



Universidad de Valladolid



Escuela de Ingenierías Industriales



TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Análisis del incremento de la longitud de camiones hasta los 20,55 metros”

Autor:

Granados Romero, Raúl

Tutor:

Gento Municio, Ángel Manuel

Valladolid, Julio 2019



Índice de contenidos

Resumen	3
Palabras Clave	3
Abstract	5
Keywords	5
Capítulo 1: Introducción	7
1.1 Motivación y Justificación	8
1.2 Objetivo	10
1.3 Alcance.....	11
1.4 Estructura.....	11
Capítulo 2: Normativa actual	13
2.1 Tipos de vehículos	16
2.2 Masas máximas permitidas	17
2.3 Dimensiones máximas autorizadas	21
2.3.1 Tráilers	22
2.3.2 Trenes de carretera	24
2.3.2.1 Camión portavehículos.....	27
2.3.3 Vehículos con configuración euro-modular	28
2.3.3.1 TSR232	29
2.3.3.2 RDS323.....	30
2.3.3.3 TSS223	31
2.3.3.4 Requisitos para solicitar la autorización.....	32
2.3.3.5 Donde pedir la autorización	33
2.3.3.6 Requisitos de los itinerarios.....	33
Capítulo 3: Alternativas en otros países	35
3.1 Reino Unido.....	40
3.2 Finlandia.....	41
3.3 Suecia.....	43
3.4 Estados Unidos.....	45



3.5	Canadá	49
3.6	Australia	50
3.7	México	54
Capítulo 4: Análisis de Propuestas		59
4.1	Análisis Teórico	62
4.1.1	Volumen.....	62
4.1.2	Pallets	64
4.1.2.1	Europeos.....	64
4.1.2.2	Americanos	71
4.1.2.3	Resumen	75
4.1.3	Combustible	77
Capítulo 5: Estudio económico		83
5.1	Introducción	84
5.1.1	Jerarquía en un proyecto de distribución en planta	84
5.2	Fases de desarrollo.....	85
5.3	Estudio económico	88
5.3.1	Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal.....	88
5.3.2	Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado	89
5.3.3	Coste del material consumible	90
5.3.4	Costes indirectos	91
5.3.5	Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto	91
5.4	Costes asignados a cada fase del proyecto	92
5.4.1	Fase 1: Necesidad y decisión de elaboración del proyecto.....	92
5.4.2	Fase 2: Presentación y difusión del proyecto	93
5.4.3	Fase 3: Recopilación de información.....	94
5.4.4	Fase 4: Análisis, búsqueda y selección	94
5.4.5	Fase 5: Escritura, difusión e implantación	95
5.5	Cálculo del coste total	96
Capítulo 6: Conclusiones y Futuros Desarrollos		97
Bibliografía		101



Resumen

En el presente trabajo se ha estudiado la posibilidad de incrementar la longitud máxima actual (16,5 metros) de los tráilers en España hasta los **20,55 metros** (longitud permitida para los camiones portavehículos). Para ello hemos analizado la situación actual de transporte de mercancías por carreteras en España y del resto del mundo donde sí que está permitido circular con tráilers de mayor longitud. En este trabajo no queremos modificar el peso máximo autorizado de los tráilers, enfocándonos principalmente en aquellas empresas que transportan mercancía voluminosa y que no pueden cargar más cantidad en los tráilers debido a insuficiencia de espacio y no por exceso de peso. A lo largo del trabajo se podrá observar las diferentes ventajas que supondría este incremento de longitud en los tráilers.

Palabras Clave

- ❖ Tráiler.
- ❖ Tren de carretera.
- ❖ Vehículos de configuración euro-modular.
- ❖ Remolque y semirremolque.
- ❖ Pallet.





Abstract

In this project, we have studied the possibility of increasing the current maximum length (16,5 metres) of trailers in Spain to **20,55 metres** (length permitted for vehicle trucks). In order to do this, we have analysed the current situation of road freight transport in Spain and the rest of the world, where longer trailers are permitted. In this work we do not want to modify the maximum authorized weight of trailers, focusing mainly on those companies that transport bulky goods and cannot load more in the trailers due to insufficient space and not excess weight. Throughout the project we will be able to observe the different advantages that this increase in length would suppose in the trailers.

Keywords

- ❖ Trailer.
- ❖ Road train.
- ❖ European Modular System.
- ❖ Trailer.
- ❖ Pallet.





Capítulo 1: Introducción



1.1 Motivación y Justificación

El transporte por carretera se está desarrollando rápidamente debido al avance de la sociedad y la logística. Se está aumentando los volúmenes de las mercancías y las distancias de los transportes cada vez más. El transporte por carretera es el modo más empleado en la actualidad para el transporte de mercancías y lo seguirá siendo también en el futuro (Lumsden, 2004). Por lo tanto, tendremos un problema de **gestión de vehículos** en las carreteras que tiene que ser solucionado. El transporte por carretera debe ser más eficaz y para ello, hay varias maneras de hacerlo, y todas ellas son necesarias:

- Logística más eficiente.
- Modos de transporte más eficientes, camiones más largos y pesados...
- Mejor infraestructura.
- Camiones más inteligentes.
- Más transporte combinado.
- Etc.

Una cuestión esencial es cómo **aumentar la capacidad de carga** de los camiones. Hoy en día esto está en gran medida relacionado con las masas y dimensiones, que están estrictamente reguladas. Hay un debate en curso sobre esta cuestión, con demandas de varios actores para que se permitan camiones más largos y pesados que los actuales. Las masas y dimensiones de los camiones en el transporte internacional por carretera europeo están reguladas por la Directiva 96/53/CE. Se han iniciado los debates sobre las posibilidades de abrir esta directiva a cambios, pero por el momento no hay planes para ello.

Sin embargo, tarde o temprano debe llegar el momento en que esto debe hacerse y por ello es importante que estemos **preparados** para un debate serio. El aumento del tamaño de los camiones tendrá un impacto en varios aspectos, todos los cuales deben ser analizados a fondo, independientemente de que el aumento sea simplemente añadir una longitud de 1 a 2 metros o mucho más, o aumentar la altura o el peso:

- ✓ Eficiencia de los camiones, debido a que se necesitan menos camiones para una cantidad determinada de mercancías, y no en último término porque la mayoría de los transportes de larga distancia son sensibles al volumen.
- ✓ Utilización de la carretera, ya que se necesitarán menos camiones para una cantidad determinada de mercancías.
- ✓ Medio ambiente, ya que se reducirá el consumo de combustible por tonelada-kilómetro.



- ✓ Seguridad, tanto activa como pasiva, en la que se necesitan más análisis sobre el impacto en, por ejemplo, la estabilidad al volante, los adelantamientos, los frenados, los recorridos de barrido, el riesgo de colisión y la formación de los conductores.

La mayor parte del transporte en distancias largas consiste en carga general. En estudios realizados por NEA y TFK sobre algunas importantes empresas europeas de transporte, se analizó el número de viajes que representaban un año medio para una empresa de transporte de mercancías de carga general a través de distancias más largas en Europa Central. El estudio demostró que el transporte es más sensible para el número de pallets = longitud del área de carga, como se puede observar en la siguiente imagen.

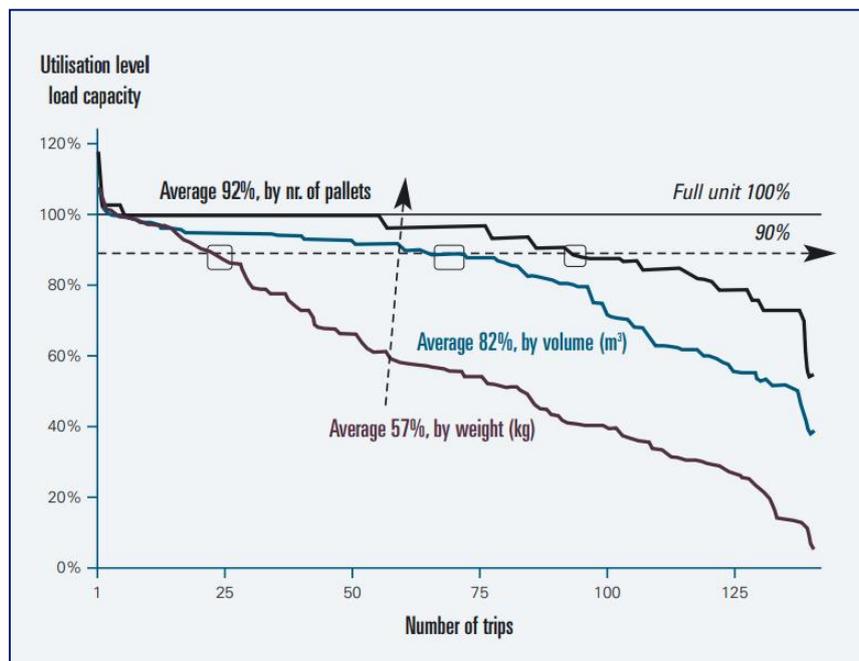


Figura 1.1 Utilización de camiones medido en nº de pallets, volumen y peso (Lumsden, 2004).

De la Figura 1.1 obtenemos el siguiente análisis:

- **Pallets:** La capacidad media utilizada de los pallets fue del 92%. Para alrededor del 40% de los viajes, los camiones estaban completamente cargados por pallets y en torno a los dos tercios de los viajes estaban cargados hasta al menos el 90% de ocupación de pallets. Ningún viaje tuvo utilización por número de pallets inferiores al 55%.



- **Volumen:** La capacidad media de volumen utilizada fue del 82%. La mitad del transporte fue cargado a alrededor de 90%. Ningún viaje tuvo un volumen de utilización inferior al 38%.
- **Peso:** La capacidad de peso media utilizada fue del 57%. Menos de 10 viajes fueron cargados completamente por peso. Ningún viaje tuvo una utilización por peso inferior al 10%.

En resumen, la mayor parte de los transportes de mercancía por carretera no pueden cargar una mayor cantidad de mercancía en los camiones debido a que no les entra más por limitación del **tamaño de la caja** del camión y no por superar las masas máximas autorizadas legales. Este es el principal motivo por el cual sería interesante alargar la caja del camión sin aumentar la masa máxima autorizada.

Todo esto en su conjunto tiene aspectos técnicos y políticos y todos tienen que ser investigados a fondo antes de que pueda haber una visión común de los futuros problemas técnicos soluciones.

1.2 Objetivo

El principal objetivo del presente trabajo es el de realizar el análisis del impacto que ocasionaría un incremento de longitud en los camiones. Para desarrollar dicho análisis vamos a dividir el proyecto en diferentes subobjetivos:

- **Análisis de la normativa actual:** Para llegar a cumplir nuestro principal objetivo es necesario estudiar de donde partimos, y para ello vamos a analizar cómo se encuentra la normativa actual de transportes por carretera.
- **Analizar otros países:** Es necesario realizar un análisis de cómo se realiza el transporte por carreteras en diferentes países con el objetivo de obtener conclusiones de cómo se ha evolucionado en el resto de países hasta llegar a permitir camiones de mayores longitudes a las de nuestro país.
- **Planteamiento de propuesta:** Juntando los dos análisis anteriores, vamos a realizar una propuesta factible para el incremento de la longitud de los camiones en nuestro país.

Realizando estos tres subobjetivos, lograremos llegar a cumplir nuestro principal objetivo.



1.3 Alcance

El **futuro** del transporte por carretera es espectacular en su desarrollo y está lleno de retos, sobre todo para hacer frente al aumento previsto del transporte por carretera en relación con los límites de la capacidad de la red de carreteras. Este es el resultado de la mayoría de los escenarios y predicciones realizadas (Lumsden, 2004).

Sin embargo, este resultado previsto del entorno industrial tiene que ser resuelto dentro de las soluciones logísticas existentes debido a los requisitos de la sociedad en muchas formas diferentes. Tal y como se ha medido, el trabajo de transporte debería poder incrementarse, y es obvio que debe incrementarse sin aumentar el trabajo de **tráfico**.

No hace falta decir que, en todos los aspectos, el aumento de la productividad es una necesidad. Esto se aplica al aspecto del coste, la congestión, el medio ambiente, la sostenibilidad, la red de carreteras, etc. Existen varios aspectos diferentes sobre las masas y dimensiones de los camiones como la economía, la logística, la seguridad vial, el medio ambiente, etc. que deben ser evaluados.

Este trabajo se centrará principalmente en los **efectos logísticos**, para ser más exactos, estará enfocado principalmente en el incremento de las dimensiones de los camiones. Existen, por definición y a partir de los requisitos comerciales identificados, varias formas diferentes de cambiar las dimensiones del camión y la combinación de remolques y otros equipos. Para ello, vamos a analizar con profundidad que supondría un aumento de las dimensiones de los camiones.

1.4 Estructura

La memoria de este proyecto se divide en 6 capítulos de la siguiente manera:

- **Capítulo 1: Introducción**

En este apartado explicaremos brevemente el motivo por el cual se ha realizado este trabajo, el objetivo principal que tenemos y el alcance al que pretendemos llegar.

- **Capítulo 2: Normativa actual**

En este apartado se ha analizado como se encuentra la situación actual en España, de las dimensiones y masas máximas permitidas de los camiones por el gobierno.



- **Capítulo 3: Alternativas en otros países**

En este apartado se ha analizado como se encuentra la situación actual en otros países del resto del mundo en los que hay grandes diferencias con las dimensiones máximas permitidas en España.

- **Capítulo 4: Análisis de las propuestas**

En este apartado se ha analizado de manera teórica las ventajas que supondría circular en España con los tráilers de 20,55 metros de longitud en lugar de los tráilers de 16,5 metros actuales.

- **Capítulo 5: Estudio económico**

En este apartado se realizará un estudio económico, sumando todos los costes que ha conllevado este proyecto.

- **Capítulo 6: Conclusiones y Futuros Desarrollos**

En este apartado se comentará brevemente el resultado final del estudio, lo que conlleva dicho estudio y posibles nuevas líneas futuras de desarrollo.



Capítulo 2: Normativa actual



Para empezar a explicar cómo se encuentra la normativa de transporte de mercancías en España en la actualidad, es necesario conocer el significado de una serie de conceptos que se van a emplear a lo largo de todo el trabajo. Estos conceptos se pueden observar en el apartado 1 del anexo IX del Reglamento General de Vehículos del BOE (2018).

- **Tara:** Es la masa que tiene un vehículo dotado completamente de combustible, repuestos, agua, lubricante y herramientas necesarias, sin tener ninguna otra carga ni pasajeros y teniendo en cuenta su equipo fijo autorizado.
- **Masa en orden de marcha:** Es la suma de la tara más la masa estándar de un conductor que son 75 kilogramos. En el caso de autocares y autobuses que sea necesario un acompañante, su masa sigue siendo la estándar de 75 kilogramos.
- **Masa en carga:** Es el resultado del sumatorio de la masa de los pasajeros, la de la carga, la del personal de servicio y la efectiva del vehículo.
- **Masa por eje:** Se trata de la ejercida sobre el suelo y que se transmite totalmente por las ruedas acopladas a cada eje.
- **Masa máxima autorizada (MMA):** Es la masa máxima permitida para que un vehículo con carga pueda circular por las vías públicas.
- **Masa máxima técnicamente admisible:** Es la masa máxima que especifica el fabricante del vehículo y que se basa en su construcción.
- **Masa máxima autorizada por eje:** Es la masa máxima que puede soportar un eje o un grupo de ejes con carga para que el vehículo pueda circular por las vías públicas.
- **Masa máxima por eje técnicamente admisible:** Es la masa máxima que puede soportar un eje que especifica el fabricante y que se basa en su construcción.
- **Masa remolcable máxima autorizada:** Es la masa máxima permitida para un remolque o semirremolque cuyo destino es ser acoplado a un vehículo de motor.
- **Masa remolcable máxima técnicamente admisible:** Es la masa máxima remolcable que especifica el fabricante y que se basa en su construcción.



- **Masa máxima técnicamente admisible del conjunto:** Es el resultado sumatorio de las masas del remolque acoplado con carga y las del vehículo de motor con carga que se basa en su construcción y que especifica el fabricante.
- **Masa máxima autorizada del conjunto:** Es el sumatorio de las masas del remolque acoplado con carga y las del vehículo de motor con carga para que pueda circular por las vías públicas.
- **Carga indivisible:** Es la carga que no se puede fragmentar en dos o más cargas sin que ello conlleve algún riesgo o coste que pueda derivar en daños innecesarios.
- **Suspensión neumática:** Es aquella suspensión en la cual un instrumento neumático es la causa del 75 % o más del efecto elástico.
- **Tonelada:** Masa correspondiente a 1.000 kilogramos.
- **Grupo de ejes:** Corresponde a los ejes que forman parte de un bogie. Tiene diferentes términos.
 - Tándem: En el caso de dos ejes.
 - Tándem triaxial: En el caso de tres ejes.

Aquellos que solo tengan un eje se les conoce como un grupo de un eje.

- **Configuración euro-modular:** Son los conjuntos de vehículos que poseen más de seis líneas de ejes y que separando sus módulos no excedan los límites de dimensiones y masas autorizados para cada vehículo.
- **Combustibles alternativos:** Aquellas fuentes de energía o combustibles que sustituyan parcial o totalmente las fuentes de energía fósil y que ayuden a su descarbonización y a mejorar el medio ambiente. Pueden ser los siguientes:
 - El hidrógeno.
 - Los combustibles parafínicos y sintéticos.
 - La electricidad.
 - Los biocarburantes.
 - La energía mecánica.
 - El gas licuado del petróleo.
 - El gas natural.



- **Vehículo de transporte alternativo:** Aquellos vehículos que se alimentan parcial o totalmente a través de combustibles alternativos y que han obtenido la homologación.

2.1 Tipos de vehículos

Debido a la gran variedad de vehículos que existen en la actualidad, es necesario saber distinguir a cada uno de ellos. A continuación explico brevemente en qué consiste cada uno de los vehículos que son necesarios conocer en el presente trabajo. Estos tipos de vehículos se pueden observar en el apartado A del anexo II del Reglamento General de Vehículos del BOE (2018).

- **Vehículo:** Dispositivo que está preparado para circular por las vías o terrenos permitidos.
- **Vehículo de motor:** Aquel aparato que tiene un motor para propulsarse. En esta categoría hay que excluir a los tranvías, vehículos para personas de movilidad reducida y ciclomotores.
- **Automóvil:** Es un vehículo de motor que se utiliza habitualmente para transportar cosas y/o personas o para la tracción de otros vehículos con el mismo objetivo.
- **Camión:** Es un automóvil que tiene 4 o más ruedas, cuyo principal objetivo es el de transportar mercancías y tiene una cabina que no tiene que estar integrada con el resto de la carrocería. En la cabina no se puede superar el límite de nueve plazas, incluyendo la del conductor. Existen tres categorías dependiendo de la masa máxima autorizada que tenga el camión.
 - $MMA \leq 3.500 \text{ kg}$
 - $3.500 \text{ kg} < MMA \leq 12.000 \text{ kg}$
 - $MMA > 12.000 \text{ kg}$
- **Tractocamión:** Es un automóvil diseñado esencialmente para arrastrar un semirremolque.



- **Remolque:** Es un vehículo que no se puede autopropulsar y que está construido para ser arrastrado por un vehículo de motor. Existen cuatro categorías dependiendo de la masa máxima autorizada que tenga el remolque (excluyendo a los agrícolas):
 - $MMA \leq 750 \text{ kg}$
 - $750 \text{ kg} < MMA \leq 3.500 \text{ kg}$
 - $3.500 \text{ kg} < MMA \leq 10.000 \text{ kg}$
 - $MMA > 10.000 \text{ kg}$

- **Semirremolque:** Es un vehículo que no se puede autopropulsar y está construido para ser enchanchado a un automóvil, al cual le transfiere una parte importante de su masa. Existen cuatro categorías dependiendo de la masa máxima autorizada que tenga el semirremolque (excluyendo a los agrícolas):
 - $MMA \leq 750 \text{ kg}$
 - $750 \text{ kg} < MMA \leq 3.500 \text{ kg}$
 - $3.500 \text{ kg} < MMA \leq 10.000 \text{ kg}$
 - $MMA > 10.000 \text{ kg}$

- **Vehículo articulado:** Es un automóvil que está formado por la unión de un vehículo de motor y un semirremolque.

- **Tren de carretera:** Es un automóvil que está formado por la unión de un vehículo de motor y un remolque.

- **Conjunto de vehículos:** Son los constituidos por un vehículo articulado o un tren de carretera.

2.2 Masas máximas permitidas

Aunque el presente trabajo se centre principalmente en las dimensiones de los vehículos, hay que tener en cuenta también la normativa en cuanto a **masas máximas permitidas** que se pueden transportar en los vehículos se refiere, ya que este tema puede llegar a ser un obstáculo para conseguir nuestro objetivo. Esta normativa se puede observar en el apartado 2 del anexo IX del Reglamento General de Vehículos del BOE (2018).



En España **no** está permitida la circulación a:

- Los trenes de carretera cuya distancia entre el eje delantero del remolque y el eje posterior del vehículo motor sea **menor a tres metros**.
- Vehículos cuyos neumáticos soporten cargas mayores a las que están establecidas en sus normas de seguridad, dependiendo de la velocidad máxima y de los índices de carga.
- Vehículos que tengan ruedas neumáticas o de elasticidad parecida y que ejerzan una **presión mayor a 9 kg/cm²** sobre el asfalto.
- Vehículos de motor de cuatro ejes que tenga una masa máxima autorizada (medida en toneladas) mayor a cinco veces la distancia (medida en metros) que existe entre los centros de los ejes extremos del vehículo.
- Vehículos o conjunto de vehículos cuya **masa** que el eje motor soporte sea **menor al 25 % del total** de la masa en carga que tenga el vehículo.
- Vehículos de tracción animal que no tengan ruedas neumáticas (o de una parecida elasticidad), y sobrepase de los 150 kg por cm de ancho de su banda de rodadura con masa en carga.
- Vehículos que superen las masas máximas permitidas por eje que se puede observar en la **Tabla 2.1** de este apartado.
- Vehículos que superen las masas máximas autorizadas que se puede observar en la **Tabla 2.2** de este apartado.



	Toneladas
Eje simple:	
<i>Eje motor</i>	11,5
<i>Eje motor de los vehículos de la clase I (autobuses urbanos), según la clasificación de la directiva 2001/85/CE, de 20 de noviembre</i>	13
<i>Eje motor de los vehículos de las clases II y III (autobuses interurbanos), según la clasificación de la Directiva 2001/85/CE, de 20 de noviembre</i>	12,6
<i>Eje no motor</i>	10
Eje tándem de los vehículos de motor:	
Si la separación «d» de dos ejes es inferior a 1,00 metros ($d < 1,00$ m)	11,5
Si es igual o superior a 1,00 metros e inferior a 1,30 metros ($1,00 \text{ m} \leq d < 1,30$ m)	16
Si es igual o superior a 1,30 metros e inferior a 1,80 metros ($1,30 \text{ m} \leq d < 1,80$ m)	18
En el caso anterior si el eje motor va equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, o cuando cada eje motor esté equipado con neumáticos dobles y la masa máxima de cada eje no excede de las 9,5 toneladas	19
Eje tándem de los remolques o semirremolques:	
Si la separación «d» de los ejes es inferior a 1,00 metros ($d < 1,00$ m)	11
Si es igual o superior a 1,00 metros e inferior a 1,30 metros ($1,00 \text{ m} \leq d < 1,30$ m)	16
Si es igual o superior a 1,30 metros e inferior a 1,80 metros ($1,30 \text{ m} \leq d < 1,80$ m) ⁽¹⁾	18
Si es igual o superior a 1,80 metros ($1,80 \text{ m} \leq d$)	20
Tándem triaxial de los remolques o semirremolques:	
Si la distancia es igual o inferior a 1,30 metros ($d \leq 1,30$ m)	21
Si la distancia es superior a 1,30 metros e inferior o igual a 1,40 metros ($1,30 \text{ m} < d \leq 1,40$ m)	24

Tabla 2.1 Masas máximas permitidas por eje en España (BOE, 2018).

- (1) En este caso se exceptúa a los semirremolques que estén equipados con una caja basculante reforzada que se emplea específicamente en la construcción, minería u obras. En estos casos será de 20 toneladas en lugar de 18.



	Toneladas
<i>Vehículos de motor:</i>	
<i>Vehículo de motor de dos ejes, excepto autobuses</i>	18
<i>Autobuses de dos ejes de la clase I (urbano), según la clasificación de la Directiva 2001/85/CE, de 20 de noviembre</i>	20
<i>Autobuses de dos ejes de las clases II y III (interurbano y largo recorrido), según la clasificación de la Directiva 2001/85/CE, de 20 de noviembre</i>	19
Vehículo de motor de tres ejes	25
Vehículo de motor de tres ejes, cuando el eje motor vaya equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, o cuando cada eje motor esté equipado de neumáticos dobles y la masa máxima de cada eje no exceda de 9,5 toneladas	26
Autobuses articulados de 3 ejes	28
Vehículo rígido de 4 ejes con dos direccionales, cuando el eje motor vaya equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, o cuando cada eje motor esté equipado de neumáticos dobles y la masa máxima de cada eje no exceda de 9,5 toneladas	32
Otros vehículos rígidos de 4 ejes	31
<i>Remolques:</i>	
Remolque de dos ejes	18
Remolque de tres ejes	24
<i>Vehículos articulados de 4 ejes:</i>	
Vehículo motor de 2 ejes y semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea igual o superior a 1,30 m y sea inferior a 1,80 metros	36
<i>Vehículo motor de 2 ejes y semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea igual o superior a 1,80 metros ⁽¹⁾</i>	36
Vehículo motor de 2 ejes, equipado en el eje motor con ruedas gemelas, suspensión neumática o reconocida como equivalente y por un semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea superior a 1,80 metros, y se respeten la masa máxima autorizada del vehículo motor (18 toneladas) y la masa máxima autorizada de 1 eje tándem del semirremolque (20 toneladas)	38
Otros vehículos articulados de 4 ejes compuestos por un tractor de 2 ejes y un semirremolque de otros 2 ejes	36
<i>Vehículos articulados de 5 o más ejes:</i>	
Vehículo motor con 2 ejes y con semirremolque de 3 ejes	40
Vehículo motor con 3 ejes y con semirremolque de 2 ó 3 ejes	40
Vehículo motor de 3 ejes con semirremolque de 2 ó 3 ejes llevando, en transporte combinado, un contenedor o caja móvil cerrados, igual o superior a 20 pies y homologado para el transporte combinado	44
Vehículo motor de 2 ejes con semirremolque de 3 ejes llevando, en transporte combinado, un contenedor o caja móvil cerrados, igual o superior a 20 pies y homologado para el transporte combinado	42
<i>Trenes de carretera de 4 ejes:</i>	
Vehículo motor de 2 ejes y remolque de 2 ejes	36
<i>Trenes de carretera de 5 o más ejes:</i>	
Vehículo de motor con 2 ejes con remolque de 3 ejes	40
Vehículo de motor con 3 ejes con remolque de 2 ó 3 ejes	40

Tabla 2.2 Masas máximas autorizadas en España (BOE, 2018).

- (1) En este caso se exceptúa a los semirremolques que estén equipados con una caja basculante reforzada que se emplea específicamente en la construcción, minería u obras. En estos casos será de 38 toneladas en lugar de 36 siempre que se sigan cumpliendo las condiciones de la Tabla 2.1.



2.3 Dimensiones máximas autorizadas

Las dimensiones máximas permitidas para que los vehículos, incluida la carga, puedan circular se pueden observar en la **Tabla 2.3**. Estas dimensiones se pueden observar en el apartado 3 del anexo IX del Reglamento General de Vehículos del BOE (2018).

Longitud	Metros
Vehículos de motor, excepto autobuses	12,00
Remolques	12,00
Vehículos articulados, excepto autobuses	16,50
Distancia máxima entre el eje del pivote de enganche y la parte trasera del semirremolque	12,00
Distancia entre el eje del pivote de enganche y un punto cualquiera de parte delantera del semirremolque, horizontalmente	2,04
Trenes de carretera ⁽¹⁾	18,75
La distancia máxima, medida en paralelo al eje longitudinal del tren de carretera, entre los puntos exteriores situados más adelante de la zona de carga detrás de la cabina y más atrás del remolque del conjunto vehículos, menos la distancia entre la parte trasera del vehículo motor y la parte delantera del remolque	15,65
Distancia máxima, medida en paralelo al eje longitudinal del tren de carretera, entre los puntos exteriores situados más adelante de la zona de carga detrás de la cabina y más atrás del remolque del conjunto de vehículos	16,40
Autobuses articulados	18,75
Autobuses rígidos de 2 ejes	13,50
Autobuses rígidos de más de 2 ejes	15,00
Autobuses con remolque, incluidos éste	18,75
En el caso de autobuses equipados con accesorios desmontables, como los porta esquiés, la longitud del vehículo, accesorios incluidos, no sobrepasará las máximas previstas en este apartado.	
Anchura	Metros
La anchura máxima autorizada, como regla general	2,55
Superestructuras de vehículos acondicionados ⁽²⁾	2,60
Autobuses especialmente acondicionados para el traslado de presos ⁽³⁾	2,60
Altura	Metros
Altura máxima de los vehículos incluida la carga, como norma general	4,00
Altura máxima de los autobuses de la clase I (urbano)	4,20
Altura máxima de los siguientes vehículos, incluida la carga: <i>Portavehículos: Camiones (rígidos) y conjuntos de vehículos (trenes de carretera y vehículos articulados), cuando estén especializados en el transporte de vehículos.</i> <i>Vehículos grúa: los destinados a la retirada de vehículos accidentados o averiados.</i> <i>Vehículos que transportan contenedores cerrados homologados para el transporte combinado o intermodal.</i>	4,50

Tabla 2.3 Dimensiones máximas autorizadas en España (BOE, 2018).



- (1) Aquellos trenes de carreteras que están especializados en el transporte de vehículos, cabe la posibilidad de llegar hasta los 20,55 m de longitud siempre y cuando se utilice un soporte de carga en la parte trasera o un voladizo que estén homologados. Dicho soporte de carga o voladizo tiene la posibilidad de sobrepasar la parte trasera, siempre y cuando no supere el límite total autorizado. Además el último eje del vehículo transportado tiene que estar sobre la estructura del remolque. Por la parte delantera, la carga no podrá sobresalir.
- (2) Un vehículo acondicionado consiste en un vehículo que tiene unas estructuras móviles o fijas que se encuentran equipadas de modo parcial para el transporte de mercancía a unas temperaturas concretas. El espesor de cada pared lateral tiene que ser de 45 milímetros por lo menos, incluyendo el aislamiento.
- (3) Un autobús diseñado para el traslado de presos está construido por varias partes separadas. Hay un compartimento delantero, donde se encuentra el conductor y el escolta, un compartimento trasero donde hay otro escolta, el compartimento central que es donde se encuentran las celdas y un pasillo central.

A parte de los vehículos que se han visto en la Tabla 2.3, existe otro tipo de vehículo que se aprobó su utilización en la Orden PRE/2788/2015 del BOE (2015). Dicha Orden otorga el permiso de circulación a aquellos vehículos que tengan una configuración euro-modular **sin superar los 25,25 m de longitud, ni las 60 Tn de masa**. Es necesario obtener una autorización que expide el órgano competente en materia de tráfico.

Este trabajo se centra principalmente en el transporte de mercancía por carretera. En la actualidad, los vehículos que más se emplean para este cometido son los tráilers, los trenes de carretera y los vehículos de configuración euro-modular.

2.3.1 Tráilers

Los tráilers (Figura 2.1) son uno de los principales vehículos que se utilizan para el transporte de mercancías en España (Agudo, 2017).



Figura 2.1 Vista de un tráiler (Wolf, 2018).

Los **tráilers** son un tipo de vehículo articulado que se pueden dividir en dos partes. La primera es la parte delantera que puede ser una cabina o bien un tractocamión. Tiene un motor y es donde se sitúa el conductor del vehículo. La segunda parte se denomina semirremolque que es donde se almacena la carga y tiene la posibilidad de engancharse o desengancharse al tractocamión o cabina. La principal diferencia con el camión es que el conductor puede circular con o sin el semirremolque.

Las máximas longitudes permitidas en España para este tipo de vehículos se pueden observar en la Figura 2.2.

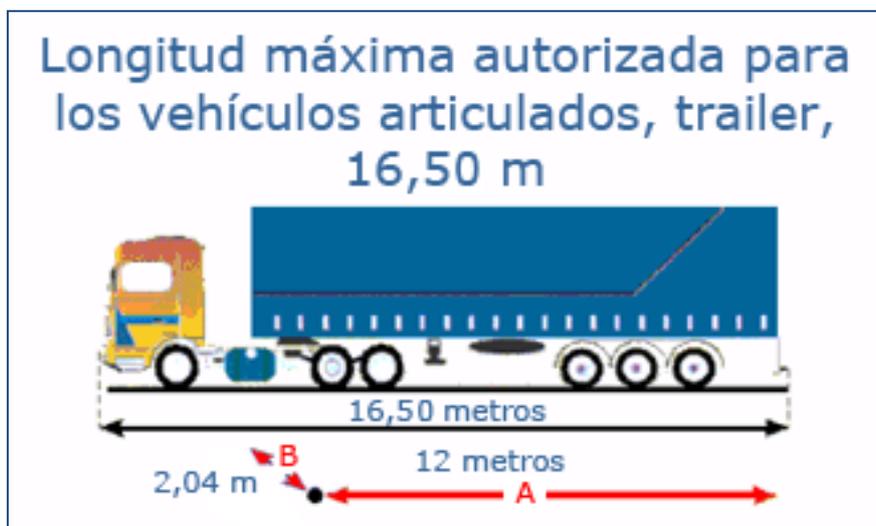


Figura 2.2 Longitud máxima autorizada de los tráilers en España (Fomento.gob, 2018a).



La distancia A de 12 m, es la longitud que no se puede superar entre la parte trasera del semirremolque y el pivote de enganche.

La distancia B de 2,04 m, es la distancia que no se puede superar entre cualquier punto de la parte delantera del semirremolque y el pivote de enganche.

2.3.2 Trenes de carretera

Otro tipo de vehículo que se emplea en el transporte de mercancías en España son los trenes de carretera (Figura 2.3). El **tren de carretera** es un conjunto formado por 2 o más elementos unidos, uno de los cuales es un tractor. Habitualmente se puede entender como tren de carretera la unión de un camión con el remolque que lleva (MotorGiga, 2018).



Figura 2.3 Vista de un tren de carretera (Autoescuelassannicolas, 2018).

Existen diferentes posibles combinaciones para los trenes de carretera dependiendo de los ejes que posea (Figura 2.4):

- ❖ Tren de carretera de **cuatro** ejes (dos del camión y dos del remolque).
- ❖ Tren de carretera de **cinco** ejes (tres del camión y dos del remolque o bien dos del camión y tres del remolque).



- ❖ Tren de carretera de **seis** ejes (tres del camión y tres del remolque o bien cuatro del camión y dos del remolque)
- ❖ Tren de carretera de **siete** ejes (cuatro del camión y tres del remolque o tres del camión y cuatro del remolque).
- ❖ Tren de carretera de **ocho** ejes (cuatro del camión y cuatro del remolque).

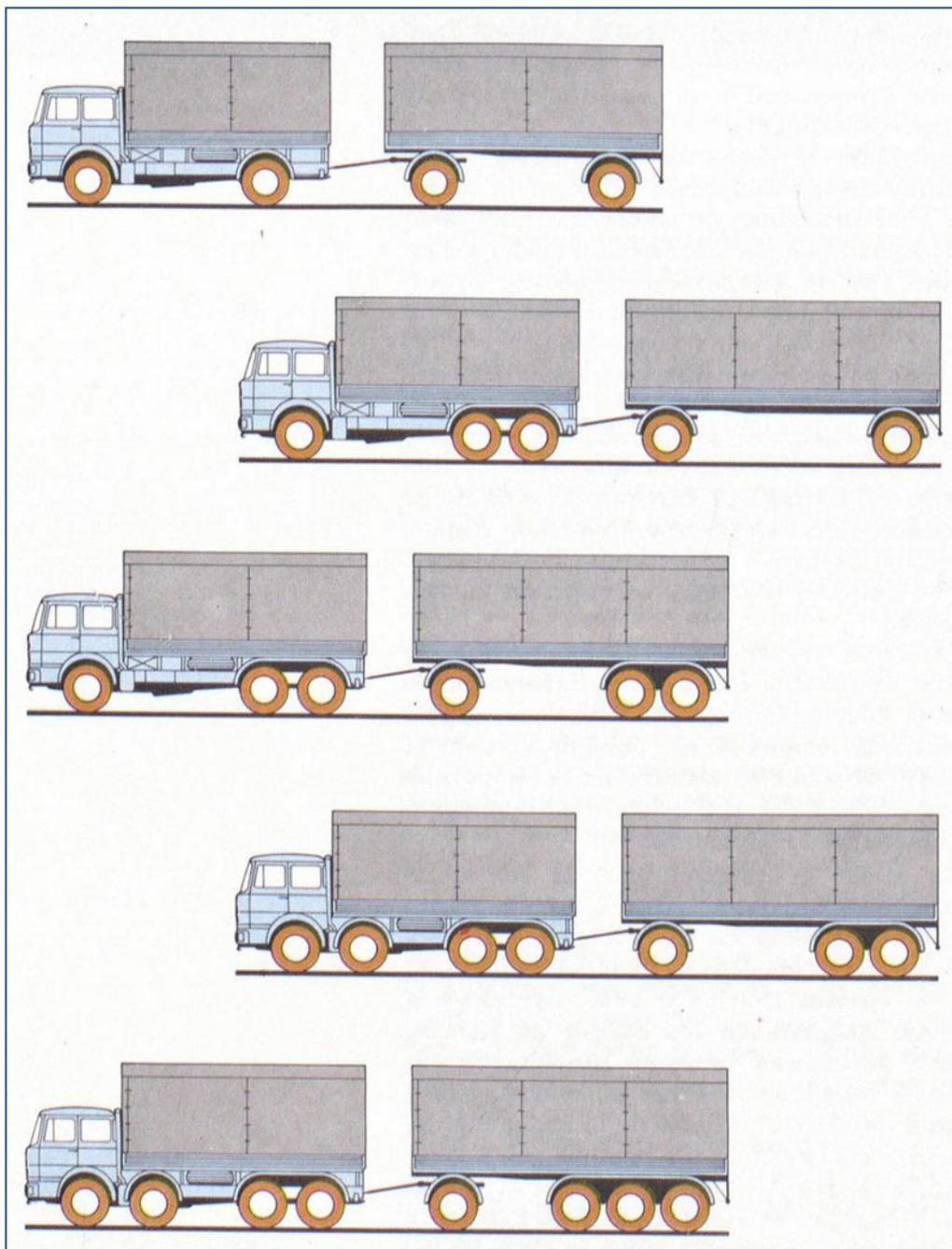


Figura 2.4 Diferentes combinaciones de un tren de carretera (MotorGiga, 2018).



Aparte de las combinaciones mencionadas anteriormente, existe otro tipo en el momento en el que hay más remolques. Hay que destacar que este tipo de combinaciones **no** son comúnmente empleadas.

Fiat propuso un nuevo tipo de tren de carretera denominado “Artitreno” cuyo objetivo era el de probar si se podía aumentar la productividad en el transporte de mercancías por carretera.

Esta nueva combinación de tren de carretera es un tipo de vehículo que se puede dividir en **4 partes**. La primera consiste en un elemento motriz (tractor) que tiene 2 ejes, la segunda es un timón libre con el objetivo de situarlo en el segundo remolque (eje “jolly”) y la tercera y cuarta son dos semirremolques iguales.

En la parte motriz se instala una silleta que se puede deslizar con el objetivo de permitir engancharse a uno de los dos semirremolques. El timón, que se introduce debajo de la parte anterior al 2º semirremolque lo modifica en un remolque y así constituye un tren de carretera.

Esta nueva combinación tiene las ventajas de un tren de carretera debido a que pueden transportar más mercancía que en los camiones articulados a causa de que tienen una mayor longitud máxima permitida y un mayor volumen máximo permitido y posee una gran flexibilidad ya que tiene dos cajas diferentes para cargar. Además, tiene las ventajas de un camión articulado ya que puede separar las dos cajas que llevan la mercancía obteniendo una mayor facilidad de actividad. Por último, también posee las ventajas de un tren doble, ya que se pueden cambiar los remolques.

Las máximas longitudes permitidas en España para este tipo de vehículos se pueden observar en la Figura 2.5.

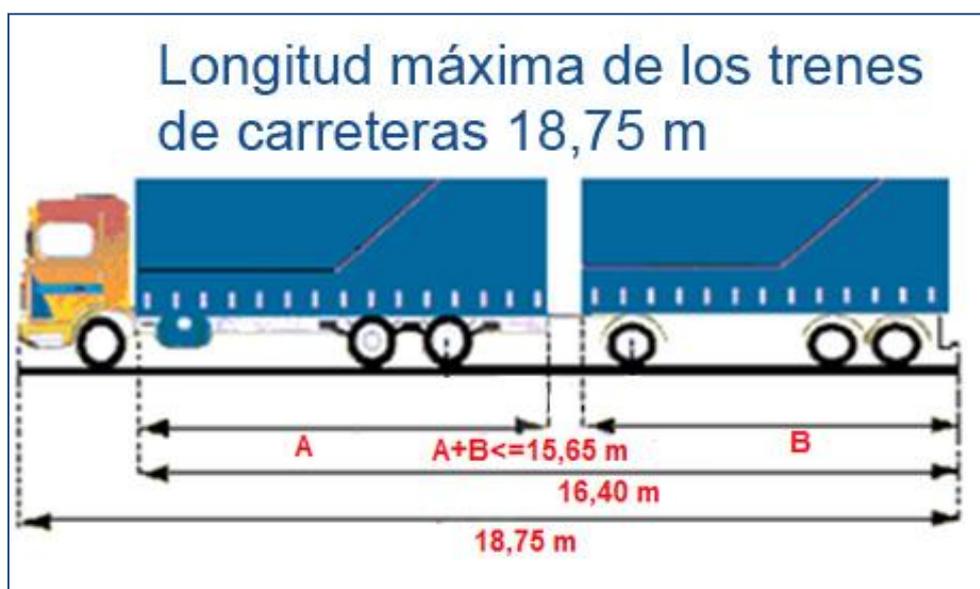


Figura 2.5 Longitud máxima autorizada de los trenes de carretera en España (Fomento.gob, 2018a).



La longitud de 16,40 metros corresponde a la distancia que puede haber como máximo entre la parte delantera del semirremolque más cercana a la cabina y la parte trasera del semirremolque más alejada de la cabina.

La longitud de 15,65 metros corresponde a la distancia que puede haber como máximo entre la suma de las distancias A y B. La longitud A es la distancia que hay entre la parte delantera y trasera del semirremolque más cercana a la cabina. La longitud B es la distancia que hay entre la parte delantera y trasera del semirremolque más alejada de la cabina.

2.3.2.1 Camión portavehículos

Los **camiones portavehículos** (Figura 2.6) son un tipo de trenes de carretera que están contruidos de forma específica para transportar otros tipos de vehículos. Es importante nombrarlos ya que como vimos en el Apartado 2.3 se les permite tener una longitud mayor que al resto de trenes de carretera.



Figura 2.6 Vista de un camión portavehículos (Solocamión, 2017).

Las máximas longitudes permitidas en España para este tipo de vehículos se pueden observar en la Figura 2.7.

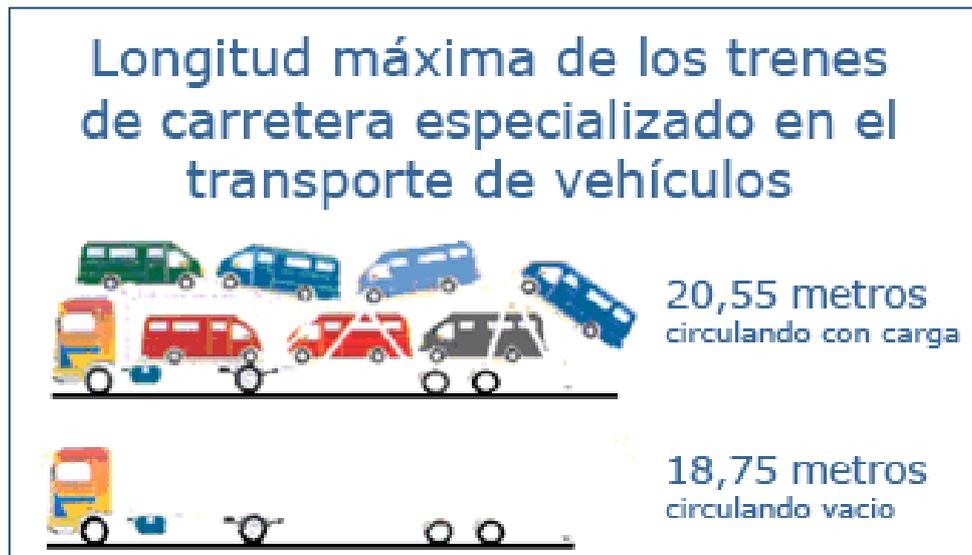


Figura 2.7 Longitud máxima autorizada a los camiones portavehículos en España (Fomento.gob, 2018a).

Para que la longitud total pueda ser la de **20,55 metros** es necesario usar un soporte de carga en la parte trasera o un voladizo que estén homologados. Dicho soporte de carga o voladizo tiene la posibilidad de sobrepasar la parte trasera, siempre y cuando no supere el límite total autorizado. Además el último eje del vehículo transportado tiene que estar sobre la estructura del remolque. Por la parte delantera, la carga no podrá sobresalir.

2.3.3 Vehículos con configuración euro-modular

Los **vehículos EMS**, que viene de las siglas *European Modular System*, son un tipo de vehículo de tren de carretera que en España se les denomina megacamión. Como hemos comentado en el Apartado 2.3, estos tipos de vehículos no pueden superar los 25,25 metros de longitud ni las 60 Toneladas de masa de carga y necesitan una autorización para poder circular por las vías en España.

Para este tipo de vehículos existen tres diferentes configuraciones (Figura 2.8) que son **TSR232** (tractora + semirremolque + remolque), **RDS323** (rígido + dolly + semirremolque) y **TSS223** (tractora + link tráiler + semirremolque) y las explicaremos a continuación (CdS, 2016b):



Figura 2.8 Diferentes configuraciones de los megacamiones (CdS, 2016a).

2.3.3.1 TSR232

La combinación **TSR232** (Figura 2.9) está formada por la unión de una tractora, de un semirremolque y de un remolque. Tiene la ventaja de que posee una tara poco pesada y por ello tiene una carga útil superior a las otras combinaciones. Además tiene la posibilidad de cambiar el remolque fácilmente y es la combinación más económica.

Como desventajas hay que destacar que no tiene tan buena maniobrabilidad como las otras combinaciones, el vehículo no se puede separar y la mercancía no puede ser tan homogénea como en el resto de combinaciones.



Figura 2.9 Vista de un megacamión TSR232 (Transportealdia, 2018).



Dependiendo los ejes motor que tenga la tractora, la distribución del peso es diferente. Observamos en la Figura 2.10 la distribución del peso para un megacamión TSR232 con la tractora dos ejes motor.

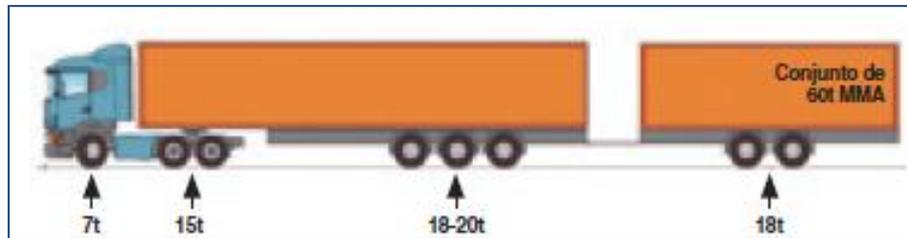


Figura 2.10 Distribución del peso para un megacamión TSR232 con la tractora dos ejes motor (Asetravi, 2016).

Y en la Figura 2.11 se puede observar la distribución del peso para un megacamión TSR232 con la tractora un eje motor (como en la Figura 2.9).

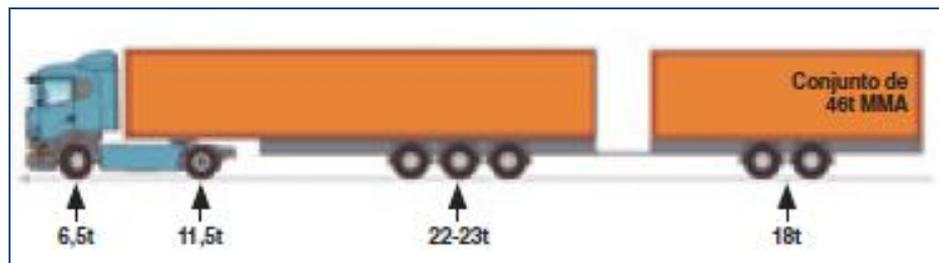


Figura 2.11 Distribución del peso para un megacamión TSR232 con la tractora un eje motor (Asetravi, 2016).

2.3.3.2 RDS323

La combinación **RDS323** (Figura 2.12) está formada por la unión de un rígido, de un eje dolly y de un semirremolque. Tiene como ventajas que es el que mejor radio de giro posee respecto a las otras combinaciones. Además hay que destacar que al tener un eje dolly, se puede emplear el semirremolque con distintas tractoras dando una mayor flexibilidad con respecto a las otras combinaciones.

Como desventajas hay que destacar que es la opción menos barata de las tres y su sustitución es muy complicada. Además, posee una tara bastante grande por lo que tiene una carga útil inferior respecto a las otras combinaciones.



Figura 2.12 Vista de un megacamión RDS323 (Marcontran, 2016).

Otra ventaja a comentar es que posee un reparto de carga más homogéneo respecto a las otras combinaciones por lo que hay menos variaciones de peso en los diferentes módulos del vehículo (Figura 2.13).

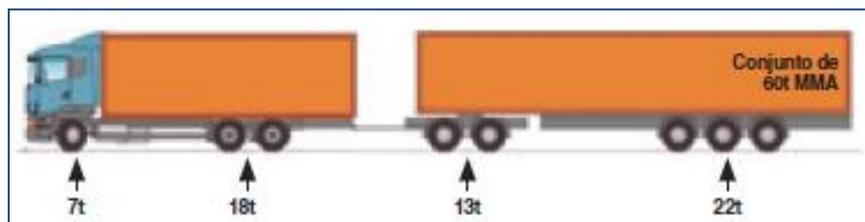


Figura 2.13 Distribución del peso para un megacamión RDS323 (Asetravi, 2016).

2.3.3.3 TSS223

La combinación **TSS223** (Figura 2.14) está formada por la unión de una tractora, de un link tráiler y de un semirremolque. Tiene como principal ventaja que el tándem extensible que posee le concede una amplia gama de posibilidades, ya que se puede separar el semirremolque dando la oportunidad de acceso a distintas plataformas.



Figura 2.14 Vista de un megacamión TSS223 (TodoTransporte, 2017).

El principal inconveniente de esta combinación es que posee una distribución de cargas muy difícil (Figura 2.15).

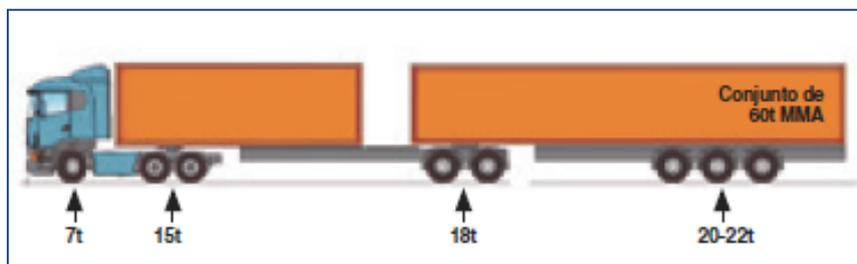


Figura 2.15 Distribución del peso para un megacamión TSS223 (Asetravi, 2016).

Independientemente de la combinación que se utilice existen ciertos requisitos para que puedan circular por las carreteras de España. En los siguientes subapartados vamos a explicar los requisitos necesarios para presentar la autorización, donde hay que solicitarla y los requisitos de los itinerarios (DGT, 2016).

2.3.3.4 Requisitos para solicitar la autorización

A causa de ser un nuevo tipo de vehículos que nos podemos encontrar por las carreteras de España, son necesarios los siguientes requisitos para **obtener la autorización** del permiso para circular:



- ✓ La persona que quiera obtener esta autorización tiene que estar **inscrita** en el Registro de Empresas y Actividades de Transporte del Ministerio de Fomento y además tiene que ser titular, o bien tener un permiso expreso del titular, del permiso de circulación de los vehículos de motor que se utilicen para el EMS.
- ✓ Los módulos empleados tienen que **figurar** en el Registro de Vehículos de la Dirección General de Tráfico y tienen que cumplir cada uno de los requisitos que figuran en el Reglamento General de Vehículos con el objetivo de que puedan circular por las carreteras públicas.
- ✓ Estos vehículos tienen que tener a su disposición detectores de ángulo muerto o espejos, un sistema que te advierta si te sales del carril o un sistema de ayuda a mantenerse en el él, un sistema de modo automático que realice el frenado en caso de emergencia y un sistema electrónico de control de la estabilidad.

2.3.3.5 Donde pedir la autorización

Aquellas empresas que tengan interés por circular con este tipo de vehículos por España tienen que realizar una **solicitud** de la autorización especial en las **Jefaturas Locales o Provinciales de Tráfico**.

Esta autorización tiene un año de plazo límite, a excepción del caso en el que un titular de la vía realice un informe de menor validez, de este modo, el límite del plazo pasará a ser el del informe de vigencia inferior.

Durante los tres meses previos a finalizar su vigencia, existe la posibilidad de pedir una prórroga de la autorización, mientras no se realice ninguna variación de los datos.

Durante la validez de la autorización, la cantidad de circulaciones no tiene límites, pero el titular está obligado a comunicar vía email a la DGT (Dirección General de Tráfico) de los viajes que se realizan.

2.3.3.6 Requisitos de los itinerarios

Este tipo de vehículos tiene que cumplir los siguientes requisitos para poder **circular** por las carretas de España.

- **Titulares de la vía:** Tienen que realizar un informe favorable en el cual se decreta que esa vía es capaz de soportar la circulación de estos vehículos.



- **Vías permitidas:** Tienen que ser autovías, autopistas o aquellas carreteras convencionales que tengan para cada sentido un pavimento diferente. Solo se podrá circular por las vías que no tengan esta separación si el megacamión no tiene una ruta alternativa para llegar a la zona de carga o descarga. Estas zonas tienen que estar situadas en centros logísticos, polígonos industriales o espacios parecidos.

- **Velocidad:** La máxima velocidad a la que se puede circular depende del tipo de vía por la que circule:
 - Autopistas o autovías: 90 km/hora.
 - Carreteras convencionales con 1,5 m de arcén: 80 km/hora.
 - Resto de carreteras fuera del poblado: 70 km/hora.

- **Adelantamientos:** En el caso en el que el megacamión circule por carreteras de ambos sentidos que no tengan las calzadas separadas, no pueden realizar adelantamientos a aquellos vehículos que circulen a una velocidad superior a los 45 km/hora.

- **Luces:** Es obligatorio que el vehículo porte 2 señales V-2 luminosas que se tienen que situar en la parte trasera del conjunto de vehículo, situado en la zona superior. Además tiene que llevar señales V-6 que le distinguen como vehículo de gran longitud, señales V-23 que remarcan su contorno y todo el resto de señales que los vehículos que transportan mercancías deben de llevar.

- **Suspensión de circulación:** El conjunto de vehículo tendrá que dejar de circular en los siguientes casos:
 - Cuando existan fenómenos meteorológicos desfavorables que impliquen un riesgo para la circulación.
 - Cuando el conductor no tenga la visibilidad de al menos 150 metros hacia delante o hacia atrás.
 - Cuando el conjunto de vehículo circule con carga y la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) active el aviso meteorológico de nivel rojo por riesgo extremo de viento.
 - Cuando el conjunto de vehículo circule sin carga y la AEMET active el aviso meteorológico de nivel naranja.

- **Restricciones de circulación:** Una vez al año, la DGT decreta las restricciones a las que este tipo de vehículos que transportan mercancías se tienen que acatar.



Capítulo 3: Alternativas en otros países



El 20 de Abril del 2015, el Consejo de la UE modificó mediante la Directiva 96/53/CE del Consejo (BOE, 1996), la **regulación de las dimensiones y masas** del transporte por carretera (CdS, 2015a). Para que esta normativa entrara en vigor, el Parlamento y Consejo Europeo la tuvieron que aprobar. Esta normativa permite que se pueda sobrepasar los pesos y longitudes de los camiones con el objetivo de incrementar la seguridad vial y el acondicionamiento de los nuevos motores, que usan combustibles alternativos y que suponen un considerable ahorro de combustible, debido a que son de unas dimensiones superiores a los actuales.

Una de las formas para conseguir lo anterior es mediante **cambios en la cabina**. Las nuevas cabinas tendrán un diseño más redondo (Figura 3.1). Debido a esto, se disminuirá notablemente los accidentes de tráfico ya que se eliminarán los puntos ciegos de los transportistas y disminuirá la resistencia al viento. Si se aumentara la longitud del frontal, existiría una mayor área, que en caso de colisión, absorbería más cantidad de energía y ayudaría a reducir el impacto aumentando consigo la seguridad de los conductores.



Figura 3.1 Ejemplo de un nuevo diseño más redondo (Campos, 2013).

Para mejorar la aerodinámica de los vehículos y con ello ahorrar combustible, esta normativa acepta, que de forma extraordinaria, se autorice a colocar **alerones plegables** (Figura 3.2) en la parte trasera del vehículo.



Figura 3.2 Ejemplo de alerones plegables en la parte posterior de los camiones (Garriga, 2012).

La normativa también permite que aquellos vehículos que utilicen motores de **combustible limpios** y que contaminen muy poco, puedan sobrepasar 1 tonelada el peso máximo autorizado. Además, aquellos vehículos combinados pueden incrementar su longitud en 15 cm para acomodarse al transporte intermodal (contando con los contenedores de 45').

Aquellos vehículos que contemplen alguna de las anteriores mejoras, tienen la obligación de ser **homologados** previo paso a poder circular por las carreteras. Para ello, la Comisión Europea modificará la normativa actual de homologación.

Aquellas mejoras que tengan relación con la aerodinámica del vehículo, se podrán emplear en cuanto se apliquen los requerimientos operativos y técnicos. Por otro lado, las mejoras en cuanto al diseño de la cabina se refieren, comenzarán a aplicarse a partir de **tres años** desde que se acredite el nuevo reglamento de homologación.

Estos tres años de espera para que se pueda aplicar las mejoras anteriormente citadas se deben, especialmente, a la presión ejercida por los fabricantes de vehículos de este tipo. Esta presión que han ejercido se debe principalmente, a que aquellos fabricantes que han diseñado nuevos vehículos recientemente, partirían con cierta desventaja para el rediseño de las cabinas. Se encuentran en la misma situación aquellas empresas de transporte que han renovado su flota de vehículos últimamente.

Por otro lado, esta normativa no cambia nada acerca de los megacamiones, por lo que la circulación de este tipo de vehículos por los diferentes territorios de la Unión Europea dependerá de la legislación de cada país, siempre y cuando no superen los límites establecidos por la UE y no influya notoriamente en la competencia internacional.



En la Tabla 3.1 se puede observar las dimensiones máximas permitidas en cada país de Europa para los 3 principales tipos de vehículos que se emplean en el transporte de mercancía por carretera. Esta tabla la publicó el Foro Internacional de Transporte “ITF” (*International Transport Forum*) en Agosto del 2015.

PERMISSIBLE MAXIMUM DIMENSIONS OF LORRIES IN EUROPE					
Country	Height	Width	Length		
			Lorry or Trailer	Road Train	Articulated Vehicle
Albania	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Armenia	4 m	2.55 m	12 m	20 m	20 m
Austria	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Azerbaijan	4 m	2.55 m	12 m	20 m	
Belarus	4 m	2.55 m (3)	12 m	20 m	24 m
Belgium (8)	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Bosnia-Herzegovina	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Bulgaria	4 m	2.55 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Croatia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (13)	16.50 m
Czech Republic (4)	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Denmark	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Estonia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Finland (1)	4.40 m	2.60 m (6)	12 m	25.25 m	16.50 m
France	not defined	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
FYROM	4 m(2a)	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Georgia	4 m (18)	2.55 m (3)	12 m	20 m	20 m
Germany	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Greece	4 m	2.55 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Hungary	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (14)	16.50 m
Iceland	4.20 m	2.55 m (3)	12 m	22 m	18.75 m
Ireland	4.65 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (7)	16.50 m
Italy (2)	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Latvia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Liechtenstein	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Lithuania	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (4)	16.50 m
Luxembourg	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Malta	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Moldova	4 m (9)	2.60 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Montenegro	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Netherlands (8)	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Norway	not defined	2.55 m (3)	12 m	19.50 m (10)	17.50 m
Poland	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Portugal (2)	4 m / 4.15 m (2)	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Romania	4 m	2.55 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Russia	4 m	2.55 m (3)	12 m	20 m	20 m
Serbia	4 m	2.55 m (3) / 3.00 m (15)	12 m	18.75 m	16.50 m / 21.00 m (16)
Slovakia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Slovenia	4.2 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (17)	16.50 m
Spain	4 m (11)	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (12)	16.50 m
Sweden	not defined	2.60 m	24 m	25.25 m (5)	24 m
Switzerland	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Turkey	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Ukraine	4 m (9)	2.60 m	22 m	22 m	22 m
United Kingdom	not defined	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m

Tabla 3.1 Dimensiones máximas permitidas de los camiones en Europa (ITF, 2015).



1. Para vehículos matriculados en un país miembro del Espacio Económico Europeo “EEA” (*European Economic Area*).
2. Los valores incrementados son aplicables para ciertos tipos de transporte (por ejemplo, contenedores, automóviles, etc.), [2a. Valor incrementado = 4,10 m].
3. Vehículos a temperatura controlada = 2,60 m.
4. Tren de carretera especializado en el transporte de automóviles: altura = 4,20 m; longitud = 20,75 m.
5. Sistema Modular Europeo “EMS” (*European Modular System*) o, de conformidad con el Artículo 4 de la Directiva 96/53/CE.
6. Tren de carretera (longitud total superior a 22 m); anchura = 2,55 m a partir del 1 de enero de 2010. Unidades de tren de carretera (>22m) y autocares equipados con una nueva carrocería en el 1 de Octubre del 2004 o posterior; anchura = 2,55 m. Vehículos a temperatura controlada.
7. Pero se puede permitir hasta 22 m con ciertas restricciones.
8. Bajo condiciones específicas, las combinaciones EMS pueden tener una longitud máxima de 25,25 m y un peso máximo de 60 toneladas. El transporte nacional de contenedores de 45 pies se acepta con combinaciones de vehículos (tractor - remolque - contenedor) de una longitud máxima de 17,27 m (B) o 17.30 m (NL). El voladizo máximo del contenedor en la parte trasera del semirremolque no excederá de 0,77 m (B). El voladizo máximo del contenedor con respecto a la protección contra el empotramiento (trasera) no excederá de 0,40 m (B) o 0,60 m (NL).
9. Camiones portacontenedores = 4,35 m.
10. Vehículos pesados especialmente diseñados para el transporte de madera = 24 m. Combinaciones EMS hasta 25,25 m.
11. Auto-transporte especializado en el transporte de vehículos, grúas para la retirada de vehículos, vehículos de transporte de contenedores homologados para el transporte combinado = 4,50 m.
12. Tren de carretera especializado en el transporte de automóviles (cargado) = 20,55 m.
13. Tren de carretera especializado en el transporte de automóviles (cargado) = 21 m.
14. Camión con dos remolques = 24 m.
15. Vehículo tipo N, que dispone de dispositivos desmontables para el mantenimiento de carreteras.
16. Tren de carretera o vehículo articulado especializado en el transporte de contenedores o coches.
17. Especializado en el transporte de vehículos (sólo en autopistas, autovías y carreteras principales) = 22,00 m.
18. Vehículos especializados en el transporte de automóviles y vehículos especializados en el transporte de contenedores: alturas = 4,30 m.

La Asociación del Transporte Internacional por Carretera (ASTIC) no estuvo del todo de acuerdo con la nueva normativa que modificó el Parlamento Europeo el 20 de Abril del 2015, ya que al depender de cada país las dimensiones y pesos, **no** se conseguiría la **armonización** entre diferentes países. Esto supondría bastantes problemas a la hora del transporte de mercancías internacional (López, 2014).

Por otro lado, la Asociación de Logística de Vehículos Europeos sí le ha gustado esta modificación de la nueva normativa ya que supondría enormes **ahorros** si se lograra incrementar desde los 18,75 m hasta los 22,75 m de capacidad de carga.



Todo lo mencionado anteriormente no sirve para el resto del mundo. Existen muchas **diferencias** entre los distintos territorios del globo ocular si nos referimos a dimensiones y pesos máximos autorizados, y también en cuanto a las distintas posibilidades de combinaciones de camiones y remolques. Vamos a comentar la situación en la que se encuentran algunos países en los que existen estas diferencias.

3.1 Reino Unido

Como podemos observar en la Tabla 3.1, algunos países como Reino Unido **no** tiene una **altura límite** definida (Department of Transport of Great Britain, 2017). Tienen dos alturas que son las más habituales en los camiones que circulan por este país. La primera altura es de 4 metros, que son para aquellos camiones que suelen circular por zonas de la Europa Continental. La otra altura es de 4,95 metros, con ella se puede circular sin problemas en la mayoría de las autovías de aquellos países que tienen pocas zonas montañosas como son Reino Unido y también Suecia. Gracias a ello, casi no existen túneles y benefician mucho a la circulación de los camiones por este tipo de territorios.

En cuanto nos referimos a **peso**, el máximo autorizado en Reino Unido es de 44 toneladas para semirremolques de 3 ejes que se acoplan a cabezas tractoras de 3 ejes también. El único país del mundo que puede superar las 44 toneladas para un semirremolque son los Países Bajos que puedan llegar hasta las 55 toneladas.

Dependiendo de la utilización para la que se emplee cada tráiler, sus dimensiones máximas permitidas pueden variar como se observa en la Tabla 3.2.

	Maximum length permitted
Drawbar trailer with at least four wheels and is drawn by a vehicle with a gross weight >3500kgs	12m
Other drawbar trailers	7m (excluding length of drawbar)
Semi-trailer	12m (kingpin to rear)
Semi-trailer when carrying containers or swap bodies up to a maximum length of 45 feet as part of an intermodal transport operation	12.15m (kingpin to rear)
Car transporter semi-trailer	12.5m (kingpin to rear)
Composite trailer that is drawn by an agricultural motor vehicle or motor vehicle with a gross weight >3500 kgs	14.04m
A trailer that is an agricultural trailed appliance manufactured on or after 1 December 1985	15m

Tabla 3.2 Dimensiones máximas de los tráilers en Reino Unido (Department of Transport of Great Britain, 2017).



Al igual que varían las dimensiones de los tráilers, también son diferentes las **dimensiones** máximas permitidas para los vehículos combinados como se refleja en la Tabla 3.3.

	Maximum length permitted
Articulated HGV	16.5m
Articulated HGV carrying containers or swap bodies up to a maximum length of 45 feet as part of an intermodal transport operation	16.65m
Articulated HGV incorporating a low loader trailer	18m
Motor vehicle drawing one trailer which is not a semi-trailer	18.75m

Tabla 3.3 Dimensiones máximas de los vehículos combinados en Reino Unido (Department of Transport of Great Britain, 2017).

3.2 Finlandia

Los **países escandinavos** siempre han ido un paso por delante al resto de países de Europa a la hora de mover grandes cantidades de mercancía. Según las normas actuales en Finlandia, la masa máxima autorizada para combinaciones con un mínimo de 4 ejes es de 76 toneladas. Para poder alcanzar este peso, es necesario que al menos el 65% del peso del remolque esté apoyado sobre un eje dotado de neumáticos dobles (Griffini, 2015).

Finlandia permite a los vehículos de todos los demás países de la UE y de la EEA las mismas dimensiones para el tráfico por carretera que tienen los vehículos finlandeses (Centre for Economic Development, Transport and the Environment, 2013).

Para el transporte de objetos indivisibles en vehículos procedentes de países de la UE y de la EEA se aplican los denominados "límites de dimensión libre". Aunque el transporte no requiera un permiso debido a sus dimensiones, deben cumplirse todas las normas y reglamentos relativos a los transportes especiales, por ejemplo, las señales y marcas de advertencia y el uso de vehículos de escolta.

En el caso de vehículos y conjuntos de vehículos procedentes de **países distintos** de la UE y de la EEA (por ejemplo, Turquía y Rusia), la altura, la anchura y la longitud de los transportes internacionales que circulan por Finlandia es diferente ("*Other countries*" en la Tabla 3.4). Los vehículos de países distintos de la UE y de la EEA requieren siempre un permiso de transporte cuando se superan las dimensiones especificadas en la siguiente tabla.



	EU or EEA countries	Other countries
HEIGHT		
All vehicles	4,40 m	4,00 m
WIDTH		
Modular combinations* or a vehicle, excluding thermally insulated vehicle, used in a combination more than 22 m (length) and a bus (excluding museum-registered bus).....	2,55 m	-----
Passenger cars	2,50 m	2,50 m
Other vehicles	2,60 m	2,55 m
LENGTH		
Lorry	12,00 m	12,00 m
Trailers		
Semi-trailer		
- from kingpin to end of trailer	12,00 m	12,00 m
- from kingpin forwards	2,04 m	2,04 m
Other trailers excluding drawbar	12,50 m	-----
Drawbar trailer or centre-axle trailer including drawbar		12,00 m
Vehicle combinations		
Lorry and semi-trailer	16,50 m	16,50 m
Lorry and drawbar trailer	25,25 m	18,75 m
Lorry and centre-axle trailer		
- total length	18,75 m	18,75 m
- sum of external lengths of loading areas.....	15,65 m	15,65 m
- distance from the front of loading area of towing vehicle to the rear of loading area of trailer.....	16,40 m	16,40 m
- by way of derogation from the above provisions, a laden vehicle transporter.....	20,75 m	-----
Modular combinations* in Finland		
- total length	25,25 m	-----
- sum of external lengths of loading areas	21,42 m	-----
Passenger car or van and trailer.....	18,75 m	18,75 m
Other vehicle combinations	16,50 m	16,50 m

Tabla 3.4 Dimensiones máximas de los vehículos para el transporte de mercancías en Finlandia (Centre for Economic Development, Transport and the Environment, 2013).

En la Tabla 3.4 se puede observar las dimensiones máximas autorizadas de los vehículos utilizados para el tráfico normal en las vías públicas de Finlandia que estaban en vigor hasta Enero del año 2019 (Ley 1257/1992 con revisiones posteriores). La altura, la anchura o la longitud del transporte pueden exceder las dimensiones especificadas en la tabla sólo cuando se transporta un objeto indivisible. Como se puede observar, el límite de longitud de los camiones está en los 25,25 metros, aunque existen **excepciones** para aquellos vehículos que transporten materiales como la madera, la grava...



En Octubre de 2018, el Ministerio de Tráfico y Comunicaciones de Finlandia llevó a cabo una propuesta de aumento de longitud de los camiones desde los 25,25 metros hasta los **34,50 metros** de longitud, siempre manteniéndose igual la masa máxima autorizada de 76 toneladas (MINTC, 2018). El 21 de Enero del 2019 esta propuesta entró en vigor en este país (Forotransporteprofesional, 2019). Esta propuesta es exactamente igual a la que se plantea en el presente trabajo, aumentar la longitud de los camiones sin aumentar la masa máxima autorizada.

3.3 Suecia

Suecia tiene una larga experiencia con trenes de carretera de gran longitud. Antes de 1968 **no** había **restricciones** de longitud en sus carreteras (Kyster-Hansen, Tetraplan and Jerker Sjögren, 2013). Ya a mediados de los años 60, la mitad de los trenes de vehículos pesados tenían más de 20 metros de longitud, y un pequeño porcentaje tenía más de 25 metros y también había trenes de vehículos de más de 30 metros. En 1968 la longitud se limitó a 24 m, y esta longitud se eligió en previsión de la creciente necesidad de transportar contenedores de 20 pies. Para transportar 3 contenedores de 20 pies se necesitan 24 m, pero no más. Esto fue parte de un esfuerzo para estimular el transporte intermodal porque los contenedores de 20 y 40 pies están diseñados para el transporte marítimo y están presentes en grandes cantidades en todo el mundo.

En 1977, el gobierno sueco propuso reducir el límite a un máximo de 18 m, con la convicción de que esto mejoraría la seguridad vial. Pero no obtuvo ninguna simpatía con esta decisión debido a que varios estudios demostraron que el resultado sería más bien lo contrario. Durante los años 80, hubo muchos **proyectos** diferentes sobre la creación de vehículos largos y eficientes innovadores y se probaron varios conceptos, muchos de ellos basados en varias combinaciones modulares. En 1985 se presentó la primera Directiva Europea de peso/dimensiones 85/3/CEE y en los años siguientes se realizaron varias adaptaciones a la normativa, tanto a nivel nacional como internacional. En 1996 se presentó la Directiva 96/53/CE, que sigue en vigor actualmente.

El **peso** de los vehículos en Suecia ha **aumentado** gradualmente a lo largo del siglo XX. A principios de los años 80, el peso bruto máximo en la mayor parte de la red de carreteras era de 51,4 toneladas. La comunidad empresarial no estaba satisfecha con este límite, especialmente porque las combinaciones de vehículos utilizadas, por ejemplo, en el transporte de madera, tenían una mayor capacidad técnica. La industria forestal ha sido una fuerte fuerza impulsora para el aumento continuo del peso bruto máximo permitido y también de la carga por eje permitida.



Se han realizado varias investigaciones que han puesto de manifiesto los importantes beneficios de un aumento a 56 ó 60 toneladas, y que el coste adicional de la infraestructura sería moderado. Durante el período presupuestario de 1986/87, el Gobierno y el Parlamento iniciaron un **programa de inversión** de diez años. El resultado fue un desarrollo en dos fases: en 1990 el peso bruto máximo se aumentó a 56 toneladas y en 1995 a 60 toneladas, complementado por un aumento de la presión de los ejes a 18 toneladas.

Cuando Suecia y Finlandia se adhirieron a la UE, se produjeron **problemas** con las largas combinaciones de vehículos que estos dos países tenían. En aquel momento, la Comisión Europea trabajó para que la Directiva sobre vehículos fuera aplicable no sólo al tráfico internacional, sino también al nacional. Esto significaría que Suecia y Finlandia tendrían que adaptar las dimensiones y el peso a la norma europea actual (16,5-18,35 metros y 40 toneladas como máximo). En un estudio de impacto se llegó a la conclusión de que los efectos negativos serían significativos, ya que si la carga se transportaba en vehículos de menor capacidad, aumentaría considerablemente el volumen de tráfico y se traduciría en mayores costes de transporte para las empresas. Finlandia realizó investigaciones similares con resultados semejantes.

Gracias al arduo trabajo de la parte sueca, se desarrolló la idea de un **sistema modular** y Volvo lo presentó al gobierno, al parlamento y a las empresas en 1992. Al año siguiente, el Ministro de Transportes sueco presentó la idea a la Comisión Europea, que la aceptó. Por lo tanto, en la directiva 96/53/CE los países permitieron acoplar módulos de la UE "en un concepto modular". Al mismo tiempo, las normas de la UE para la longitud máxima de los camiones y remolques se aumentaron de 18,35 m a 18,75 m.

El concepto se basa en el principio de que las diversas unidades de vehículo europeas existentes "módulos", camión, tractor, semirremolque de 13,6 m y carros de 7,82 m pueden combinarse de muchas maneras diferentes. El objetivo de la aplicación del sistema de concepto modular era, en parte, que Suecia (y Finlandia) pudieran seguir teniendo vehículos más largos que el máximo europeo de 18,75 m y crear unas **condiciones equitativas** para los transportistas extranjeros, dándoles la posibilidad de acoplar sus vehículos cortos adaptados a la UE a combinaciones modulares de 25,25 m al entrar en Suecia y viceversa, de ahí la necesidad de módulos de la UE.

Es importante distinguir entre el concepto modular y el sistema modular. El **concepto** significa simplemente que la Directiva 96/53/CE permite a los Estados miembros de la UE que se combinen las unidades de diferentes maneras "De acuerdo con un concepto modular". Esto significa que ni la longitud de 25,25 m ni el peso de 60 toneladas están especificados en la directiva de la UE, estas dimensiones son regulaciones nacionales que se aplicaron en Suecia/Finlandia y posteriormente en otros países.



El **sistema** significa que en Suecia (y en otros países) se aplica el concepto modular, se incorpora a un sistema logístico y se adapta a las condiciones locales. En Suecia, la longitud se fijó en un máximo de 25,25 m y el peso máximo en 60 toneladas. Existen requisitos especiales para estas combinaciones de vehículos, además de los requisitos estándar para los vehículos de 24 m.

Otros países europeos que utilizan el sistema de módulos han aplicado sus **limitaciones**, como limitar el uso a una red específica, tienen requisitos especiales para vehículos y/o conductores, normas especiales sobre los tipos de mercancías que pueden transportarse o la obligación de que los módulos estén diseñados para el transporte intermodal.

El gobierno sueco no se conformó con las medidas de 25,25 metros y 60 toneladas, a finales del año 2015 **aprobó** el uso de vehículos (teniendo que ser autorizados) de hasta 30 metros de largo, 12 ejes y 90 toneladas de masa máxima autorizada (CdS (2015b), con el objetivo de mejorar la seguridad en las carreteras, disminuir las emisiones nocivas al medio ambiente y aumentar la eficiencia del transporte (Figura 3.3).



Figura 3.3 Vista de un megacamión de 30 metros de longitud (Ecomotor, 2018).

3.4 Estados Unidos

En Europa y en algunos países asiáticos como Japón, el diseño más común de las cabinas es el denominado *cabover* (Figura 3.4), que en castellano se traduce como aquellas cabinas que se encuentran encima del motor o bien camiones “sin morro” o “chatos”.



Figura 3.4 Vista de una cabina con una configuración cabover (Huijbregts, 2018).

Estados Unidos ha ido **dejando de emplear** este tipo de configuraciones para las cabinas de los camiones (López, 2014). A partir el año 2007, prácticamente no se pueden ver este tipo de vehículos circular por las carreteras norteamericanas. En Estados Unidos se considera que este tipo de diseño de cabina conlleva un complejo mantenimiento a causa de la dificultad para acceder a la parte delantera del motor. Además, este tipo de camiones suponen un consumo superior que los camiones que tienen morro.

En Estados Unidos, los diferentes **estados** tienen regulaciones individuales y permiten diferentes combinaciones de tamaños (Kyster-Hansen, Tetraplan and Jerker Sjögren, 2013). En las carreteras federales tienen ciertas reglas federales generales. Los vehículos más largos permitidos en Estados Unidos se encuentran en el estado de Colorado y pueden medir hasta 35,5 metros de longitud y los más pesados se encuentran en el estado de Michigan, llegando a pesar hasta 74 toneladas.

Diferentes estados de los EE.UU permiten varias formas de vehículos de gran longitud "LCV" (*Long Combination Vehicule*). Dentro de los estados que permiten el LCV, hay rutas específicas designadas donde se pueden utilizar los vehículos de gran longitud. Dentro de un mismo estado, se pueden permitir diferentes carreteras para distintos tipos de vehículos industriales ligeros. También puede haber restricciones relacionadas con el tiempo, en las que el LCV sólo se permite durante determinadas horas del día o determinadas partes del año.



- **Triple Trailer Combination:** Está compuesto por 3 tráilers de 8,7 metros cada uno de ellos. La masa máxima total permitida es de 59 toneladas (Figura 3.7).



Figura 3.7 Vista de un Triple Trailer Combination (Szabolcs, 2018).

- **Turnpike Double:** Está compuesto por dos tráilers con una longitud de 14,6 metros cada uno. Su masa máxima total permitida es de 67 toneladas (Figura 3.8).



Figura 3.8 Vista de un Turnpike Double (Ryback04, 2015).

- **Rocky Mountain Double:** Está compuesto por un tráiler cuya longitudes oscilan entre los 12,2 y 16,2 metros, a pesar de esto, lo más normal es que no superen los 14,6 metros de longitud. Al tráiler se le engancha un remolque denominado coloquialmente “cachorro” cuya longitud es de 8,7 metros. La masa máxima autorizada es de 59 toneladas (Figura 3.9).



Figura 3.9 Vista de un Rocky Mountain Double (GRBrown1, 2014).

3.5 Canadá

En Canadá, las **provincias** tienen considerable libertad para establecer sus propias regulaciones y para proporcionar soluciones de tráfico a nivel nacional. Existe un Memorando de Entendimiento que especifica los niveles mínimos de peso y dimensiones (Kyster-Hansen, Tetraplan and Jerker Sjögren, 2013). Las dimensiones máximas normales son de 23-25 m y 63,5 toneladas dependiendo de la configuración. Una combinación típica de semirremolque es de más de 23 m, mientras que se permiten varias formas de dobles de hasta 25 m. Además, las provincias pueden permitir el LCV.

En relación con esto, algunos estados han optado por **implementar** Estándares Basados en el Desempeño “PBS” (*Performance Based Standards*). El PBS se originó en Canadá, pero desde entonces se ha desarrollado aún más, especialmente en Australia. En Canadá, varias provincias tienen un sistema especial llamado SPIF (*Safe, Productive, Infrastructure-Friendly*), que establece requisitos especiales para los vehículos (de todos los tamaños). El programa SPIF comenzó en el año 2000 y desde entonces se ha desarrollado en varias fases. Los vehículos que no cumplen con las normas SPIF obtienen una reducción del peso bruto de 3.000 kg. Se especifican cerca de 30 configuraciones diferentes de combinaciones SPIF.

La mayoría de las provincias canadienses permiten el LCV. Los vehículos industriales ligeros se definen normalmente como vehículos de más de 25 m de longitud y requieren permisos especiales. Las combinaciones de vehículos son básicamente las **mismas** que en **Estados Unidos**, es decir, *Rocky Mountain Doubles*, *Turnpike Doubles* y *Triples* (Tabla 3.5). Los dobles pueden ser A-Dobles o B-Dobles. En algunos casos, permiten un peso bruto más alto para los B-Dobles que para los A-Dobles.



Una **diferencia** crucial con respecto a EE.UU. es que Canadá generalmente no permite mayores pesos brutos combinados para el LCV que para otras combinaciones, el enfoque del LCV aquí se centra en la longitud.

Types	Dimensions
Rocky Mountain Double	Max 32 m/63.5 tonnes. The length can vary between provinces.
Turnpike Double	Max 41 m/63.5 tonnes. The length can vary between provinces.
Triples	Max 35 m/53.5 tonnes. The length can vary between provinces.

Tabla 3.5 Tipos de LCV en Canadá (Kyster-Hansen, Tetraplan and Jerker Sjögren, 2013).

Por lo general, los vehículos industriales ligeros en Canadá sólo están permitidos en carreteras con al menos dos carriles en cada dirección. También puede haber limitaciones de tiempo e incluso límites de velocidad especiales.

3.6 Australia

Australia posee una extensión similar a la totalidad de la Unión Europea, pero tiene muy poca densidad de población, alrededor de los 24 millones, pocas ciudades y escasas carreteras (Cardona, 2016). Debido a esto, en algunas partes del país se han **permitido** el uso de vehículos extremadamente largos, principalmente en zonas poco desarrolladas o escasamente pobladas, básicamente como sustituto del transporte ferroviario. Hasta 60 m y 132 toneladas de peso bruto combinado.

También existen casos especiales extremos con combinaciones aún más largas. El vehículo australiano "normal" más largo es el B-doble con un máximo de 26 m y 68 toneladas. Para versiones más largas, existen reglas especiales (Kyster-Hansen, Tetraplan and Jerker Sjögren, 2013). Desde 2007 se utilizan los PBS, un sistema que proporciona reglas para el rendimiento del vehículo en lugar de aplicar reglas fijas para el peso y las dimensiones. El sistema incluye 16 normas relacionadas con la seguridad y cuatro normas relacionadas con la infraestructura. Al clasificar las carreteras en cuatro niveles (Tabla 3.6), se puede permitir que los vehículos que cumplen ciertos criterios de los PBS operen en ciertas rutas. Esto permite **optimizar** los vehículos para que se adapten a la infraestructura actual.



Level	Typical vehicle	Network access by length (m)		Description
		Class 'A'	Class 'B'	
Level 1	Single Articulated	L ≤ 20 (general access)		(Sometimes called B-train) is a tractor with two trailers where the front semi-trailer has a fifth wheel at the rear of the second semi-trailer is attached. The first semi-trailer with a fifth wheel in the back is sometimes called link. (Double Road train) consists of a tractor with two semi-trailers where the last trailer is coupled to a dolly. (Triple Road Train) is the same type but with three semi-trailers
Level 2	B-double	L ≤ 26	26 < L ≤ 30	
Level 3	A-double	L ≤ 36,5	36,5 < L ≤ 42	
Level 4	A-triple	L ≤ 53,5	53,5 < L ≤ 60	

Tabla 3.6 Ejemplo australiano de los PBS (Kyster-Hansen, Tetraplan and Jerker Sjögren, 2013).

Los PBS fueron desarrollados por primera vez en Canadá, pero desde entonces han sido adaptados y desarrollados en Australia y ahora es el líder en la aplicación de los PBS.

Las diferentes "variantes de base" pueden ampliarse con diferentes combinaciones de dobles B y semirremolques con plataforma móvil a combinaciones aún más largas, triples B, cuádruples AB triples BAB, etc. A continuación, se muestran algunos ejemplos de las configuraciones en la Figura 3.10:

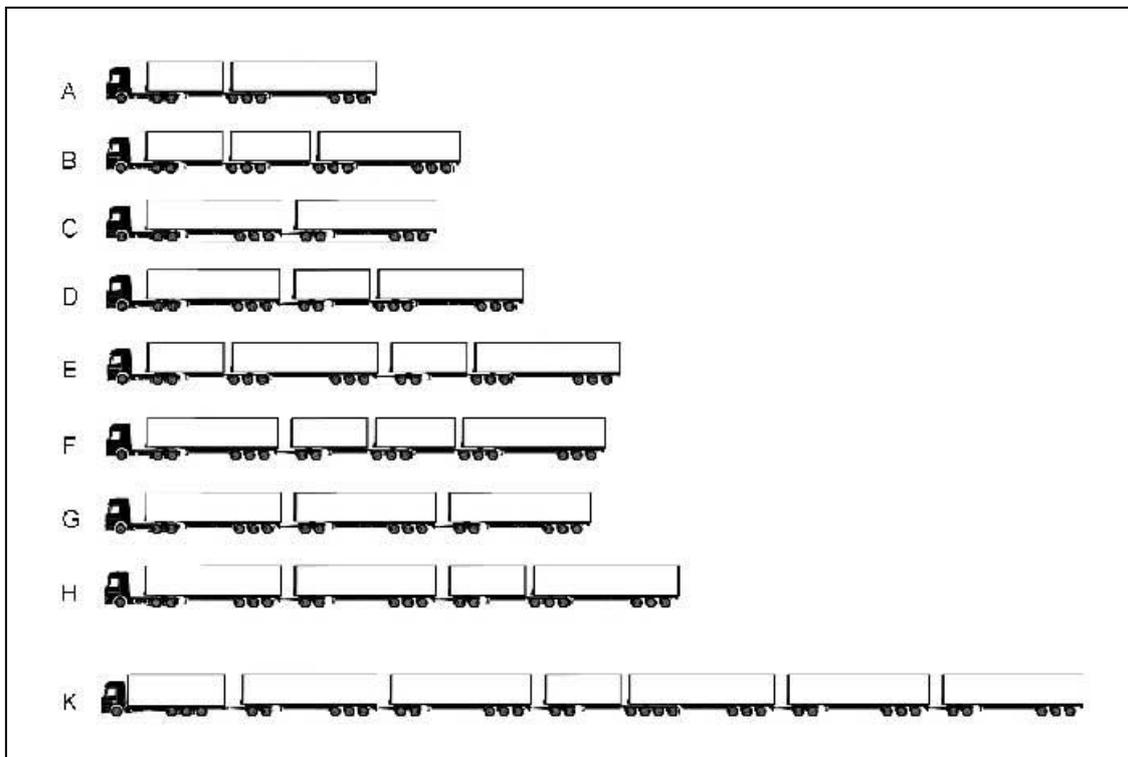


Figura 3.10 Tipos de LCV en Australia (Cardona, 2016).



Estos tipos de vehículos de grandes longitudes **no** pueden **circular** por cualquier zona de Australia, exclusivamente podrán por las regiones interiores del país en las cuales existen rectas de gran longitud. Existen trayectos de hasta 600 km en línea recta que atraviesan desiertos. En las zonas del este y del sur que están más habitadas, este tipo de vehículos tienen prohibido la circulación en la mayor parte de las carreteras.

Como se puede observar en la Figura 3.10, existen trenes de carretera que tiran hasta 4 semirremolques juntos. El único que puede circular por la gran parte de carreteras del país es el vehículo A, los demás en la ciudad no tienen permitido circular.

Este tipo de vehículos tienen que circular en **horario nocturno**, para evitar molestar al tráfico diurno. Cuando llegan a los territorios urbanos, se desenganchan todos los remolques y se acoplan de uno en uno a diferentes cabezas tractoras para seguir su trayecto.

En cuanto al tren de carretera K, es el tipo de camión que mayores dimensiones tiene en todo el mundo y solo se emplea en una mina del norte del país (Figura 3.11)



Figura 3.11 Tren de carretera más grande del mundo (Gepner, 2018).

Los trenes de carretera de mayor longitud y que más se emplean en Australia son los denominados *Road Train* (Figura 3.12).



Figura 3.12 Vista de un Road Train (Hubert, 2018).

Los Road Train pueden llegar a medir hasta los 53,5 metros de longitud y pueden tener una MMA de 130 toneladas. Pueden formarse con 3 o 4 remolques acoplados entre sí y enganchados a una cabeza tractora (Figura 3.13).

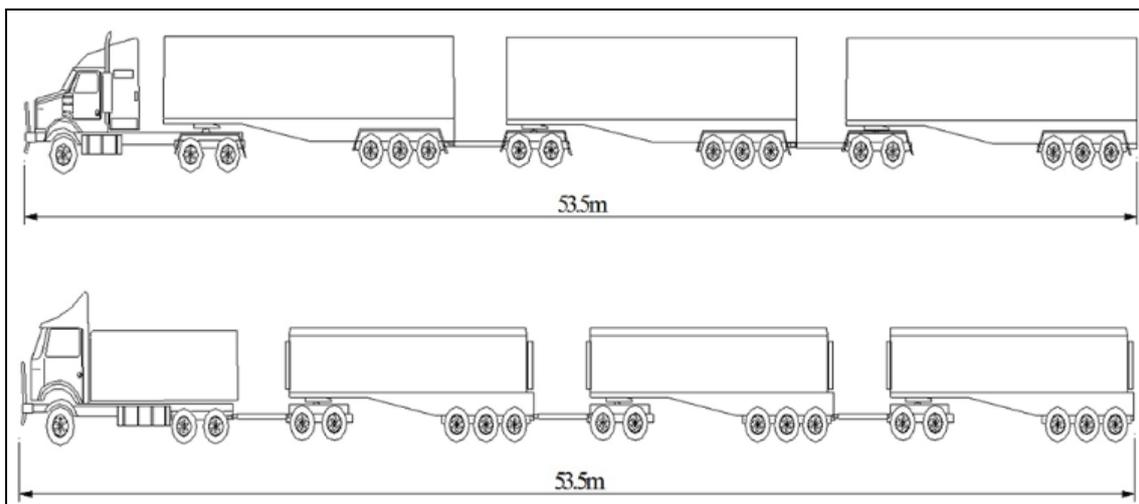


Figura 3.13 Diferentes configuraciones de los Road Train (Government of Australia, 2018).



3.7 México

México permite combinaciones de hasta 31 m y 66,5 toneladas en ciertas carreteras. Las dimensiones y pesos dependen del tipo de carretera y de la configuración del vehículo y se controlan mediante la carga total por eje y la **fórmula** relacionada con los puentes (Quintero Pereda, 2017):

$$PBV = 870 * \left[\frac{N * DE}{N - 1} + (N * 3,66) + 11 \right]$$

- **PBV:** Peso Bruto del vehículos (kg).
- **N:** Nº de ejes.
- **DE:** Distancia que hay entre el centro del eje situado más adelante y el centro del eje más atrasado (m).

Esta fórmula es una ecuación que se empezó a usar para no perjudicar a la **vida útil** de los puentes. Se desarrolló con el objetivo de disminuir el uso de vehículos que tuviesen los ejes a una distancia muy reducida entre ellos a pesar de que cumpliesen los límites de peso por eje. Con ello, se reduciría la presión que ejerce este tipo de vehículos sobre la estructura de los puentes.

México tiene una red de carreteras clasificadas de la siguiente manera (Kyster-Hansen, Tetraplan and Jerker Sjögren, 2013):

- **Carreteras ET (Eje de transporte):** Son las de clase más alta.
- **Carreteras A:** Son de alto nivel, que forman parte de la red vial primaria.
- **Carreteras B:** Son de menor calidad que las del tipo A, pero aún asociadas a la red vial primaria.
- **Carreteras C:** Red secundaria, que conecta y conecta diferentes partes de la red primaria.
- **Carreteras D:** Red de caminos secundarios, principalmente en áreas más urbanas.



En México, existen diferentes tipos de vehículos cuyo uso es el de transporte de mercancías por carretera (Quintero Pereda, 2017):

- **Camión unitario (C):** Vehículo autopropulsado que tiene al menos seis llantas (ejes) y que tiene un PBV de al menos cuatro toneladas (Figura 3.14). Son exactamente iguales a los camiones en España.

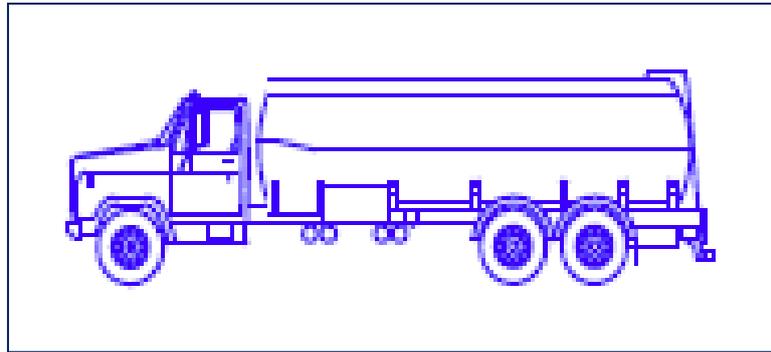


Figura 3.14 Camión unitario (C) en México (Quintero Pereda, 2017).

- **Tractocamión articulado (T-S):** Vehículo formado por un tractocamión al que se le acopla un semirremolque (Figura 3.15). Equivalen a los tráilers españoles.

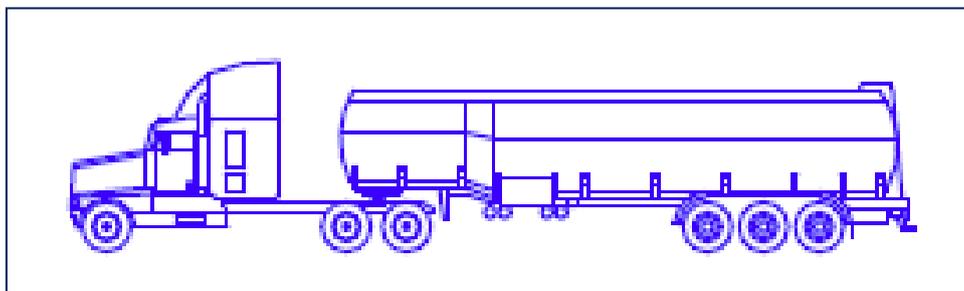


Figura 3.15 Tractocamión articulado (T-S) en México (Quintero Pereda, 2017).

- **Tractocamión doblemente articulado (T-S-S & T-R-S):** Vehículo formado por un tractocamión al que se le acopla un semirremolque y otro semirremolque o remolque (Figura 3.16). Equivalen a los trenes de carretera en España.

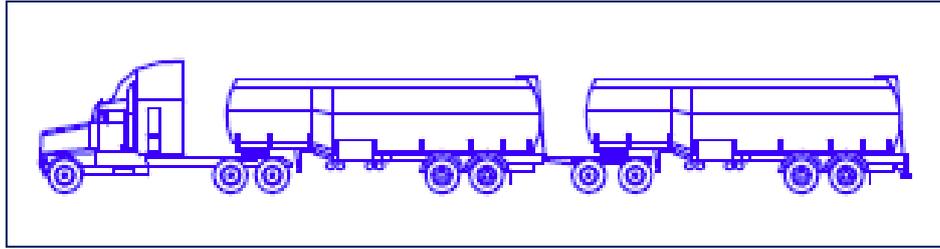


Figura 3.16 Tractocamión doblemente articulado (T-S-S & T-R-S) en México (Quintero Pereda, 2017).

En las siguientes tablas se puede observar los pesos y dimensiones máximos autorizados en México según la NOM-012-SCT-2-2014:

PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO AUTORIZADO POR CLASE DE VEHÍCULO Y CAMINO

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
C2	2	6	19,0	16,5	14,5	13,0
C3	3	8	24,0	19,0	17,0	16,0
C3	3	10	27,5	23,0	20,0	18,5
C2-R2	4	14	37,5	35,5	NA	NA
C3-R2	5	18	44,5	42,0	NA	NA
C3-R3	6	22	51,5	47,5	NA	NA
C2-R3	5	18	44,5	41,0	NA	NA
T2-S1	3	10	30,0	26,0	22,5	NA
T2-S2	4	14	38,0	31,5	28,0	NA
T3-S2	5	18	46,5	38,0	33,5	NA
T3-S3	6	22	54,0	45,5	40,0	NA
T2-S3	5	18	45,5	39,0	34,5	NA
T3-S1	4	14	38,5	32,5	28,0	NA
T2-S1-R2	5	18	47,5	NA	NA	NA
T2-S1-R3	6	22	54,5	NA	NA	NA
T2-S2-R2	6	22	54,5	NA	NA	NA
T3-S1-R2	6	22	54,5	NA	NA	NA
T3-S1-R3	7	26	60,5	NA	NA	NA
T3-S2-R2	7	26	60,5	NA	NA	NA
T3-S2-R4	9	34	66,5	NA	NA	NA
T3-S2-R3	8	30	63,0	NA	NA	NA
T3-S3-S2	8	30	60,0	NA	NA	NA
T2-S2-S2	6	22	51,5	NA	NA	NA
T3-S2-S2	7	26	58,5	NA	NA	NA

Tabla 3.7 Pesos máximos permitidos para el resto de vehículos en México (Secretaría de Servicios y Transportes de México, 2014).



Esta norma se publicó el 14 de noviembre del 2014. Su principal objetivo es el de implantar los **límites** de dimensiones, capacidades y pesos de los vehículos en México. Esta norma se revisó en el año 2017 aumentando el PBV hasta las 75,5 toneladas.

LARGO MÁXIMO AUTORIZADO POR CLASE DE VEHÍCULO Y CAMINO

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	LARGO TOTAL (m)			
			ET y A	B	C	D
C2	2	6	14,0	14,0	14,0	12,5
C3	3	8	14,0	14,0	14,0	12,5
C3	3	10	14,0	14,0	14,0	12,5
C2-R2	4	14	31,0	28,5	NA	NA
C3-R2	5	18	31,0	28,5	NA	NA
C3-R3	6	22	31,0	28,5	NA	NA
C2-R3	5	18	31,0	28,5	NA	NA
T2-S1	3	10	23,0	20,8	18,5	NA
T2-S2	4	14	23,0	20,8	18,5	NA
T2-S3	5	18	23,0	20,0	18,0	NA
T3-S1	4	14	23,0	20,0	18,0	NA
T3-S2	5	18	23,0	20,8	18,5	NA
T3-S3	6	22	23,0	20,8	18,5	NA
T2-S1-R2	5	18	31,0	NA	NA	NA
T2-S1-R3	6	22	31,0	NA	NA	NA
T2-S2-R2	6	22	31,0	NA	NA	NA
T3-S1-R2	6	22	31,0	NA	NA	NA
T3-S1-R3	7	22	31,0	NA	NA	NA
T3-S2-R2	7	26	31,0	NA	NA	NA
T3-S2-R4	9	34	31,0	NA	NA	NA
T3-S2-R3	8	30	31,0	NA	NA	NA
T3-S3-S2	8	30	25,0	NA	NA	NA
T2-S2-S2	6	22	31,0	NA	NA	NA
T3-S2-S2	7	26	31,0	NA	NA	NA

Tabla 3.8 Dimensiones máximas permitidas para el resto de vehículos en México (Secretaría de Servicios y Transportes de México, 2014).

El **ancho** máximo permitido es de 2,60 metros y la altura máxima permitida es de 4,25 metros.





Capítulo 4: Análisis de Propuestas



Actualmente en España, la longitud máxima que puede tener un vehículo articulado (excepto los autobuses) es de 16,50 metros como hemos visto en apartados anteriores. Este tipo de vehículos puede llegar a tener una masa máxima autorizada de 40 toneladas (sin contar con los de transporte intermodal) siempre y cuando tenga al menos 5 ejes (Figura 4.1).

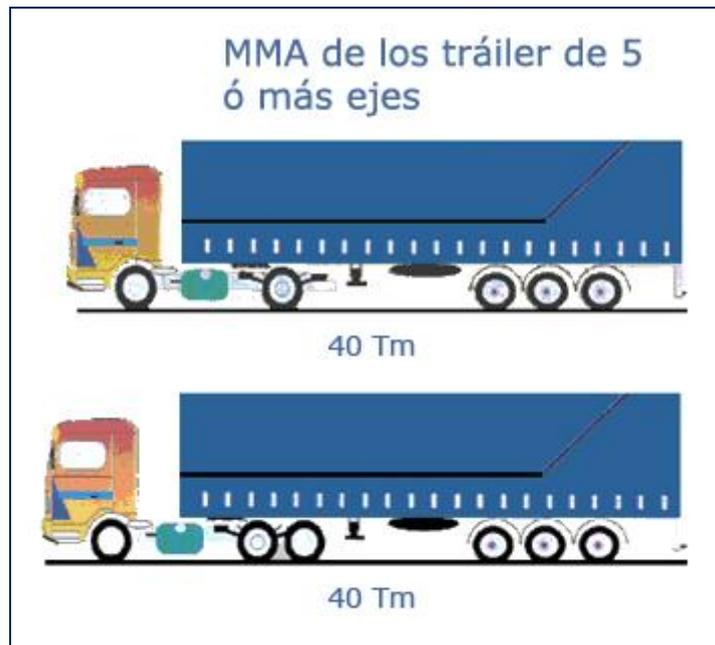


Figura 4.1 Masa máxima autorizada para los tráilers de 5 o más ejes en España (Fomento.gob (2018b)).

El problema de muchas empresas españolas es que transportan mercancías que pesan poco pero tienen mucho **volumen**, por lo que saturan la capacidad del vehículo en volumen sin llegar a las 40 toneladas anteriormente citadas. Debido a esto, tienen que realizar varios viajes para transportar toda la mercancía necesaria con los costes que ello conlleva.

Nuestra idea de alargar desde los 16,50 metros a los 20,55 metros (longitud que si está permitida a los trenes de carretera especializados en el transporte de vehículos) de longitud para este tipo de vehículos podría ser una gran solución para el problema anteriormente mencionado (Figura 4.2).



Figura 4.2 Vehículo articulado de 20,55 metros de longitud (Groupe Renault, 2018).

Esta propuesta es muy interesante para aquellas empresas cuyos camiones que transportan mercancías **no superen las 30 toneladas** sumando la carga y la tara del camión. Aquellas empresas que superen estas 30 toneladas puede que no le salga rentable alargar esta longitud, ya que si satura la capacidad del vehículo articulado por carga le daría igual si este vehículo articulado tuviese una mayor longitud.

En la Figura 4.3, podemos observar las dimensiones reales de la caja del tráiler y las dimensiones a lo ancho del camión de nuestra propuesta (20,55 metros de longitud).

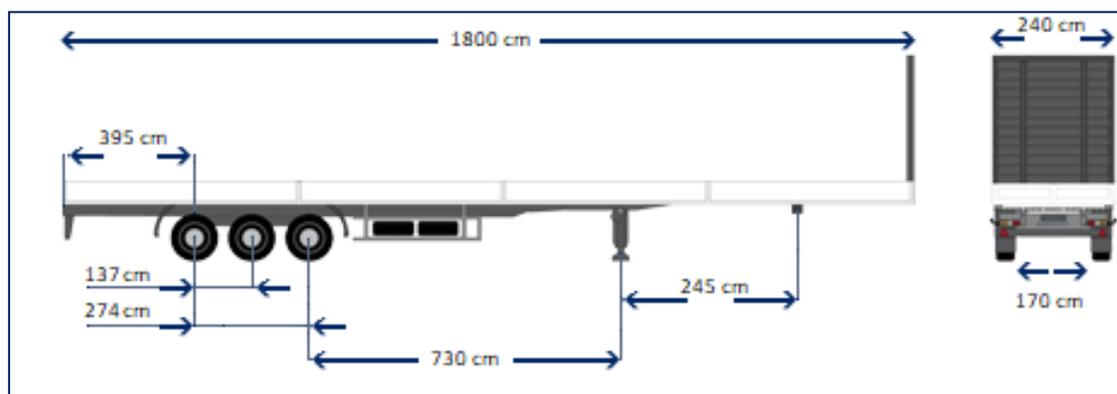


Figura 4.3 Dimensiones reales del camión de 20,55 metros de longitud (Elaboración propia).

A continuación vamos a realizar un estudio teórico. En el caso de que saliesen resultados positivos, sería necesario llevar este análisis teórico a la realidad para corroborar todo este estudio.



4.1 Análisis Teórico

El estudio se realizará comparando el incremento de volumen con esta nueva longitud y el aumento de cantidad de pallets que se pueden transportar.

4.1.1 Volumen

Para empezar con este análisis, hemos elegido un camión que es empleado en la actualidad. En la Figura 4.4 se puede observar las **dimensiones exteriores** que tiene el camión, teniendo en cuenta la legislación actual.



Figura 4.4 Dimensiones exteriores del tráiler (DSV, 2018).

En la Figura 4.5, podemos observar las **características técnicas** que posee el camión que hemos elegido para realizar el estudio teórico.

Peso /valor de tara	7.200 kg
Capacidad de carga	32.800 kg
Cilindrada	100 m ³
Longitud	13,62 m
Anchura	2,48 m
Altura	2,94 m
Anchura de puertas	2,45 m
Altura de apertura de puertas	2,90 m
Altura de apertura lateral	2,87 m

Figura 4.5 Características técnicas del tráiler (DSV, 2018).



Como podemos observar, este vehículo articulado tiene una masa máxima autorizada de 40 toneladas si sumamos tanto la capacidad de carga como el valor de tara. Por otro lado el volumen indicado de 100 m³ es un valor redondeado. Si realizamos el volumen correctamente tenemos el siguiente valor real:

$$\text{Volumen} = \text{Altura} * \text{Longitud} * \text{Anchura} = 2,94 * 13,62 * 2,48 = \mathbf{99,306\ m^3}$$

Por lo que el valor real que tenemos que comparar es el de 99,306 m³. Ahora bien, si se pudiese aumentar la longitud de los tráilers desde los 16,50 metros hasta los 20,55 metros quedaría un tráiler como en la Figura 4.6.

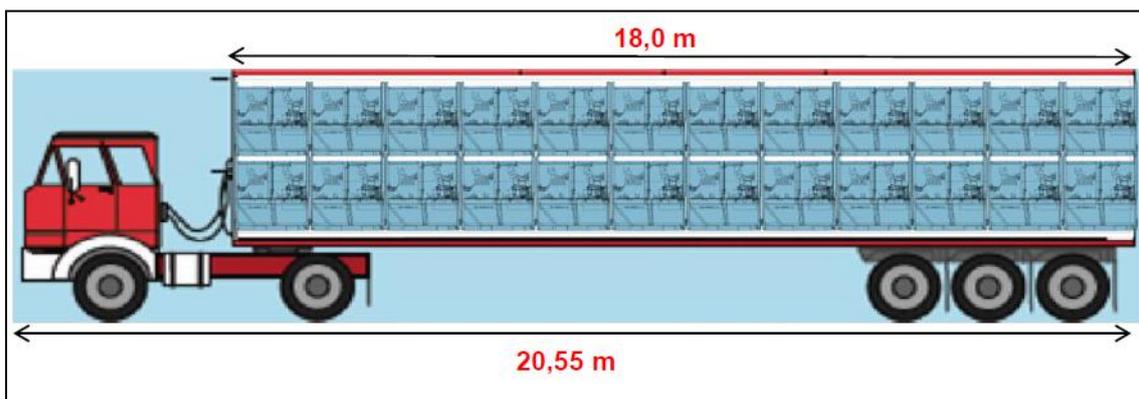


Figura 4.6 Dimensiones de un tráiler con una longitud de 20,55 metros (Groupe Renault, 2017).

Vemos como la longitud de la caja es de 18 metros. Calculamos el nuevo volumen con esta longitud:

$$\text{Volumen} = \text{Altura} * \text{Longitud} * \text{Anchura} = 2,94 * 18 * 2,48 = \mathbf{131,242\ m^3}$$

Obtenemos un aumento en volumen respecto a las dimensiones de la caja actual de 31,94 m³ que conlleva el aumento de un **32,16% del volumen** de carga de los tráilers actuales. Podemos resumir este análisis en la siguiente tabla:



	Actual (m)	Propuesta (m)	Incremento (m)	Incremento (%)
Longitud de la cabina	3,00	2,55	-0,45	-15,00
Longitud de la caja	13,62	18,00	4,38	32,16
Longitud total	16,50	20,55	4,05	24,55

	Actual (m ³)	Propuesta (m ³)	Incremento (m ³)	Incremento (%)
Volumen	99,31	131,24	31,94	32,16

Tabla 4.1 Resumen del análisis teórico en cuanto a volumen de carga.

Concluimos con que se está **umentando** casi **una tercera parte** el volumen de carga de este tipo de vehículos. Esto supone que lo que antes transportábamos con el uso de 4 camiones, con este aumento de longitud lo haríamos con 3 camiones, ahorrándonos una cuarta parte de los camiones. Esto supondría que habría una cuarta parte menos de los camiones en la carretera, mejorando la seguridad vial y la empresa se ahorraría una cuarta parte de los viajes, ahorrando considerablemente en costes de transportes.

4.1.2 Pallets

Otro estudio muy interesante es ver el incremento en cantidad de pallets que caben en un tráiler si se aceptara aumentar la longitud. Como bien sabemos, existen varios tipos de pallets, aun que los más empleados en la actualidad para el transporte de mercancías son los pallets europeos y los pallets americanos. Vamos a realizar el estudio sobre estos dos tipos de pallets.

4.1.2.1 Europeos

El origen de este tipo de pallet surgió en la Segunda Guerra Mundial, debido a la exigencia de transportar comida y armamento al ejército que luchaban en la guerra. El objetivo era el de transportar la mayor cantidad de mercancía posible, intentando realizar los **menos viajes** posibles (como en la actualidad). Estos pallets (Figura 4.6) tienen una dimensión de 1.200 x 800 mm, estas medidas eran las idóneas para optimizar el espacio de los vagones de los trenes que transportaban la mercancía. Los pallets europeos pesan 25 kg y pueden aguantar pesos de más de 1 Tn, llegando hasta las 4 en cierto tipo de cargas (Itepal, 2018).

Los pallets más empleados son los de madera, aunque también hay que mencionar la existencia de pallets de plástico, metal, conglomerado... Vamos a comparar los pallets de madera con los de plástico (Rotom, 2014):



Ventajas pallet de madera

- Es muy económico.
- Fácilmente reparable.
- Diseño sencillo y rápido.
- Facilidad de fabricación de pallets a medida.
- Se pueden reciclar para la fabricación de papel.
- Acceso fácil al material.
- Posibilidad de alquiler.

Desventajas pallet de madera

- Son muy pesados para el transporte por avión.
- Limpieza compleja.
- Posibilidad de aparición de hongos cuando entra en contacto con el agua.
- Presentan cierto peligro para la seguridad (Astillas, clavos...).
- Habitual realizar reparación con los costes que ello conlleva.
- Problemas legislativos fitosanitarios.

Ventajas pallet de plástico

- No es necesario cumplir las condiciones fitosanitarias.
- Posibilidad de realizar un proceso completamente nuevo.
- Si se rompen los pallets se pueden reciclar para la fabricación de otros.
- Mayor vida útil (En algunos casos mayores a los diez años).
- Resistencia a los productos peligrosos. Ej. Ácidos.
- No presentan riesgos para la seguridad.
- Posibilidad de emplea independientemente de la meteorología.
- Se pueden juntar unos con otros con el ahorro de espacio que eso conlleva.
- Limpieza sencilla.
- Pesan menos que los de madera (Más peso para cargar).

Desventajas pallet de plástico

- Mucho menos barato que el pallet de madera.
- Si aparecen grietas no se puede reparar, se tendría que reciclar para la fabricación de uno nuevo aumentando considerablemente los costes.
- Elevados costes de fabricación cuando no son estándar.



Figura 4.7 Dimensiones de un pallet europeo (Garvi, 2018).

Este tipo de pallets posee unas medidas que son las idóneas para que aquellas cajas de cartón o plástico estándares encajen exactamente. Gracias a esto, estos pallets son los óptimos para los almacenes automáticos, que se están empleando cada vez más, ya que facilita su transporte con las carretillas.



Figura 4.8 Sello EPAL en un pallet europeo (Ecolignor, 2018).



En los pallets europeos que están homologados se puede observar como tienen un distintivo EPAL (Figura 4.8) o EUR (Figura 4.9) que confirma que se han fabricado con los estándares de calidad marcados por la Asociación Europea del Pallet lo que facilita su movilidad por distintas empresas (Transgesa, 2016).



Figura 4.9 Sello EUR en un pallet europeo (Transgesa, 2016).

Los **pallets europeos** de madera pueden soportar hasta 1,5 Tn de peso en movimiento y puede llegar hasta las 5,5 Tn estando en modo estático. Es el más empleado en transporte de mercancías europeas.

Recordamos que la caja del camión que hemos elegido para estudiar el incremento de volumen, tiene las siguientes dimensiones 13.620 x 2.940 x 2.480 mm. La cantidad de pallets europeos que caben en un tráiler común son de 33 unidades sin remontar y 66 unidades si los pallets son remontables. Ahora bien, se pueden colocar de las siguientes dos formas:

1. Poniendo tres pallets por fila y colocando la parte del pallet que mide 1.200 mm a lo largo de la caja del camión.

$$\text{Ancho total pallets} = 800 * 3 = 2.400 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta que el ancho de la caja es de 2.480 mm y el ancho total de los pallets es de 2.400 mm, tendrían una holgura de 80 mm.



$$\text{Cantidad de filas} = \frac{13.620}{1.200} = 11,35 \text{ uds}$$

Si dividimos la longitud que tiene la caja entre la longitud que tiene cada fila nos sale un total de 11 filas y tendríamos una holgura de 420 mm.

$$\text{Cantidad total de pallets} = 11 * 3 = 33 \text{ uds}$$

Si multiplicamos la cantidad de filas que caben en la caja por la cantidad de pallets que caben en una fila tenemos un total de **33 pallets** que caben en total como podemos observar en la Figura 4.10. En el caso de que los pallets se pudiesen remontar cabrían el doble o el triple de pallets, dependiendo de las distintas alturas a las que se pudiese remontar.

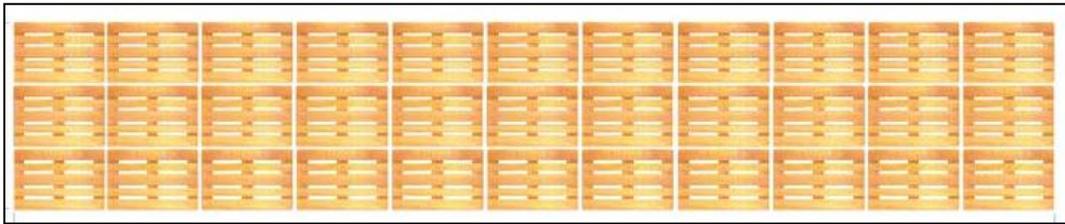


Figura 4.10 Colocación de 33 europallets en la caja de un camión (Mecalux, 2018).

2. Poniendo dos pallets por fila y colocando la parte del pallet que mide 800 mm a lo largo de la caja del camión.

$$\text{Ancho total pallets} = 1.200 * 2 = 2.400 \text{ mm}$$

Estamos en la misma situación que en el caso anterior ya que el ancho total es el mismo por lo que seguiría teniendo una holgura de 80 mm.

$$\text{Cantidad de filas} = \frac{13.620}{800} = 17,025 \text{ uds}$$



Si dividimos la longitud que tiene la caja entre la longitud que tiene cada fila nos sale un total de 17 filas y tendríamos una holgura de 20 mm.

$$\text{Cantidad total de pallets} = 17 * 2 = 34 \text{ uds}$$

Si multiplicamos la cantidad de filas que caben en la caja por la cantidad de pallets que caben en una fila tenemos un total de 34 pallets. Teniendo en cuenta que tenemos tan solo una holgura de 20 mm, es posible que en un caso real no puedan caber de esta forma.

Para tener una mayor holgura tendríamos que colocar la última fila en la misma disposición de la primera opción. En este caso tendríamos una holgura de 420 mm dejándonos un buen margen para un caso real. Nos quedaría de la siguiente forma:

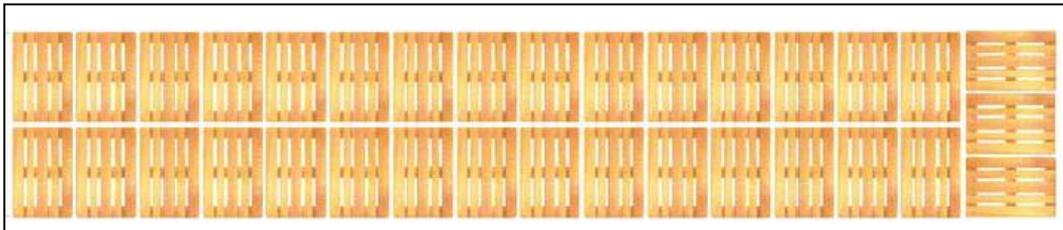


Figura 4.11 Colocación de 33 europallets en la caja de un camión.

Como podemos contar, caben **33 pallets** sin remontar, los mismos que en la opción 1. Elegir una opción u otra dependerá de las facilidades que de cada opción en las operaciones de carga y descarga de la mercancía. En lo que nos concierne a nosotros, nos es indiferente cualquier opción.

Ahora bien, si la longitud del camión se aumentara a los 20,55 metros, obteniendo una longitud de caja de 18 metros, la cantidad de pallets que caben aumentará considerablemente. Vamos a analizar a continuación cuanto es dicho incremento dependiendo de las siguientes dos opciones:



1. La anchura de la caja del camión sigue siendo la misma, por lo que nos caben tres pallets por fila, teniendo una holgura de 80 mm.

$$\text{Cantidad de filas} = \frac{18.000}{1.200} = 15 \text{ uds}$$

En este caso, las cuentas salen redondas y nos quedaríamos sin ninguna holgura. Tendríamos que estudiar si la caja del camión podría medir más de 18 metros para que entrasen 15 filas. De no ser así, debemos de colocar 14 filas en esta disposición y la última fila en la disposición 2, quedándonos una holgura de 400 mm (Figura 4.11).

$$\text{Cantidad total de pallets (1)} = 15 * 3 = 45 \text{ uds}$$

$$\text{Cantidad total de pallets (2)} = 14 * 3 + 1 * 2 = 44 \text{ uds}$$

La primera fórmula queda pendiente de que la caja del camión pueda ser superior a los 18 metros de longitud. En la segunda fórmula, que es lo que más se ajusta a la realidad, podemos contar un total de **44 pallets** sin remontar, como podemos observar a continuación.

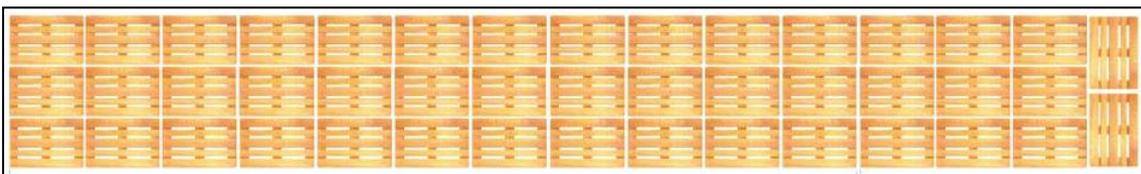


Figura 4.12 Colocación de 44 europallets en la caja de un camión de 20,55 metros de largo.

2. La anchura de la caja del camión sigue siendo la misma, por lo que nos caben dos pallets por fila, teniendo una holgura de 80 mm.

$$\text{Cantidad de filas} = \frac{18.000}{800} = 22,5 \text{ uds}$$



Si dividimos la longitud que tiene la caja entre la longitud que tiene cada fila nos sale un total de 22 filas y tendríamos una holgura de 400 mm.

$$\text{Cantidad total de pallets} = 22 * 2 = 44 \text{ uds}$$

Si multiplicamos la cantidad de filas que caben en la caja por la cantidad de pallets que caben en una fila tenemos un total de **44 pallets** sin remontar, como podemos observar en la siguiente Figura.

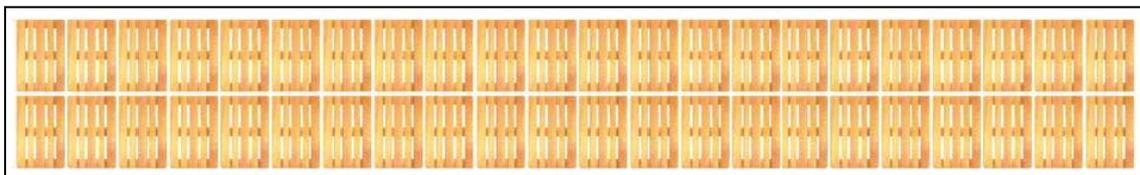


Figura 4.13 Colocación de 44 europallets en la caja de un camión de 20,55 m de largo.

Al igual que en el estudio de la cantidad de pallets que caben en los camiones actuales, nos es indiferente la disposición a utilizar, a no ser que la caja del camión pudiese ampliarse lo suficiente para que cupiesen **45 pallets** en la disposición 1 pero lo insuficiente para ampliarlo en la disposición 2. En este caso, si que nos interesaría colocar los pallets como en la primera opción para introducir en la caja del camión un pallet (o más si son remontables) a mayores.

4.1.2.2 Americanos

El origen del **pallet americano** (Figura 4.14), también llamado pallet universal, es muy parecido al del europeo, surgió en periodos de guerra sirviendo como soporte para el transporte de mercancías de la tropa americana. Tiene unas dimensiones de 1.200 x 1.000 mm, pesa aproximadamente unos 25 kg y puede aguantar unos 1.200 kg en movimiento. Soporta más peso dinámico que los europeos, debido a esto, es el más empleado en el transporte de mercancías líquidas (Itepal, 2018).

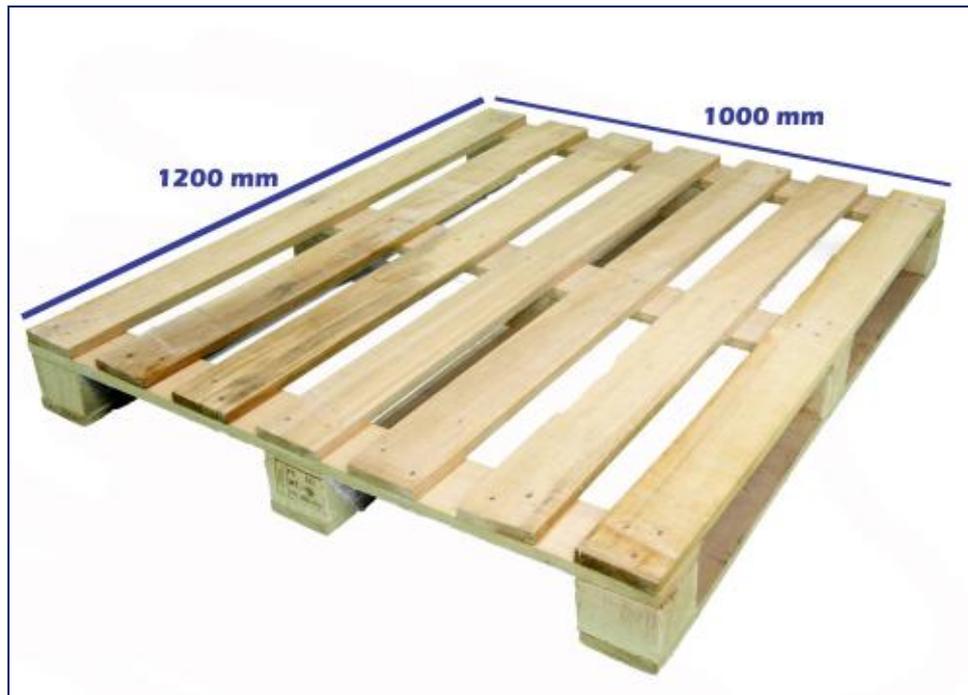


Figura 4.14 Dimensiones de un pallet americano (I Love Palets, 2018).

Obviamente donde más se emplean este tipo de pallets es en América, pero también en países potentes como Japón lo utilizan en la mayoría de sus transportes.

Una cosa a destacar tanto en los pallets europeos como americanos, es el **sello anti plagas** (Figura 4.15) que es regulado por la Normativa NIMF 15. Esta normativa la creó la ONU para el sector alimentario y agrícola, cuya principal meta es evitar la transmisión de plagas entre distintos países. Estos pallets tienen que ser creados con madera descortezada y realizar regularmente tratamiento fitosanitario (Recupalet, 2018).



Figura 4.15 Sello antiplagas de la normativa NIMF 15 en un pallet (Recupalet, 2018).



Recordamos que la caja del camión que hemos elegido para estudiar el incremento de volumen, tiene las siguientes dimensiones 13.620 x 2.940 x 2.480 mm. En el caso del pallet americano, la mejor disposición de los pallets dentro de la caja del camión es colocando la parte que mide 1.000 mm a lo largo de la caja, para así optimizar el ancho de ésta, ya que tendríamos una holgura de 80 mm que es una holgura muy buena.

En este caso, nos caben dos pallets por cada fila, como en la disposición número 2 de los pallets europeos vista en el apartado anterior. La diferencia es que a lo largo del camión cada fila mide 1.000 mm en lugar de 800 mm por lo que cabrán menos pallets americanos que europeos.

$$\text{Cantidad de filas} = \frac{13.620}{1.000} = 13,62 \text{ uds}$$

Si dividimos la longitud que tiene la caja entre la longitud que tiene cada fila nos sale un total de 16 filas y tendríamos una holgura de 620 mm.

$$\text{Cantidad total de pallets} = 13 * 2 = 26 \text{ uds}$$

Si multiplicamos la cantidad de filas que caben en la caja por la cantidad de pallets que caben en una fila tenemos un total de **26 pallets** que caben en total como podemos observar en la Figura 4.16.

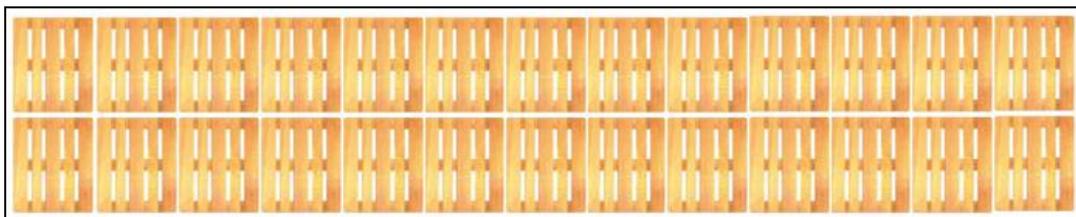


Figura 4.16 Colocación de 26 pallets americanos en la caja de un camión.

Ahora bien, si la longitud del camión se aumentara a los 20,55 metros, obteniendo una longitud de caja de 18 metros, la cantidad de pallets que caben aumentará. Vamos a analizar a continuación cuanto es dicho incremento.



La anchura de la caja del camión sigue siendo la misma, por lo que nos caben dos pallets por fila, teniendo una holgura de 80 mm.

$$\text{Cantidad de filas} = \frac{18.000}{1.000} = 18 \text{ uds}$$

En este caso, las cuentas salen redondas y nos quedaríamos sin ninguna holgura. Igual que en el apartado anterior, tendríamos que estudiar si la caja del camión podría medir más de 18 metros para que entrasen 18 filas. De no ser así, solo caben 17 filas y tenemos una holgura de 1.000 mm.

$$\text{Cantidad total de pallets (1)} = 18 * 2 = 36 \text{ uds}$$

$$\text{Cantidad total de pallets (2)} = 17 * 2 = 34 \text{ uds}$$

La primera fórmula queda pendiente de que la caja del camión pueda ser superior a los 18 metros de longitud. En la segunda fórmula, que es lo que más se ajusta a la realidad, podemos contar un total de **34 pallets** como podemos observar a continuación:

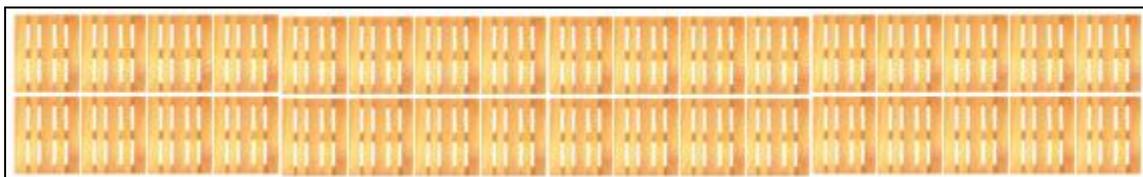


Figura 4.17 Colocación de 34 pallets americanos en la caja de un camión de 20,55 m de largo.



4.1.2.3 Resumen

Al igual que hicimos una tabla resumen en el análisis del volumen, vamos a ilustrar otras tablas con los incrementos en cantidad de pallets diferenciando la posibilidad de remontar o no los pallets. En la Tabla 4.2 se puede observar los datos medidos en pallets sin remontar.

Longitud caja=18 m	Actual (uds)	Propuesta (uds)	Incremento (uds)	Incremento (%)
Pallets europeos (1)	33,00	44,00	11,00	33,33
Pallets europeos (2)	33,00	44,00	11,00	33,33
Pallets americanos	26,00	34,00	8,00	30,77

Longitud caja>18 m	Actual (uds)	Propuesta (uds)	Incremento (uds)	Incremento (%)
Pallets europeos (1)	33,00	45,00	12,00	36,36
Pallets europeos (2)	33,00	44,00	11,00	33,33
Pallets americanos	26,00	36,00	10,00	38,46

Tabla 4.2 Resumen del análisis teórico en cuanto a cantidad de pallets sin remontar.

Recordamos la Figura 4.5, la tara del camión es de 7.200 kg, por lo que nos quedan 32.800 kg para llegar al límite de 40 Tn establecido por la ley. A esta cantidad hay que restar el peso del conductor, el peso del depósito de combustible, el peso del depósito de agua y el peso de la caja del tráiler.

- ❖ Peso de un conductor: Como hemos visto en apartados anteriores, el peso estándar de un conductor es de 75 kg. A este peso le podríamos sumar utensilios que pueda llevar el conductor en el interior de la cabina (herramientas, comida, ropa...). Tomaremos como peso del conductor **100 kg** para facilitar los cálculos del problema.
- ❖ Peso del depósito de combustible: El tamaño máximo que puede tener un depósito fijo de combustible es de 1.500 litros por unidad de transporte (ADR, 2017). Debido a que no hay un peso estándar establecido, a que ningún tráiler suele llevar esta capacidad y que el litro de gasoil pesa aproximadamente 0,832 kg, establecemos que el peso del depósito de combustible de este camión es de **1.000 kg** para facilitar los cálculos.
- ❖ Peso del depósito de agua: Como tampoco hay un estándar establecido, para este ejemplo hemos elegido un depósito de agua de 30 litros equivalentes a **30 kg** (RepuestosAJ, 2018).



- ❖ Peso de la caja del camión: Esto dependerá del tipo de caja, pero suelen estar en torno a las 6 toneladas (Guillen, 2018). En nuestro caso, la caja del camión tendría una mayor longitud, por lo que también tendría un mayor peso. Para facilitar los cálculos, diremos que esta caja pesa 7.670 Kg.

Sumando todos estos pesos, nos da un total de 8.800 kg que tenemos que restar a los 32.800 kg citados anteriormente, quedándonos un total de **24.000 kg** de capacidad de carga.

En la Tabla 4.3 podemos observar los kg/pallet que puede soportar cada pallet (sin remontar) incluyendo el peso del pallet.

Longitud caja=18 m	Propuesta (uds)	Kg/pallet
Pallets europeos (1)	44,00	545,45
Pallets europeos (2)	44,00	545,45
Pallets americanos	34,00	705,88

Longitud caja>18 m	Propuesta (uds)	Kg/pallet
Pallets europeos (1)	45,00	533,33
Pallets europeos (2)	44,00	545,45
Pallets americanos	36,00	666,67

Tabla 4.3 Resumen del análisis teórico de la carga máxima que puede soportar un pallet sin remontar.

Hemos dados los datos sin tener en cuenta la posibilidad de que los pallets se pudiesen remontar. De ser así, el incremento en porcentaje seguiría siendo el mismo. Lo único que cambia es el peso que podría soportar cada pallet. Lo único que habría que hacer es dividir los datos de la Tabla 4.3 entre el número total de alturas a las que se pudiese remontar.

Aquellas empresas cuya mercancía transportada no supere la carga de Kg/pallet que se puede observar en la Tabla 4.3, les es muy rentable este aumento de longitud de los camiones.

Observando los valores de las tablas anteriores, estamos muy igualados respecto al incremento en volumen. Estamos pudiendo meter en la nueva caja una tercera parte de pallets a mayores respecto a la caja actual. Al igual que en el caso anterior, estamos sacando de la carretera una **cuarta parte** de los camiones que transportan mercancías y saturan en número de pallets, con las ventajas que ello conlleva (seguridad vial, emisiones nocivas...).



4.1.3 Combustible

Otro dato a tener en cuenta además del aumento de capacidad de carga, es el **ahorro** de combustible que ello conlleva. El combustible es el mayor coste que conlleva el uso de un camión llegando a ser casi una tercera parte del total (IDAE, 2006). En la Tabla 4.4 se puede observar el reparto de costes operativos de un camión con las siguientes características:

- Motor: 420 CV.
- MMA: 40 Tn.
- Carga útil: 25 Tn.
- Recorrido anual: 120.000 km.
- Ratio de ocupación: 85%.

Concepto	% DEL TOTAL
Amortización	14,2 %
Financiación	1,7 %
Personal de conducción	24,9 %
Seguros	6,5 %
Costes Fiscales	0,8 %
Dietas	12,3 %
Combustible	29,4 %
Neumáticos	5,5 %
Mantenimiento	1,7 %
Reparaciones	3,0 %
TOTAL	100 %

Tabla 4.4 Reparto de costes operativos de un camión (IDAE, 2006).

Se puede observar como el **29,4%** de los costes operativos de un camión a lo largo de un año es el combustible, por lo que es un dato a tener muy en cuenta.

Actualmente, la sociedad está muy concienciada con el medio ambiente y todas las empresas están buscando reducir en lo máximo posible los residuos que afectan al medio ambiente.



Es muy difícil hallar el consumo medio de un camión debido a que depende de muchos factores:

- Transmisión.
- Motor.
- Carga que transporte.
- Aerodinámica.
- Condiciones de uso.
- Condiciones climatológicas del trayecto.
- Tipo de carreteras del trayecto.
- Desniveles del trayecto
- Etc.

En lo que a nuestro trabajo respecta, nos importa estudiar la diferencia de consumo de combustible dependiendo del peso de la carga transportada. Para ello, nos vamos a ayudar de una serie de datos de consumos que hemos obtenido en (Posadas, 2012).

A continuación se pueden observar datos de consumo de combustible para un mismo camión, en el que solo se diferencia el peso de carga transportada.

Peso (t)	Pendiente (%)	Velocidad (km/h)	Consumo (ml/km)
19.09	7.0	25	779.31
19.09	2.0	25	249.60
19.09	2.0	30	260.68
19.09	5.2	35	749.19
19.09	5.2	30	772.99
19.09	2.0	25	250.79
19.09	5.2	25	758.73
19.09	2.0	30	261.92
19.09	2.0	35	250.85
19.09	7.0	30	809.30
19.09	5.2	35	787.76
19.09	2.0	25	246.92
19.09	7.0	35	842.59
19.09	5.2	30	740.79
19.09	2.0	35	233.65
19.09	5.2	30	769.30
19.09	2.0	35	233.88
19.09	5.2	35	792.26
19.09	5.2	25	789.94
19.09	7.0	25	785.33
19.09	2.0	30	220.62
19.09	7.0	35	868.11
19.09	7.0	30	830.86
19.09	7.0	25	819.36
19.09	7.0	35	828.00
19.09	5.2	25	795.71
19.09	7.0	30	843.43

Tabla 4.5 Consumo de combustible con una carga de 19,09 toneladas (Posadas, 2012)



Peso (t)	Pendiente (%)	Velocidad (km/h)	Consumo (ml/km)
26.28	2.0	30	367.54
26.28	7.0	35	1150.05
26.28	7.0	30	1169.01
26.28	5.2	35	1154.03
26.28	2.0	35	305.35
26.28	2.0	25	318.00
26.28	5.2	30	1153.16
26.28	2.0	35	316.82
26.28	7.0	35	1152.60
26.28	2.0	30	399.26
26.28	7.0	30	1200.00
26.28	2.0	30	399.26
26.28	2.0	35	321.16
26.28	7.0	25	1200.00
26.28	5.2	30	1149.79
26.28	5.2	30	1149.79
26.28	5.2	35	1202.51
26.28	2.0	25	338.02
26.28	7.0	25	1158.26
26.28	5.2	25	1152.00
26.28	5.2	25	1148.50
26.28	7.0	35	1142.14
26.28	7.0	25	1174.97
26.28	5.2	35	1180.14
26.28	5.2	25	1127.75
26.28	2.0	25	365.24
26.28	7.0	30	1165.26

Tabla 4.6 Consumo de combustible con una carga de 26,28 toneladas (Posadas, 2018).

Nuestro ejemplo

Vamos a realizar una comparación entre dos camiones en idénticas condiciones (motor, pendiente, velocidad...) exceptuando la carga que transporta cada uno de ellos. En nuestro estudio, con los camiones actuales somos capaces de transportar 33 europallets, en cambio, con nuestra propuesta de alargamiento de la caja del camión nos cabrían 44 europallets como hemos podido ver en apartados anteriores. En este ejemplo, vamos a comparar el consumo de combustible que necesitaríamos para transportar 132 europallets con una carga similar cada uno de ellos.

Longitud	Carga	Pendiente	Velocidad	Pallets	Carga/pallet	Consumo (L/100 km)
16,5 m	19,09 tn	2,00 %	35 km/h	33	0,578	25,09
20,55 m	26,28 tn	2,00 %	35 km/h	44	0,597	30,54

Tabla 4.7 Resumen de los datos obtenidos en las Tablas 4.5 y 4.6.



Camiones de 16,5 metros

Como podemos observar en la Tabla 4.7, un camión de 16,5 metros de longitud, consume un total de 25,09 litros por cada 100 kilómetros para transportar 33 europallets. Como necesitamos transportar 132 europallets, necesitamos un total de 4 camiones. Estos 4 camiones consumirían en total **100,36 litros por cada 100 kilómetros** recorridos.

Camiones de 20,55 metros

Como podemos observar en la Tabla 4.7, un camión de 20,55 metros de longitud consume un total de 30,54 litros por cada 100 kilómetros para transportar 44 europallets. Como necesitamos transportar 132 europallets, necesitamos un total de 3 camiones. Estos 3 camiones consumirían en total **91,62 litros por cada 100 kilómetros** recorridos.

Resumen

En la siguiente tabla podemos observar las diferencias que existen entre los camiones de 16,5 metros y los camiones de 20,55 metros a la hora de transportar la misma cantidad de mercancía.

Longitud	Unidades	Carga Total	Consumo/ud	Consumo Total	Emisiones CO2
16,5 m	4	76,36 tn	25,09 l/100 km	100,36 l/100km	218,78 kg/100km
20,55 m	3	78,84 tn	30,54 l/100km	91,62 l/100km	199,73 kg/100km
Diferencia	-1	2,48 tn	5,45 l/100km	-8,74 l/100km	-19,05 kg/100km
Diferencia	-25,00%	3,25%	21,72%	-8,71%	-8,71%

Tabla 4.8 Resumen del análisis de consumo de combustible en los camiones.

Podemos observar cómo nos estamos ahorrando un total de 8,74 litros por cada 100 kilómetros recorridos. Para el caso de las emisiones de CO2 que emiten este tipo de vehículos a la atmósfera, con los camiones cuya caja tiene una longitud de 18 metros, nos estaríamos ahorrándonos unos **22,02 kilogramos de CO2 por cada 100 kilómetros** recorridos.



Para el cálculo de las emisiones de CO₂, hemos supuesto que los camiones emplean gasolina. Fijándonos en la siguiente Tabla obtenida del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente se puede observar los diferentes factores de emisión dependiendo de los distintos tipos de combustibles empleados por los vehículos. Para el caso del Gasóleo tipo B, el factor es de **2,52**.

	Combustible (Unidades FE)	Factores de emisión (FE)										
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vehículos (A)	Gasolina (kgCO ₂ /l)	2,295	2,295	2,295	2,295	2,205	2,201	2,205	2,205	2,205	2,196	2,180
	Gasóleo A o B (kgCO ₂ /l)	2,653	2,653	2,653	2,653	2,493	2,467	2,544	2,544	2,544	2,539	2,520
	E10 (kgCO ₂ /l)	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065
	E85 (kgCO ₂ /l)	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344
	E100 (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	B10 (kgCO ₂ /l)	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387
	B30 (kgCO ₂ /l)	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857
	B100 (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	GNL (kgCO ₂ /kWh)*	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,203
	GNC (kgCO ₂ /kWh)*	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,203
	GLP (kgCO ₂ /l)	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671
Equipos de combustión fija (B)	Gas natural (kgCO ₂ /kWh)*	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,203
	Gasóleo C (kgCO ₂ /l)	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868
	Gasóleo B (kgCO ₂ /l)	2,653	2,653	2,653	2,653	2,493	2,467	2,544	2,544	2,544	2,539	2,520
	Gas butano (kgCO ₂ /kg)	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964
	Gas propano (kgCO ₂ /kg)	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938
	Fuelóleo (kgCO ₂ /kg)	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127
	GLP genérico (kgCO ₂ /l)	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671
	Carbón nacional (kgCO ₂ /kg)	2,297	2,297	2,297	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,006	2,227
	Carbón de importación (kgCO ₂ /kg)	2,527	2,527	2,527	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,430	2,444
Coque de petróleo (kgCO ₂ /kg)	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	

* Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901. Fuente: *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*.

Tabla 4.5 Factores de Emisión de CO₂ (OECC, 2018).

Se puede observar como la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, es **proporcional** a los litros de combustible consumidos por los vehículos. Por eso en la Tabla 4,8, en porcentaje nos ahorramos lo mismo en consumo de combustible que en emisiones de CO₂.





Capítulo 5: Estudio económico



5.1 Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo el de aumentar la longitud legal de los tráilers que circulan por las carreteras en España desde los 16,5 metros permitidos en la actualidad hasta los 20,55 metros, obteniendo con este cambio todas las ventajas comentadas en apartados anteriores.

Se trata por tanto de un proyecto de **investigación** y al evaluar los costes de desarrollo, no hará falta considerar el coste de nuevos equipos ni de locales, sino el coste de los materiales y de las horas empleadas en el diseño y elaboración de cada una de las fases del análisis. Por lo tanto, a diferencia de otros proyectos industriales de tipo mecánico, electrónico o eléctrico, éste no representa un aporte sustancial de material.

En este apartado se expondrán los puntos fundamentales de la gestión del proyecto, con una breve exposición del personal involucrado en el desarrollo del estudio.

5.1.1 Jerarquía en un proyecto de distribución en planta

Las personas que generalmente intervienen en la realización de un proyecto de este tipo pueden ser clasificadas de acuerdo a alguno de estos cometidos:

- Director.
- Responsable de Organización.
- Encargado de Realizar el Análisis.
- Responsable de Departamento.

Dichas personas establecen unas relaciones entre ellas de acuerdo a una determinada jerarquía existente, tal y como se muestra en la Figura 6.1.

El Director será el responsable de la idea del proyecto. También realiza la planificación del proyecto, al igual que su presupuesto económico. Por otra parte, es el encargado de coordinar a las diferentes personas que intervienen en la realización del mismo. Se encargará de dar el visto bueno al análisis final.

El Responsable de Organización es el que define las especificaciones concretas que deberá cumplir el análisis que se va a realizar. El contacto con la Dirección, así como el buen conocimiento del campo en el que se inserta el contenido del proyecto, resulta fundamental para que el producto final resulte del agrado de éstos. Junto con el Encargado de Realizar en Análisis, el Responsable de Organización realiza el diseño del análisis.



El Encargado de Diseñar el Análisis se encarga de la recopilación de información, es decir, realiza las entrevistas con el personal para conocer el funcionamiento del sistema, y elabora junto con el Responsable de Organización el diseño del análisis. Existe también un Auxiliar Administrativo que le ayudará en la confección de la memoria.

Por último, el Responsable de Departamento informa sobre todas las circunstancias específicas de su departamento que afectan al diseño del análisis.

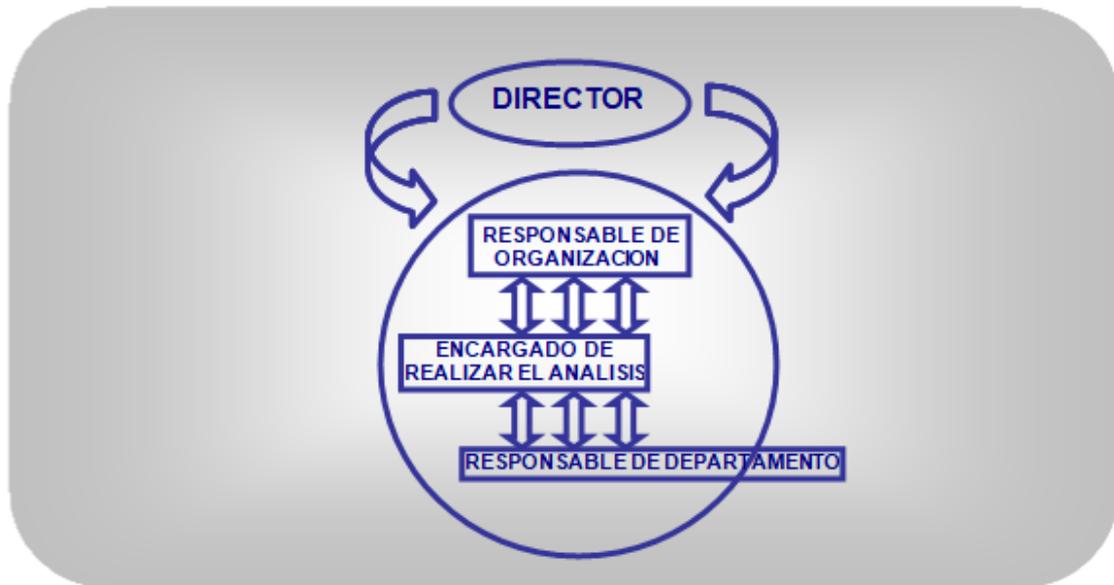


Figura 5.1 Organización del proyecto.

5.2 Fases de desarrollo

En primer lugar, se van a exponer las características de los documentos que forman el diseño del análisis llevado a cabo, los cuales hacen que la gestión de este tipo de proyectos deba presentar una orientación diferente al resto.

Una primera particularidad es que el análisis se diseña, es decir, no se fabrica en un sentido clásico. Los costes de la planificación se encuentran en las horas de ingeniería empleadas, y no en la fabricación física del producto. Como muestra, considérese el bajo coste de los medios de almacenamiento magnético en los que se graban los documentos, comparándolo con el coste global del sistema.

La segunda diferencia se encuentra en la vida útil del producto. El análisis realizado no se degrada. En teoría, una vez que se han detectado y corregido los errores que puedan existir puede seguir funcionando, la vida útil de ésta es ilimitada. Pero realmente, las revisiones y correcciones que se realizan tienen un coste.



Otra particularidad es el mantenimiento. Para cualquier producto, una vez finalizado el proceso de elaboración, cuando una pieza de este producto falla, se sustituye por el repuesto adecuado volviendo a tener el sistema un funcionamiento correcto. Pero el análisis llevado a cabo debe de ser revisado constantemente, pues cualquier cambio que surja en nuestro sistema debe de ser reflejado. Los fallos suelen traer consecuencias más graves. Un fallo en el análisis puede ocasionar daños a todo el servicio o producto, es un error en el diseño. Por tanto, el mantenimiento del análisis tiene una complejidad considerablemente mayor que la del mantenimiento de otros sistemas.

La determinación de las fases que conlleva el desarrollo de un proyecto de este tipo, puede variar según el punto de vista de la persona que lo esté analizando, sin embargo, estas etapas pueden ajustarse a la división mostrada en la Figura 6.2.

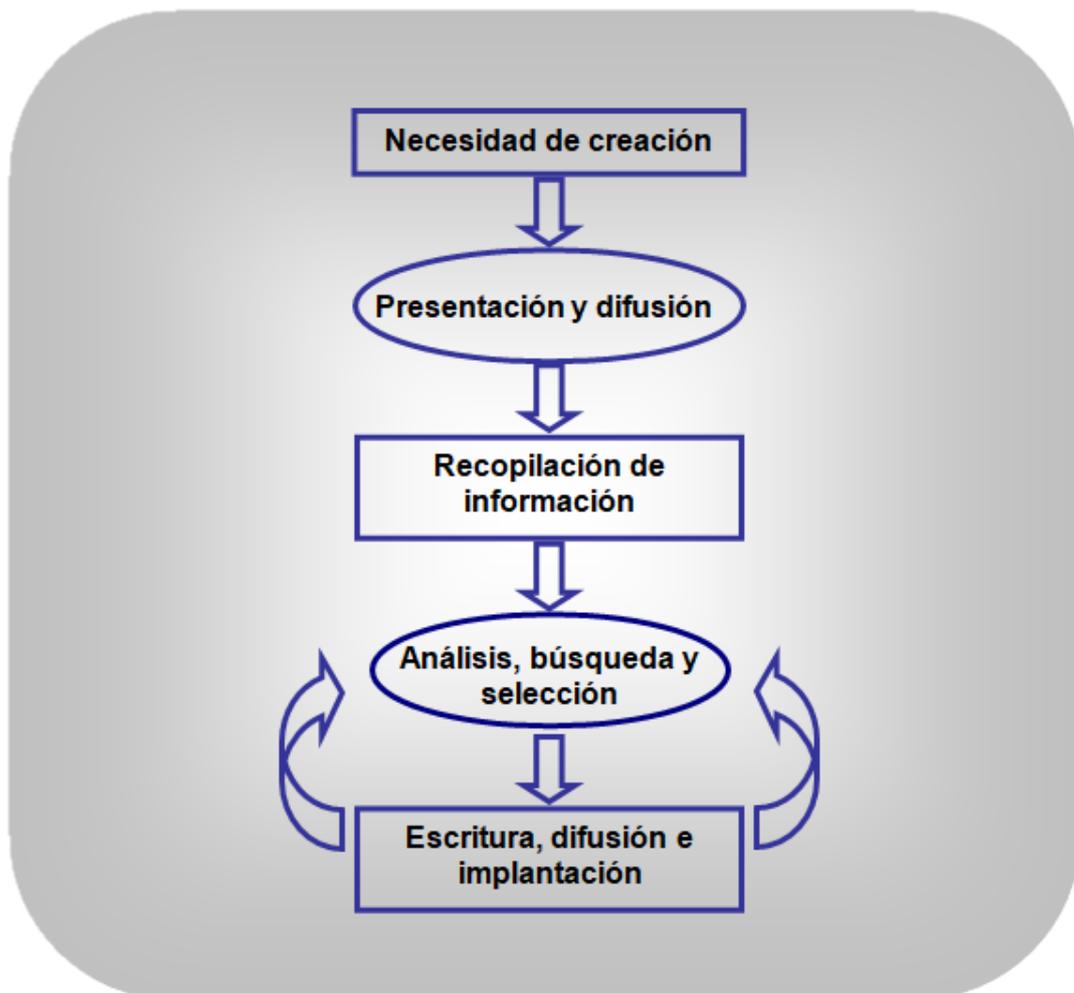


Figura 5.2 Desarrollo del proyecto.



La explicación de cada etapa se expone a continuación:

1. **Necesidad y decisión de elaboración del proyecto:** En esta etapa, se lleva a cabo un análisis general del sistema. Se decide incrementar la longitud de los tráilers como una oportunidad de mejora social y económica. Se busca el personal adecuado para realizar el diseño del análisis. Sobre la base de los datos obtenidos se formula el problema, se establecen las líneas generales del mismo y se determina lo que hay que hacer (planificar tareas) y quién tiene que hacerlo (asignar recursos) para la creación del análisis. Es en este momento cuando debe analizarse la viabilidad del proyecto, ya que la detección de su no-viabilidad en etapas posteriores aumenta considerablemente los costes.
2. **Presentación y difusión del proyecto:** Se realiza una presentación a los Responsables de los Departamentos, solicitando su colaboración en el presente diseño del análisis. Se da a conocer el equipo que trabajará con los departamentos en la diseño del análisis.
3. **Recopilación de información:** Una vez puesto en contacto los Responsables de los Departamentos con los encargados de la realización del diseño se procede a la recopilación de información de las diferentes secciones. Se procede también a la recopilación de datos tales como bibliografía, y la existencia de otros diseños de análisis similares.
4. **Análisis, búsqueda y difusión:** Con la información obtenida se procede a estudiar las ventajas que conllevaría realizar el cambio que queremos realizar. Posteriormente, se expondrá todas aquellas mejoras que se lograría si nuestro objetivo se llevara a la realidad. A partir de aquí, habrá que tener en cuenta las necesidades que conlleva este cambio de longitud en los tráilers, cuales son los factores influyentes y las limitaciones prácticas. Por último, se procede a la evaluación y selección de las soluciones desarrolladas.
5. **Escritura, difusión e implantación del análisis:** Una vez diseñado o planificado el análisis, se generan las copias y durante la entrega de la memoria, se comentará brevemente la configuración propuesta, así como, el modo de funcionamiento de las revisiones, quejas de no-conformidad y solicitud de cambio.



5.3 Estudio económico

En este apartado se va a desarrollar el estudio económico propiamente dicho, relacionándolo con las diferentes etapas de la realización del proyecto. Se realizará el cálculo de todas las Secciones, desglosando cada una de ellas más adelante.

Se llevará una contabilidad por actividades, en la que se valorara los costes de cada actividad realizada hasta la obtención del producto final. De esta forma, será posible analizar la influencia de cada uno de los procesos que intervienen con relación al coste total del producto. Para realizar el estudio, se procederá de la siguiente manera:

1. Cálculo de las horas efectivas anuales y de las tasas por hora de los salarios.
2. Cálculo de las amortizaciones del equipo.
3. Coste por hora y por persona de los materiales calificados como consumibles.
4. Coste por hora y por persona de los costes indirectos.
5. Horas de personal dedicadas a cada una de las etapas.

5.3.1 Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal

Todos estos valores quedan reflejados en la Tabla 5.1 (días efectivos) y en la Tabla 5.2 (semanas efectivas).

Concepto	Días
Año medio	365,25
Sábados y domingos: $(365 * 2/7)$	-104,36
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos reconocidos	-12
Media de días perdidos por enfermedad	-15
Cursillos de formación, etc.	-4
Total estimado días efectivos	210
Total horas/año efectivas (8 horas/día)	1.680

Tabla 5.1 Días efectivos anuales.



Concepto	Semanas
Año medio	52
Vacaciones y festivos	-5
Enfermedad	-2
Cursos de formación	-1
Total	44

Tabla 5.2 Semanas efectivas anuales.

Para el desarrollo del proyecto se considera un Ingeniero de Organización, el cual actúa como director del proyecto y analista financiero. El encargado de llevar a cabo la gestión de los diferentes elementos del diseño del análisis será un Ingeniero Industrial. Habrá un Jefe de Sección, colaborador durante la planificación en lo que concierne a su sección. Para el desarrollo de la documentación, se ha contratado a un Auxiliar Administrativo, que es el encargado de generar los informes correspondientes y ayuda en la confección de documentos. El coste horario y semanal de cada uno de estos profesionales queda reflejado en la Tabla 5.3.

Concepto	Director	Ing. Org.	Ing. Ind.	Resp. Dep.	Aux. Admin.
Sueldo	57.894 €	26.874 €	27.214 €	21.021 €	14.014 €
Seguridad Social (35%)	20.263 €	9.406 €	9.525 €	7.357 €	4.905 €
Total	78.157 €	36.280 €	36.739 €	28.378 €	18.919 €
Coste horario	46,52 €	21,59 €	21,87 €	16,89 €	11,26 €
Coste Semanal	1.776,29 €	824,54 €	834,98 €	644,96 €	429,98 €

Tabla 5.3 Coste del equipo de profesionales.

5.3.2 Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado

Para el equipo informático se considera un período de amortización de 5 años, con cuota lineal. El equipo se puede separar en dos grupos diferentes: un tipo de equipo destinado a realizar las tareas de recopilación de información y diseño del análisis propiamente dicho, y que se denomina equipo de desarrollo y, por otra parte, el equipo de edición con el que se gestionan los documentos una vez definidos los mismos. El coste de cada uno de estos equipos queda reflejado en las Tablas 5.4 y 5.5 respectivamente.



Concepto		Coste	Cantidad	Coste total
Portátil con procesador i5 a 2,3 GHz, 256 GB)		1.600 €	1	1.600 €
Software de desarrollo	Microsoft Windows 10	165 €	1	165 €
	Microsoft Word 2018	115 €	1	115 €
	Microsoft Excel 2018	100 €	1	100 €
Total a amortizar				1.980 €
Amortización lineal a 5 años -->		Tipo	Número	Amortización
		Diaria	5,42	1,08 €
		Semanal	38,08	7,62 €
		Horaria	0,68	0,14 €

Tabla 5.4 Coste del equipo de desarrollo.

Concepto		Coste	Cantidad	Coste total
Ordenador con Intel Core i7-7700, RAM de 32 GB		1.650 €	1	1.650 €
Escaner Fujitsu PA03656-B301		470 €	1	470 €
Impresora HP DeskJet 3732		250 €	1	250 €
Impresora HP LaserJet 4M Plus		800 €	1	800 €
Software de desarrollo:	Microsoft Windows 10	165 €	1	165 €
	Microsoft Word 2018	115 €	1	115 €
	Microsoft PowerPoint 2018	60 €	1	60 €
	Microsoft Excel 2018	120 €	1	120 €
Total a amortizar				3.630 €
Amortización lineal a 5 años -->		Tipo	Número	Amortización
		Diaria	9,95	1,99 €
		Semanal	69,81	13,96 €
		Horaria	1,24	0,25 €

Tabla 5.5 Coste del equipo de edición.

5.3.3 Coste del material consumible

Para consumibles (papeles de impresora, tóners, memorias usb...) se ha calculado su consumo medio, por persona y hora de trabajo Para cada uno de los equipos se obtienen los siguientes resultados (Tabla 5.6).



Concepto	Coste
Papeles de impresora	110 €
Suministros para impresora	290 €
Memorias USB	50 €
Otros	585 €
Coste anual total por persona	1.035 €
Coste horario por persona	0,62 €

Tabla 5.6 Coste del material consumible.

5.3.4 Costes indirectos

Aquí se considerarán gastos que hacen referencia a consumos de electricidad, teléfono, calefacción, alquileres, etc. Las tasas de coste calculadas por persona y hora para cada uno de estos conceptos se muestran en la Tabla 5.7.

Concepto	Coste
Teléfono	300 €
Alquileres	450 €
Electricidad	150 €
Internet	80 €
Otros	380 €
Coste anual por persona	1.360 €
Coste horario por persona	0,81 €

Tabla 5.7 Costes indirectos.

5.3.5 Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto

Mediante la realización de un estudio de tiempos y la revisión de otros estudios de tiempos para proyectos realizados en el departamento con características similares al presente, se determinó que la dedicación del personal en cada una de las etapas fue como se muestra en la Tabla 5.8.



Personal	Etapas				
	1	2	3	4	5
Director	24	24	10	25	65
Ingeniero Organización	11	20	20	115	85
Ingeniero Industrial	0	12	220	140	30
Responsable de Departamento	0	6	220	40	60
Auxiliar administrativo	5	8	30	80	110
TOTAL (Horas)	40	70	500	400	350

Tabla 5.8 Horas dedicadas por persona al proyecto.

5.4 Costes asignados a cada fase del proyecto

Para asignar los costes calculados para los recursos a cada fase del proyecto, se tendrán en cuenta las horas que cada persona dedica a cada etapa y las tasas horarias de salarios y amortización, así como los costes estimados para el material consumible y los costes indirectos.

5.4.1 Fase 1: Necesidad y decisión de elaboración del proyecto

En esta etapa intervienen el Director, el Responsable de Organización y el Auxiliar Administrativo. El director concreta cuáles son los objetivos que se desean alcanzar.

El director, en colaboración con el Ingeniero de Organización, define las líneas de actuación, los departamentos colaboradores durante el desarrollo del proyecto y orienta la actuación de los otros dos integrantes del equipo que intervienen en esta etapa:

El Auxiliar Administrativo se encarga de las tareas de redacción de documentos y mecanografía requeridas en esta etapa. Los departamentos colaboradores serán Logística, Medio Ambiente, Seguridad Vial y Oficina Técnica.

El tiempo empleado se detalló en la Tabla 5.8, resultando un total de 40 horas. En base a esto, los costes en esta fase se reparten según se indica en la Tabla 5.9.



Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Director	24	46,52	1.116,40 €
	Ing. Organización	11	21,59	237,52 €
	Ing. Industrial	0	21,87	0,00 €
	Resp. Dpto.	0	16,89	0,00 €
	Aux. Administrativo	5	11,26	56,30 €
Amortización	Equipo de desarrollo	0	0,14	0,00 €
	Equipo de edición	4	0,25	0,99 €
Material consumible		37	0,62	22,79 €
Costes indirectos		40	0,81	32,38 €
COSTE TOTAL				1.466,39 €

Tabla 5.9 Costes asociados a la Fase 1.

5.4.2 Fase 2: Presentación y difusión del proyecto

En esta etapa se realiza una presentación a los Responsables de los Departamentos, solicitando su colaboración en el presente diseño de la investigación. Se da a conocer el equipo que trabajará con los departamentos en la diseño de la investigación. Los costes en esta etapa se resumen en la Tabla 5.10.

Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Director	24	46,52	1.116,40 €
	Ing. Organización	20	21,59	431,85 €
	Ing. Industrial	12	21,87	262,39 €
	Resp. Dpto.	6	16,89	101,34 €
	Aux. Administrativo	8	11,26	90,08 €
Amortización	Equipo de desarrollo	12	0,14	1,63 €
	Equipo de edición	14	0,25	3,48 €
Material consumible		70	0,62	43,13 €
Costes indirectos		68	0,81	55,05 €
COSTE TOTAL:				2.105,34 €

Tabla 5.10 Costes asociados a la Fase 2.



5.4.3 Fase 3: Recopilación de información

En esta etapa el Ingeniero Industrial encargado de realizar el análisis recopila toda la información. El coste de sus honorarios y el del Responsable del Departamento representan la mayor parte del total del coste.

En base al estudio de tiempos de la Tabla 5.8 y a las tasas horarias de personal, amortización, material consumible y resto de costes indirectos, los costes de esta fase se establecen y quedan como se muestra en la Tabla 5.11.

	Concepto	Horas	C.H.	Coste total
Personal	Director	10	46,52	465,17 €
	Ing. Organización	20	21,59	431,85 €
	Ing. Industrial	220	21,87	4.810,50 €
	Resp. Dpto.	220	16,89	3.715,79 €
	Aux. Administrativo	30	11,26	337,80 €
Amortización	Equipo de desarrollo	230	0,14	31,19 €
	Equipo de edición	50	0,25	12,43 €
Material consumible		490	0,62	301,88 €
Costes indirectos		500	0,81	404,76 €
COSTE TOTAL				10.511,36 €

Tabla 5.11 Costes asociados a la Fase 3.

5.4.4 Fase 4: Análisis, búsqueda y selección

Es la etapa más crítica, en la que se toman las decisiones de localización y circulación de los distintos elementos, y por tanto, es imprescindible la colaboración de todo el personal involucrado en el desarrollo de este proyecto.

Los costes asignados a esta fase se muestran en la Tabla 5.12.



Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Director	25	46,52	1.162,92 €
	Ing. Organización	115	21,59	2.483,16 €
	Ing. Industrial	140	21,87	3.061,22 €
	Resp. Dpto.	40	16,89	675,60 €
	Aux. Administrativo	80	11,26	900,80 €
Amortización	Equipo de desarrollo	150	0,14	20,34 €
	Equipo de edición	100	0,25	24,86 €
Material consumible		410	0,62	252,59 €
Costes indirectos		420	0,81	340,00 €
COSTE TOTAL				8.921,49 €

Tabla 5.12 Costes asociados a la Fase 4.

5.4.5 Fase 5: Escritura, difusión e implantación

En esta etapa se procede a la escritura de la memoria en la que se recoge la investigación realizada, labor encomendada al encargado de diseñar el del proyecto con ayuda del Auxiliar Administrativo. Una vez escritos se procederá a la revisión y aprobación final de los documentos. Esta tarea la realizarán el Responsable de Organización y el Director respectivamente.

Los costes asignados en esta fase se muestran en la Tabla 5.13.

Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Director	65	46,52	3.023,58 €
	Ing. Organización	85	21,59	1.835,38 €
	Ing. Industrial	30	21,87	655,98 €
	Resp. Dpto.	60	16,89	1.013,40 €
	Aux. Administrativo	110	11,26	1.238,60 €
Amortización	Equipo de desarrollo	40	0,14	5,42 €
	Equipo de edición	120	0,25	29,84 €
Material consumible		350	0,62	215,63 €
Costes indirectos		385	0,81	311,67 €
COSTE TOTAL				8.329,48 €

Tabla 5.13 Costes asociados a la Fase 5.



5.5 Cálculo del coste total

El coste total se obtiene como suma de los costes totales de cada una de las cinco fases del proyecto, que se detallaron en el anterior apartado. Los costes totales desglosados para cada una de las fases se muestran en la Tabla 5.14.

Actividad	Horas	Coste
Decisión de elaboración del proyecto	40	1.466,39 €
Presentación y difusión	70	2.105,34 €
Recopilación de información	500	10.511,36 €
Análisis, búsqueda y selección	400	8.921,49 €
Escritura, difusión e implantación	350	8.329,48 €
TOTAL	1.360	31.334,07 €

Tabla 5.14 Costes Totales de cada Fase.

A estos costes hay que aplicar el Margen Comercial y los Impuestos Indirectos (IVA, recargo de equivalencia, etc.).



Capítulo 6: Conclusiones y Futuros Desarrollos



Como hemos ido viendo en apartados anteriores, la principal conclusión que obtenemos del presente trabajo es que si existiese la posibilidad de que camiones de 20,55 metros de longitud circularan por las carreteras españolas, nos estaríamos **ahorrando** aproximadamente uno de cada cuatro camiones actuales en aquellos transportes cuyas mercancías saturan en volumen como podemos observar en la siguiente tabla:

Comparación	Actual (uds)	Propuesta (uds)	Incremento (uds)	Incremento (%)
Pallets europeos	33,00	44,00	11,00	33,33
Pallets americanos	26,00	34,00	8,00	30,77

Esto conllevaría las siguientes mejoras:

- Disminución de los niveles de CO2 emitidos a la atmósfera (Hasta un 9% aproximadamente).
- Mayor seguridad vial.
- Mejora en la circulación de los vehículos particulares.
- Menos costes para las empresas que necesiten transportar mercancía muy voluminosa.
 - Combustible, seguros...
 - Personal, dietas...
 - Mantenimientos, neumáticos...
- Etc.

Hay que destacar que todos los datos que hemos obtenido han sido fruto de un análisis teórico, sería conveniente realizar un **análisis real** para cuantificar todas las ventajas e inconvenientes que supondría el aumento de longitud en los camiones:

- **Niveles de CO2 nuevos:** Habría que estudiar si con dicho incremento de longitud disminuimos los niveles de CO2 reales. Por un lado estamos retirando de la carretera aproximadamente 1 de cada 4 camiones, y por otro lado los camiones transportarían una mayor cantidad de masa por lo que aumentaría los niveles de CO2.
- **Nuevos desgastes en la carretera:** Es el mismo motivo que en del análisis de niveles de CO2 nuevos. Al transportar una mayor cantidad de masa, se realizaría un desgaste superior en la carretera. Habría que analizar si se desgasta más la carretera con 4 camiones “menos” pesados o con 3 camiones “más” pesados.



- **Nuevos radios de giro:** Al incrementarse la longitud de los camiones, sería más complicado para estos nuevos camiones el acceso a determinados lugares. Cierto es que tendrían la misma longitud que los camiones portavehículos pero hay que destacar que no tendrían el mismo diseño de fabricación, por lo que el radio de giro sería diferente.
- **Nuevos costes de transporte:** Hay que destacar que nosotros solo hemos realizado un análisis teórico. Cabe la posibilidad que los datos que hemos obtenido no coincidan con los datos que realmente son. Por eso es tan importante llevar este análisis a la realidad (Nuevos consumos de combustible, ahorro en personal, nuevos tiempo de transportes, nuevos costes de mantenimiento...)
- **Nueva cantidad de camiones:** Con nuestro análisis teórico hemos obtenido que ahorraríamos aproximadamente 1 de cada 4 camiones. Ahora bien, esto habría que llevarlo a la realidad y realizar un análisis para corroborar que este dato es correcto.

Esta idea es solo una de las múltiples posibilidades que existen para disminuir la cantidad de camiones que circulan por la carretera. A continuación se expondrá brevemente **otras posibles ideas** con las que se lograría disminuir la cantidad de camiones en la carretera y que sería interesante realizar dicho análisis.

Aumentar la altura

Estamos en un país en el que la orografía es muy montañosa, lo que hace que existan una gran cantidad de túneles. Este es uno de los principales motivos que hacen que la altura de los camiones no pueda ser mayor. Por norma general, la altura de los camiones no pueden superar los 4 metros de longitud a excepción de vehículos especiales (vehículos grúa, portavehículos...) que tienen permitido llegar hasta los **4,50 metros** de altura. Si este tipo de vehículos pueden circular por las carreteras de España sin ningún problema, debería de permitirse al resto de vehículos (megacamiones, trenes de carretera, tráilers...) llegar también hasta los 4,50 metros. Cabe la posibilidad de que al remontar los pallets, la mercancía que se quiere transportar no quepa debido a que no hay suficiente espacio para remontar a diferentes alturas, y con esta nueva altura posiblemente podrían transportar más mercancía con el ahorro que ello conlleva. Un posible estudio sería el de realizar un análisis de la posibilidad de permitir un aumento en la altura de estos camiones y que conllevaría ese aumento (Dificultades de fabricación, menor cantidad de rutas posibles para la circulación de camiones...).



Aumentar la longitud de los trenes de carretera

Viendo las alternativas que existen en otros países como en los EE.UU donde existen distintos tipos de trenes de carretera más largos que los españoles, un posible análisis sería el de estudiar si el tren de carretera con remolques de 13,60 metros cada uno es factible en las carreteras españolas. También en Finlandia, desde el pasado mes de Enero ya circulan por sus carreteras trenes de carretera de **34,50 metros** de longitud. Uno de los principales inconvenientes sería la dificultada que tendría este tipo de trenes de carretera para acceder a distintos lugares de la geografía española (radio de giro). De lograr este aumento de longitud, daría una mayor flexibilidad a los transportistas y conseguiríamos reducir el número de camiones que es nuestro principal objetivo.

Aumentar el peso de los camiones

En todo este trabajo no hemos querido indagar en la modificación de límites de pesos máximos permitidos para los camiones debido a la gran dificultad que ello conlleva. Sin embargo, habría que plantearse la posibilidad de aumentar la capacidad de carga de los diferentes tipos de vehículos destinados al transporte de mercancías por carretera porque lograríamos reducir una gran cantidad de camiones circulando por las carreteras. Quitando de la ecuación a los megacamiones, ahora mismo no está permitido superar las 40 toneladas de masa máxima autorizada exceptuando a los transportes combinados (contenedores) que pueden llegar hasta las **44 toneladas**. Un primer paso interesante sería el de aumentar la masa máxima autorizada hasta las 44 toneladas para los tráilers de 16,50 metros y para los trenes de carretera de 18,75 metros.



Bibliografía

ADR (2017). *Disposiciones generales y disposiciones relativas a las materias y objetos peligrosos*. Recuperado el 28 de Agosto de 2018 de:

https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/adr2017.pdf

Agudo (2017). *Diferencias entre tráiler vs camión para saber cual es mejor*. Recuperado el 10 de Julio de 2018 de: <https://www.gruasagudo.es/trailer-vs-camion/>

Asetravi (2016). *Dossier Megacamiones*. Recuperado el 13 de Julio de 2018 de:

<http://www.asetravi.com/assets/dossier-megacamiones.pdf>

Autoescuelassannicolos (2018). *Permisos de camión*. Recuperado el 15 de Agosto de 2018 de: <http://www.autoescuelassannicolos.com/permisos-de-conducir/permisos-de-camion>

BOE (1996). *Directiva 96/53/CE del Consejo*. Recuperado el 15 de Julio de 2018 de:

<http://www.boe.es/doue/1996/235/L00059-00075.pdf>

BOE (2015). *Orden PRE/2788/2015*. Recuperado el 18 de Julio de 2018 de:

<https://www.boe.es/boe/dias/2015/12/23/pdfs/BOE-A-2015-14026.pdf>

BOE (2018). *Código de tráfico y seguridad vial*. Edición 13 de Agosto.

https://www.boe.es/legislacion/codigos/codigo.php?id=020_Codigo_de_Trafico_y_Seguridad_Vial&modo=1

Campos, J. (2013). *En aras de la eficiencia energética y la seguridad, ¿diremos adiós a los camiones cuadrados?* Recuperado el 15 de Julio de 2018 de:

<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/en-aras-de-la-eficiencia-energetica-y-la-seguridad-diremos-adios-a-los-camiones-cuadrados>

Cardona, A. (2016). *El transporte en Australia: los trenes de carretera*. Recuperado el 24 de Julio de 2018 de:

<http://www.sertrans.es/trasporte-terrestre/transporte-australia-trenes-de-carretera/>

CdS (2015a). *Europa aprueba la nueva normativa de pesos y dimensiones en el transporte por carretera*. Recuperado el 15 de Julio de 2018 de:

<http://www.cadenadesuministro.es/noticias/europa-aprueba-la-nueva-normativa-de-pesos-y-dimensiones-en-el-transporte-por-carretera/>

CdS (2015b). *Suecia aprueba el uso de 'megacamiones' de 30 metros y 90 toneladas de MMA*. Recuperado el 22 de Julio de 2018 de:

<http://www.cadenadesuministro.es/noticias/suecia-aprueba-el-uso-de-megacamiones-de-30-metros-y-90-toneladas-de-mma/>



CdS (2016a). *Beneficios y costes de los megacamiones para la empresa de transporte.*

Recuperado del 13 de Julio de 2018 de:

<http://www.cadenadesuministro.es/noticias/beneficios-y-costes-de-los-megacamiones-para-la-empresa-de-transporte/>

CdS (2016b). *¿Cuáles son las configuraciones idóneas para los megacamiones?*

Recuperado el 13 de Julio de 2018 de:

<http://www.cadenadesuministro.es/noticias/cuales-son-las-configuraciones-idoneas-para-los-megacamiones/>

Centre for Economic Development, Transport and the Environment (2013). *Maximum authorized dimensions allowed in normal road traffic in Finland.* Recuperado el 19 de Julio de 2018 de:

https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/124964/normaaliliikenteen_mittarajat_2013_ENG.pdf/8819ca44-3b50-4c5c-8bbb-020e59db789a

Department of Transport of Great Britain (2017). *Maximum Length of Vehicles used in Great Britain.* Recuperado el 19 de Julio de 2018 de:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/648185/information-sheet-maximum-length-of-vehicles.pdf

DGT (2016). *Requisitos para autorizar la circulación de los megacamiones por carretera.*

Recuperado el 15 de Julio de: <http://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2016/20160412-trafico-establece-requisitos-autorizar-circulacion-megacamiones-carretera.shtml>

Dieciocho Ruedas (2014). *Vehículos de alto rendimiento o LCV... Incrementan su uso en Estados Unidos.* Recuperado el 23 de Julio de 2018 de:

<http://dieciochoruedas.blogspot.com/2014/05/vehiculos-de-alto-rendimiento-o-lcv.html>

DSV (2018). *Tráiler de Lona.* Recuperado el 26 de Julio de:

<http://www.es.dsv.com/road-transport/tipos-de-trailer-y-dimensiones/trailer-de-lona>

Ecolignor (2018). *Miembros EPAL.* Recuperado el 27 de Julio de:

<http://www.ecolignor.com/es/64/miembros-epal-europalet.html>

Ecomotor (2018). *Seat prueba en España un duotráiler de más de 30 metros que reduce un 20% las emisiones de CO2.* Recuperado el 23 de Julio de:

<https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/9314023/08/18/Economia-Motor-Seat-y-Grupo-Sese-estrenan-el-duotrailer-de-mas-de-30-metros-y-que-reduce-un-20-las-emisiones-de-CO2.html>



Fomento.gob (2018a). *Esquema Longitud-Vehículos rígidos, Tren de carreteras, Vehículos articulados, Trenes de carretera de transporte de vehículos*. Recuperado el 8 de Julio de 2018. <https://www.fomento.gob.es/transporte-terrestre/inspeccion-y-seguridad-en-el-transporte/pesos-y-dimensiones/longitudes/longitudes-mercancias/esquema-longitud-vehiculos-rigidos>

Fomento.gob (2018b). *Vehículos articulados de 5 ó más ejes*. Recuperado el 26 de Julio de 2018 de: <https://www.fomento.gob.es/transporte-terrestre/inspeccion-y-seguridad-en-el-transporte/pesos-y-dimensiones/pesos/pesos-trailer/trailer-de-mas-de-cuatro-ejes>

Forotransporteprofesional (2019). *Finlandia permitirá megacamiones de 34,50 metros a partir del 21 de enero*. Recuperado el 1 de Abril de 2019 de: <https://www.forotransporteprofesional.es/finlandia-permitira-megacamiones-345-metros-partir-del-21-enero/>

Garriga, J. (2012). *Industria Auxiliar en el IAA 2012*. Recuperado el 16 de Julio de 2018 de: <https://www.encamion.com/iaa/2012/hanover/salon/camiones/transporte/feria/alemania/industria/auxiliar/camion/semi/carroceria/neumaticos/encamion>

Garvi (2018). *Medidas del Palet Europeo*. Recuperado el 27 de Julio de: <https://www.transportesarvi.com/medidas-del-palet-europeo.html>

Gepner, M. (2018). *KW Road Train*. Recuperado el 24 de Julio de 2018 de: <https://www.pinterest.cl/pin/570198002801701780/>

Government of Australia (2018). *Oversize or overmass vehicles*. Recuperado el 25 de Julio de 2018 de: <https://nt.gov.au/driving/heavy/oversize-or-overmass-vehicles/dimension-limits>

GRBrown1 (2014). *Freightliner Cascadia Coca-Cola Rocky Mountain doubles*. Recuperado el 23 de Julio de 2018 de: <https://www.flickr.com/photos/48696126@N05/14650349846/>

Griffini, G. (2015). *En Finlandia con 76 toneladas*. Recuperado el 19 de Julio de 2018 de: <https://www.camionactualidad.es/noticias-camiones/reportajes-camiones-vehiculo-industrial/item/3210-en-finlandia-con-76-toneladas>

Groupe Renault (2017). *Incremento longitud de camiones*. No publicado.

Groupe Renault (2018). *Impacto en la logística externa de camiones de largura de 20,55 metros*. No publicado.

Guillen (2018). *The best solutions for logistics*. Recuperado el 28 de Agosto de 2018 de: <http://www.guillen-group.com/wp-content/uploads/2016/08/FICHA-LONAS .pdf>



Hubert, A. (2018). *Susi & Ruedi on Tour*. Recuperado el 24 de Julio de 2018 de: http://www.schoensleben.ch/sur/content/gallery/vehicles/images/AUS_090630_005.jpg

Huijbregts, J. (2018). *Renault Truck Cabover*. Recuperado el 23 de Julio de 2018 de: <https://www.pinterest.es/pin/382665299581285810/?lp=true>

IDAE (2006). Guía para la gestión de combustible en las Flotas de Transporte por carretera. Recuperado el 25 de Agosto de 2018 de: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10232_Guia_gestion_combustible_flotas_carretera_06_32bad0b7.pdf

ILovePalets (2018). *Tipos de palets*. Recuperado el 27 de Julio de: <https://www.ilovepalets.com/tipos-de-palets/>

Itepal (2018). *Medidas de palets europeo y americano: principales diferencias*. Recuperado el 28 de Julio de: <https://www.itepal.com/medidas-de-palets-europeo-americano>

ITF (2015). *Permissible Maximum Dimensions of Lorries in Europe*. Recuperado el 16 de Julio de 2018 de: <https://www.itf-oecd.org/node/19209>

Kyster-Hansen, H., Tetraplan and Jerker Sjögren, J. (2013). *Roadmap High Capacity Transports on road in Sweden*. Recuperado el 21 de Julio de 2018 de: https://www.lindholmen.se/sites/default/files/content/PDF/2013-08-13_roadmap_hct-roads_final.pdf

López, J.V. (2014). *Pesos y dimensiones máximas de los camiones en el mundo*. Recuperado el 17 de Julio de 2018 de: <http://www.enlacarretera.pro/2014/05/pesos-y-dimensiones-maximas-ca.html>

Lumsden, K. (2004). *Truck Masses and Dimensions – Impact on Transport Efficiency*. Recuperado el 10 de Julio de 2018 de: https://www.acea.be/uploads/publications/SAG_8_Trucks_Masses_Dimensions.pdf

Marcontran (2016). *Megacamiones en la línea de Salida*. Recuperado el 13 de Julio de 2018 de: <https://marcotran.com/index.php/es/news/128-los-megacamiones-de-marcotran-ya>

Mecalux (2018). *Palets europeos (medidas y características)*. Recuperado el 27 de Julio de 2018 de: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/palets/palet-europeo-medidas>

MINTC (2019). *Proposal of longer vehicles in Finland*. Recuperado el 15 de abril de 2019 de: <https://uicr.org/wp-content/uploads/2018/07/Proposal-of-longer-vehicles-in-Finland.pdf>



MotorGiga (2018). *Tren de carretera- Definición*. Recuperado el 10 de Julio de 2018 de: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/tren-de-carretera-definicion-significado/gmx-niv15-con195798.htm>

OECC (2018). Factores de Emisión. Recuperado el 26 de Julio de 2018 de: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-446710.pdf

Posada, J.J. (2012). *Efecto de la cantidad de carga en el consumo de combustible en camiones*. Recuperado el 31 de Agosto de 2018 de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/8440/1/71687832.2012.pdf>

Quintero Pereda, F.L. (2017). *Pesos y dimensiones de las configuraciones vehiculares que transitan en las vías federales de comunicación en México*. Recuperado el 25 de Julio de 2018 de: http://www.amivtac.org/seminariologisticaycarreteras/presentaciones/LUVIANO20170328%20-%20sesion%206%20-%20Presentacion_Adrian%20del%20Mazo.pdf

Recupalet (2018). *Tratamiento Térmico Fitosanitario NIMF15*. Recuperado el 27 de Julio de: <http://www.recupalet.com/es/recuperaci%C3%B3n-palets-madera-palets-fitosanitarios-nimf15/tratamiento-termico-fitosanitario-nimf15>

RepuestosAJ (2018). *Repuestos y accesorios para camiones*. Recuperado el 28 de Agosto de 2018 de: <http://www.repuestosdecamiones.es/ficha-articulo.php?lg=es&cat=2&fam=6&sub=60&art=462>

Rotom (2014). *¿Palet de madera o de plástico?* Recuperado el 28 de Julio de: <https://www.rotom.es/blog/palet-de-madera-o-de-plastico.html>

Ryback04 (2015). *SiSL's Trailer Pack USA*. Recuperado el 23 de Julio de 2018 de: <https://forum.scssoft.com/viewtopic.php?t=252778&start=110>

Secretaría de Servicios y Transportes de México (2014). *NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014*. Recuperado el 25 de Julio de 2018 de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5368355&fecha=14/11/2014

Solocamión (2017). *20 portacoches Renault D Wide para Nou Transport*. Recuperado el 12 de Julio de 2018 de: <https://www.solocamion.es/20-portacoches-renault-d-wide-nou-transport/>

Szabolcs, S. (2018). *Six Trailer Road Train Truck*. Recuperado el 24 de Julio de 2018 de: <https://www.pinterest.es/pin/16044142400943535/?lp=true>

TodoTransporte (2017). *XPO Logistics constata un ahorro del 11% tras introducir los megacamiones en la ruta Palencia-Orense*. Recuperado el 14 de Julio de 2018 de: <https://www.todotransporte.com/xpo-logistics-constata-un-ahorro-del-11-tras-introducir-los-megacamiones-en-la-ruta-palencia-orelse/>

Transgesa (2016). *Tipos y tamaños de palets*. Recuperado el 27 de Julio de: <https://www.transgesa.com/blog/tipos-de-palets/>

Transportealdia (2018). *Normativa de la DGT para los megacamiones en España-BOE*. Recuperado el 13 de Julio de 2018 de: <https://www.transportealdia.es/normativa-la-dgt-los-megacamiones/>

Wolf, P. (2018). *Renault Magnum 500 Trailer Truck 02*. Recuperado el 9 de Julio de 2018 de: <https://www.turbosquid.com/3d-models/3d-max-renault-magnum-500-trailer-truck/842885>