
14	336	4918	9126	4714	7503	4539	6114
15	360	5401	9778	5182	8039	4994	6551
16	384	5483	10430	5249	8575	5049	6987
17	408	5965	11082	5717	9111	5504	7424
18	432	6047	11734	5784	9647	5559	7861
19	456	6529	12386	6252	10183	6014	8297
20	480	6611	13037	6319	10719	6069	8734
21	504	7093	13689	6787	11255	6524	9171
22	528	7176	14341	6854	11791	6579	9607
23	552	7658	14993	7322	12327	7034	10044
24	576	7740	15645	7389	12863	7089	10481
25	600	8222	16297	7857	13399	7545	10918
26	624	8304	16949	7925	13935	7600	11354
27	648	8786	17601	8392	14471	8055	11791
28	672	8868	18252	8460	15007	8110	12228
29	696	9351	18904	8927	15543	8565	12664
30	720	9433	19556	8995	16079	8620	13101
31	744	10161	20208	9709	16614	9321	13538
32	768	10243	20860	9776	17150	9376	13974
33	792	10725	21512	10244	17686	9831	14411

85.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 48 Tm y Camión 24 Tm Acarreos de 25 km, Transporte de Cereal. Fuente:
Elaboración propia

ACARREO DE 50KM, 24 TM CAMIÓN Y VAGON

Comparación, Con Acarreo						
Con 1 Acarreo de 50 km						
	Tren, 1.642	Camión, 1.642	Tren, 1.350	Camión, 1.350	Tren, 1.100	Camión , 1.100
1	1398	652	1384	536	1371	437
2	1828	1304	1799	1072	1774	873
3	2257	1956	2214	1608	2176	1310
4	2687	2607	2629	2144	2579	1747
5	3117	3259	3044	2680	2981	2184
6	3546	3911	3459	3216	3384	2620
7	3976	4563	3874	3752	3786	3057
8	4405	5215	4289	4288	4189	3494
9	4835	5867	4704	4824	4591	3930
10	5265	6519	5119	5360	4994	4367
11	5694	7171	5534	5895	5396	4804
12	6124	7822	5949	6431	5799	5240
13	6554	8474	6364	6967	6201	5677
14	6983	9126	6779	7503	6604	6114
15	7413	9778	7194	8039	7006	6551
16	8089	10430	7855	8575	7655	6987
17	8518	11082	8270	9111	8058	7424
18	8948	11734	8685	9647	8460	7861
19	9378	12386	9100	10183	8863	8297
20	9807	13037	9515	10719	9265	8734
21	10237	13689	9930	11255	9668	9171
22	10666	14341	10345	11791	10070	9607
23	11096	14993	10760	12327	10473	10044
24	11526	15645	11175	12863	10875	10481
25	11955	16297	11590	13399	11278	10918
26	12385	16949	12005	13935	11680	11354
27	12814	17601	12420	14471	12083	11791
28	13244	18252	12835	15007	12485	12228
29	13674	18904	13250	15543	12888	12664
30	14103	19556	13665	16079	13290	13101
31	14779	20208	14327	16614	13939	13538
32	15209	20860	14742	17150	14342	13974
33	15638	21512	15157	17686	14744	14411

86.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Acarreos de 50 km, Transporte de Cereal. Fuente:
Elaboración propia

ANEXO VI. TABLAS TRANSPORTE DE CONTENEDORES ZGZ-BCN

COMPROBACIÓN LONGITUD, POTENCIA, ADHERENCIA

Comprobación Longitud		
L máxima	550	m
Nº Vagones	27	
Nº Locomotoras	2	
L Total	539,5	m
Cumple	VERDADERO	
Comprobación Potencia		
1	Locomotora	
13	Vagones	
	5981,65	Cv
	4396,52	KW
	4600	KW
Cumple:	VERDADERO	
2	Locomotoras	
27	vagones	
	12423,31	Cv
	9131,1304	KW
	9.200	KW
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Adherencia (KW)		
425,41	766,67	VERDADERO

87. Comprobaciones Transporte de Contenedores. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREOS

Comparación (Euros)				
Sin Acarreo				
	Tren	Camión, 1.367	Camión, 1.260	Camión, 1.162
1	1319	474	437	403
2	1534	949	874	806
3	1749	1423	1312	1210
4	1964	1897	1749	1613
5	2180	2372	2186	2016
6	2395	2846	2623	2419
7	2610	3320	3061	2822
8	2825	3795	3498	3226
9	3040	4269	3935	3629
10	3255	4743	4372	4032
11	3470	5218	4809	4435
12	3686	5692	5247	4839
13	3901	6167	5684	5242
14	4317	6641	6121	5645
15	4532	7115	6558	6048
16	4747	7590	6996	6451
17	4963	8064	7433	6855
18	5178	8538	7870	7258
19	5393	9013	8307	7661
20	5608	9487	8744	8064
21	5823	9961	9182	8467
22	6038	10436	9619	8871
23	6253	10910	10056	9274
24	6469	11384	10493	9677
25	6684	11859	10931	10080
26	6899	12333	11368	10484
27	7114	12807	11805	10887

88.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Sin Acarreos, Transporte de Contenedores. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN ACARREO DE 25KM

Comparación, Con Acarreo						
Con 1 Acarreo de 25 km						
	Tren, 1.367	Camión, 1.367	Tren, 1.260	Camión, 1.260	Tren, 1.162	Camión , 1.162
1	1374	509	1372	469	1369	432
2	1645	1017	1639	937	1634	865
3	1915	1526	1907	1406	1899	1297
4	2185	2034	2174	1875	2165	1729
5	2455	2543	2442	2344	2430	2161
6	2726	3051	2710	2812	2695	2594
7	2996	3560	2977	3281	2960	3026
8	3266	4068	3245	3750	3225	3458
9	3537	4577	3513	4218	3491	3890
10	3807	5085	3780	4687	3756	4323
11	4077	5594	4048	5156	4021	4755
12	4348	6102	4316	5625	4286	5187
13	4618	6611	4583	6093	4551	5619
14	5090	7119	5052	6562	5018	6052
15	5360	7628	5320	7031	5283	6484
16	5630	8136	5587	7500	5548	6916
17	5901	8645	5855	7968	5813	7348
18	6171	9153	6123	8437	6079	7781
19	6441	9662	6390	8906	6344	8213
20	6711	10170	6658	9374	6609	8645
21	6982	10679	6926	9843	6874	9078
22	7252	11188	7193	10312	7139	9510
23	7522	11696	7461	10781	7405	9942
24	7793	12205	7729	11249	7670	10374
25	8063	12713	7996	11718	7935	10807
26	8333	13221	8263	12186	8200	11238
27	8603	13730	8531	12655	8465	11671

89.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 25 km, Transporte de Contenedores. Fuente:
Elaboración propia

COMPARACIÓN ACARREO DE 50KM

Comparación, Con Acarreo						
Con 1 Acarreo de 50 km						
	Tren, 1.367	Camión, 1.367	Tren, 1.260	Camión, 1.260	Tren, 1.162	Camión , 1.162
1	1408	543	1403	500	1398	461
2	1713	1085	1702	1000	1692	923
3	2017	1628	2001	1501	1987	1384
4	2322	2171	2300	2001	2281	1845
5	2626	2713	2600	2501	2575	2307
6	2931	3256	2899	3001	2869	2768
7	3235	3799	3198	3502	3164	3229
8	3540	4342	3497	4002	3458	3691
9	3844	4884	3796	4502	3752	4152
10	4149	5427	4095	5002	4046	4613
11	4453	5970	4394	5502	4341	5074
12	4758	6512	4694	6003	4635	5536
13	5062	7055	4993	6503	4929	5997
14	5568	7598	5493	7003	5425	6458
15	5873	8140	5792	7503	5719	6920
16	6177	8683	6091	8004	6013	7381
17	6482	9226	6391	8504	6307	7842
18	6786	9769	6690	9004	6602	8304
19	7090	10311	6989	9504	6896	8765
20	7395	10854	7288	10004	7190	9226
21	7699	11397	7587	10505	7484	9688
22	8004	11939	7886	11005	7778	10149
23	8308	12482	8185	11505	8073	10610
24	8613	13025	8485	12005	8367	11072
25	8917	13567	8784	12506	8661	11533
26	9222	14110	9083	13006	8955	11994
27	9526	14653	9382	13506	9250	12455

90.Tabla Comparativa entre Ferrocarril y Camión Acarreos de 50 km, Transporte de Contenedores. Fuente:
Elaboración propia

ANEXO VII. TABLAS TRANSPORTE DE CEREAL TARRAGONA-CASPE

COMPROBACIÓN LONGITUD, POTENCIA, ADHERENCIA

Comprobación Longitud		
L máxima	575	m
Nº Vagones	36	
Nº Locomotoras	3	
L Total	569,76	m
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Potencia		
1	Locomotora	
15	Vagones	
	6063,88	Cv
	4456,95	KW
	4600	KW
Cumple:	VERDADERO	
2	Locomotoras	
30	vagones	
	12127,75	Cv
	8913,897067	KW
	9.200	KW
Cumple:	VERDADERO	
3	Locomotoras	
46	vagones	
	18595,77	Cv
	13667,89449	KW
	13.800	KW
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Adherencia (KW)		
516,75	766,67	VERDADERO

91. Comprobaciones Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREOS, 24TM CAMIÓN Y VAGÓN

Comparación sin Acarreos				
Ferrocarril 24 Tm-Camión 24 Tm				
Nº	Tren	Camión 1,642	Camión 1,35	Camión 1,1
1	3,22	1,64	1,35	1,10
2	4,07	3,28	2,70	2,20
3	4,92	4,93	4,05	3,30
4	5,77	6,57	5,40	4,40
5	6,62	8,21	6,75	5,50
6	7,47	9,85	8,10	6,60
7	8,32	11,49	9,45	7,70
8	9,17	13,14	10,80	8,80
9	10,02	14,78	12,15	9,90
10	10,87	16,42	13,50	11,00
11	11,72	18,06	14,85	12,10
12	12,57	19,70	16,20	13,20
13	13,42	21,35	17,55	14,30
14	14,27	22,99	18,90	15,40
15	15,12	24,63	20,25	16,50
16	16,68	26,27	21,60	17,60
17	17,53	27,91	22,95	18,70
18	18,38	29,56	24,30	19,80
19	19,23	31,20	25,65	20,90
20	20,08	32,84	27,00	22,00
21	20,93	34,48	28,35	23,10
22	21,78	36,12	29,70	24,20
23	22,63	37,77	31,05	25,30
24	23,48	39,41	32,40	26,40
25	24,33	41,05	33,75	27,50
26	25,18	42,69	35,10	28,60
27	26,03	44,33	36,45	29,70
28	26,88	45,98	37,80	30,80
29	27,73	47,62	39,15	31,90
30	28,58	49,26	40,50	33,00
31	30,14	50,90	41,85	34,10
32	30,99	52,54	43,20	35,20
33	31,84	54,19	44,55	36,30
34	32,69	55,83	45,90	37,40
35	33,54	57,47	47,25	38,50
36	34,39	59,11	48,60	39,60

92.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Cereal. Fuente:
Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREO, 24 TM CAMIÓN Y 48 TM VAGÓN

Comparación sin Acarreos				
Ferrocarril 48 Tm-Camión 24 Tm				
Nº	Tren	Camión 1,642	Camión 1,35	Camión 1,1
1	3,22	3,28	2,70	2,20
2	4,07	6,57	5,40	4,40
3	4,92	9,85	8,10	6,60
4	5,77	13,14	10,80	8,80
5	6,62	16,42	13,50	11,00
6	7,47	19,70	16,20	13,20
7	8,32	22,99	18,90	15,40
8	9,17	26,27	21,60	17,60
9	10,02	29,56	24,30	19,80
10	10,87	32,84	27,00	22,00
11	11,72	36,12	29,70	24,20
12	12,57	39,41	32,40	26,40
13	13,42	42,69	35,10	28,60
14	14,27	45,98	37,80	30,80
15	15,12	49,26	40,50	33,00
16	16,68	52,54	43,20	35,20
17	17,53	55,83	45,90	37,40
18	18,38	59,11	48,60	39,60
19	19,23	62,40	51,30	41,80
20	20,08	65,68	54,00	44,00
21	20,93	68,96	56,70	46,20
22	21,78	72,25	59,40	48,40
23	22,63	75,53	62,10	50,60
24	23,48	78,82	64,80	52,80
25	24,33	82,10	67,50	55,00
26	25,18	85,38	70,20	57,20
27	26,03	88,67	72,90	59,40
28	26,88	91,95	75,60	61,60
29	27,73	95,24	78,30	63,80
30	28,58	98,52	81,00	66,00
31	30,14	101,80	83,70	68,20
32	30,99	105,09	86,40	70,40
33	31,84	108,37	89,10	72,60
34	32,69	111,66	91,80	74,80
35	33,54	114,94	94,50	77,00
36	34,39	118,22	97,20	79,20

93.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 48 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Cereal. Fuente: Elaboración propia

ANEXO VIII. TABLAS TRANSPORTE DE CARBÓN TARRAGONA-ANDORRA

COMPROBACIÓN LONGITUD, POTENCIA, ADHERENCIA

Comprobación Longitud		
L máxima	575	m
Nº Vagones	29	
Nº Locomotoras	2	
L Total	562	m
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Potencia		
1	Locomotora	
15	Vagones	
	6063,88	Cv
	4456,95	KW
	4600	KW
Cumple:	VERDADERO	
2	Locomotoras	
30	vagones	
	12127,75	Cv
	8913,897067	KW
	9.200	KW
Cumple:	VERDADERO	
Comprobación Adherencia (KW)		
516,75	766,67	VERDADERO

94. Comprobaciones Transporte de Carbón. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN SIN ACARREOS, 24 TM CAMIÓN Y VAGÓN

Comparación sin Acarreos				
Ferrocarril 24 Tm-Camión 24 Tm				
Nº	Tren	Camión 1,379	Camión 1,20	Camión 1,103
1	2,97	1,38	1,20	1,10
2	3,65	2,76	2,40	2,21
3	4,33	4,14	3,60	3,31
4	5,01	5,52	4,80	4,41
5	5,69	6,90	6,00	5,52
6	6,37	8,27	7,20	6,62
7	7,05	9,65	8,40	7,72
8	7,73	11,03	9,60	8,82
9	8,41	12,41	10,80	9,93
10	9,09	13,79	12,00	11,03
11	9,77	15,17	13,20	12,13
12	10,45	16,55	14,40	13,24
13	11,13	17,93	15,60	14,34
14	11,81	19,31	16,80	15,44
15	12,49	20,69	18,00	16,55
16	13,88	22,06	19,20	17,65
17	14,56	23,44	20,40	18,75
18	15,24	24,82	21,60	19,85
19	15,92	26,20	22,80	20,96
20	16,60	27,58	24,00	22,06
21	17,28	28,96	25,20	23,16
22	17,96	30,34	26,40	24,27
23	18,64	31,72	27,60	25,37
24	19,32	33,10	28,80	26,47
25	20,00	34,48	30,00	27,58
26	20,68	35,85	31,20	28,68
27	21,36	37,23	32,40	29,78
28	22,04	38,61	33,60	30,88
29	22,72	39,99	34,80	31,99

95.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 24 Tm y Camión 24 Tm Sin Acarreos, Transporte de Carbón. Fuente: Elaboración propia

COMAPRACIÓN SIN ACARREO, 24 TM CAMIÓN Y 48 TM VAGÓN

Comparación sin Acarreos				
Ferrocarril 48 Tm-Camión 24 Tm				
Nº	Tren	Camión 1,379	Camión 1,20	Camión 1,103
1	2,97	2,76	2,40	2,21
2	3,65	5,52	4,80	4,41
3	4,33	8,27	7,20	6,62
4	5,01	11,03	9,60	8,82
5	5,69	13,79	12,00	11,03
6	6,37	16,55	14,40	13,24
7	7,05	19,31	16,80	15,44
8	7,73	22,06	19,20	17,65
9	8,41	24,82	21,60	19,85
10	9,09	27,58	24,00	22,06
11	9,77	30,34	26,40	24,27
12	10,45	33,10	28,80	26,47
13	11,13	35,85	31,20	28,68
14	11,81	38,61	33,60	30,88
15	12,49	41,37	36,00	33,09
16	13,88	44,13	38,40	35,30
17	14,56	46,89	40,80	37,50
18	15,24	49,64	43,20	39,71
19	15,92	52,40	45,60	41,91
20	16,60	55,16	48,00	44,12
21	17,28	57,92	50,40	46,33
22	17,96	60,68	52,80	48,53
23	18,64	63,43	55,20	50,74
24	19,32	66,19	57,60	52,94
25	20,00	68,95	60,00	55,15
26	20,68	71,71	62,40	57,36
27	21,36	74,47	64,80	59,56
28	22,04	77,22	67,20	61,77
29	22,72	79,98	69,60	63,97

96.Tabla Comparativa entre Ferrocarril 48 Tm y Camión 24 Tm sin Acarreos, Transporte de Carbón. Fuente:
Elaboración propia

ANEXO IX. TABLAS COMPARATIVAS CEREAL-CARBÓN

COMPARACIÓN FERROCARRIL

Comparación Tren		
Nº	Cereal	Carbón
1	3,22	2,97
2	4,07	3,65
3	4,92	4,33
4	5,77	5,01
5	6,62	5,69
6	7,47	6,37
7	8,32	7,05
8	9,17	7,73
9	10,02	8,41
10	10,87	9,09
11	11,72	9,77
12	12,57	10,45
13	13,42	11,13
14	14,27	11,81
15	15,12	12,49
16	16,68	13,88
17	17,53	14,56
18	18,38	15,24
19	19,23	15,92
20	20,08	16,60
21	20,93	17,28
22	21,78	17,96
23	22,63	18,64
24	23,48	19,32
25	24,33	20,00
26	25,18	20,68
27	26,03	21,36
28	26,88	22,04
29	27,73	22,72

97.Tabla Comparativa entre Cereal y Carbón, Ferrocarril. Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN CAMIÓN

Comparación camión						
Nº	Cereal			Carbón		
	Cereal 1,642 (E/km)	Cereal 1,35 (E/km)	Cereal 1,1 (E/km)	Carbón 1,379 (E/km)	Carbón 1,2 (E/km)	Carbón 1,103 (E/km)
1	1,64	1,35	1,10	1,38	1,20	1,10
2	3,28	2,70	2,20	2,76	2,40	2,21
3	4,93	4,05	3,30	4,14	3,60	3,31
4	6,57	5,40	4,40	5,52	4,80	4,41
5	8,21	6,75	5,50	6,90	6,00	5,52
6	9,85	8,10	6,60	8,27	7,20	6,62
7	11,49	9,45	7,70	9,65	8,40	7,72
8	13,14	10,80	8,80	11,03	9,60	8,82
9	14,78	12,15	9,90	12,41	10,80	9,93
10	16,42	13,50	11,00	13,79	12,00	11,03
11	18,06	14,85	12,10	15,17	13,20	12,13
12	19,70	16,20	13,20	16,55	14,40	13,24
13	21,35	17,55	14,30	17,93	15,60	14,34
14	22,99	18,90	15,40	19,31	16,80	15,44
15	24,63	20,25	16,50	20,69	18,00	16,55
16	26,27	21,60	17,60	22,06	19,20	17,65
17	27,91	22,95	18,70	23,44	20,40	18,75
18	29,56	24,30	19,80	24,82	21,60	19,85
19	31,20	25,65	20,90	26,20	22,80	20,96
20	32,84	27,00	22,00	27,58	24,00	22,06
21	34,48	28,35	23,10	28,96	25,20	23,16
22	36,12	29,70	24,20	30,34	26,40	24,27
23	37,77	31,05	25,30	31,72	27,60	25,37
24	39,41	32,40	26,40	33,10	28,80	26,47
25	41,05	33,75	27,50	34,48	30,00	27,58
26	42,69	35,10	28,60	35,85	31,20	28,68
27	44,33	36,45	29,70	37,23	32,40	29,78
28	45,98	37,80	30,80	38,61	33,60	30,88
29	47,62	39,15	31,90	39,99	34,80	31,99

98.Tabla Comparativa entre Cereal y Carbón, Camión. Fuente: Elaboración propia