



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE SEMIRREMOLQUE

Alumno: David Guzmán Santos

Tutor: Luis Antonio Felipe Sesé
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre, 2016

ÍNDICE

	Página
1- Resumen	7
2- Memoria	9
-2.1 Objeto	9
-2.2 Estructura del contenido	9
-2.3 Alcance	10
-2.4 Antecedentes	11
2.4.1 Definición de vehículos y categorías	11
2.4.2 Definición de componentes principales de semirremolque.	20
2.4.2.1 Eje	21
2.4.2.2 Suspensión	23
2.4.2.3 Sistema de frenado	24
2.4.2.4 Sistema de alumbrado	27
2.4.2.5 Sistema de acoplamiento a la unidad tractora	29
-2.5 Disposiciones legales y normas aplicadas	30
2.5.1 Disposiciones legales y circulación	30
2.5.1.1 Masa maxima autorizada para poder circular	30
2.5.1.2 Dimensiones maxima autorizadas a los	32
vehículos para poder circular, incluida la carga	
2.5.1.2.1 Longitud maxima	32
2.5.1.2.2 Anchura maxima	33
2.5.1.2.3 Altura maxima	33
2.5.2 Requisitos de homologación.	34
2.5.2.1 Matriculación	34
2.5.2.2 Placas de matrícula	36
2.5.2.3 Dispositivos de alumbrado y señalización	37
2.5.2.3.1 Luces y catadióptricos de posición	38
lateral	
2.5.2.3.2 Luces de galibo y catadióptrico de	39
posición trasera	
2.5.2.3.3 Dispositivos de iluminación y	41
catadióptricos traseros	
2.5.2.3.4 Marcado de visibilidad	43

2.5.2.4 Dispositivo anti-empotramiento trasero	45
2.5.2.5 Dispositivo anti-proyección	46
2.5.2.6 Dispositivo de protección lateral	48
- 2.6 Programas de cálculo	51
- 2.7 Bibliografía	51
- 2.8 Definiciones y abreviaturas.	53
- 2.9 Análisis de soluciones adoptadas.	54
2.9.1 Tipo de remolque	54
2.9.2 Chasis y carrocería	55
2.9.3 Ejes	59
2.9.4 Sistema de frenado	61
2.9.5 Alumbrado y señalización	63
2.9.6 Suspensión	64
2.9.7 Técnicas de unión	66
- 2.10 Resultados finales.	67
2.10.1 Características y datos técnicos del semirremolque	74
- 2.11 Orden de prioridad de los documentos	76
3- Anexos	77
-3.1 Cálculos justificativos	77
3.1.1 Cálculo analítico del chasis	77
3.1.1.1 Cálculo del chasis portante	78
3.1.1.1.1 Límites establecidos por el fabricante	78
3.1.1.1.2 Reparto de la carga debido al peso propio	78
3.1.1.1.3 Reparto de la carga debido al peso de la carga	80
3.1.1.1.4 Reparto de carga del semirremolque	82
3.1.1.1.5 Cálculo de momentos flectores, esfuerzos cortantes y dimensionado de los perfiles	82
3.1.1.1.6 Desplazamientos	93
3.1.1.2 Cálculo del chasis portado	95

3.1.1.2.1	Calculo de los travesaños	95
3.1.1.2.1.1	Reparto de la carga en los travesaños	96
3.1.1.2.1.2	Diagrama de momentos flectores, esfuerzos cortantes y dimensionado de los perfiles en travesaños	98
3.1.1.2.2	Cálculo de perfiles estructurales de los marcos	102
3.1.1.2.2.1	Cálculo de los marcos trasversales	102
3.1.2.2.2	Calculo de los marcos longitudinales	104
- 3.2	Análisis numérico del chasis	105
- 3.3	Comparación de métodos	111
-3.4	Cálculos adicionales	112
3.4.1	Uniones atornilladas	112
3.4.1.1	Calculo de uniones de los paneles	112
3.4.1.2	Cálculo de uniones porta-pallets y carenado lateral	114
3.4.2	Calculo de elementos de protección anti-empotramiento	115
3.4.2.1	Cálculo barra anti-empotramiento trasero	115
3.4.2.2	Cálculo carenado anti-empotramiento lateral	119
3.4.3	Calculo de estabilidad	122
- 3.5	Documentación	125
4-	Planos	126
5-	Pliego de condiciones	131
- 5.1	Especificaciones de los materiales	131
- 5.2	Características de los aceros	133
5.2.1	Características mecánicas	133
5.2.2	Composición química	134
5.2.3	Garantía de las características del acero	135

5.2.4 Condiciones de suministro y recepción de perfiles y placas	135
- 5.3 Características de los materiales no metálicos	137
- 5.4 Componentes estándar	138
- 5.5 Fabricación del semirremolque	139
- 5.6 Pruebas de fábrica	163
- 5.7 Pruebas de homologación	164
- 5.8 Reglamentación medioambiental y de seguridad	164
5.8.1 Medidas de seguridad	164
5.8.2 Medidas medioambientales	165
- 5.9 Aspectos del contrato	166
5.9.1 Contrato	166
5.9.2 Subcontratación	166
5.9.3 Propiedad industrial y comercial	166
5.9.4 Responsabilidades	166
6 – Presupuesto y mediciones	168
- 6.1 Presupuesto parcial	168
- 6.2 Presupuesto total	173
7 – Conclusiones	175

1 RESUMEN

Este trabajo fin de grado comprende el diseño de un semirremolque caja cerrada de tres ejes, para su acoplamiento a una unidad tractora con una masa máxima autorizada de 40 000 Kg para el conjunto compuesto por semirremolque y cabeza tractora de 2 ejes, o 44 000 Kg para el conjunto de semirremolque y cabeza tractora de 3 o más ejes.

Para el modelado se ha utilizado Solidworks 2016, para el cálculo numérico se emplea el programa basado en el método por elementos finitos Abaqus, y para los cálculos analíticos, se utilizará el programa Excel con el cual se obtienen los momentos flectores, esfuerzos cortantes y demás cálculos.

Para los perfiles normalizados y piezas se utilizan datos de los propios fabricantes y catálogos de los componentes disponibles a nivel comercial.

El diseño se ha realizado mediante cálculos analíticos de forma estática, con los cuales se han dimensionado los perfiles necesarios para cumplir con las solicitaciones de carga máximas a las que está sometido el semirremolque. Además, para contrastar todos los resultados se hizo un nuevo estudio, en este caso numérico, mediante el cálculo por elementos finitos, de manera que se comprueba el cálculo analítico.

En la medida de lo posible, se ha usado perfiles normalizados, y los que no lo son, son fáciles de fabricar mediante plegado u otras técnicas. La gran mayoría de las uniones se realiza mediante soldadura y adhesivo, en elementos que se pueden desmontar se ha usado uniones atornilladas. Componentes tales como pilotos de luces, guardabarros, ejes, suspensión etc. son suministrados por los fabricantes, ya que su fabricación implicaría un sobre coste y una inversión que implicaría que el proyecto no pudiera realizarse en taller.

Como conclusión se obtiene, que el semirremolque es factible de construir en taller, sin maquinas muy especializadas, el presupuesto rebela que su precio, no es excesivamente superior al resto de vehículos de otros carroceros si se tiene en cuenta que el semirremolque incorpora el mejor sistema EBS y los ejes con una de las mejores tecnologías del mercado.

Finalmente el carenado lateral que se han diseñado e integrado le confiere un aspecto original y a la vez funcional, dado que cumple la función de sistema anti-empotramiento lateral.

2 MEMORIA

2.1 Objeto

Con motivo de realizar el Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería Industrial especialidad Mecánica, obligatorio para obtener el título de grado de la titulación, se ha realizado este proyecto donde se fija como objetivo principal el diseño de un vehículo semirremolque.

Las motivaciones que han llevado a la realización del presente trabajo fin de grado es el plasmar los conocimientos que se han adquirido durante los estudios del Grado de Ingeniería Industrial de la especialidad de Mecánica, aplicándolos al sector del vehículo industrial, del cual se tiene un amplio conocimiento e interés, con el objetivo de que el trabajo fin de grado que se presenta pueda llevarse a cabo algún día y cumpla la finalidad para la que realizó.

El proyecto se centrará en el diseño del semirremolque, para ello se realizará el modelado de este con el programa de diseño asistido por ordenador SolidWorks. Se realizarán los cálculos de la estructura y se compararán 2 métodos. Los métodos utilizados para el cálculo serán el método analítico, vigas y pórticos y método numérico mediante análisis de elementos finitos.

Con todo esto se pretende hacer en la medida de lo posible el proyecto del vehículo para una posible realización material. Para ello, se verá cómo influye la carga en las tensiones y desplazamientos en cada uno de los métodos.

Se integrarán los elementos tales como ejes, suspensión, frenos etc. disponibles en el mercado y se marcarán las pautas de elección en función de distintos aspectos técnicos y económicos.

2.2 Estructura del contenido

El contenido del presente proyecto ha sido modificado con respecto del que se propone en la Escuela Politécnica Superior de Linares. Este seguirá la estructura de proyecto técnico según norma UNE157001 [1], adaptado a semirremolque.

El contenido de la memoria se estructura en apartados:

Memoria:

- Alcance: indica el ámbito de aplicación del proyecto.
- Antecedentes: hace una introducción de conocimientos con los cuales se realizará una mejor interpretación del tipo de vehículo, las partes y los distintos sistemas que estos pueden incorporar.
- Disposiciones legales y normas aplicadas: normas a cumplir basadas en el código de circulación de la Dirección General de Tráfico y la normativa de homologación de vehículos.
- Programas de cálculo: se hará una breve descripción de los programas de cálculo y técnicas utilizadas para la resolución y diseño del semirremolque.
- Bibliografía: medios externos de consulta de información tales como catálogos, libros, páginas web etc.
- Definiciones y abreviaturas
- Análisis de soluciones adoptadas: presenta las diferentes opciones de las cuales se escogerá una en función de sus características.
- Resultados finales.
- Orden de prioridad entre documentos.

2.3 Alcance

El alcance del semirremolque diseñado, será su utilización para una carga maxima de 24 000 Kg, arrastrado por un vehículo cabeza tractora mediante acoplamiento de quinta rueda y King Pin. El ámbito de uso del semirremolque, cubrirá toda la Comunidad Europea, ya que permite tanto los viajes de larga y corta distancia, para el transporte de cualquier mercancía exceptuando las perecederas y consideradas peligrosas sin la documentación necesaria.

Su uso estará extendido para toda la Comunidad Europea, ya que cumple toda la normativa de circulación. El diseño está basado en su utilización para carreteras asfaltadas, aunque de forma eventual se pueda introducir en firmes no asfaltados. Al semirremolque se le podrán añadir elementos tales como rampa elevadora, guías de cuelgue etc., siempre y cuando se realice un estudio previo y sea autorizado por el fabricante.

2.4 Antecedentes

Debido al carácter docente que tiene el presente trabajo fin de grado, se ha optado por hacer una breve introducción de conceptos de manera que ayude al lector a interpretar el trabajo de manera clara conociendo los elementos y los sistemas de los que se trata.

Para un trabajo destinado a taller no serán necesarios estos conceptos, ya que estos deberían tener el suficiente conocimiento para interpretarlo.

2.4.1 Definición de vehículos y categorías

Se define por vehículo el aparato apto para el transporte de personas y/o objetos. Se debe distinguir entre vehículos autopropulsados que son aquellos que tienen un mecanismo por el que pueden moverse de forma autónoma y los vehículos remolcados o arrastrados que son aquellos que precisan de un vehículo autopropulsado para su movimiento. El vehículo que se diseñara pertenece a este último tipo de vehículos.

Según la reglamentación europea DIRECTIVA 92/53: ANEXO II [2] los vehículos pueden ser clasificados en las siguientes clases:

- Categoría L:** Motocicletas y ciclomotores y vehículos de 3 ruedas
- Categoría M:** Vehículos automóviles destinados al transporte de personas de, al menos 4 ruedas o de 3 ruedas y MMA mayor de 1000kg
- Categoría N:** Vehículos automóviles destinados al transporte de mercancías de al menos 4 ruedas o 3 y MMA superior a 1Tn
- Categoría O:** Vehículos remolques y semirremolques.

Las categorías que atañen a los tipos de vehículos denominados industriales son N y O. Dentro de estas categorías se puede distinguir por construcción los vehículos de los siguientes tipos:

Camión [14]: Automóvil con cuatro ruedas o más, concebido y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina no está integrada en el resto de la carrocería y con un máximo de nueve plazas incluido el conductor. Los camiones pertenecen a la categoría N



Figura 2.1 Camión Daf

Los camiones pueden además del espacio de carga que por construcción poseen arrastrar un remolque, que en conjunto se denominará **tren de carretera**.



Figura 2.2 Tren de carretera Daf

Tractocamión o cabeza tractora [14]: Automóvil concebido y construido para realizar, principalmente, el arrastre de un semirremolque. Los tractocamiones pertenecen a la categoría N



Figura 2.3 Cabeza tractora Scania

Según la “Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa” [8] los remolques y semirremolque se dividen en:

Remolque: vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor. Los remolques pertenecen a la categoría O. Su principal característica es que no transmiten carga sobre el vehículo tractor.

- Remolque de enganche o remolque completo: son remolques de al menos 2 ejes y un eje de dirección como mínimo, provisto de un dispositivo de enganche que puede desplazarse verticalmente en relación al remolque, que no transmita al vehículo de tracción una carga significativa (menor de 100 Kg)



Figura 2.4 Remolque completo [17]

- Remolque con eje central: provisto de un dispositivo de enganche que no puede desplazarse verticalmente en relación al remolque y cuyo eje o ejes estén situados próximos al centro de gravedad del vehículo, de forma que solo se transmita al vehículo tractor una pequeña carga estática vertical, entendiéndose que recae sobre el acoplamiento



Figura 2.5 Remolque con eje central

Semirremolque: vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser acoplado a un automóvil sobre el que reposará parte del mismo transfiriéndole una parte sustancial de su masa. Los semirremolques pertenecen a la categoría O



Figura 2.6 Semirremolque [17]

Dentro de la categoría O: Remolques y semirremolques, según su masa máxima autorizada de circulación hay que distinguir:

- O1 con MMA hasta 750 kg (remolques ligeros)
- O2 con MMA superior a 750 kg y hasta 3 500 kg
- O3 con MMA superior a 3 500 kg y hasta 10 000 kg
- O4 con MMA superior a 10 000 kg.

El vehículo objeto de estudio pertenece a la categoría O4 de vehículos remolques y semirremolques destinado al transporte de mercancías con MMA superior a 10 000 Kg

Dentro de la categoría O según las características de la mercancía transportada, los vehículos remolques y semirremolques se pueden clasificar en:

- Plataformas: la carga se coloca sobre la propia plataforma, quedando visible. Se obliga a circular con la carga fijada. También se usa para el transporte de contenedores normalizados.
-



Figura 2.7 Semirremolque tipo plataforma [17]

- Portacontenedores: Se le acoplan contenedores normalizados, que se enganchan a este mediante un mecanismo, el más empleado es el twist-lock.



Figura 2.8 Semirremolque tipo portacontenedores [17]

- Caja abierta o descubierta: La mercancía va en el espacio de carga descubierto. Las puertas laterales suelen ser abatibles, lo que permite su descarga lateral.



Figura 2.9 Semirremolque tipo caja descubierta [17]

- Caja cerrada: La carga se transporta en un espacio cerrado. Las hay con temperatura controlada (vehículo refrigerado o frigorífico). Es la más eficaz para el transporte de cargas perecederas o mercancía bajo ciertos niveles de calidad ambiental y es muy demandada actualmente.



Figura 2.10 Semirremolque tipo caja cerrada [17]

- Tauliner o caja de lona: la carga se resguarda bajo en entoldado. Es el más habitual dado que permite una descarga lateral, y bajo coste de fabricación, pero es muy inestable en carretera. Se usa mucho para la carga de pallets y en mercancías donde no se requieran una caja cerrada.



Figura 2.11 Semirremolque tipo tauliner [17]

- Basculante: se usan sobre todo para el sector de la construcción y la minería, aunque se usa mucho también en el sector agrario. Permite la descarga por la fuerza de la gravedad. Las hay de descarga trasera y lateral. Se destinan principalmente al transporte de tierra y arena.



Figura 2.12 Semirremolque tipo bañera basculante [17]

-Cisterna: se usa para el transporte de mercancías en estado líquido o gaseoso.



Figura 2.13 Semirremolque tipo cisterna de gas [17]

-Góndola: usada para el transporte de otros vehículos.



Figura 2.14 Semirremolque tipo góndola [17]

Todos los vehículos destinados al transporte de mercancías deben estar clasificados según el servicio al que se destina. A partir del 21 de enero de 2010 por Orden/PRE/52/2010 [3] por la que se modifican los anexos II, IX, XI, XII, XVIII del Reglamento General de Vehículo se incluye un apartado D en el anexo II, con los servicios a los que se destinan los vehículos y sus respectivas definiciones, a efectos de su anotación en el permiso de circulación.

El apartado D del anexo II clasifica los vehículos con un código alfanumérico de tres caracteres, indicativo de dicho servicio:

A Servicio público (SP): el vehículo se adscribe a una actividad para cuyo ejercicio su titular necesita autorización de la administración.

B Servicio particular (MP): El vehículo se adscribe a una actividad privada de su titular.

El tercer carácter designará el tipo de servicio específico al que se destina pudiendo ser:

00 sin especificar: El vehículo no ejerce ninguno de los otros servicios relacionados a continuación

01 Alquiler sin conductor: vehículo destinado a ser arrendado sin conductor

02 Alquiler con conductor (autoturismo): vehículo destinado al transporte de personas y equipajes con conductor.

03 Aprendizaje de la conducción: vehículo destinado al ejercicio de la enseñanza de la conducción y la realización de pruebas de aptitud para la obtención de permisos y licencias de conductor.

04 Taxi: vehículo adscrito al servicio público de viajeros en vehículo turismo.

05 Auxilio en carretera: vehículo destinado primordialmente al rescate y transporte de vehículos accidentados o averiados. Sólo tendrán esta consideración aquellos vehículos cuya capacidad permita que simultáneamente se puedan transportar hasta un máximo de dos vehículos en plataforma y otro mediante un dispositivo de arrastre, y cuenten con el correspondiente utillaje.

06 Agrícola: vehículo destinado a realizar labores agrícolas

07 Ambulancia: vehículo destinado a realizar transporte de personas enfermas o accidentadas

- 08** Funerario: vehículo destinado al transporte de cadáveres.
- 09** Obras: vehículo destinado a la realización de tareas en trabajos de construcción.
- 10** Mercancías Peligrosas: vehículos destinados al transporte de materias peligrosas aunque no se realice con carácter exclusivo.
- 11** Basurero: vehículo destinado al transporte de residuos
- 12** Transporte escolar: vehículo destinado al transporte escolar y de menores aunque no se realice con carácter exclusivo.
- 13** Policía: vehículo destinado a los servicios de policía que se presten por las fuerzas y cuerpos de seguridad.
- 14** Bomberos: vehículo destinado a ser utilizado por los bomberos para la extinción de incendios.
- 15** Protección civil y salvamento: vehículo destinado a realizar servicios de protección civil y salvamento.
- 16** Defensa: vehículo adscrito al Ministerio de Defensa
- 17** Vivienda: vehículo acondicionado para ser utilizado como vivienda.
- 18** Actividad Económica: automóvil con al menos cuatro ruedas destinado al transporte de mercancías, cuya MMA es igual o inferior a 3500kg, que está afectado significativamente a una actividad económica de acuerdo con la normativa tributaria.
- 19** Recreativo: vehículo destinado específicamente al ocio.
- 20** Mercancías perecederas: vehículo destinado al transporte terrestre de productos alimentarios a temperatura regulada, aunque no se realice con carácter exclusivo.
- 21** Vehículo para ferias: vehículo adaptado para la maquinaria de circo o ferias recreativas ambulantes.

2.4.2 Definición de los componentes principales de un semirremolque.

Los remolques y semirremolques están integrados además de su chasis por mecanismos y componentes que realizaran las funciones tales como el frenado, el amortiguamiento, el alumbrado etc.

2.4.2.1 Eje.

Eje [35] se define como una barra horizontal dispuesta perpendicularmente a la línea de tracción de un vehículo, que soporta en sus extremos los bujes de las ruedas.

El eje es el elemento que permite a las ruedas girar, y por consiguiente es elemento que permite el movimiento de la estructura del vehículo. La clasificación de los ejes que un vehículo de la categoría O puede montar es:

Doble rueda o rueda gemela: presenta doble rueda en el buje.



Figura 2.15 Remolque con rueda gemela [19]

Eje de rueda simple: presenta una única rueda en el buje.



Figura 2.16 Semirremolque rueda simple [19]

Dentro de la categoría de los ejes se puede distinguir entre ejes rígidos y direccionales:

Ejes rígidos: no permiten el giro de las ruedas, por tanto al dar una curva, las ruedas son arrastradas. Son los más utilizados.



Figura 2.17 Eje rígido SAF modelo BI9 [21]

Ejes auto-direccionales: permiten el giro de las ruedas en curva, por tanto las ruedas no son arrastradas. No precisan de ningún control, dado que en curva, se adaptan solos, auto-controlándose mediante el amortiguador que los regula. Al regresar a una trayectoria rectilínea, el amortiguador mantiene las ruedas centradas. Presenta como inconveniente que durante las maniobras de marchas atrás, se giran sin control, por lo que suelen tener un mecanismo de bloqueo para evitar su giro. Se colocan únicamente para el eje final, combinándose con ejes rígidos.



Figura 2.18 Eje auto-direccional SAF modelo BIL9 [21]

2.4.2.2 Suspensión

Suspensión [14]: conjunto de piezas y mecanismos destinados a hacer elástico el apoyo de la carrocería sobre las ruedas.

La suspensión pretende dar al vehículo confort en la circulación, y mantener la estabilidad formando parte de la seguridad activa al mantener el contacto neumático-suelo. La suspensión hace de enlace entre la masa suspendida, que sería la estructura del vehículo junto con la carga y la masa no suspendida formada por los neumáticos y el eje. La suspensión se compone de un elemento elástico (muelle, fuelles de aire, etc.) y un elemento amortiguante (amortiguador). Dentro de los tipos de suspensión existentes, los más usados para remolques y semirremolques son:

Suspensión por ballestas. Este tipo de suspensión no es variable en altura, pero presenta como ventaja una mayor carga y un menor mantenimiento.

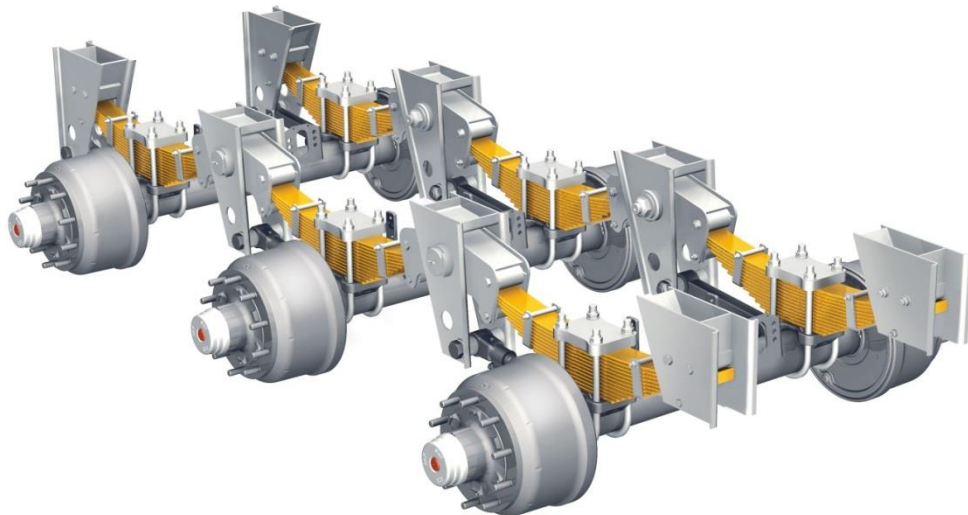


Figura 2.19 Ejes con suspensión de ballestas [21]

Suspensión neumática esta suspensión reparte mejor la carga entre todos los ejes, y además es configurable en altura. Los nuevos sistemas de suspensión neumática son controlados por una centralita, que equilibra todos los ejes ajustando las presiones de los fuelles neumáticos, con lo que se consigue un reparto equitativo de la carga en todos los ejes del vehículo, además la propia centralita adecua la altura según el peso. También es muy práctica para las operaciones de carga y descarga, dado que con la regulación de altura se puede ajustar al muelle.



Figura 2.20 Eje con suspensión neumática SAF modelo MODUL [21]

2.4.2.3 Sistemas de frenado.

El sistema de frenado [14] es el mecanismo capaz de hacer que el vehículo decelere de forma controlada hasta reducir la velocidad y el de mantener el vehículo en un estado de velocidad nula cuando se encuentra parado.

Todos los vehículos tienen un sistema de frenado en el que se pueden distinguir tres subsistemas, freno de servicio, freno de emergencia y freno de estacionamiento.

- Freno de servicio, es el utilizado para disminuir la velocidad cuando el vehículo está en marcha.
- Freno de emergencia, debe permitir la frenada en caso de fallo del freno de servicio, en una cierta distancia.
- Freno de estacionamiento, debe mantener el vehículo inmóvil.

Los sistemas de frenado pueden ser:

- Accionamiento mecánico: Una palanca o leva acciona el sistema de frenos.

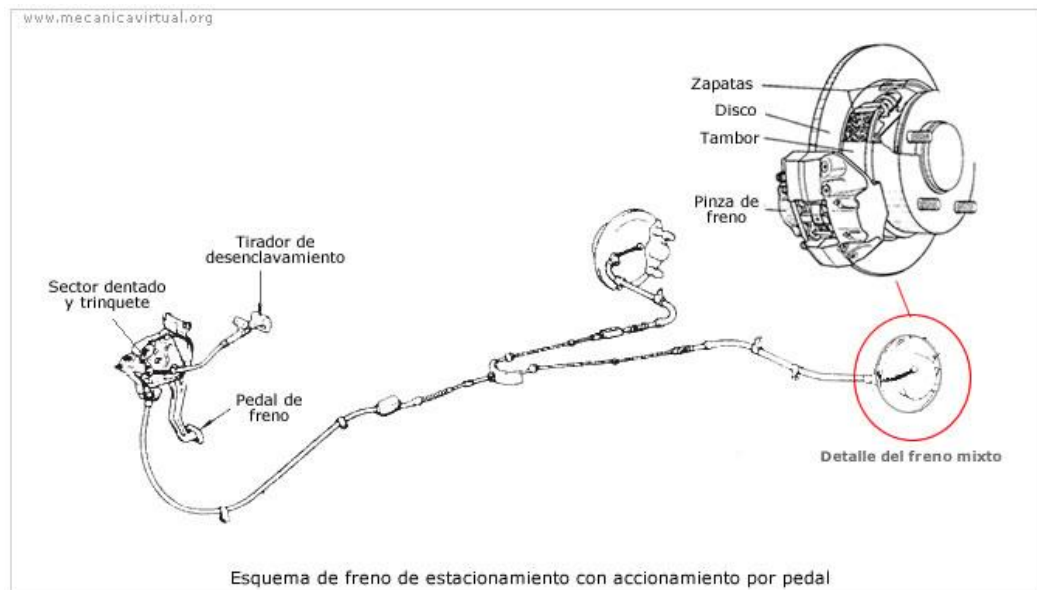


Figura 2.21 Esquema de freno de estacionamiento con accionamiento mecánico

- Accionamiento hidráulico: mediante un fluido se acciona el sistema de frenos

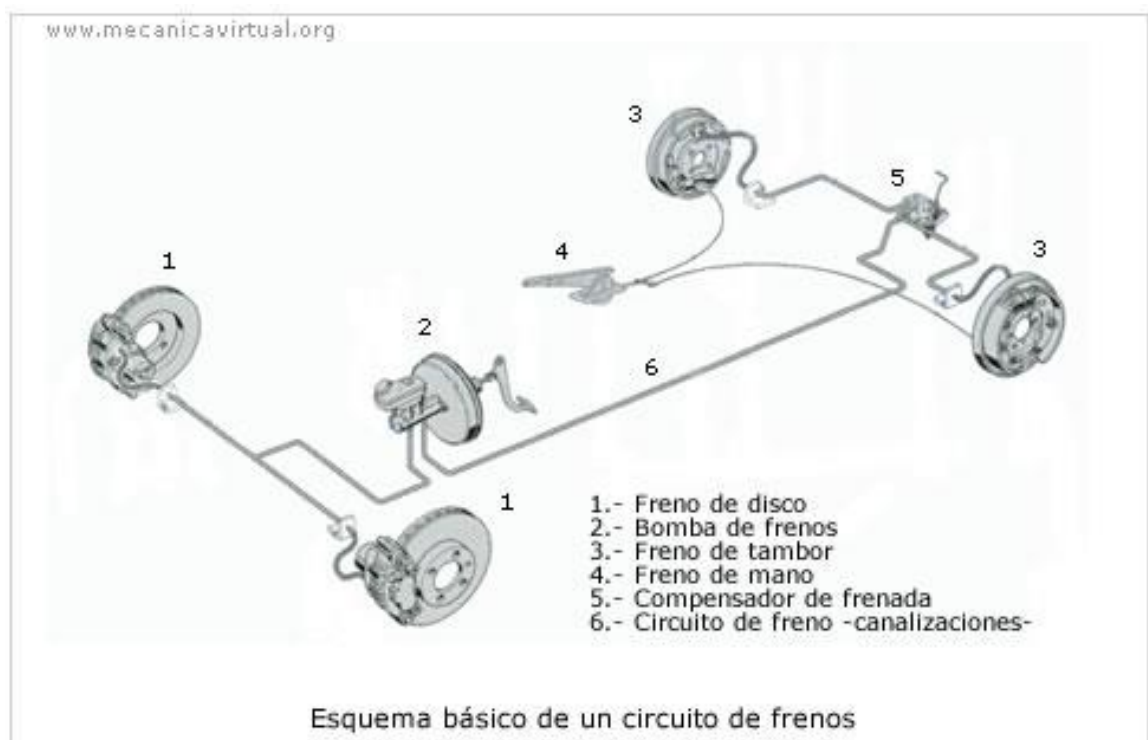


Figura 2.22 Esquema de freno de servicio con accionamiento mecánico.

- Accionamiento neumático: accionado con aire comprimido.

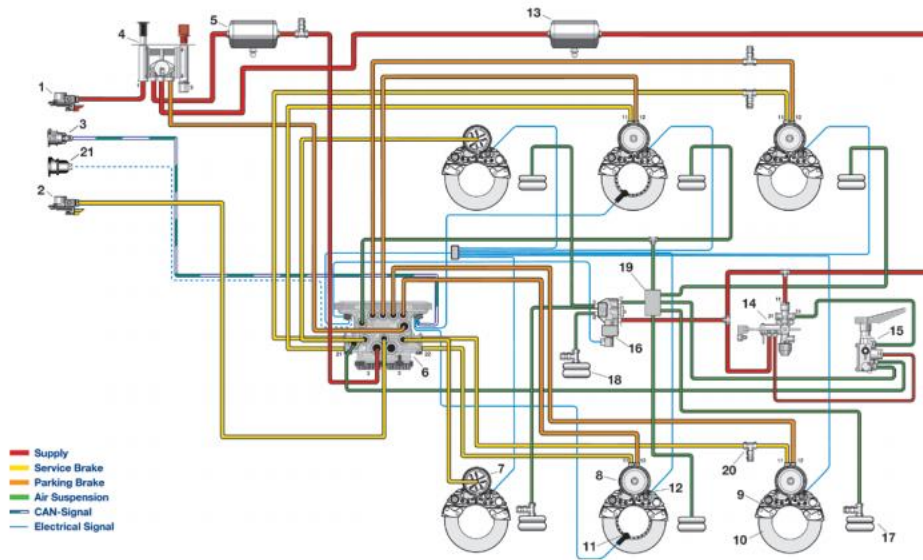


Figura 2.23 Esquema de freno de servicio y estacionamiento con accionamiento neumático [23]

El sistema de frenos de los vehículos industriales por motivos de peso se suele realizar mediante un sistema neumático de aire comprimido. También hay accionamientos hidráulicos, pero no se suelen emplear en el tipo de remolques y semirremolques convencionales. El motivo es porque las cabezas tractoras y los camiones, funcionan con un sistema neumático de aire comprimido, y así se aprovecha este sistema también para el remolque.

Por motivos de seguridad, cuando la presión de aire es menor de cierto valor, los frenos del vehículo se bloquearan automáticamente, impidiendo que pueda moverse. Hasta que no se alcanza cierta presión de aire, el vehículo permanecerá bloqueado. El aire comprimido que la unidad tractora almacena se transmite por las tuberías hasta el remolque en donde puede haber un calderín o directamente pasar por las válvulas hasta el sistema de frenado.

Dentro de los elementos de frenado se pueden distinguir los dos sistemas más utilizados:

- Freno de tambor: las zapatas se accionan mediante una leva o bombín haciendo que rocen con las paredes del tambor que gira junto al neumático, produciendo una fricción que desacelera el vehículo.

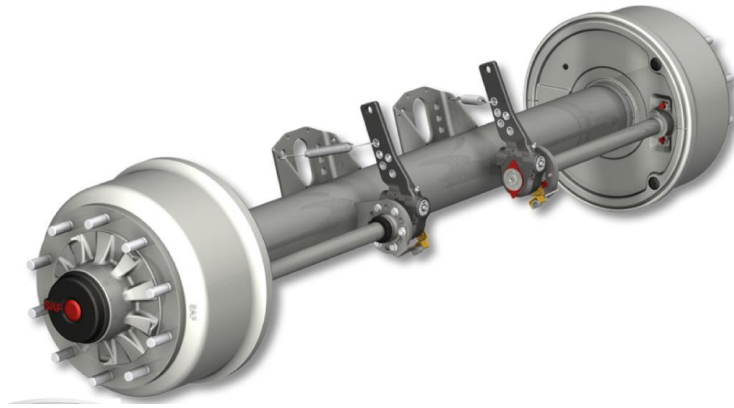


Figura 2.24 Eje con freno de tambor [20]

- Freno de disco: la pinza presiona las pastillas de frenos que rozan contra el disco que gira solidario a los neumáticos y mediante fricción se produce la frenada.



Figura 2.25 Eje con freno de disco [21]

Para camiones y remolques es obligatorio el uso de ABS o en el caso de los semirremolques y remolques EBS que se explicara más adelante.

2.4.2.4 Sistema de alumbrado

El sistema de alumbrado se encarga de hacer visible el vehículo, tanto para el conductor como para los demás usuarios de la vía. Los vehículos remolques y semirremolques solo tiene luces de posicionamiento, dirección, marcha atrás, antiniebla y freno.

Dentro de la amplia gama comercial de iluminación y pilotos que existe, se puede destacar entre las dos tecnologías actualmente usadas:

- Sistema de iluminación de bombilla halógena: ha sido el más utilizado y aun todavía se sigue usando dada su simplicidad.



Figura 2.26 Piloto de iluminación con bombilla halógena [32]

- Sistema de iluminación led

La tecnología actual de alumbrado LED presenta mejoras en cuanto visibilidad y consumo y es por este motivo por lo que su montaje en vehículos nuevos se está llevado a cabo últimamente.



Figura 2.27 Pilotos de iluminación Led Aspock Europoint II modular [33]

2.4.2.5 Sistemas de acoplamiento a la unidad tractora

Dependiendo del tipo de vehículo, el acoplamiento de este a la unidad tractora será distinto.

Para remolques, dado que no hay masa de estos sobre la unidad tractora, precisan de un enganche automático. En este se acoplará el cabezal del remolque.



Figura 2.28 Enganche automático [36]

Para los tractocamiones, el semirremolque se acopla a este mediante el denominado sistema quinta rueda y King pin. La quinta rueda es el elemento que va en el tractocamión, y consiste en una plataforma sobre la que reposará parte del semirremolque, y en la cual se permite su giro.

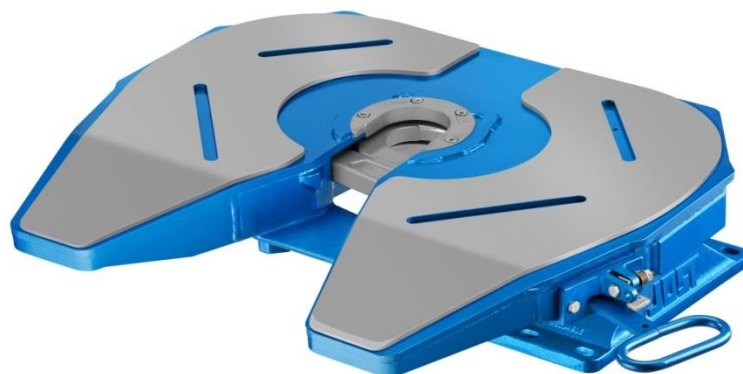


Figura 2.29 Quinta rueda [36]

El semirremolque ira equipado con el King pin, que será el elemento de conexión con la quinta rueda y el que mantendrá el semirremolque unido a la cabeza tractora.



Figura 2.30 King Pin

2.5 Disposiciones legales y normas aplicadas

En este epígrafe se enunciara las características, medidas, elementos de seguridad etc. que deben cumplirse para que el vehículo pueda circular, ser matriculado y homologado.

2.5.1 Disposiciones legales de circulación

La normativa de circulación exige a todos los vehículos cumplir con una serie de requisitos en cuanto a masa y dimensiones según su carrocería.

2.5.1.1 Masa Maxima Autorizada para poder circular

A efectos del apartado 1 del anexo IX del Reglamento General de Vehículos [4] se define:

Tara: masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros ni carga, y con su dotación completa de agua, lubricante, combustible, repuestos, herramientas y accesorios necesarios.

Masa Maxima Autorizada MMA: la masa maxima para la utilización de un vehículo con carga en circulación por las vías públicas. MMA será igual a la Tara más la masa de la carga que se transporta.

La normativa para los vehículos articulados está regulada por la Dirección General de Tráfico y la “Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa” [8]:

- **Vehículos articulados de 4 ejes:**

- **36 Tm** para vehículos de motor de 2 ejes y semirremolque en los cuales la distancia entre ejes sea igual o superior a 1,30 m y sea inferior a 1,80 m, salvo cuando el semirremolque este equipado con **caja basculante reforzada** para la utilización específica en construcción, obras o minería que estará autorizado hasta las **38 Tm** siempre que la carga impuesta sobre el dispositivo de acoplamiento sea compatible con las masa máximas por eje reglamentarias establecidas.

- **36 Tm** Vehículo de motor de 2 ejes y semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea igual o superior a 1,80 m.

- **38 Tm** vehículos de motor de 2 eje, 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 maxima autorizada del vehículo motor (18 toneladas) y la masa maxima autorizada del eje tándem del semirremolque (20 toneladas)

- **36 Tm** otros vehículos articulados de 4 ejes compuestos por un tractor de 2 ejes y un semirremolque de otros 2 ejes.

- **Vehículos articulados de 5 o más ejes:**

- **40 Tm** vehículos motor con 2 ejes y con semirremolque de 3 ejes

- **40 Tm** vehículos motor con 3 ejes y con semirremolque de 3 ejes

- **44 Tm** vehículo motor de 3 ejes con semirremolque de 2 o 3 ejes llevando, en el transporte combinado, un contenedor o caja móvil cerrados, igual o superior a 20 pies y homologado para el transporte combinado.
- **42 Tm** vehículo motor de 2 ejes con semirremolque de 2 o 3 ejes llevando, en el transporte combinado, un contenedor o caja móvil cerrados, igual o superior a 20 pies y homologado para el transporte combinado.
- Trenes de carretera
 - **36 Tm** vehículos motor con 2 ejes y remolque de 2 ejes
 - **40 Tm** vehículos motor con 2 ejes y remolque de 3 ejes
 - **40 Tm** vehículos motor con 3 ejes y remolque de 2 o 3 ejes.

2.5.1.2 Dimensiones máximas autorizadas a los vehículos para poder circular, incluida la carga.

Para poder circular por España y por el resto del continente europeo, los vehículos deben de cumplir unas dimensiones reglamentarias en cuanto longitud, anchura y altura según el tipo de vehículo recogidas en la “Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa” [8]

2.5.1.2.1 Longitud maxima

Se entiende por longitud maxima la distancia desde un extremo a otro del vehículo en posición horizontal a lo largo de su dirección de avance o longitudinal.

- Vehículos de motor rígidos, excepto autobuses: 12,00 m
- Remolques 12,00 m
- Vehículos articulados, excepto autobuses articulados 16,50 m. Se vehículos articulados aquellos que por construcción tienen una articulación en su carrocería lo que les permite un giro.

- Semirremolques

La distancia máxima entre el eje de pivote de enganche y la parte trasera del semirremolque será **12,00 m**.

La distancia entre el eje de pivote de enganche y un punto cualquiera de la parte delantera del semirremolque, horizontalmente será **2,04 m**.

- Trenes de carretera **18,75 m**. la longitud de los trenes de carretera especializados en el transporte de vehículo, circulando con carga, puede aumentarse hasta un total de 20,55 m utilizando un voladizo o soporte de carga trasero autorizado para ello.
- Autobuses con remolque 18,75 m

2.5.1.2.2 Anchura máxima

Se entiende por anchura máxima la longitud transversal del vehículo desde un extremo al otro en horizontal. Esto no incluye las luces de galibo de extremos laterales.

- **2,55 m** como anchura máxima autorizada **como regla general**.
- **2,60 m** para **vehículos acondicionados**. Se entiende por vehículo acondicionado aquel destinado al transporte de mercancías bajo ciertos niveles de temperatura y que el espesor de su pared debe como mínimo ser 45 mm.

2.5.1.2.3 Altura máxima

Se entiende por altura máxima la distancia que hay entre el punto de contacto de los neumáticos con el suelo al punto más alto del vehículo en dirección vertical.

- 4,00 m de altura máxima, incluida la carga.
- 4,50 m porta vehículos
- 4,50 m vehículos grúa

- 4,50 m vehículos para el transporte de contenedores cerrados homologados para el transporte combinado o intermodal.

2.5.2 Requisitos de homologación.

La homologación de tipo de los vehículos de carretera es condición imprescindible para su matriculación.

Homologación de Vehículos o Componentes [12]: Procedimiento administrativo por el que una Autoridad Responsable de Homologación verifica que un prototipo de vehículo o componente cumple los requisitos reglamentarios antes de su puesta en circulación. La homologación puede ser de acuerdo a normas nacionales o internacionales (Directivas CEE, Reglamentos ECE...).

En España, la Homologación de Tipo de Vehículos a Motor y sus Remolques está reglamentada en RD 2140/85 [6]. La Homologación Europea de Tipo de Vehículos (EWVTA) está definida en la Directiva 70/156/EC.

En las siguientes secciones se especifica las condiciones que se deberán de cumplir para la homologación del vehículo.

Todo la información referente a la homologación y posición de dispositivos se ha obtenido de “Homologación de carrocerías de camión” [12], de IDIADA

2.5.2.1 Matriculación

El artículo 25.1 [5] del reglamento General de vehículos estipula que los remolques y semirremolques no ligeros (MMA superior a 750 Kg), deben ser matriculados en la Jefatura de Tráfico, inscribiéndose en el registro y debiendo estar provistos del permiso de circulación y la tarjeta de inspección técnica

DESCRIPCIÓN DE LOS CÓDIGOS	
A	Número de matrícula
B	Fecha de primera matriculación
C.1.1	Apellidos o razón social
C.1.2	Nombre
C.1.3	Domicilio
C.4	(c) No es identificado como propietario del vehículo
D.1	Marca
D.2	Tipo/Variante/Versión
D.3	Denominación comercial
(D.4)	Servicio a que se destina
E	Número de identificación
F.1	Masa máxima en carga técnicamente admisible (en kg)
F.2	Masa máxima en carga admisible del vehículo en circulación en España (en kg)
G	Masa del vehículo en servicio con carrocería, y dispositivo de acoplamiento si se trata de un vehículo tractor de categoría distinta a la M-1 (en kg)
H	Periodo de validez de la matriculación
I	Fecha de matriculación a la que se refiere el presente permiso
(I.1)	Fecha de expedición
(I.2)	Lugar de expedición
K	Número de homologación, si procede
P.1	Cilindrada (en cm ³)
P.2	Potencia neta máxima (en kw) (si procede)
P.3	Tipo de combustible o de fuente de energía
Q	Relación potencia/peso (en kw/kg) (únicamente para motocicletas)
S.1	Número de plazas de asiento, incluido el asiento del conductor
S.2	Número de plazas de pie (en su caso)


REINO DE ESPAÑA

MINISTERIO DEL INTERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO
PERMISO DE CIRCULACIÓN

Osvedčeni o registraci
 Registreringsattest
 Zulassungsbcheinigung
 Registrereimistunnistus
 Άδεια κυκλοφορίας
 Registration certificate
 Certificat d'immatriculation
 Carta di circolazione
 Reģistrācijas apliecība
 Registrācijas liidzīmas

Forgalmi engedély
 Certifikat ta'Registrazzjoni
 Kennisbewijs
 Dowód Rejestracyjny
 Certifikado de matricula
 Osvedčenie o evidenci
 Prometno dovoljenje
 Reģistrēšanas apliecība
 Registreringsbeviset

COMUNIDAD EUROPEA
05-0000000

RCM-FHMT

Figura 2.31 Permiso de circulación [5]

Nombre y anagrama del fabricante

BT N° de Serie:																																									
Matricula	Certificado N°																																								
	<table border="1"> <tr><td>G</td><td>P.5.1</td></tr> <tr><td>F.1</td><td>P.5</td></tr> <tr><td>F.1.1</td><td>P.3</td></tr> <tr><td>F.2</td><td>P.1</td></tr> <tr><td>F.2.1</td><td>P.1.1</td></tr> <tr><td>O.1.4</td><td>P.2</td></tr> <tr><td>O.2.1</td><td>P.2.1</td></tr> <tr><td>O.2.2</td><td>T</td></tr> <tr><td>O.2.3</td><td>S.1</td></tr> <tr><td>F.4</td><td>V.9</td></tr> <tr><td>F.5</td><td>V.7</td></tr> <tr><td>F.6</td><td>EP</td></tr> <tr><td>F.7</td><td>EP.1</td></tr> <tr><td>F.7.1</td><td>EP.2</td></tr> <tr><td>F.8</td><td>EP.3</td></tr> <tr><td>L</td><td>EP.4</td></tr> <tr><td>L.0</td><td></td></tr> <tr><td>L.1</td><td></td></tr> <tr><td>L.2</td><td></td></tr> <tr><td>M.1</td><td></td></tr> </table>	G	P.5.1	F.1	P.5	F.1.1	P.3	F.2	P.1	F.2.1	P.1.1	O.1.4	P.2	O.2.1	P.2.1	O.2.2	T	O.2.3	S.1	F.4	V.9	F.5	V.7	F.6	EP	F.7	EP.1	F.7.1	EP.2	F.8	EP.3	L	EP.4	L.0		L.1		L.2		M.1	
G	P.5.1																																								
F.1	P.5																																								
F.1.1	P.3																																								
F.2	P.1																																								
F.2.1	P.1.1																																								
O.1.4	P.2																																								
O.2.1	P.2.1																																								
O.2.2	T																																								
O.2.3	S.1																																								
F.4	V.9																																								
F.5	V.7																																								
F.6	EP																																								
F.7	EP.1																																								
F.7.1	EP.2																																								
F.8	EP.3																																								
L	EP.4																																								
L.0																																									
L.1																																									
L.2																																									
M.1																																									
CL CI A.1 A.2 D.1 D.2 D.3 E J D.8 K Z																																									
El abajo firmante, legalmente autorizado por: Certifica que el vehículo cuyas características se reseñan es completamente conforme con el número de homologación. Fecha emisión:																																									
Observaciones:																																									
Opciones incluidas en la homologación de tipo																																									
Firma autorizada Registro de fabricantes y firmas autorizadas																																									
(1) Espacio para los códigos PDF 417 de los datos del documento																																									

Figura 2.32 Permiso de circulación [5]

INSPECCIONES TÉCNICAS								
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	A.1	Nombre del fabricante del vehículo base	F.1.1	Análisis interno completo	G.1.1	Remolque en freno
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello	A.2	Dirección del fabricante del vehículo base	F.1.2	Longitud total	G.1.2	Masa Máxima Remolque
			B.1	Nombre del fabricante del vehículo completo	F.1.3	Longitud máxima remolque	G.2.1	Tarcomente Admisión con freno mecánico
			B.2	Dirección del fabricante del vehículo completo	F.2	Via energía	G.2.2	Masa Máxima Remolque Tarcomente Admisión con freno de mano
			C.1	Código ITV	F.2.1	Via potencia	G.2.3	Masa Máxima Remolque Tarcomente Admisión con freno hidráulico o neumático
			C.2	Clasificación del vehículo	F.2.2	Velocidad máxima	G.3	Tipo de freno de servicio
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	C.3	Control de peso	F.2.3	Velocidad máxima permitida en curva	G.4	Clasificación
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello	D.1	Marca	F.2.4	Velocidad máxima permitida en curva	G.5	Norma y disposición de los cilindros
			D.2	Tipo de motor	F.3	Velocidad máxima permitida en curva	G.6	Protección al conductor
			D.3	Descripción comercial del vehículo	F.4	Categoría del vehículo	G.7	Presión de aire
			D.4	Procedencia	F.5	Clase	G.8	Tipo de combustible o fuente de energía
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	E	Nº de identificación del vehículo	F.6	Velocidad de servicio	G.9	Calidad de combustión del motor
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello	EP.1	Estado de la estructura de protección	F.7	Velocidad de servicio	G.10	Presión de aire
			EP.2	Medio de la estructura de protección	F.8	Nº de homologación de vehículos de base	G.11	Presión de aire
			EP.3	Nº de homologación de vehículos de protección	F.9	Nº de homologación del vehículo completo	G.12	Presión de aire
			EP.4	Nº de homologación de la estructura de protección	F.10	Nº de homologación de vehículos de base	G.13	Presión de aire
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	F.1	Masa Máxima en carga Tarcomente Admisión (MTCA)	F.11	Nº de homologación de vehículos de base	G.14	Presión de aire
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello	F.1.1	Masa Máxima en carga Tarcomente Admisión en cada eje ITQ/OT	F.12	Nº de homologación de vehículos de base	G.15	Presión de aire
			F.1.2	Masa Máxima en carga Tarcomente Admisión en 1º punto o punto de suspensión de	F.13	Nº de homologación de vehículos de base	G.16	Presión de aire
			F.2	Masa Máxima en carga Admisión del vehículo en producción (MMA)	F.14	Nº de homologación de vehículos de base	G.17	Presión de aire
			F.2.1	Masa Máxima autorizada en cada eje ITQ/OT	F.15	Nº de homologación de vehículos de base	G.18	Presión de aire
			F.3	Masa Máxima Tarcomente Admisión del conjunto (MTAC)	F.16	Nº de homologación de vehículos de base	G.19	Presión de aire
			F.3.1	Masa Máxima Autorizada del conjunto (MMA)	F.17	Nº de homologación de vehículos de base	G.20	Presión de aire
			F.4	Almuerzo	F.18	Nº de homologación de vehículos de base	G.21	Presión de aire
			F.5	Análisis total	F.19	Nº de homologación de vehículos de base	G.22	Presión de aire
					F.20	Nº de homologación de vehículos de base	G.23	Presión de aire
					F.21	Nº de homologación de vehículos de base	G.24	Presión de aire
					F.22	Nº de homologación de vehículos de base	G.25	Presión de aire
					F.23	Nº de homologación de vehículos de base	G.26	Presión de aire
					F.24	Nº de homologación de vehículos de base	G.27	Presión de aire
					F.25	Nº de homologación de vehículos de base	G.28	Presión de aire
					F.26	Nº de homologación de vehículos de base	G.29	Presión de aire
					F.27	Nº de homologación de vehículos de base	G.30	Presión de aire
					F.28	Nº de homologación de vehículos de base	G.31	Presión de aire
					F.29	Nº de homologación de vehículos de base	G.32	Presión de aire
					F.30	Nº de homologación de vehículos de base	G.33	Presión de aire
					F.31	Nº de homologación de vehículos de base	G.34	Presión de aire
					F.32	Nº de homologación de vehículos de base	G.35	Presión de aire
					F.33	Nº de homologación de vehículos de base	G.36	Presión de aire
					F.34	Nº de homologación de vehículos de base	G.37	Presión de aire
					F.35	Nº de homologación de vehículos de base	G.38	Presión de aire
					F.36	Nº de homologación de vehículos de base	G.39	Presión de aire
					F.37	Nº de homologación de vehículos de base	G.40	Presión de aire
					F.38	Nº de homologación de vehículos de base	G.41	Presión de aire
					F.39	Nº de homologación de vehículos de base	G.42	Presión de aire
					F.40	Nº de homologación de vehículos de base	G.43	Presión de aire
					F.41	Nº de homologación de vehículos de base	G.44	Presión de aire
					F.42	Nº de homologación de vehículos de base	G.45	Presión de aire
					F.43	Nº de homologación de vehículos de base	G.46	Presión de aire
					F.44	Nº de homologación de vehículos de base	G.47	Presión de aire
					F.45	Nº de homologación de vehículos de base	G.48	Presión de aire
					F.46	Nº de homologación de vehículos de base	G.49	Presión de aire
					F.47	Nº de homologación de vehículos de base	G.50	Presión de aire
					F.48	Nº de homologación de vehículos de base	G.51	Presión de aire
					F.49	Nº de homologación de vehículos de base	G.52	Presión de aire
					F.50	Nº de homologación de vehículos de base	G.53	Presión de aire
					F.51	Nº de homologación de vehículos de base	G.54	Presión de aire
					F.52	Nº de homologación de vehículos de base	G.55	Presión de aire
					F.53	Nº de homologación de vehículos de base	G.56	Presión de aire
					F.54	Nº de homologación de vehículos de base	G.57	Presión de aire
					F.55	Nº de homologación de vehículos de base	G.58	Presión de aire
					F.56	Nº de homologación de vehículos de base	G.59	Presión de aire
					F.57	Nº de homologación de vehículos de base	G.60	Presión de aire
					F.58	Nº de homologación de vehículos de base	G.61	Presión de aire
					F.59	Nº de homologación de vehículos de base	G.62	Presión de aire
					F.60	Nº de homologación de vehículos de base	G.63	Presión de aire
					F.61	Nº de homologación de vehículos de base	G.64	Presión de aire
					F.62	Nº de homologación de vehículos de base	G.65	Presión de aire
					F.63	Nº de homologación de vehículos de base	G.66	Presión de aire
					F.64	Nº de homologación de vehículos de base	G.67	Presión de aire
					F.65	Nº de homologación de vehículos de base	G.68	Presión de aire
					F.66	Nº de homologación de vehículos de base	G.69	Presión de aire
					F.67	Nº de homologación de vehículos de base	G.70	Presión de aire
					F.68	Nº de homologación de vehículos de base	G.71	Presión de aire
					F.69	Nº de homologación de vehículos de base	G.72	Presión de aire
					F.70	Nº de homologación de vehículos de base	G.73	Presión de aire
					F.71	Nº de homologación de vehículos de base	G.74	Presión de aire
					F.72	Nº de homologación de vehículos de base	G.75	Presión de aire
					F.73	Nº de homologación de vehículos de base	G.76	Presión de aire
					F.74	Nº de homologación de vehículos de base	G.77	Presión de aire
					F.75	Nº de homologación de vehículos de base	G.78	Presión de aire
					F.76	Nº de homologación de vehículos de base	G.79	Presión de aire
					F.77	Nº de homologación de vehículos de base	G.80	Presión de aire
					F.78	Nº de homologación de vehículos de base	G.81	Presión de aire
					F.79	Nº de homologación de vehículos de base	G.82	Presión de aire
					F.80	Nº de homologación de vehículos de base	G.83	Presión de aire
					F.81	Nº de homologación de vehículos de base	G.84	Presión de aire
					F.82	Nº de homologación de vehículos de base	G.85	Presión de aire
					F.83	Nº de homologación de vehículos de base	G.86	Presión de aire
					F.84	Nº de homologación de vehículos de base	G.87	Presión de aire
					F.85	Nº de homologación de vehículos de base	G.88	Presión de aire
					F.86	Nº de homologación de vehículos de base	G.89	Presión de aire
					F.87	Nº de homologación de vehículos de base	G.90	Presión de aire
					F.88	Nº de homologación de vehículos de base	G.91	Presión de aire
					F.89	Nº de homologación de vehículos de base	G.92	Presión de aire
					F.90	Nº de homologación de vehículos de base	G.93	Presión de aire
					F.91	Nº de homologación de vehículos de base	G.94	Presión de aire
					F.92	Nº de homologación de vehículos de base	G.95	Presión de aire
					F.93	Nº de homologación de vehículos de base	G.96	Presión de aire
					F.94	Nº de homologación de vehículos de base	G.97	Presión de aire
					F.95	Nº de homologación de vehículos de base	G.98	Presión de aire
					F.96	Nº de homologación de vehículos de base	G.99	Presión de aire
					F.97	Nº de homologación de vehículos de base	G.100	Presión de aire

Figura 2.33 Tarjeta de inspección técnica [5]

2.5.2.2 Placas de matrícula

Los remolques y semirremolques matriculados, deben ir provistos de su propia placa de matrícula, situada en posición horizontal, colocada en el lado izquierdo, mientras que en el lado derecho, deberá portar la matrícula propia de la unidad tractora.

El color de la placa de matrícula para remolques y semirremolques será retrorreflectante, de color rojo, y con las letras y números estampados en color negro. En las placas de matrícula se inscribirán 3 grupos de caracteres en los que figurara la letra R, seguido de un número de 4 cifras y tres letras consonantes a excepción de la Ñ y la Q, dado que se pueden confundir con la N y 0.



Figura 2.34 Matrícula de remolque y semirremolque

2.5.2.3 Dispositivos de alumbrado y señalización

En situación de baja visibilidad, los dispositivos de iluminación y señalización deben garantizar que el conductor tiene suficiente visibilidad y que el vehículo es visto suficientemente y a suficiente distancia.

El vehículo en este caso del tipo remolques y semirremolques debe disponer al menos de los siguientes dispositivos:

Tipo de luz	Obligatoriedad	Color
Luz de carretera Luz de cruce Luz angular Indicador de dirección delantero Antiniebla delantera Indicadores dirección laterales	Prohibido	-
Posición delantera	Obligatorio	Blanco
Luz de gálibo delantera	Obligatorio	Blanco
Catadióptrico delantero no triangular	Obligatorio	Blanco
Luz de posición lateral	Obligatorio	Amarillo
Catadióptricos laterales no triangulares	Obligatorio	Amarillo
Luces de emergencia	Obligatorio	Amarillo
Luz de marcha atrás	Obligatorio	Blanco
Indicadores de dirección traseros	Obligatorio	Amarillo
Luz de placa matricula	Obligatorio	Blanco
Luz de freno	Obligatorio	Rojo
Luz de posición trasera	Obligatorio	Rojo
Luz de antiniebla trasera	Obligatorio	Rojo
Luz de galibo trasera	Obligatorio	Rojo
Catadióptricos trasero triangular	Obligatorio	Rojo
Catadióptricos traseros no triangulares	Opcional	Rojo

Tabla 2.1. Elementos de alumbrado y señalización obligatorios

2.5.2.3.1 Luces y catadióptricos de posición lateral

La posición de las luces de posición lateral debe ser tal que se cumplan las dimensiones de la siguiente figura:

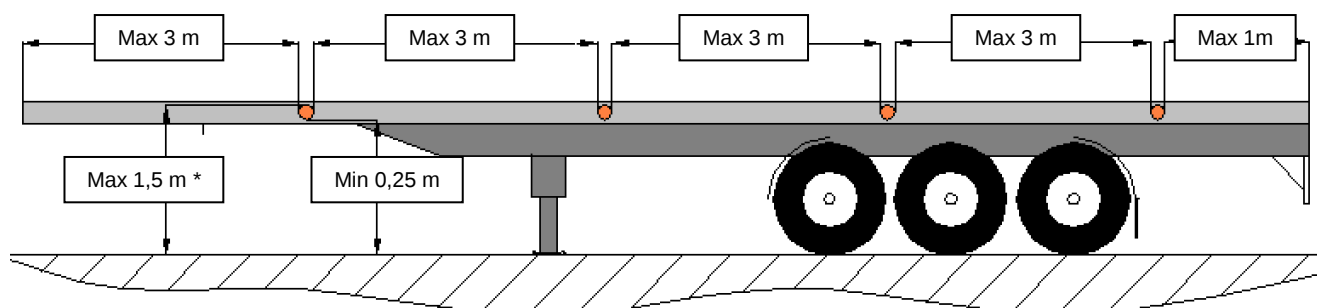


Figura 2.35 Posición de luces laterales [12]

La contraseña de homologación deberá estar marcada en el elemento de manera que sea identificable. La contraseña de homologación para las luces de posición lateral es:



Figura 2.36 Contraseña de homologación de luces de posición laterales. [12]

La posición de los catadióptricos de posición lateral debe ser tal que se cumplan las dimensiones de la siguiente figura:

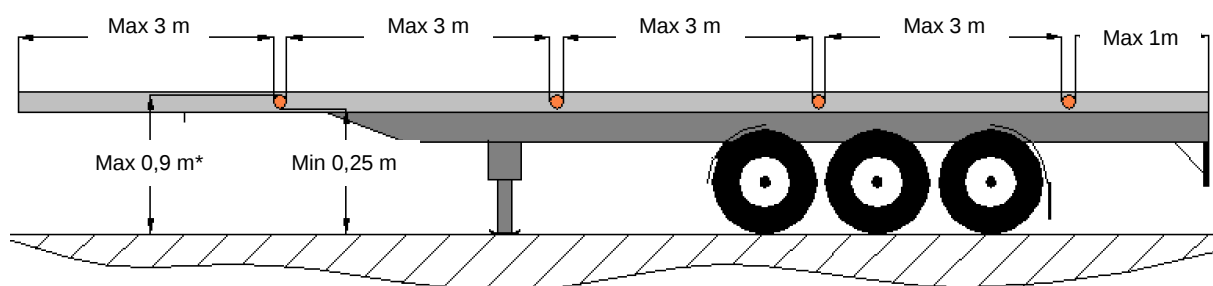


Figura 2.37 Posición de catadióptricos laterales [12]

La contraseña de homologación para los catadióptricos laterales no triangulares es:



Figura 2.38 Contraseña de homologación de catadióptricos laterales [12]

* Por motivos de la carrocería hay ocasiones en los que no se puede cumplir con la altura requerida, es por ellos que se permite una altura en común para los catadióptricos y las luces de 1,20 m

2.5.2.3.2 Luces de galibo y catadióptricos de posición trasera

Según la anchura su aplicación será:

- Obligatorio si anchura > 2,1 m
- Opcional si anchura $1,8 \text{ m} \leq \text{anchura} \leq 2.1 \text{ m}$
- Prohibido si anchura < 1,8 m

La posición de las luces de galibo debe ser tal que se cumplan las dimensiones de la siguiente figura:

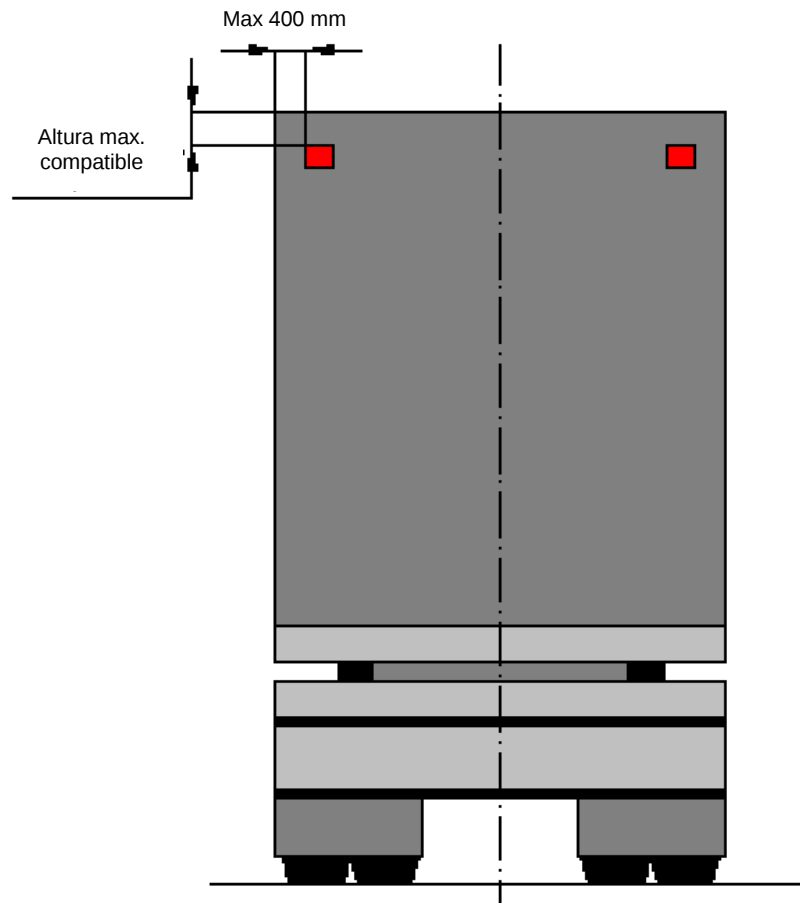


Figura 2.39 Posición reglamentaria de luces de galibo traseras superiores [12]

Cuando la estructura de la carrocería no permite marcar el ancho máximo a la altura máxima o esta queda oculta por la carrocería de forma que el conductor no pueda ver la luz de galibo, se puede colocar en una posición inferior.

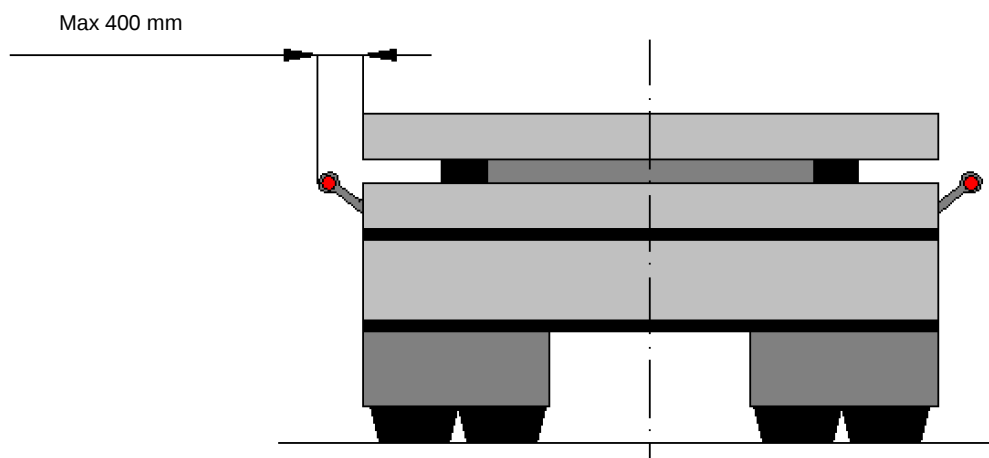


Figura 2.40 Posición reglamentaria de luces de galibo traseras inferiores [12]

Las luces de galibo deberán tener la contraseña de homologación:



Figura 2.41 Contraseña de homologación luces de galibo [12]

2.5.2.3.3 Dispositivos de iluminación y catadióptricos traseros

Las luces traseras incluirán luz de posición, luz de freno, luz antiniebla, luz de marcha atrás e indicadores de dirección. Todas ellas pueden ir montadas en el mismo piloto o en pilotos individuales en los dos extremos del vehículo.

Su posición debe ser como se indica en la figura:

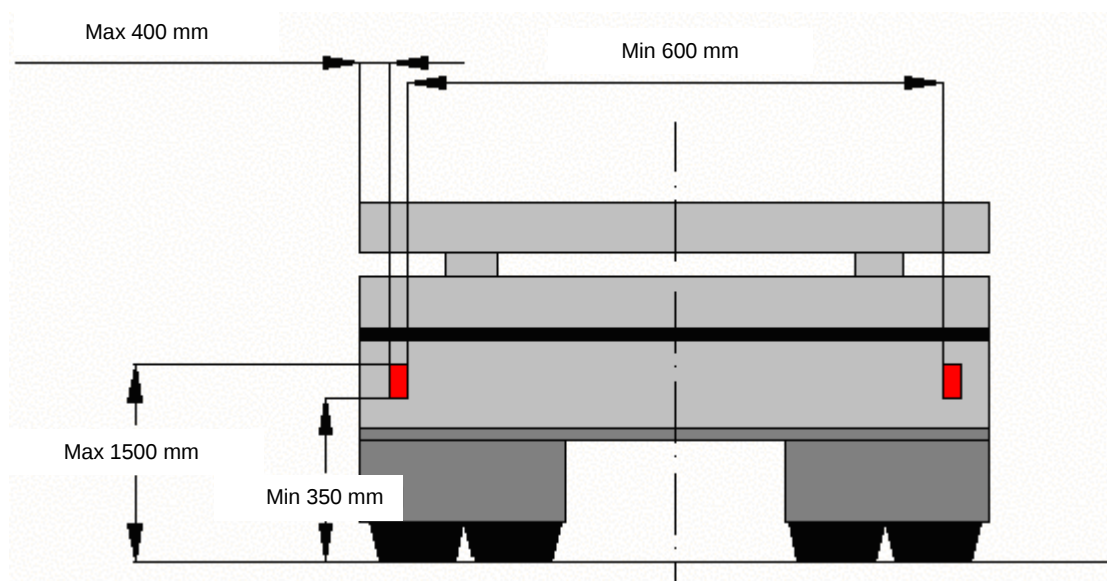


Figura 2.42 Posición reglamentaria de luces de señalización [12]

La contraseña de homologación de estas luces será:

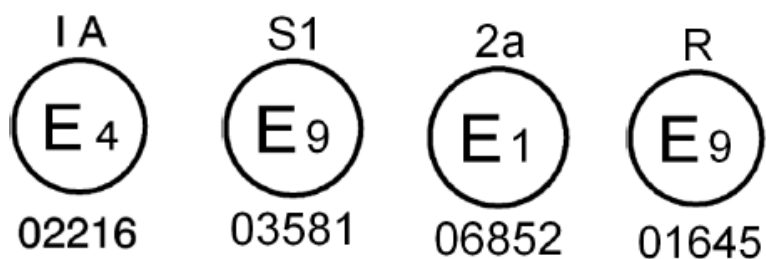


Figura 2.43 Contraseña de homologación luces de señalización [12]

Además se debe de cumplir que la distancia entre la antiniebla y la luz de freno sea mayor de 100 mm, y colocarlas en posición como se indica:

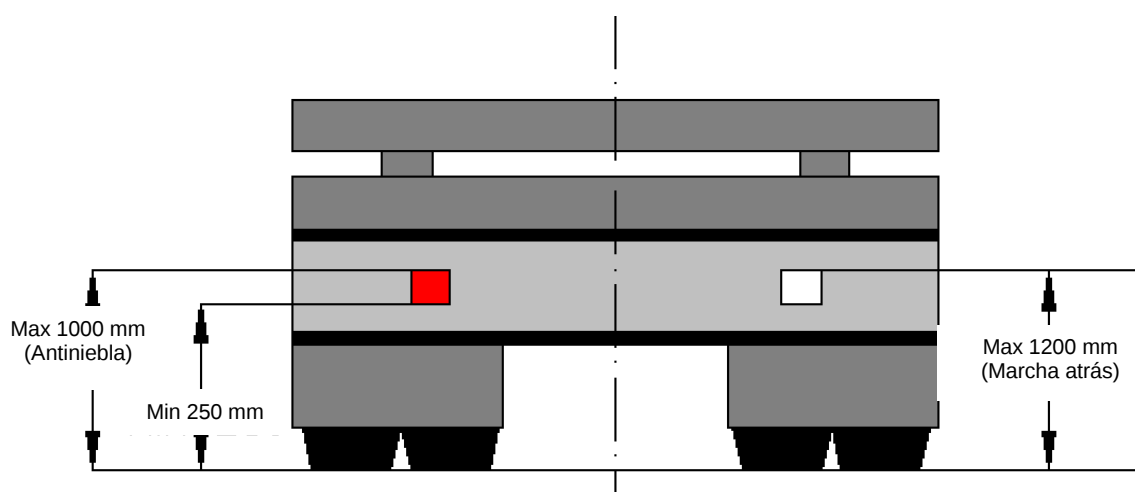


Figura 2.44 Posición reglamentaria luz antiniebla y marcha atrás [12]

La contraseña de homologación para la luz de antiniebla y marcha atrás es la que se detalla a continuación:

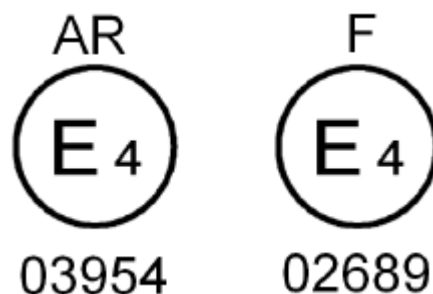


Figura 2.45 Contraseña de homologación luces de señalización de antiniebla y marcha atrás [12]

Los catadióptricos traseros deben ser obligatoriamente triangulares, no obstante además de los triangulares se permite catadióptricos adicionales no triangulares. La posición en la que deben de colocarse es como se indica en la figura:

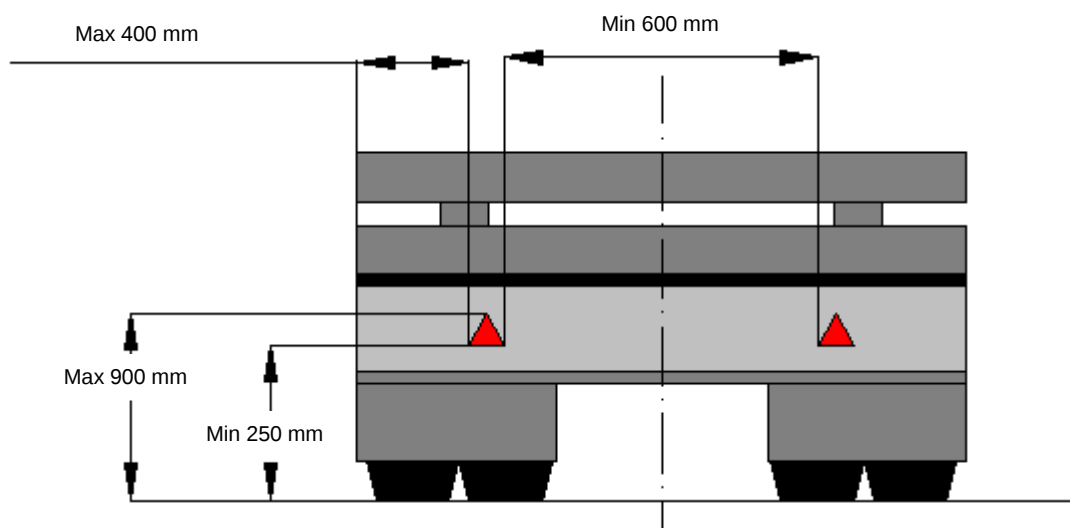


Figura 2.46 Posición reglamentaria catadióptricos traseros triangulares [12]

Además como todos los anteriores deben incluir su correspondiente contraseña de homologación que será:



Figura 2.47 Contraseña de homologación luces de catadióptricos traseros triangulares [12]

2.5.2.3.4 Marcado de visibilidad

Se trata de un dispositivo para aumentar la visibilidad del contorno de un vehículo visto desde el lateral o la parte posterior, mediante la reflexión de la luz procedente de una fuente de iluminación externa al vehículo. El marcado de visibilidad o señal V23 es obligatorio para los vehículos de las categorías N y O y su posición será como se indica en la figura:

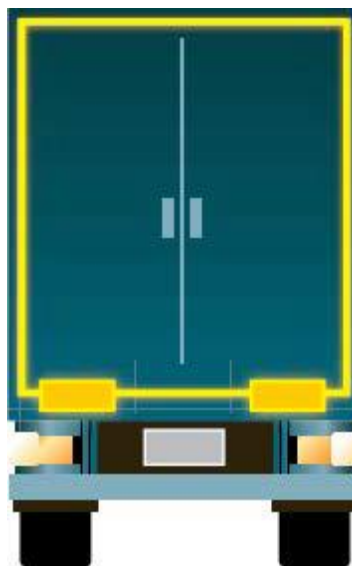


Figura 2.48 Señal V23 para parte trasera [12]



Figura 2.49 Señal V23 para lateral [12]

En la parte lateral como mínimo se debe señalizar el contorno parcial obligatorio, permitiéndose el contorno completo en el lateral. En la parte posterior, será obligatorio el contorno completo.

Su colocación debe ser lo más cercana al borde en la parte inferior, mientras que en la parte superior debe estar a menos de 400 mm del borde.

En el lateral se debe cubrir al menos un 80% de la longitud total, también se puede aceptar un mínimo de un 60% si se demuestra que no es posible cumplir con el 80%. En la parte trasera se debe cubrir más de un 80% de la anchura total.

El color del lateral puede ser de color amarillo o blanco, mientras que en la parte trasera deberá ser rojo o amarillo.



Figura 2.50 Señal V23 en vehículo articulado [13]

2.5.2.4 Dispositivo anti-empotramiento trasero

Los vehículos deben incluir una protección contra el empotramiento de los vehículos de la categoría M y N que choquen con su parte trasera. La barra anti-empotramiento trasera debe tener una deformación máxima admitida de 400 mm en cualquiera de sus puntos realizados los ensayos normalizados reglamentarios.

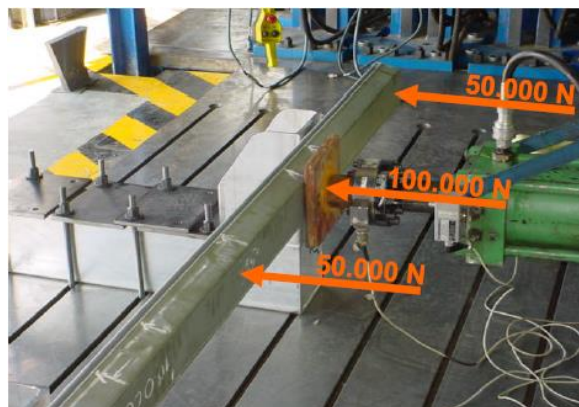


Figura 2.51 Ensayo de IDIADA para el anti-empotramiento trasero [12]

Los requisitos de instalación son los siguientes:

- La altura sobre el suelo no superara los 550 mm.
- La anchura no superara la del eje trasero ni será inferior a esta en más de 100 mm a cada lado.
- La altura del perfil no será inferior a 100 mm.
- Los extremos laterales no estarán curvados hacia atrás ni presentaran ningún borde cortante hacia el exterior.

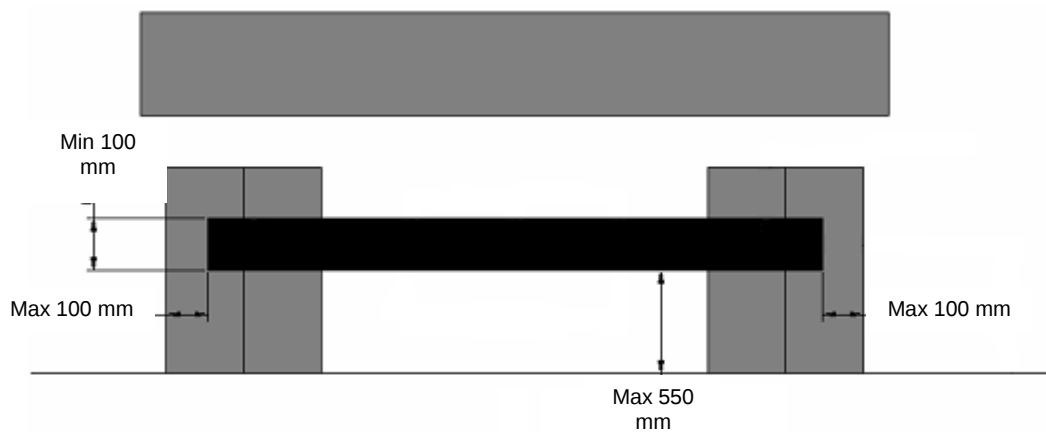


Figura 2.52 Posición anti-empotramiento trasero [12]

2.5.2.5 Dispositivo anti-proyección

Todo vehículo de la categoría N y O deberá montar o equipar elementos destinados a reducir la proyección de agua de los neumáticos en movimiento en condiciones de lluvia o firme mojado. El dispositivo puede ser:

- Guardabarros completo: integrara a todos los ejes bajo el mismo dispositivo. En este caso la propia carrocería puede funcionar como dispositivo anti-proyección.
- Guardabarros individual: tendra un dispositivo por rueda



Figura 2.53 Guardabarros completo [12]



Figura 2.54 Guardabarros individual [12]

El dispositivo podrá constar de:

- guardabarros
- faldilla lateral
- faldilla posterior
- faldillas intermedia
- faldilla superior corrida.

Para el caso de guardabarros individual, para su homologación, deberá cumplir los siguientes requisitos.

- Anchura: deberá cubrir la anchura del neumático simple o la banda de rodadura en caso de rueda gemela.
- Cobertura lateral < 75 mm en rueda no directriz y < 100 mm en rueda directriz.
- Cobertura delantera: deberá cubrir hasta un ángulo de 20° para ruedas no directrices y 30° para ruedas directrices
- Cobertura trasera, altura de 100 mm sobre el eje.

La faldilla debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Faldilla lateral, deberá tener una altura mínima de 45 mm en la vertical del eje y hacia atrás.
- Distancia entre la faldilla lateral y el exterior del neumático, para rueda directriz, la distancia ha de ser 1.5 veces el radio del neumático para rueda directriz y 1,25 veces para rueda no directriz.
- La faldilla deberá mantener su posición en condiciones normales de funcionamiento

- El borde de la faldilla no deberá desplazarse por la acción del viento en más de 100 mm hacia atrás.
- Tendrá una anchura máxima igual al guardabarros
- Tendrá una altura al suelo < 200 mm.

Además de la faldilla, se deberá incluir un dispositivo absorbedor de energía que retendrá las partículas de agua.

El dispositivo absorbedor de energía debe:

- Cubrir 30° por dentro del guardabarros. Puede sustituir a la faldilla trasera.

Para guardabarros independiente se deberá atender a las siguientes condiciones:

- La cobertura de la faldilla lateral será como mínimo 60 mm en longitud o 150 mm en altura.
- Si el guardabarros está formado por varios elementos, no habrá abertura entre ellos.
- Según la distancia entre ruedas, se pondrá solo faldilla y absorbedor en el eje trasero o en todos ellos

El guardabarros integrado deberá:

- Cubrir toda la longitud de las ruedas.
- Si es transversal, deberá cubrir hasta la tangente del punto superior de la rueda.
- La faldilla lateral, tendrá como mínimo 100 mm de ancho y cubrirá hasta la tangente superior de las ruedas.
- No habrá abertura entre los elementos.
- La faldilla deberá mantener su posición en condiciones normales de funcionamiento, no desplazándose hacia atrás más de 100 mm por la acción del viento.

2.5.2.6 Dispositivo de protección lateral.

Los vehículos deberán estar equipados de modo que proporcionen a los usuarios de las vías públicas una protección efectiva contra el riesgo de caer bajo los laterales del vehículo y ser aplastados por las ruedas.

El dispositivo de protección lateral es obligatorio para los vehículos de las categorías N y O, quedando exentos los tractores para semirremolques y los vehículos contruidos con fines especiales a los que no es posible por razones prácticas, dotar de tal protección lateral.

La función de protección lateral, se puede cumplir mediante la propia carrocería o un dispositivo específico, de manera que:

- El dispositivo puede estar formado por una o varias partes.
- En caso de varias partes la superposición mirara hacia abajo o hacia atrás.
- Los huecos entre elementos no serán superiores a 25 mm
- Tendrá los bordes redondeados
- Los tornillos u otros elementos no sobresaldrán más de 10 mm.
- Los largueros tendrán al menos 100 mm de ancho para la categoría N3 y O4 o 50 mm para la categoría N2 y O3.
- No distaran más de 300 mm entre sí.
- El borde inferior no estará a más de 550 mm del suelo.
- La protección lateral no se adelantara más de 120 mm del exterior del vehículo salvo en la curvatura que tendrá hacia dentro.
- El extremo trasero no se adentrara más de 30 mm con respecto al flanco exterior de los neumáticos, al menos en los últimos 250 mm del dispositivo.

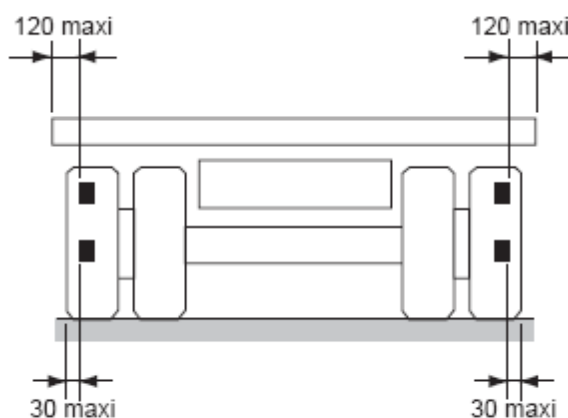


Figura 2.55 Posición de elementos anti-empotramiento lateral [12]

- El extremo anterior estará:
 - vehículos tractores: como máximo 300 mm por detrás de la rueda anterior a la protección.

- Remolques de ejes separados: como máximo 500 mm por detrás de la rueda delantera a la protección
 - Semirremolques: como máximo a 250 mm del centro de los apoyos y como mínimo a 2700 mm del eje de pivote
- El dispositivo no estará a más de 350 mm por debajo de la carrocería o estructura del vehículo.
 - El protector llegara como mínimo a 950 mm del suelo
 - El dispositivo no estará a más de 300 mm por delante de la rueda inmediatamente posterior a la protección.
 - No se exige elemento vertical en la parte posterior
 - No hay requisitos para el espacio entre la rueda posterior y la protección trasera.
 - El elemento será rígido y estará montado de forma segura.
 - Se permiten los dispositivos abatibles si cuando están en posición y asegurados, cumplen los requisitos.
 - Deberá soportar una carga horizontal transversal estática de 1kN con una deformación inferior a 30 mm a 250 mm de los extremos y 150 mm en el resto.

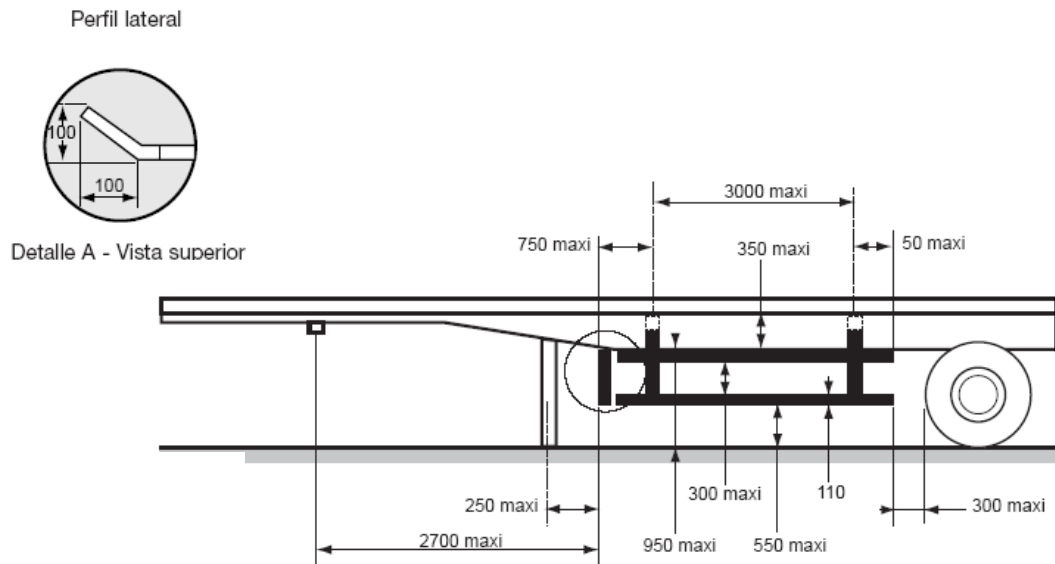


Figura 2.56 Posición de elementos anti-empotramiento lateral en semirremolque [12]

La protección lateral podrá ser sustituida por elementos como el porta-pallets, cajas u otros accesorios.



Figura 2.57 Cajón anti-empotramiento [12]

Figura 2.58 Cajón porta-pallets [12]

2.6 Programas de cálculo.

Los cálculos realizados son:

- Cálculo analítico para el análisis estático del chasis: se han realizado los cálculos considerándose vigas y pórticos. Se ha empleado como programa de cálculo Excel y como formulas las del prontuario de vigas y pórticos [15].
- Cálculo numérico del chasis mediante elementos finitos: se realizó la simulación mediante el programa de cálculo de elementos finitos Abaqus, de modo que las simulaciones realizadas se hicieron considerando el elemento viga, las cuales se contrastaron con los métodos anteriores.
- Cálculos adicionales: se ha añadido los cálculos de límite de vuelco longitudinal y transversal. Para ello se ha precisado del programa Excel. También se ha realizado el análisis numérico mediante el método de elementos finitos de la barra anti-empotramiento y el carenado lateral con el programa Abaqus.

2.7 Bibliografía.

- 1 UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- 2 Directiva 92/53 Anexo II: categoría y clasificación de los vehículos
- 3 Orden/PRE/52/2010: servicio del vehículo

- 4 Anexo IX del Reglamento General de Vehículos.
- 5 Artículo 25.1 del Reglamento General de Vehículos
- 6 Real Decreto 2140/85
- 7 Directiva 70/156/EC
- 8 Dirección General de Tráfico: Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa
- 9 Shigley J.E, Mitchell L.D, Budynas R.g y Nisbett J.K: “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”. 8º Edición. Editorial MC Graw Hill
- 10 Muñoz Gracia Francisco: “Vehículo industrial y automóvil”
- 11 Cascajosa Manuel: “Ingeniería de vehículos”: Editorial Tébar
- 12 Ignacio Lafuente Buil: “Homologación de carrocerías de camión”: IDIADA
- 13 Olona Ana L: “Los vehículos industriales de hace más visibles”: Seguridad vial
- 14 Apuntes de Ingeniería de vehículos del profesor Luis Antonio Felipe
- 15 Apuntes de Elasticidad y resistencia de materiales del profesor Juan de Dios Carazo y profesor Daniel Carazo
- 16 Apuntes de Cinemática Y dinámica de máquinas del profesor Antonio Díaz Carrillo
- 17 Catálogo de productos de Lecitrailer.
- 18 Catálogo de productos de Leciñena
- 19 Catálogo de productos se Schmitz Cargobull.
- 20 Catálogo de ejes SAF Holland
- 21 Catálogo de suspensión SAF Holland
- 22 Catálogo de productos tráiler Knorr Bremse
- 23 Catalogo TEBS G2.0/G2.1 Brake module de Knorr Bremse
- 24 Catalogo SN5, SN6, SN7, SK7 Air Disc Brakes de Knorr Bremse
- 25 Catalogo Wabco Optiflow
- 26 Catálogo de productos Kits & carrocerías S.L
- 27 Guía de instalación de dispositivos de alumbrado y señalización luminosa 48R05 de SGS
- 28 Prontuario de Perfiles y Barras comerciales de ArcelorMittal
- 29 Prontuario de Perfiles y Barras comerciales de Condesa
- 30 Catálogo de productos Hierros Moral S.A
- 31 Catálogo de productos Dyresel
- 32 Catálogo de productos Faycom
- 33 Catálogo de productos Aspock
- 34 Catálogo de productos Bridgestone
- 35 Diccionario de la Real Academia de la lengua Española

- 37 Catálogo de productos JOST
- 37 www.grabcad.com
- 38 www.solidcomponents.com
- 39 <https://grabcad.com/library/7-way-female-trailer-plug-1>
- 40 <https://grabcad.com/library/european-style-trailer-connector-plug-3>
- 41 <https://grabcad.com/library/trailer-landing-gear-1>
- 42 <https://grabcad.com/library/trailer-mudguard-1>
- 43 <https://grabcad.com/library/gigant-axle>
- 44 <https://grabcad.com/library/new-axles-1>

2.8 Definiciones y abreviaturas.

En el presente trabajo fin de grado, se utilizan a menudo abreviaturas de unidades del sistema internacional, fórmulas, y siglas, de manera que para una clara interpretación de estas, se aclararan dichas abreviaturas y símbolos:

MMA: Masa Maxima Autorizada

ABS: Antiblock Brake System (sistema anti-bloqueo de frenos)

EBS: Electronic Brake System (sistema electrónico de frenos)

m: Metro

mm: Milímetro

N: Newton

Nm: Newton metro

Kg: Kilogramo

Tm: Tonelada métrica

α : Ángulo

F: Fuerza

σ : Tensión

M_y : Momento flector

V_z : Esfuerzo cortante

I: Inercia

L: longitud

S: momento estático de media sección.

y_{max} : flecha producida

F_t : fuerza de tracción-compresión en tornillos

F_c : fuerza producida por cortante

2.9 Análisis de soluciones adoptadas.

A continuación se analizara las distintas alternativas que se presentan para el semirremolque y el motivo por el que se han elegido.

2.9.1 Tipo de remolque

El sector del transporte actual de larga distancia, esta predominado por el conjunto formado por un tracto-camión y un semirremolque. Entre otros motivos se debe a la autorización de una mayor masa maxima autorizada para vehículos de los mismos ejes y una mayor adaptabilidad al mercado, ya que una cabeza tractora puede acoplar todos los semirremolques, mientras que un tren de carretera, aunque pueda acoplar cualquier tipo de remolque, siempre tendrá por construcción una parte carrozada, además de que para el tren de carretera, será necesario desacoplar el remolque para operaciones de carga y descarga. Estas son las razones principales por las que la elección del vehículo se ha decantado por la construcción de un semirremolque.

Los tipos de semirremolques disponibles, tienen aspectos que por construcción, se adecuan mejor a un tipo de mercancía transportada que otros. Los más demandados son los de transporte de mercancía empaquetada o palletizada. Dentro de los tipos de semirremolques que hay para este tipo de transporte, se puede incluir el tipo plataforma, caja abierta, tauliner y caja cerrada.

Se ha decidido la fabricación de una caja cerrada, ya que esta mantiene la carga a salvo de las inclemencias meteorológicas, y presenta una ventaja frente a las tauliner, y es que la caja cerrada, sufre menos deformaciones en su estructura durante el transporte, además proporciona una estanqueidad frente a la lluvia que la tauliner no puede ofrecer. Si es verdad que un semirremolque tauliner presenta ventajas a la hora de carga y descarga, dado que puede desplegar las lonas que la cubren y ser descargada lateralmente, mientras que la caja cerrada, es necesario su descarga por la parte trasera pero en la actualidad con el uso de las traspaleas y las carretillas elevadoras de pequeñas dimensiones, la descarga se está realizando únicamente por la parte posterior, ya que en la gran mayoría de sitios, el camión se coloca en posición en el muelle de carga.

2.9.2 Chasis y carrocería

Los semirremolques actuales están realizados normalmente con estructuras metálicas, dado que presentan buenas propiedades a tracción, compresión y flexión, que son los esfuerzos que pueden sufrir en su uso.

Los metales más usados para la construcción de remolques y semirremolques son el acero y las aleaciones de aluminio, dado que presentan propiedades mecánicas bastante buenas.

El aluminio presenta ventajas frente al acero en cuanto a peso y resistencia a la corrosión, pero presenta desventajas como que tiene una menor resistencia a esfuerzos, es difícil de soldar y precisa de uniones atornilladas que crean concentradores de tensión.

El acero es más pesado y menos resistente a la corrosión que el aluminio, sin embargo es muy soldable y presenta límites de esfuerzo mayores que la mayoría de los metales.

La fabricación del chasis en acero tiene mejores propiedades mecánicas, la tensión elástica parte desde un rango de 235 MPa hasta 355 MPa , mientras que la aleación de aluminio 6061, que es la más empleada para la construcción de semirremolques de aluminio, presenta su máximo en 270 Mpa.

Un perfil de aluminio obliga a una sección mayor, para que sea igual de resistente que el acero y se tiene como factor limitante la altura que no debe ser superior a 4m. Si es verdad que el aluminio aunque es menos resistente, se emplea mucho en la construcción de remolques y semirremolque basculante. Ello es debido a que un aumento de la sección no afecta de manera significativa a la altura, ya que este tipo de carrozados, no suele llegar a la altura maxima en posición de circulación, mientras que normalmente el factor limitante de estos es el peso.

También otro factor que se debe tener en cuenta es el costo del aluminio frente al acero. Una media de precios en España revela que el perfil de aluminio 6061 doble T, es aproximadamente 5 veces más caro que el perfil de acero, y de la utilización de un material a otro solo se consigue reducir el peso del chasis de 3 495,71 Kg que pesa en acero a 1 959,78 Kg que pesa en la aleación de aluminio, es decir solo se reduce el peso en una relación de 1,78.

La construcción del chasis se fabricará en acero, dado que presenta mejores propiedades mecánicas, un perfil más pequeño, lo cual favorecerá la limitación de altura, una mayor soldabilidad y un menor coste. Para mejorar su resistencia a la corrosión, el acero se tratará mediante capas de imprimación y pintura. En cuanto al peso, la normativa solo permite una carga máxima de 24 000 Kg, por tanto el semirremolque podrá pesar 8 000 Kg, valor que se cumple incluyendo los accesorios.

Dentro de las calidades del acero se presenta:

- S235
- S275
- S355
- S450

De estas calidades se escogerá la S355 para los elementos sometidos a mayor esfuerzo, y S275 para los de menor. Los motivos se detallan en los cálculos justificativos y el material usado para cada elemento en el pliego de condiciones.

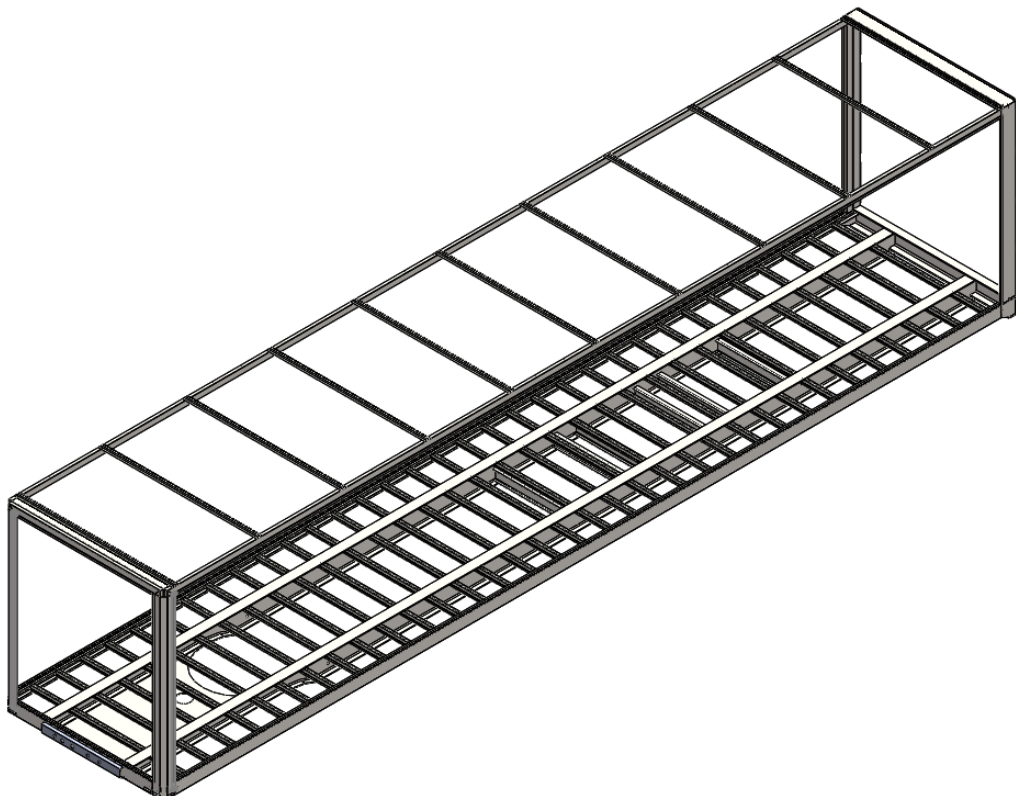


Figura 2.59 Chasis

Las paredes de la carrocería se suelen construir de varios materiales, como el panel de madera o Plywood, la carrocería de chapa metálica o el tipo sándwich.

Las paredes de la carrocería del semirremolque estarán compuestas del panel denominado tipo sándwich. Este panel se compone de dos capas de poliéster externas, y un núcleo de espuma rígida de poliuretano, reforzado con una estructura metálica.

Este tipo de panel presenta como principal inconveniente la menor resistencia a fuertes impactos, pero este no tiene mucha importancia, dado que en un funcionamiento normal, el panel no soportara dichos impactos.

Como ventajas presenta:

- Menor peso, lo que contribuye a un menor consumo de combustible y una mayor capacidad de carga útil.
- Fácil de fabricar.
- Fácil instalación, pues es ensamblado en posición y atornillado mediante tornillos auto perforantes
- Fácil reparación, dado que en caso de rotura, se puede reparar fácil y económicamente, en incluso sustituir entero gracias a su fácil instalación.
- Económico.
- Resistente a la corrosión.

Por eso la fabricación de la pared será un panel tipo sándwich

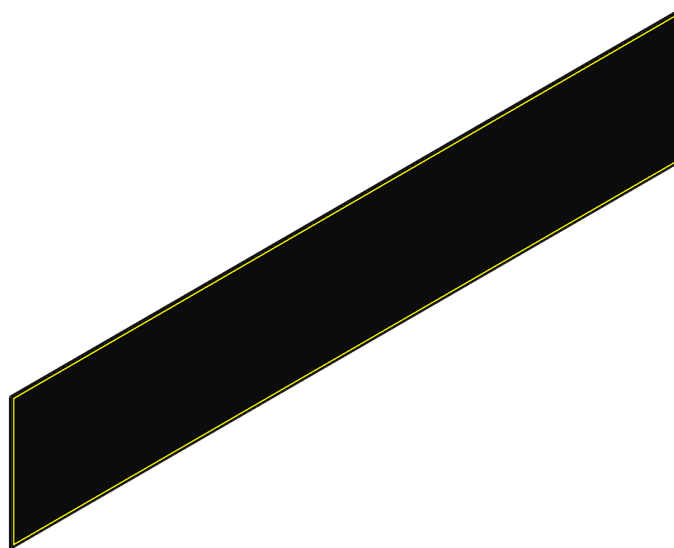


Figura 2.60 Panel lateral

Hay empresas que suministran dichos paneles, pero ninguna de estas fabrica las dimensiones requeridas y con el refuerzo de la estructura metálica interna, ya que se busca que sea una única pieza, se fabricara en taller, dado que su fabricación es sencilla.

El piso de los semirremolques suele estar fabricado de madero fenólica o chapa metálica.

Para el semirremolque el piso estará constituido por 4 piezas de madera fenólica de 15 mm de grosor, ya que presenta como principales ventajas, la reducción de peso, una menor corrosión, menor tiempo de instalación y por consiguiente menor costo.

Se colocara una primera capa sobre los travesaños, y sobre esta otra capa con un recubrimiento antideslizante.

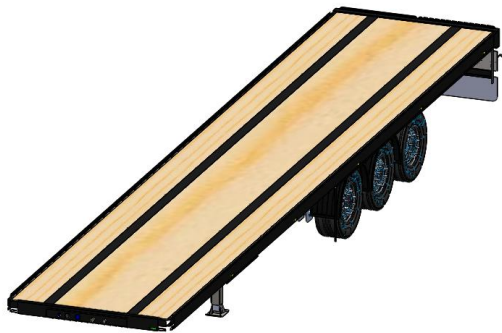


Figura 2.61 Piso inferior



Figura 2.62 Piso superior

Las alternativas que se presentan para el techo pueden ser: un compuesto polimérico reforzado, chapa metálica o panel de madera.

El compuesto polimérico reforzado presenta ventajas como menor peso, y gran capacidad de adaptación a la forma requerida, así como las condiciones de estanqueidad y ajuste que proporciona.

El techo estará compuesto de una pieza única de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

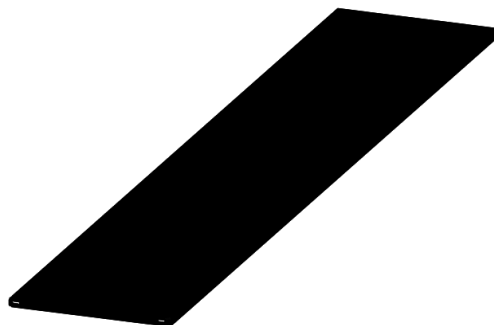


Figura 2.63 Techo.

2.9.3 Ejes

La rueda gemela en semirremolques es una tecnología desfasada, ya que actualmente los neumáticos se han reforzado bastante para las cargas que tienen que soportar, y la tendencia actual es a montar una única rueda. Esto mejora la eficiencia y provoca un menor consumo, con lo cual el tipo de eje será de rueda simple.

Por lo general, según el tipo de semirremolque, se suele montar 1,2 o 3 ejes en función de la capacidad de carga. El semirremolque está destinado al transporte de una carga máxima de 24 000 Kg, lo que influye en el número de ejes, que será de 3 debido a que los ejes comerciales normales soportan las 9Tm, lo que en conjunto será 27 000 Kg cumpliendo con el límite máximo de carga.

De entre las marcas disponibles de ejes en el mercado hay dos marcas que destacan por su calidad estas son SAF y BPW

Se ha optado por la elección de la marca SAF. El semirremolque monta 3 ejes de la marca SAF modelo BI9 [20] para una carga máxima de 9 Tm, y para el tercer eje, el modelo BIL9 [20] que corresponde con las mismas características que el anterior pero en este caso es direccional. En la elección de los ejes, ha influido la calidad de SAF, el recambio y servicio posventa que ofrece la propia marca y el sistema INTEGRAL DISC que la propia marca ha patentado. Dentro de los diferentes modelos que SAF fabrica, se ha escogido el modelo BI9 y BIL9, dado que es el más apropiado, ya que no se requieren características especiales como alto índice de carga.

Los discos de freno convencionales están formados por una sola pieza, el sistema INTEGRAL DISC se compone de una pieza de fundición compuesta de dos

materiales en una unidad. Por tanto, puede expandirse radialmente bajo el efecto del calor durante el frenado, y luego retraerse radialmente de nuevo cuando se enfría. El sistema INTEGRAL DISC evita el agrietamiento del disco, dándole una mayor vida útil de funcionamiento. El eje cuenta con un tratamiento anticorrosión que se aplica en la propia fabricación.

Además gracias al sistema INTEGRAL DISC, se produce un menor calentamiento del buje y del disco de frenos, aun con poca aireación, lo que permitirá la colocación del carenado lateral que se pretenden integrar en el diseño

También influye que el eje SAF sea de los más cotizados en la reventa, dando un valor añadido para la futura compra-venta del semirremolque.



Figura 2.64 Representación de eje SAF en Solidworks

Como equipamiento, el primer eje será elevable, mediante accionamiento neumático mediante un mecanismo de diseño propio, inspirado en otras marcas. Además para disminuir el consumo de ruedas, el tercer eje, será auto-direccional. También será un eje SAF modelo BIL9

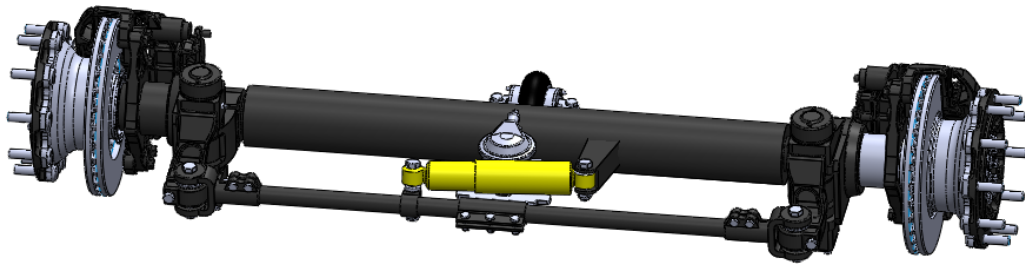


Figura 2.65 Representación de eje direccional y suspensión SAF en Solidworks

2.9.4 Sistema de frenado

Para el sistema de frenado se presentan los 2 principales sistemas, freno de tambor y freno de disco.

Para el semirremolque que se diseña se escoge el sistema de frenos de disco por los siguientes motivos:

- El freno de disco proporciona mayor estabilidad y eficacia.
- La facilidad de controlar el sistema de frenos de disco mediante una centralita EBS (Electronic Brake System).
- La normativa 85/647 de la CEE establece la desaceleración en 5 m/s^2 y esta es más fácil de conseguir mediante un sistema de discos de freno.
- Gran capacidad de absorción de energía en un espacio menor.
- Menores niveles de histéresis entre ejes y ruedas.
- Mayor par de frenado.
- Mayor durabilidad, debido a que son capaces de trabajar a mayores temperaturas y por consiguiente a disipar más calor.
- Detienen el vehículo en un menor espacio.

El sistema de frenado escogido será un conjunto de 6 discos ventilados de 22,5 pulgadas que vendrá montado en el eje SAF, por tanto el proveedor será el mismo que el eje.

La pinza de frenos será KNORR-BREMSE modelo SN7 [24], con sistema neumático, controlado por una centralita electrónica KNORR-BREMSE modelo TEBS G2 [23]. La elección se debe a la calidad de dicha marca ya que es considerada la mejor en cuanto equipamiento para vehículos industriales y la integración de sus componentes favorece una posible reventa.

El módulo electrónico TEBS está configurado en modo 4S/2M con 4 sensores y 2 moduladores, el sistema cuenta con cuentakilómetros, posición de altura de marcha, agenda (VDS) y test final de línea (EOLT) que permite la conexión de la ECU a un PC para registro de datos diagnosis.

El sistema cumple con la legislación ADR (Agreement on Dangerous goods by Road) y la reglamentación Europea 71/320 anexo 10 para el transporte de mercancías peligrosas según el fabricante.

Los sensores de ABS (Anti Block Brake System) van colocados en las ruedas del segundo y tercer eje. El primer eje no tiene sensor debido a que es elevable para situaciones de circulación descargado.

La función del sistema EBS es que en el caso de que una rueda disminuya su velocidad con respecto a las otras ruedas sensorizadas, la centralita detectara un posible bloqueo. El modulador siempre recibe señal de la cabeza tractora, pero la señal eléctrica del sensor predomina sobre la del camión, haciendo que el modulador deje de frenar la rueda hasta que se igualen las velocidades en todas las ruedas. Y este sistema es lo que se conoce como ABS, o aplicado en tráileres, EBS, dado que es controlado electrónicamente.

La conexión a la cabeza tractora se realiza mediante 2 cabezas de acoplamiento normalizadas, con filtros integrados, distinguidas por el color, la amarilla será la cabeza de acoplamiento del freno de servicio, mientras que la roja será la cabeza de acoplamiento de Parking y freno de emergencia.

El sistema neumático se alimenta de 2 depósitos de 80 litros de capacidad de la marca Knorr Bremse, que comparte con la suspensión neumática y el eje elevador.

El sistema tiene por suministro de aire el que le proporciona el camión, que es almacenado en los calderines, por medio de la válvula de parking y aflojamiento con freno

de emergencia, se puede hacer que el vehículo funcione con el aire de los depósitos para desbloquearlo en el estacionamiento.

El sistema también tiene una válvula ALB de compensación de la frenada, conectada a la presión de la suspensión, lo que adecua la presión de frenado a la presión de la suspensión neumática, para así adaptarse a la carga.

2.9.5 Alumbrado y señalización

El sistema de alumbrado y señalización cumple en todo momento con la reglamentación del código de circulación de la Comunidad Europea, con 2 tomas de 7 polos a 24V.

El piloto trasero montado pertenece a la marca Aspock. En concreto se ha optado por el modelo de piloto Europoint II modular, ya que el led presenta las ventajas en cuanto visibilidad y consumo. Además al ser modular presenta una ventaja añadida, y es que en caso de fallo o rotura de alguna parte, será necesario únicamente sustituir ese único modulo. Este modelo de piloto es de los más usados por casi todas las marcas, ya que tiene un gran recambio en cuanto a tulipas y cajetín.

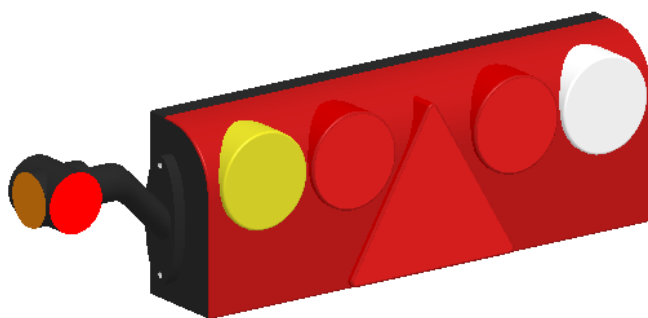


Figura 2.66 Representación de piloto Aspock EUROPOINT II en Solidworks

Los pilotos led laterales de posición, la luz de galibo y freno ABS, pertenecen a la marca Faycom y llevan incluido el catadióptrico de fondo para integrarlo todo en una única pieza.

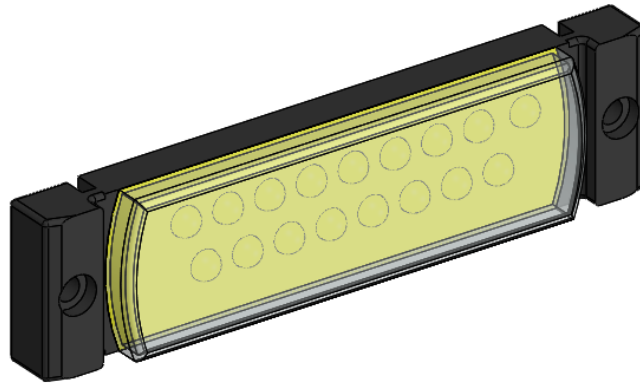


Figura 2.67 Representación luces de posición Faycom en Solidworks

También se incluirá una tercera luz de freno LED de la marca Faycom



Figura 2.68 Representación de 3º luz de freno Faycom en Solidworks

2.9.6 Suspensión

Para el caso de la suspensión se presentan las dos principales soluciones más usadas para este tipo de vehículos, la suspensión por ballestas y la suspensión neumática.

Para el semirremolque se ha escogido la suspensión neumática porque presenta las siguientes ventajas frente a la suspensión por ballestas:

- Comodidad.
- Seguridad.
- Adaptabilidad.

- Regulación de altura para carga y descarga.
- Mejor reparto de la carga por eje
- Adecuación de la presión de frenado y la presión de la suspensión a los requerimientos de la carretera y la carga.

La suspensión del semirremolque será de tipo neumática, con fuelles neumáticos. La suspensión será de la marca SAF, modelo MODUL [21]. Se ha escogido este modelo en particular, dado que se adapta tanto a ejes con frenos de disco como de tambor y ejes rígidos o direccionales. También se adapta a la altura, tanto para una posición elevada como para una posición en descenso. En concreto se ha escogido la marca SAF por la compatibilidad con sus ejes, ya montados, lo cual no requerirá adaptaciones, no obstante marcas como Schulz Ibérica fabrican suspensiones para todas las marcas de ejes, por lo que se podría sustituir por una que se adapte al eje SAF BI9 si el cliente desea otra marca.

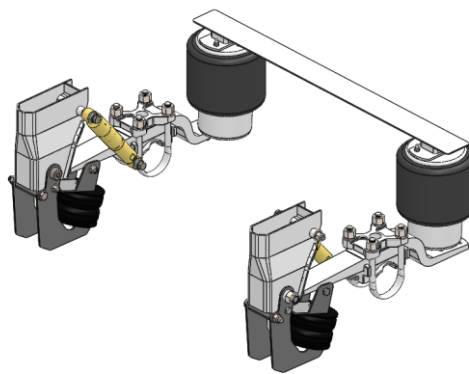


Figura 2.69 Representación de suspensión neumática con elevador de eje en Solidworks

Se debe tener en cuenta también la simplicidad del mecanismo, en concreto del modelo MODUL, lo que en caso de avería o fallo mecánico, resulta más fácil de desmontar y reparar para el taller mecánico, ya que este sistema, se compone de los soportes o handbrackets, el ballestón, los espárragos de amarre, el fuelle neumático y las válvulas que son complementaria con el sistema de frenos. Los elementos están unidos mediante tornillos lo que facilitara su desmontaje.

Además este modelo ofrece la posibilidad de implementar un elevador para el primer eje, lo que permitirá que se pueda levantar, ahorrando neumático y combustible para cuando el vehículo circule descargado.

Una ventaja añadida del modelo en particular es que disminuye el peso de la instalación en comparación con otros modelos de la misma marca. Este modelo en concreto está concebido para su utilización en remolques y semirremolques desde 7 a 14 toneladas por eje. Otros modelos de la marca como el INTRADRUM [21], están pensados para una mayor carga por eje, pero también son más pesados, y como el semirremolque diseñado cubrirá hasta los 32 000 Kg, tara incluida, será suficiente con el modelo MODUL.

2.9.7 Técnicas de unión.

Las uniones se pueden realizar mediante adhesivo, tornillos, remaches, soldadura etc. Dentro de los distintos métodos disponibles, se ha escogido las uniones en función de los componentes a unir.

Para elementos que no son desmontables, es decir el chasis, se ha escogido la técnica de soldadura debido a:

- Facilidad de soldadura del metal, en este caso acero.
- Es una técnica medianamente económica y muy extendida, dado que se tiene un amplio conocimiento sobre esta.
- Asegura que la estructura no pueda ser desmontada.
- En caso de producción en serie, es fácilmente automatizable.

Para los elementos desmontables como los paneles laterales, el carenado, y las puertas, se decide la unión mediante tornillos, ya que ofrecen un desmontaje rápido y reutilizable. Dentro de la variedad de tornillos que existe se escoge para la sujeción de los perfiles interiores y los paneles los tornillos auto-perforantes, dado que estos ofrecen la ventaja de que se pueden colocar rápidamente, y en la posición que se requiera gracias a que perforan el material y proporcionan un buen ajuste. Para la sujeción del carenado lateral y porta-pallets, se escogen tornillos normales con tuerca autoblocante debido a que su uso está muy extendido y soportan muy bien los esfuerzos de tracción-compresión y cortante. Además su montaje es muy sencillo y rápido.

La unión del techo con la estructura, al tratarse de un componente polimérico, se realizará mediante adhesivo. Esto favorece la estanqueidad dado que no se crean aberturas por la que pueda entrar agua. Las juntas entre los componentes se sellarán mediante silicona para asegurar la correcta estanqueidad.

2.10 Resultados finales

El producto final, será un semirremolque, caja cerrada, destinado al transporte de mercancías no perecederas, con dos puertas de acceso por su parte posterior. La tara del vehículo se estima en unos 7 890 Kg con todos sus accesorios. Las dimensiones será una anchura de 2,55 m, una altura maxima con la suspensión en su punto más alto de 4 m y una longitud de 13,67 m.



Figura 2.70 Vista general del semirremolque

El semirremolque estará construido en su chasis por acero de calidad S355 para las piezas de mayor esfuerzo y de acero S275 para las de menor, según se detalla en el pliego de condiciones por componente.

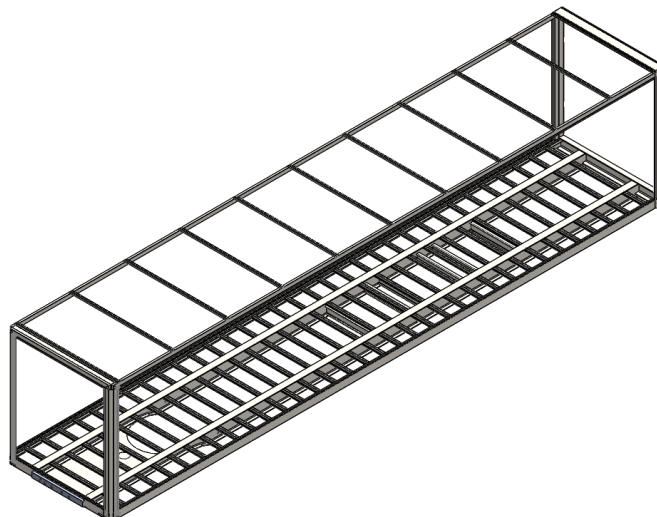


Figura 2.71 Chasis de acero

El chasis se puede dividir en chasis portante y chasis portado. El chasis portante comprende los dos largueros principales formado por un perfil IPE O+ 300 con una disminución de sección denominada cuello de cisne. El chasis portado se compondrá de todos los demás elementos según los planos CHASIS en los que hay que destacar los travesaños formados por perfiles IPE 80, los largueros laterales y frontales de UPE 100 y los marco formados por perfiles rectangulares de 90x50x5 mm. Las piezas serán construidas según planos y unidas formando un bloque mediante soldadura. Todo el chasis por completo recibirá una capa de imprimación y varias capas de pintura hasta tener unos 50 micrómetros de espesor. El color escogido es RAL9005 y las características de la pintura e imprimación vienen recogidas en la ficha técnica que se adjunta en la documentación.

Las paredes laterales, la frontal serán constituidas por paneles tipo sándwich con un refuerzo metálico interno y ensambladas con el chasis mediante perfiles L interiores detalladas en planos y tornillos auto-perforantes. Las puertas se componen también de un panel tipo sándwich, pero estas tendrán un marco de acero externo según los planos y serán unidas al chasis mediante bisagras de carrocería de la marca Kits. Adicionalmente todas las juntas serán selladas con silicona. La señal V23 ira pegada a los paneles ajustándose todo lo posible al borde y será amarilla para los laterales y roja para la parte trasera.

El piso serán 4 láminas de madera fenólica cortadas a mitad según los planos y la superior tendrá un recubrimiento antideslizante. El espesor para cumplir con las dimensiones requeridas será 15 mm y para fijarlo se usaran tornillos auto-perforantes.

El techo será una única pieza de poliéster reforzado con fibra de vidrio, y conformado a medida para el semirremolque. Su unión se hará mediante adhesivo de alta resistencia.

El semirremolque tiene 3 ejes y está equipado con 2 ejes de la marca SAF modelo BI9, que serán el primer y segundo eje y un tercer eje direccional SAF modelo BIL9 acoplados al chasis mediante una suspensión neumática de la marca SAF modelo Modul. El vehículo como sistema de frenado montará el sistema de pinzas y pastillas de la marca Knorr Bremse modelo SN7. El primer eje estará colocado a 7,78 m de la parte delantera, y será elevable mediante el mecanismo que se detalla en los planos con la designación ELEVADOR, el segundo a 9,10 m y el tercero a 10,41 m de la parte delantera, tal y como se indica en el plano 97/100-MONTAJE-montaje suspensión. Sus

soportes irán soldados al chasis. Las válvulas de elevación de la suspensión se colocaran en la parte posterior en el lado derecho con el objetivo de que el usuario pueda regular la altura deseada para la carga y descarga. La válvula de Parking y aflojamiento de emergencia se colocara en el lado izquierdo, junto a la manivela de los pies de apoyo para que pueda activarse y desactivarse en la operación de desenganche y enganche. Como conexión con el tracto-camión se instala las cabezas normalizadas ISO para la conexión del suministro de aire que irán colocadas en la parte frontal en la placa porta-enchufes. La conexión del módulo EBS ira colocada en la parte frontal también y esta registrara mediante su unidad de control los kilómetros recorridos, la fecha y demás información y configuraciones que el módulo EBS de Knorr Bremse registre.



Figura 2.72 Ejes de semirremolque.

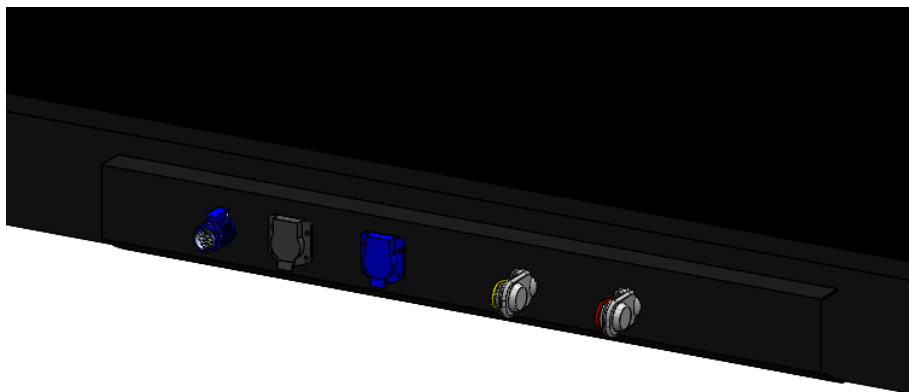


Figura 2.73 Cabeza de acoplamiento y enchufes.

Como acoplamiento a la unidad tractora, tendrá un King Pin de la marca SAF modelo 50S18, de 2" de diámetro y un valor de tracción, $D = 165 \text{ KN}$. Este se coloca en la placa de apoyo.

El sistema de alumbrado será de tipo led y la posición y colores de las luces será la indicada en la normativa, además el vehículo tendrá la señal V-23. Los pilotos traseros serán Aspock Europoint II modular led. Estos se montaran sobre la placa portapilotos trasera.

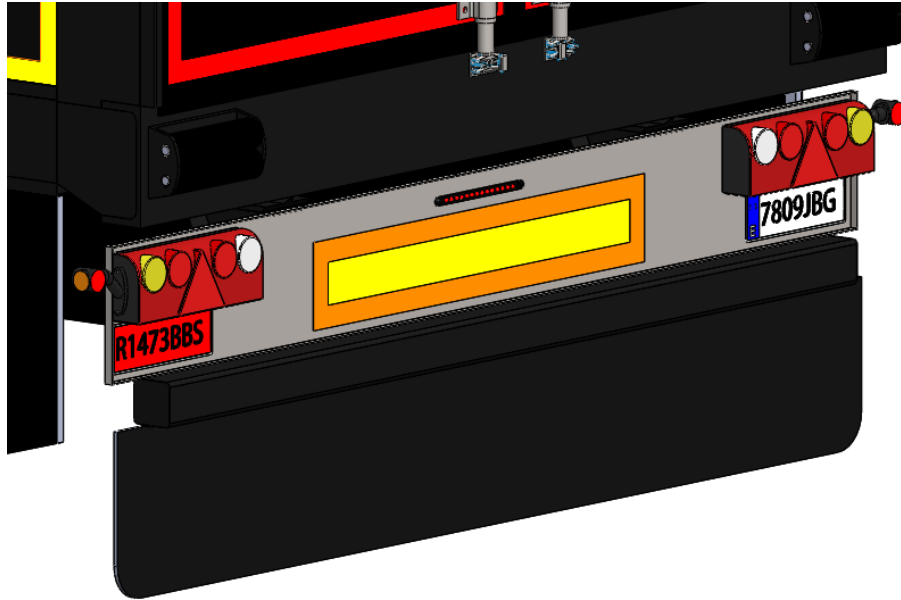


Figura 2.74 Luces traseras

Los pilotos de galibo, señalización laterales y ABS serán Faycom de tipo led y sus referencias serán detalladas en el presupuesto, dado que aunque es el mismo tipo de piloto pero cambia el color. Tendrá 6 luces de posición amarillas laterales en cada lado, 4 luces de galibo blancas en cada esquina del frontal delantero, 1 luz verde que se encenderá cuando se active el ABS y estará colocada en el frontal en el lado izquierdo, junto a la de galibo blanca y 6 luces de galibo trasera de color rojo colocadas en el marco superior de la puerta trasera. Todas las luces se colocaran en las aperturas realizadas en las diferentes piezas, ya que cumplen con la posición reglamentaria. De manera que quedan integradas en la carrocería.



Figura 2.75 Detalle de luces

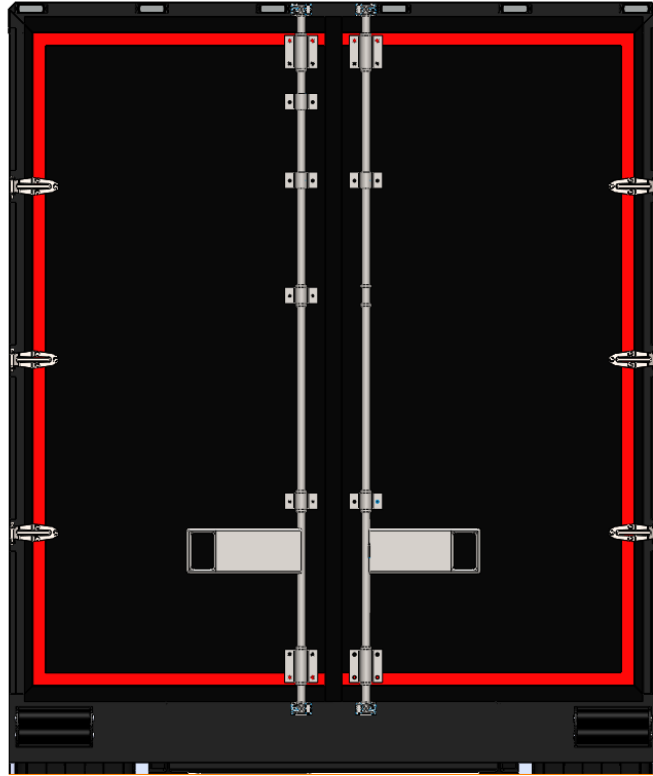


Figura 2.76 Detalle de luces de galibo traseras

El resto de la instalación eléctrica y cableado será un kit universal de la marca Faycom. Todos los componentes eléctricos serán para una tensión de 24 V.

El vehículo monta 6 neumáticos más el de repuesto de la medida 385/65 R 22.5, aptos para una velocidad de 100 Km/h y con un límite de carga de 9 t cada uno. Con respecto a la marca del neumático se podrá escoger entre las diferentes del mercado, pero para este trabajo fin de grado se ha optado por la marca Bridgestone. Los neumático se montaran sobre una llanta de aluminio de 22,5 pulgadas de la marca Alcoa.

Para situaciones de desenganche, el vehículo montara unos pies de apoyo de la marca SCHULZ modelo FW270001S para una carga maxima de 60 Tm, cifra que no se superará en ningún momento. Estos serán montados sobre los soportes que se tendrán que realizar en base al plano 60/100 PIES DE APOYO-soportes pies de apoyo. Su colocación será en el cuello de cisne y a la distancia de 3 031 mm desde la parte delantera, tal y como se indica en el plano 98/100-MONTAJE-montaje pies de apoyo, soporte faldones, porta-pallets y anti-empotramiento. Su posición será tal que la manivela quede situada en el lado derecho.

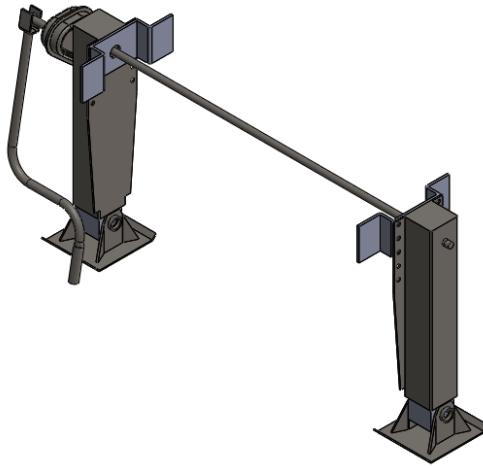


Figura 2.77 Representación pies de apoyo Schulz en Solidworks [41]

Como elemento anti-proyección, el vehículo incorporara 6 guardabarros independientes, uno por rueda, de la marca Dunlop modelo Dunlotech. El guardabarros evitara la salpicadura de agua.



Figura 2.78 Representación guardabarros Dunlop Dunlotech en Solidworks

Inspirado en la tecnología de Wabco Optiflow [25], se ha diseñado un conjunto de carenado lateral que cubre la función de elemento anti-empotramiento lateral. Estos se podrán levantar girando 180° y se tendrá acceso completo al chasis. Estos carenado, estarán fabricados en un panel tipo sándwich, con lo cual pesaran poco. En caso de que el cliente no quiera carenado, son desmontables. El vehículo tendrá como elemento anti-empotramiento lateral, un cajón metálico en el que se podrán guardar los pallets y demás

objetos que el conductor desee, cumpliendo con la normativa de homologación detallada en las disposiciones legales, los planos de montaje se corresponde con la designación FALDÓN y PORTAPALLETS.



Figura 2.79 Detalle de apertura de carenado lateral



Figura 2.80 Detalle de porta-pallets

Se ha diseñado una barra anti-empotramiento trasera que cumple con los ensayos normalizados en cuanto a deformaciones exigidos por IDIADA [12]. Además también funcionara como soporte de la placa que contendrá los pilotos traseros y las matrículas. Como elemento de protección anti empotramiento trasero, se colocara una barra de acero con las dimensiones recogidas en el conjunto de planos con la designación BARRA A.

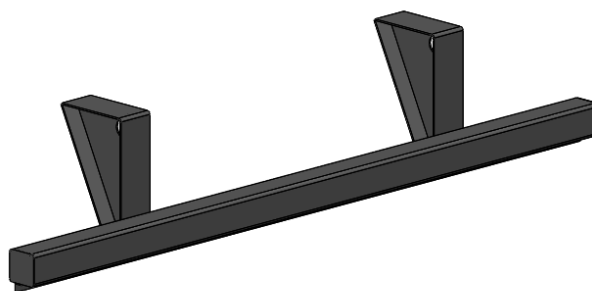


Figura 2.81 Barra anti-empotramiento trasera

2.10.1 Características y datos técnicos del semirremolque.

Dimensiones exteriores	
Longitud	13 670 mm
Anchura	2 550 mm
Altura (con suspensión elevada)	4 000 mm
Altura King Pin	1 043 mm
Distancia King Pin	1 600 m
Longitud útil	13 553 mm
Anchura útil	2 432 mm
Altura útil	2 631 mm
Estructura	
Largueros de sección variable con perfil IPE de acero de alto limite elástico	
Travesaños de acero IPE 80	
Marco estructural de perfil 90x50x5	
Ejes	
1º Eje	Eje SAF BI9 con mecanismo de elevación
2º Eje	Eje SAF BI9
3º Eje	Eje SAF BIL9 direccional con bloqueo electroneumático de marcha atrás.
Suspensión	
Suspensión neumática SAF modelo Modul comandada por centralita electrónica Knorr Bremse para los 3 ejes.	
Sistema de frenos	
Frenos de disco con pinzas Knorr Bremse modelo SN7 para los 3 ejes con módulo EBS Knorr Bremse	

Cabezas de acoplamiento ISO con filtro integrado	
Neumáticos	
7 neumáticos 385/65 R22,5 tipo carretera de larga distancia marca Bridgestone y llanta de aluminio Alcoa	
Pies de apoyo	
Pies de apoyo Schulz de dos velocidades *como opción se puede instalar el sistema de pies de apoyo hidráulicos	
Iluminación y señalización	
Instalación eléctrica de 24 V	
Clavijas de enchufe ISO	
Grupo de pilotos LED de 7 servicios con luz de matrícula	
Avisador acústico de marcha atrás	
Gálidos laterales, traseros y delanteros tipo LED	
Tercera luz de freno LED	
Marcado de señal retroiluminada V-23	
Pintura	
Imprimación Epoxi	
Pintura RAL 9005 *como opción se puede escoger otro color	
Carrocería	
Piso de madera en tablero contrachapado, con recubrimiento fenólico, para carga con carretilla según norma DIN EN 283.	
Estructura portante de una sola pieza compuesta de marco delantero, marco trasero, y marcos laterales	
Paneles de carrocería tipo sándwich de espuma rígida de poliuretano y capas exteriores de poliéster con estructura metálica interna.	
Estructura de panel formada por frontal delantero, paneles laterales, puertas traseras.	
Ensamblaje mediante tornillos auto perforantes para sustitución de panel en caso de rotura	
Techo de poliéster reforzado con fibra de vidrio de 2,5 mm	

Tabla 2.2 Características del semirremolque

2.11 Orden de prioridad entre los documentos.

El orden de prioridad de los documentos es el siguiente:

1º Planos

2º Anexos

3º Pliego de condiciones

4º Presupuesto

5º Memoria

3 ANEXOS

3.1 Cálculos justificativos

Los cálculos justificativos comprenden la justificación de las soluciones adoptadas para la realización del semirremolque. Se han realizado 2 tipos de cálculos sobre el chasis, cálculo analítico y cálculo numérico y además cálculos adicionales de elementos integrados en el semirremolque y estabilidad.

3.1.1 Cálculos analíticos de chasis

Se deben considerar las siguientes hipótesis para el cálculo analítico del chasis:

- Al ser suspensión neumática, y estar conectadas bajo el mismo circuito, la centralita adecuara la presión de cada fuelle de manera que se consigue un reparto de carga sobre los tres ejes casi igualitario. Este sistema de suspensión hace una aproximación real del caso teórico que se estudiara para el dimensionado de los perfiles. A diferencia de la suspensión por ballestas, en la que no se reparte la carga de forma igualitaria.
- Para el reparto de cargas, se establece que el semirremolque tiene 3 ejes con suspensión neumática. El reparto es una suposición teórica, dado que el primer eje soportara más carga que los demás, pero se puede simplificar y suponer que los 3 ejes tienen la misma carga, dado que como se ha mencionado, la suspensión repartirá el peso aproximadamente igual para todos los ejes.
- A efectos del cálculo de resistencia, este reparto de cargas, se puede suponer válido.

El chasis se constituye de 2 partes:

- Las 2 vigas principales que se estrechan en el cuello de cisne, formando el **chasis portante**.
- **Chasis portado** que se compone de los travesaños que serán vigas normalizadas y los perfiles estructurales rectangulares que formaran los marcos

3.1.1.1 Cálculos del chasis portante

El diseño del semirremolque se ha calculado en base a una masa máxima del conjunto de 32 000 Kg, esta incluye el propio peso del semirremolque y la carga transportada.

Para el cálculo se supone una masa de 8 000 Kg de peso propio y 24 000 Kg de masa para la carga.

3.1.1.1.1 Límites establecidos por el fabricante

El límite de carga que no se debe sobrepasar para los ejes y King pin proporcionado por el fabricante es:

	Masa (Kg)	Peso (N)
King Pin	16 819,57	165 000
1º Eje	9 000	88 290
2º Eje	9 000	88 290
3º Eje	9 000	88 290

Tabla 3.1 Límites de carga del fabricante [20]

Bajo cualquier carga mayor de los valores superiores, se estaría trabajando fuera de los límites que el fabricante aconseja. A efectos de cálculo la carga se considerara uniformemente repartida a lo largo de todo el chasis y situada simétricamente respecto al eje longitudinal.

3.1.1.1.2 Reparto de carga debido al peso propio

La carga P (N) debida al peso propio se puede considerar uniformemente repartida por toda la estructura.

$$P = M \times g \quad (1)$$

$$P = 8\,000\text{ Kg} \times 9,81\text{ m/s}^2 = 78\,480\text{ N}$$

P = carga debida al peso propio (N)

M = masa del semirremolque (Kg)

g = aceleración producida por la gravedad (m/s^2)

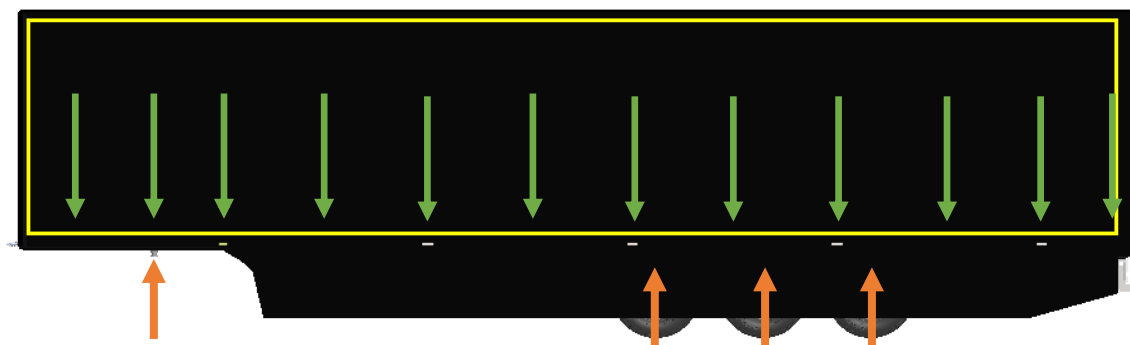


Figura 3.1 Cargas y reacciones sobre el semirremolque debidas al peso propio

La masa se considera uniformemente repartida por toda la sección, dado que debemos cumplir un equilibrio para que cuando se desenganche no tienda a inclinar hacia ningún lado.

$$P_{distribuido} = P/L \quad (2)$$

$$P_{distribuido} = 78\,480\,N / 13,6\,m = 5\,770,59\,N/m$$

P = peso (N)

L = longitud de aplicación (m)

Se hace una sumatoria de fuerzas verticales (3) que deben ser 0. Como criterio de signo se consideraran las fuerzas verticales hacia abajo como negativas, mientras que las fuerzas verticales dirigidas hacia arriba se consideraran positivas.

$$\sum F_{vertical} = -P + F_{King\,Pin} + F_{eje} + F_{eje} + F_{eje} = 0 \quad (3)$$

$$\sum F_{vertical} = -78\,480\,N + F_{King\,Pin} + F_{eje} + F_{eje} + F_{eje} = 0$$

Se hace una sumatoria de momentos respecto al 2º eje (4). Como criterio de signos para los momentos se considerara positivo los momentos anti-horarios mientras que los momentos horarios se consideraran negativos.

$$\begin{aligned}\sum M_{2^{\circ} eje} = & \left(P_{distribuido} \times \frac{d_{2^{\circ} eje}^2}{2} \right) - \left(P_{distribuido} \times \frac{(L - d_{2^{\circ} eje})^2}{2} \right) \\ & - \left(F_{King Pin} \times (d_{2^{\circ} eje} - d_{King Pin}) \right) + \left(F_{eje} \times (d_{2^{\circ} eje} - d_{1^{\circ} eje}) \right) \\ & - \left(F_{eje} \times (d_{3^{\circ} eje} - d_{2^{\circ} eje}) \right) = 0\end{aligned}\quad (4)$$

$$\begin{aligned}\sum M_{2^{\circ} eje} = & \left(5\,770,59 \frac{N}{m} \times \frac{9,1^2}{2} m^2 \right) - \left(5\,770,59 \frac{N}{m} \times \frac{4,5^2}{2} m^2 \right) - (F_{King Pin} \times 7,5 m) \\ & + (F_{eje} \times 1,318 m) - (F_{eje} \times 1,318 m) = 0\end{aligned}$$

De la resolución de las ecuaciones se obtienen unos valores de:

$$F_{King Pin} = 24\,067,20\, N$$

$$F_{1^{\circ} eje} = 18137,6\, N$$

$$F_{2^{\circ} eje} = 18137,6\, N$$

$$F_{3^{\circ} eje} = 18137,6\, N$$

3.1.1.1.3 Reparto de carga debido al peso de la carga

La carga $Q(N)$ debida al peso de la carga se puede considerar uniformemente repartida por toda la estructura.

$$Q = q \times g \quad (5)$$

$$Q = 24\,000\, Kg \times 9,81\, m/s^2 = 235\,440\, N$$

Q = peso de la carga (N)

q = masa de la carga (Kg)

g = aceleración producida por la gravedad (m/s^2)

La masa se considera uniformemente repartida por toda la sección.

$$Q_{distribuido} = Q/L \quad (6)$$

$$Q_{distribuido} = 235\,440\, N / 13,6\, m = 17\,311,76\, N/m$$

Q = carga (N)

L = longitud de aplicación (m)

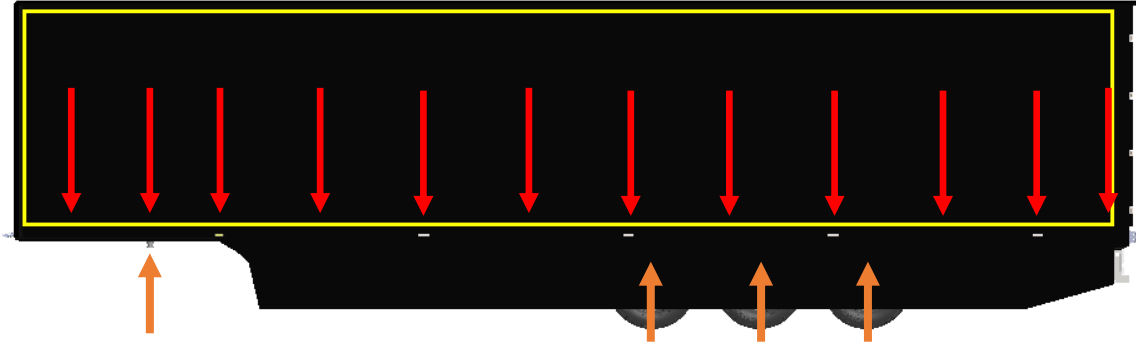


Figura 3.2 Cargas y reacciones sobre el semirremolque debidas a la carga

Se hace una sumatoria de fuerzas verticales (7) que deben ser 0. Como criterio de signo se consideraran las fuerzas verticales hacia abajo como negativas, mientras que las fuerzas verticales dirigidas hacia arriba se consideraran positivas.

$$\sum F_{vertical} = -Q + F_{King Pin} + F_{eje} + F_{eje} + F_{eje} = 0 \quad (7)$$

$$\sum F_{vertical} = -235\,440\,N + F_{King Pin} + F_{eje} + F_{eje} + F_{eje} = 0$$

Se hace una sumatoria de momentos respecto al 2º eje (8). Como criterio de signos para los momentos se considerara positivo los momentos anti-horarios mientras que los momentos horarios se consideraran negativos.

$$\begin{aligned} \sum M_{2^\circ eje} = & \left(Q_{distribuido} \times \frac{d_{2^\circ eje}^2}{2} \right) - \left(Q_{distribuido} \times \frac{(L - d_{2^\circ eje})^2}{2} \right) \\ & - (F_{King Pin} \times (d_{2^\circ eje} - d_{King Pin})) + (F_{eje} \times (d_{2^\circ eje} - d_{1^\circ eje})) \\ & - (F_{eje} \times (d_{3^\circ eje} - d_{2^\circ eje})) = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \sum M_{2^\circ eje} = & \left(17\,311,76 \frac{N}{m} \times \frac{9,1^2}{2} m^2 \right) - \left(17\,311,76 \frac{N}{m} \times \frac{4,5^2}{2} m^2 \right) - (F_{King Pin} \times 7,5\,m) \\ & + (F_{eje} \times 1,318\,m) - (F_{eje} \times 1,318\,m) = 0 \end{aligned}$$

De la resolución de las ecuaciones se obtienen unos valores de:

$$F_{\text{King Pin}} = 72\,201,60 \text{ N}$$

$$F_{1^{\circ}\text{eje}} = 54\,412,80 \text{ N}$$

$$F_{2^{\circ}\text{eje}} = 54\,412,80 \text{ N}$$

$$F_{3^{\circ}\text{eje}} = 54\,412,80 \text{ N}$$

3.1.1.1.4 Reparto de carga del semirremolque

Sumando los resultados anteriores se obtiene el reparto de carga del semirremolque:

Reparto de carga en el semirremolque (N)				
	KING PIN	1° eje	2° eje	3° eje
Peso propio	24 067,20	18 137,60	18 137,60	18 137,60
Carga de transporte	72 201,60	54 412,80	54 412,80	54 412,80
TOTAL	96 268,80	72 550,40	72 550,40	72 550,40

Tabla 3.2 Reparto de carga

	Masa (Kg)	Peso (N)
King Pin	16 819,57	165 000
1° Eje	9 000	88 290
2° Eje	9 000	88 290
3° Eje	9 000	88 290

Tabla 3.3 Límites del fabricante

Si los comparamos con los límites del fabricante (Tabla 3.3), se observa que en todo momento, para unas condiciones normales de funcionamiento quedamos por debajo de las cargas recomendadas.

3.1.1.1.5 Cálculo de momentos flectores, esfuerzos cortantes y dimensionado de los perfiles

Considerando los apuntes de Elasticidad y Resistencia de materiales [15] se procede a calcular los momentos flectores, esfuerzos cortantes y su dimensionado basados en la teoría de cálculo de estructuras

Diagrama de momentos flectores, considerando las dos vigas del chasis portante.

$$M_y = -23\,082,35 \times \frac{X^2}{2} \quad \text{Para } 0 < X < 1,6 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times \frac{X^2}{2} + 96\,268,8 \times (X - 1,6) \quad \text{Para } 1,6 < X < 7,78 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times \frac{X^2}{2} + 96\,268,8 \times (X - 1,6) + 72\,550,4 \times (X - 7,78) \quad \text{Para } 7,78 < X < 9,1 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times \frac{X^2}{2} + 96\,268,8 \times (X - 1,6) + 72\,550,4 \times (X - 7,78) + 72\,550,4 \times (X - 9,1) \quad \text{Para } 9,1 < X < 10,41 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times \frac{X^2}{2} + 96\,268,8 \times (X - 1,6) + 72\,550,4 \times (X - 7,78) + 72\,550,4 \times (X - 9,1) + 72\,550,4 \times (X - 10,41) \quad \text{Para } 10,41 < X < 13,6 \text{ m}$$

(9)

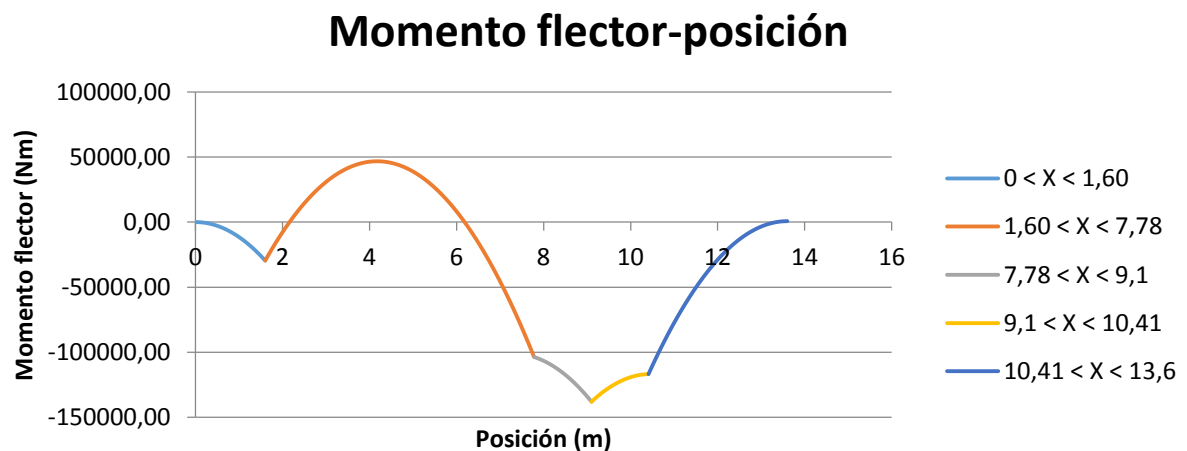


Figura 3.3 Diagrama de momentos flectores

El máximo momento flector se obtiene para la posición $X=9,10$ m y de valor 137942.3 N m.

Diagrama de esfuerzos cortantes, considerando las dos vigas

$$M_y = -23\,082,35 \times X \quad \text{Para } 0 < X < 1,6 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times X + 96\,268,8 \quad \text{Para } 1,6 < X < 7,78 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times X + 96\,268,8 + 72\,550,4 \quad \text{Para } 7,78 < X < 9,1 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times X + 96\,268,8 + 72\,550,4 + 72\,550,4 \quad \text{Para } 9,1 < X < 10,41 \text{ m}$$

$$M_y = -23\,082,35 \times X + 96\,268,8 + 72\,550,4 + 72\,550,4 + 72\,550,4 \quad \text{Para } 10,41 < X < 13,6 \text{ m}$$

(10)

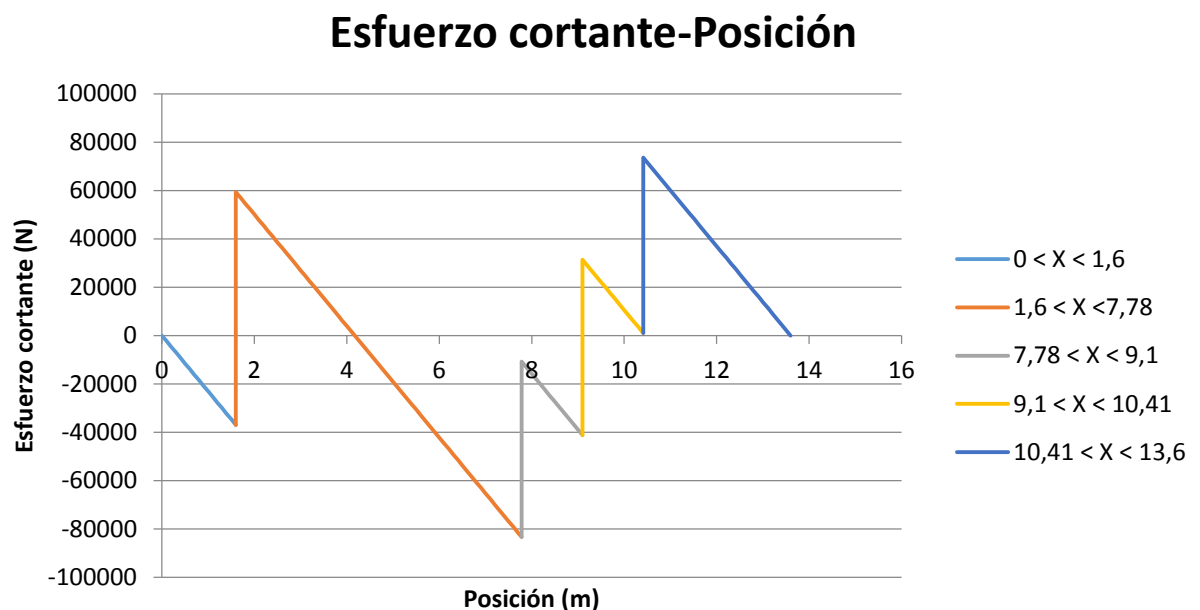


Figura 3.4 Diagrama de esfuerzos cortantes

El máximo esfuerzo cortante se obtiene para $X=7,78$ y de valor $-83\,311,91 \text{ N}$

Para el dimensionado, se hace una primera aproximación considerando únicamente el momento flector máximo para tener una orientación del perfil necesario. Se estima que el chasis portante soporta la totalidad de la carga, ya que sobre este se apoya el resto de la estructura según indica Muñoz Gracia en “Vehículo industrial y automóvil” [10]. Además este se compone de 2 vigas

El momento flector máximo de la sección se produce para $X = 9,1$ m y de valor 137942.3 N m para los 2 largueros, cada larguero soportara la mitad de carga con lo que queda que para una única viga el valor del momento flector máximo es 68 971,15 Nm.

Se plantean 4 posibles calidades de acero, S235, S275, S355 y S450, de diferentes límites elásticos.

Calidad	Tensión elástica ($\sigma_{\text{elástica}}$)
S235	235 MPa
S275	275 MPa
S355	355 MPa
S450	450 MPa

Tabla 3.4 Calidades de los distintos aceros

Considerando el momento flector máximo se obtiene que la tensión elástica [15] es:

$$\sigma_{\text{elastica}} = \frac{M_y \times C_s}{W_{\text{el},y}} \quad (11)$$

Para que se trabaje en el rango elástico, la tensión no debe superar el límite elástico, es por eso que se definirá como tensión máxima soportada la del límite elástico, con lo cual se buscara un perfil que cumpla que el momento resistente elástico $W_{\text{el},y}$ sea al menos el calculado.

Debido a las cargas dinámicas, se debe considerar un C_s de 3, aplicando a cada calidad su límite de tensión elástica, se obtienen los siguientes resultados:

- S235 $W_{\text{el},y} > 880,48 \text{ cm}^3$
- S275 $W_{\text{el},y} > 752,41 \text{ cm}^3$
- S355 $W_{\text{el},y} > 582,85 \text{ cm}^3$
- S450 $W_{\text{el},y} > 459,81 \text{ cm}^3$

Debido al alto precio que tiene el S450, descartamos su aplicación, ya que elevaría considerablemente el coste de fabricación de la estructura.

Uno de los factores más limitantes será la altura del perfil pues se estudiarán perfiles que cumplan con una altura de 300 mm mínima para que cuando suba la suspensión el neumático no toque con el chasis. Esta altura de perfil es necesaria debido a la suspensión neumática, ya que esta puede tener diferentes alturas.

Una primera aproximación de perfiles que cumplen es la que se recoge en la tabla 3.5 *Perfiles que cumplen una primera aproximación*. Todos ellos cumplen con el $W_{el,y}$. Todos los perfiles que aquí se detallan pertenecen a la gama comercial de ArcelorMittal y sus datos están en el prontuario de “Perfiles y Barras comerciales de ArcelorMittal” [28]

Perfil	Calidad
IPE 300 O +	S 355
HE 300 A	S 275
HD 320X74,2	S 275
HD 320X97,6	S 275
HP 305X88	S 275
HP 305X95	S 275
IPN 300	S 355
HE 300 A	S 355
HD 320X74,2	S 355
HD 320X97,6	S 355
HP 305X88	S 355
HP 305X95	S 355

Tabla 3.5 Perfiles que cumplen una primera aproximación

Se analizara a continuación la influencia de la carga sobre los perfiles de la tabla superior considerando la tensión producida por el momento flector y el cortante. El valor de $M_y = 68\,971,15\text{ Nm}$ y $V_z = 84409,6\text{ N}$

Cálculo de la tensión producida por momento flector [15]

$$\sigma = \frac{M_y \times z}{I_y} \quad (12)$$

M_y = Momento flector

z = distancia del centro de gravedad a la sección de estudio

I_y =Momento de Inercia

Cálculo de la tensión producida por esfuerzo cortante [15]

$$\tau = \frac{V_z \times S}{b \times I_y}$$

(13)

V_z = esfuerzo cortante

S = Momento estático de media sección

b =anchura de la sección

I_y =Momento de Inercia

Tensión equivalente de Von Mises [15].

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

(14)

Para ello se debe analizar en las tres secciones que tiene la viga:

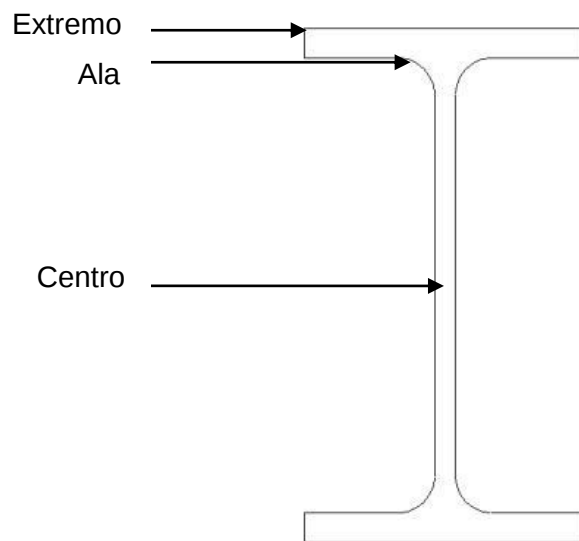


Figura 3.5 Esquema de sección de análisis en perfil

Los datos de momento de inercia y momento estático de media sección se pueden obtener del prontuario “Perfiles y Barras comerciales de ArcelorMittal [28]

Estudio del perfil	I_y (mm ⁴)	S (mm ²)
IPE 300 O+	99 940 000	2 910
IPN 300	98 000 000	3 458
HE 300 A	182 600 000	3 728
HD 320X74,2	164 500 000	3 540
HD 320X97,6	229 300 000	4 113
HP 305X88	184 200 000	4 161
HP 305X95	200 400 000	4 465

Tabla 3.6 Datos de perfiles estudiados

A continuación y aplicando las formulas 12,13 y 14, se detallan los resultados obtenidos considerando también el esfuerzo cortante para los perfiles que cumplían la primera aproximación.

IPE 300 O+					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	Z (mm)	Tensión equivalente(MPa)
extremo	-104,90	0,016	152	152	104,90
centro	0	0,31	8	0	0,53
ala	-96,13	0,065	38	139,30	96,13

Tabla 3.7 Cálculos de IPE 300 O+

IPN 300					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	Z (mm)	Tensión equivalente(MPa)
Extremo	-105,57	0,024	125	150	105,57
Centro	0	0,28	10,80	0	0,48
Ala	-94,17	0,091	32,40	133,80	94,17

Tabla 3.8 Cálculos de IPN 300

HE 300 A					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	Z (mm)	Tensión equivalente (MPa)
Extremo	-54,77	0,0057	300	145	54,77
Centro	0	0,20	8,50	0	0,35
Ala	-49,48	0,028	62,50	131	49,48

Tabla 3.9 Cálculos HE 300 A

HD 320X74,2					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	Z (mm)	Tensión equivalente (MPa)
Extremo	-63,10	0,006	300	150,50	63,10
Centro	0	0,23	8	0	0,39
Ala	-58,49	0,029	62	139,50	58,49

Tabla 3.10 Cálculos HD 320x74,2

HD 320X97,6					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	Z (mm)	Tensión equivalente (MPa)
Extremo	-46,62	0,005	300	155	46,62
Centro	0	0,168	9	0	0,29
Ala	-41,96	0,024	63	139,50	41,96

Tabla 3.11. Cálculos HD 320x97,6

HP 305X88					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	z	Tensión equivalente (MPa)
Extremo	-56,48	0,0062	307,80	150,85	56,48
Centro	0	0,1537	12,40	0	0,266
Ala	-51,88	0,044	42,80	138,55	51,88

Tabla 3.12 Cálculos HP 305x88

HP 305X95					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	Z (mm)	Tensión equivalente (MPa)
Extremo	-52,26	0,006	308,70	151,85	52,26
Centro	0	0,1517	12,40	0	0,263
Ala	-47,68	0,0439	42,80	138,55	47,68

Tabla 3.13 Cálculos HP 305x95

Debido a cargas dinámicas, se tiene que tener en cuenta un factor de seguridad de 3, factor considerado de “Vehículo industrial y automóvil” de Muñoz Gracia [10], por lo que se considerara como límite elástico la tercera parte del límite elástico del material

S275 = 91,66 Mpa

S355 = 118.33 Mpa

Se considerará una longitud útil de 13,60 m

perfiles	PESO (Kg/m)	$W_{el,y}$ (cm ³)	MASA TOTAL (Kg)	COSTE S235 1,03 €	COSTE S 275 1,06 €	COSTE S 355 1,1 €
IPE 300 O+	57	658	1550,4	NO CUMPLE A ESFUERZO	NO CUMPLE A ESFUERZO	1705,44
IPN 300	54,2	653	1474,24	NO CUMPLE A ESFUERZO	NO CUMPLE A ESFUERZO	1621,664
HE 300 A	88,3	1260	2401,76	2473,8128	2545,8656	2641,936
HD 320X74,2	74,2	1093	2018,24	2078,7872	2139,3344	2220,064
HD 320X97,6	97,6	1479	2654,72	2734,3616	2814,0032	2920,192
HP 305X88	88	1221	2393,6	2465,408	2537,216	2632,96
HP 305X95	95	1320	2584	2661,52	2739,04	2842,4

Tabla 3.14 Masa y coste de perfiles calculados

*se debe considerar que el precio del acero solo es para perfiles doble T.

Teniendo en cuenta esto, se observa que para el material S355 cumplen todos los perfiles, y para el S275 casi todo, así que se analizara la variable peso y costo de

material. La valoración en función del peso se ha asignado con un 7 el menos pesado y reduciéndose hasta 1 el más pesado. La valoración coste se ha dado un 12 al más económico y disminuyendo hasta 1 para el de mayor precio.

PONDERACIÓN				
		PESO	COSTO	SUMA PONDERACIÓN
IPE 300 O +	S 355	6	11	17
HE 300 A	S 275	3	7	10
HD 320X74,2	S 275	5	10	15
HD 320X97,6	S 275	1	2	3
HP 305X88	S 275	4	8	12
HP 305X95	S 275	2	4	6
IPN 300	S 355	7	12	19
HE 300 A	S 355	3	5	8
HD 320X74,2	S 355	5	9	14
HD 320X97,6	S 355	1	1	2
HP 305X88	S 355	4	6	10
HP 305X95	S 355	2	3	5

Tabla 3.15 Ponderación de perfiles

El perfil que mejor relación peso-costo tiene es el IPN 300, pero este perfil presenta una geometría inclinada en las alas, lo que dificulta la sujeción de elementos como el porta-pallets al chasis, por lo que se escogerá el perfil IPE 300 O+ con calidad de acero S 355 que aunque sea más pesado y caro, (las diferencias son muy pequeñas en comparación con el perfil IPN 300), presenta mejores dimensiones, además el $W_{el,y}$ es mayor.

Para el cálculo del cuello de cisne el momento flector máximo de la sección se produce para $X = 3$ m que es el punto donde el cuello de cisne comienza y a partir del cual se empieza a estrechar la sección. El valor del momento flector es de 30 905,73 Nm, este considerando 2 vigas que soportan la totalidad de la carga, para una única viga, el momento flector máximo será 15 452.87 Nm. Para el dimensionado de la sección, no se debe superar en ningún momento la tensión elástica del material, puesto que solo se quiere que la sección trabaje en el rango elástico y no haya deformaciones permanentes.

Calculo de la tensión producida por momento flector

$$\sigma = \sigma_e = \frac{M_y \times z}{I_y} \quad (15)$$

Para este cálculo se puede despreciar el efecto del esfuerzo cortante, ya que como se ha podido ver con anterioridad no supone un valor significativo. Debido a las cargas dinámicas, se debe considerar un C_s de 3 [10], aplicando a calidad S355, se obtienen los siguientes resultados:

$$W_{el,y} = \frac{I_y}{z} \quad (16)$$

$$W_{el,y} > 261,18 \text{ cm}^3$$

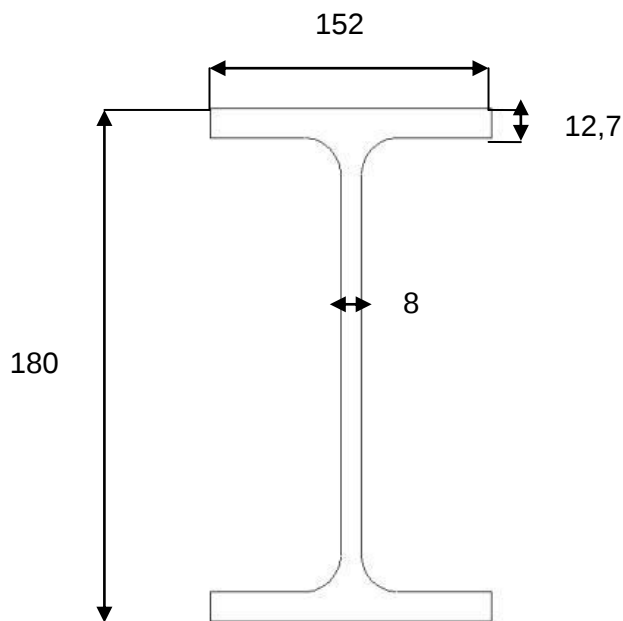


Figura 3.6 Dimensiones de cuello de cisne

Para la sección se tiene un $I_y = 25\,995\,500 \text{ mm}^4$, $Z = 90 \text{ mm}$ y $W_{el,y} = 288,83 \text{ cm}^3$, con lo cual cumple a esfuerzo también en el cuello de cisne.

La distribución de tensiones queda:

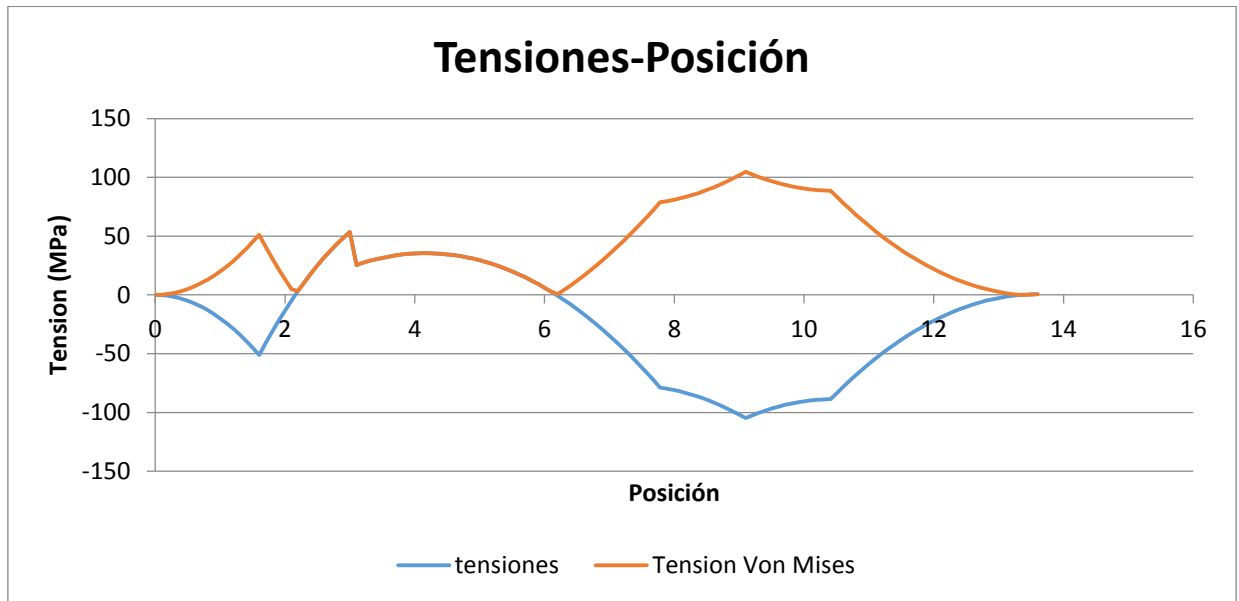


Figura 3.7 Diagrama de tensiones

En ningún momento se supera el límite elástico del material, y se obtiene un valor de tensión máximo de 104,82 MPa situado en $X = 9,1$ m.

3.1.1.1.6 Desplazamientos

Existen en la estructura 3 puntos donde el desplazamiento producido puede ser máximo, por ello se calcularán para conocer su magnitud. Se descarta que el desplazamiento máximo esté en un lugar de los 3 ejes, debido a que son apoyos.



Figura 3.8 Lugares de posible desplazamiento máximo.

Principio del semirremolque: por estar en voladizo

Del prontuario de vigas [9], para el caso estudiado que se puede considerar como un voladizo con carga distribuida, la flecha maxima es:

$$y_{max} = - \frac{(P_{distribuido} + Q_{distribuido}) x L^4}{8 E I_y} \quad (17)$$

$$y_{max} = - \frac{(78\,480\,N + 235\,440\,N) x (1\,600\,mm)^4}{8 x 210\,000\,MPa x 25\,995\,500\,mm^3}$$

$$y_{max} = -1,73\,mm$$

Punto de momento flector máximo para el centro.

En este caso, se calculara mediante el segundo teorema de Mohr [15]:

$$y_{max} = - \frac{1}{EI_y} \int_{xc}^{xd} (x - xc) x M_y \, dx \quad (18)$$

*se considerara para una única viga, por tanto Momento flector se considerara la mitad

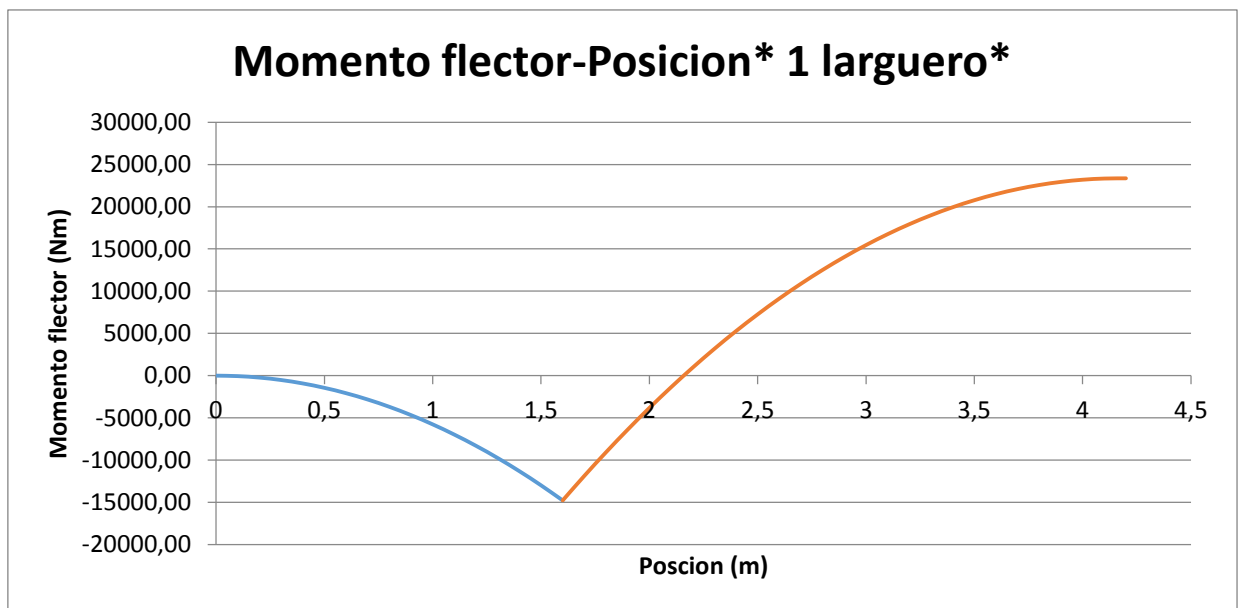


Figura 3.9 Diagrama de momento flector

$$y_{max} = -\frac{1}{210000 \text{ MPa} \times 99940000 \text{ mm}^3} \times (7,878 \text{ Nm} \times (0,4 + 2,6)m + 2708,32 \times (0,4125 + 2,05)m - 31920,22 \times (0,768)m) \times 10^3$$

$$y_{max} = 0,28 \text{ mm}$$

Final del semirremolque

Del prontuario de vigas [9], para el caso estudiado que se puede considerar como un voladizo con carga distribuida, la flecha maxima es:

$$y_{max} = -\frac{(P_{distribuido} + Q_{distribuido}) \times l^4}{8 EI} \quad (19)$$

$$y_{max} = -\frac{(78480 \text{ N} + 235440 \text{ N}) \times (3190 \text{ mm})^4}{8 \times 210000 \text{ MPa} \times 99940000 \text{ mm}^3}$$

$$y_{max} = -7,11 \text{ mm}$$

3.1.1.2 Calculo del chasis portado

El chasis portado se constituye de:

- 33 Travesaños.
- Perfiles estructurales: Los perfiles estructurales, solo tienen función de estructura, y soportan una carga despreciable con respecto a los travesaños.

3.1.1.2.1 Calculo de los travesaños

La estructura del chasis portado que compone el piso son los 33 travesaños que serán sobre los que se colocaran las cargas.

3.1.1.2.1.1 Reparto de carga en los travesaños

Para los travesaños se estima que soportan 1/3 de la carga total según “Vehículo industrial y automóvil” [10] y para su diseño se realiza un cálculo de resistencia.

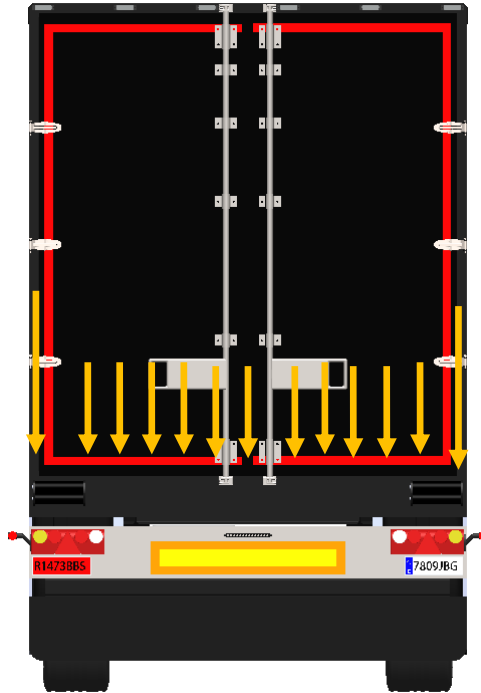


Figura 3.10 Carga sobre los travesaños

La carga q (N) debida al peso de la carga únicamente dado que los travesaños no soportan carga de la estructura por del chasis portante. La carga se puede considerar uniformemente repartida por todos los travesaños de la estructura. En los extremos de los travesaños apoyaran **las paredes, las cuales se ha estimado un peso para el cálculo de 800 Kg** (superior al peso real).

$$q = \frac{1}{3} Q \times g \quad (20)$$

$$q = \frac{1}{3} \times 24000 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 78\,480 \text{ N}$$

Q = carga

g = aceleración producida por la gravedad

$$q_{travesaño} = q / n^{\circ} \text{ travesaños} \quad (21)$$

$$q_{travesaño} = 78\,480 \text{ N} / 33 = 2\,378,18 \text{ N}$$

Y la carga distribuida será:

$$q_{distribuida} = q_{travesaño} / L_{travesaño} \quad (22)$$

$$q_{distribuida} = 2\,378,18 \text{ N} / 2,511 \text{ m} = 947,11 \text{ N/m}$$

$L_{travesaño}$ = longitud travesaño 2.511 m

$$P_{pared+techo} = \frac{(800 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2)}{33} = 237,82 \text{ N} \quad (23)$$

Las cargas que recaerán sobre el travesaño se recogen en la tabla 3.16

Cargas en un único travesaño	
Carga distribuida	947,11 N/m
Carga pared izquierda + techo	237,82 N
Carga pared derecha + techo	237,82 N

Tabla 3.16 Cargas de travesaño

Se hace una sumatoria de fuerzas verticales que deben ser 0. Como criterio de signo se consideraran las fuerzas verticales hacia abajo como negativas, mientras que las fuerzas verticales dirigidas hacia arriba se consideraran positivas.

$$\sum F_{vertical} = q_{travesaño} + 2xP_{pared+techo} + Fa + Fb + = 0 \quad (24)$$

$$\sum F_{vertical} = -2\,378,18 - 237,82 - 237,82 + Fa + Fb + = 0$$

Se hace una sumatoria de momentos respecto al apoyo a. Como criterio de signos para los momentos se considerara positivo los momentos anti-horarios mientras que los momentos horarios se consideraran negativos.

$$\begin{aligned}\sum M_a = & -\left(q_{distribuida} \times \frac{da^2}{2}\right) - (P_{pared+techo} \times da) \\ & + \left(q_{distribuida} \times \frac{(L_{travesaño} - da)^2}{2}\right) + (P_{pared+techo} \times (L_{travesaño} - da)) \\ & - (F_b \times (L_{travesaño} - da)) = 0\end{aligned}\quad (25)$$

$$\begin{aligned}\sum M_a = & -\left(947,11 \frac{N}{m} \times \frac{0,604^2}{2} m^2\right) - (237,82 N \times 0,604 m^2) + \left(947,11 \frac{N}{m} \times \frac{1,906^2}{2} m^2\right) + \\ & (237,82 N \times 1,906 m) - (F_b \times 1,303 m) = 0\end{aligned}$$

De la resolución de las ecuaciones se obtienen unos valores de:

$$F_a = 1426,91 \text{ N}$$

$$F_b = 1426,91 \text{ N}$$

3.1.1.2.1.2 Diagrama de momentos flectores, esfuerzos cortantes y dimensionado de los perfiles en travesaños.

Diagrama de momentos flectores [15]

$$M_y = -237,82 \times X - 947,11 \times \frac{X^2}{2} \quad \text{Para } 0 < X < 0,604 \text{ m}$$

$$M_y = -237,82 \times X - 947,11 \times \frac{X^2}{2} + 1426,91 \times (X - 0,604) \quad \text{Para } 0,604 < X < 1,906 \text{ m}$$

$$M_y = -237,82 \times X - 947,11 \times \frac{X^2}{2} + 1426,91 \times (X - 0,604) + 1426,91 \times (X - 1,906) \quad \text{Para } 1,906 < X < 2,511 \text{ m}$$

(26)

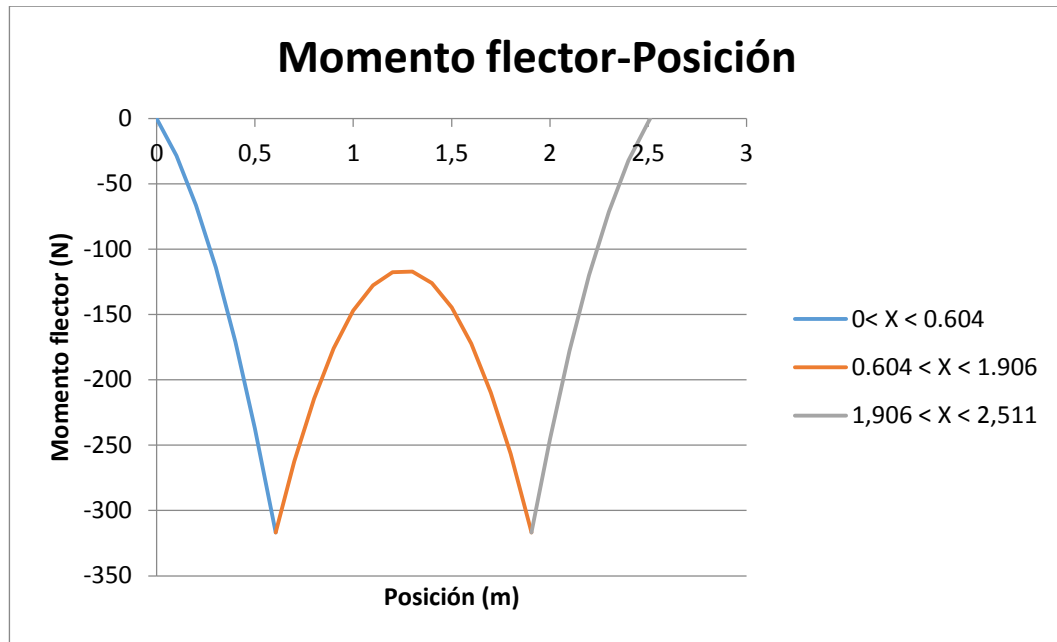


Figura 3.11 Diagrama de momentos flectores para travesaños

Diagrama de esfuerzos cortantes [15]

$$M_y = -237,82 - 947,11 X \quad \text{Para } 0 < X < 0,604 \text{ m}$$

$$M_y = -237,82 - 947,11 X + 1426,91 \quad \text{Para } 0,604 < X < 1,906 \text{ m}$$

$$M_y = -237,82 - 947,11 X + 1426,91 + 1426,91 \quad \text{Para } 1,906 < X < 2,511 \text{ m}$$

(27)

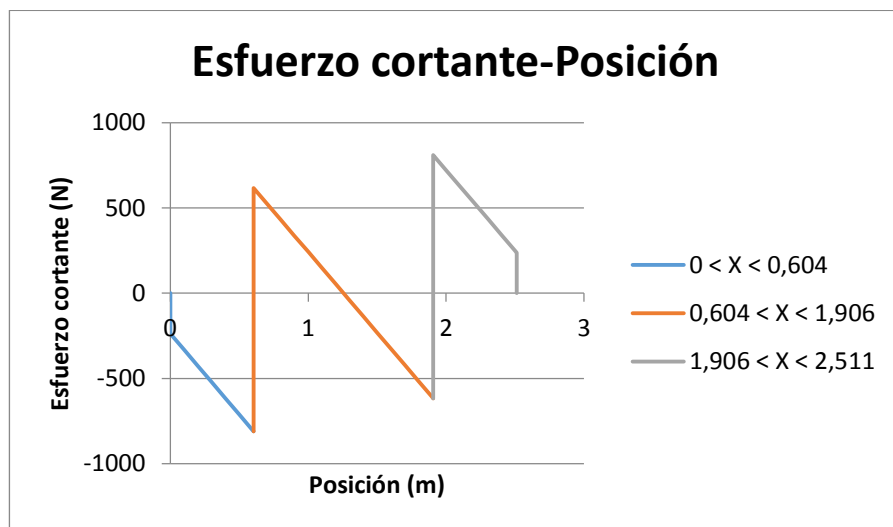


Figura 3.12 Diagrama de esfuerzos cortantes para travesaños

Hay que dimensionar considerando el esfuerzo cortante, y el momento flector máximos. Para ello se hace aplicación del teorema de Von Mises [15]

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (28)$$

Para ello se calcularan los esfuerzos en las tres posibles zonas

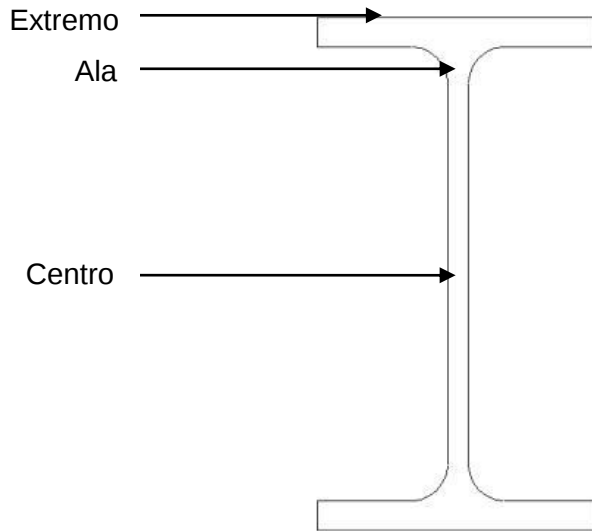


Figura 3.13 Esquema de sección de análisis de perfil

Se analizara para el caso IPE 80 e IPN 80.

estudio del perfil	$W_{ely} (cm^3)$	$I_y (cm^4)$	$A_{vz}(cm^2)$	Masa (Kg/m)
IPE 80	20	80,1	3,58	6
IPN 80	19,5	77,8	3,41	5.94

Tabla 3.17 Datos de perfiles calculados [28]

Calculo de la tensión producida por momento flector [15]

$$\sigma = \frac{M_y \times z}{I_y} \quad (29)$$

Calculo de la tensión producida por esfuerzo cortante [15]

$$\tau = \frac{V_z \times A_{vz}}{b \times I_y}$$

(30)

IPE 80					
Posición de la viga	σ (Momento flector) (MPa)	τ (Esfuerzo cortante) (MPa)	b (mm)	Z (mm)	Tensión equivalente (MPa)
extremo	-30,79	0,79	46	40	30,82
centro	0	11,25	3,22	0	19,48
ala	-26,78	2,74	13,2	34,8	27,20

Tabla 3.18 Cálculos de tensión IPE 80

IPN 80					
Posición de la viga	σ (Momento flector)	τ (Esfuerzo cortante)	b	z	tensión equivalente
extremo	-31,70	0,84	42	40	31,73
centro	0	9,11	3,9	0	15,77
ala	-26,48	3,03	11,7	33,4	26,98

Tabla 3.19 Cálculos de tensión IPN 80

Calidades	Limite elástico con coeficiente de seguridad de 3 (MPa)
S 275	91,67
S 355	118,33

Tabla 3.20 Limite elástico aplicado el C_s

El tensión permanece en todo momento por debajo del límite elástico, por lo que los perfiles propuesto son válidos ambos.

Las diferencias de peso son despreciables prácticamente por lo que la elección será el perfil IPE 80, ya que las tensiones son menores y solo supone un aumento de peso despreciable

3.1.1.2.2 Cálculo de perfiles estructurales de los marcos

Para el cálculo de los perfiles estructurales se tienen 4 marcos, trasero, delantero y los dos laterales, para su cálculo se consideraran pórticos biempotrados con carga continua. Para el cálculo, se ha considerado la situación más desfavorable posible, y es el caso de que el semirremolque, tenga sobre el techo nieve, puesto que para un estado normal de circulación, la carga del techo no es significativa.

Se considerará una densidad de nieve de 500 Kg/m^3 , (considerando nieve vieja, de varios días) y un espesor de $0,20 \text{ m}$, sobre la superficie del techo de $34,68 \text{ m}^2$.

$$Masa \text{ nieve} = A \times e \times \rho \quad (31)$$

$$Masa \text{ nieve} = 34,68 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \times 500 \text{ Kg/m}^3 = 3468 \text{ Kg}$$

A la masa de nieve se le ha de añadir la masa del propio techo de 180 Kg .

3.1.1.2.2.1 Cálculo de los marcos trasversales.

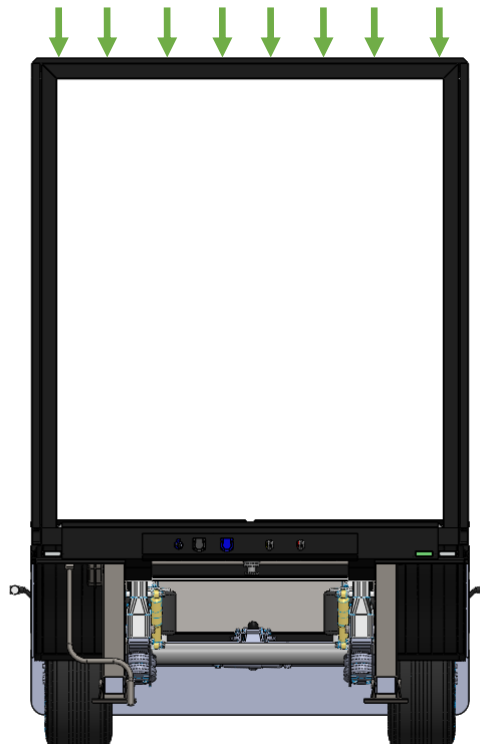


Figura 3.14 Cargas aplicadas sobre marco trasversal

Los datos de partida del pórtico son los recogidos en la tabla 3.21

l	2,546 m
h	2,7 m
masa techo	180/4*= 45 Kg
masa nieve	3 468/4*= 867 Kg
PESO TOTAL	8 946,72 N
P distribuido	3 514,03 N/m

Tabla 3.21 Datos de cálculo marco trasversal

*Como hay 4 particos, se reparte la masa igualitariamente entre los 4.

Del prontuario para cálculos de pórticos [15], se obtiene la fórmula de momento flector máximo.

$$M_{y,max} = \frac{P_{distribuido} \times l^2}{24} \frac{3K + 2}{K + 2} \quad (32)$$

Donde $K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{l} = 1,064$

Como se trata de la misma sección y además en la misma posición de los ejes de inercia $I_1=I_2$. Por tanto resolviendo el momento flector máximo para el pórtico trasversal queda:

$$M_{y,max} = \frac{3\,514,029 \times 2,546^2}{24} \frac{3 \times 1,064 + 2}{1,064 + 2}$$

$$M_{y,max} = 631,12 \text{ Nm}$$

El perfil se construirá de acero S355, considerando un factor de seguridad de 3 [10], la tensión maxima será de 118,33 Mpa.

$$\sigma = \frac{M_y}{W_{el,y}} \quad (33)$$

Resolviendo se obtiene $W_{el,y} = 5\,333,55 \text{ cm}^3$, y la sección propuesta tiene 8900 cm^3 en su eje débil basado en el prontuario de “Perfiles y Barras comerciales Condesa” [29], por tanto el perfil será admisible para este caso. Aunque se cumpliría con un perfil de menor sección, por motivos de geometría es necesario este perfil, dado que será donde se atornillara el panel.

3.1.1.2.2 Cálculo de los marcos longitudinales.

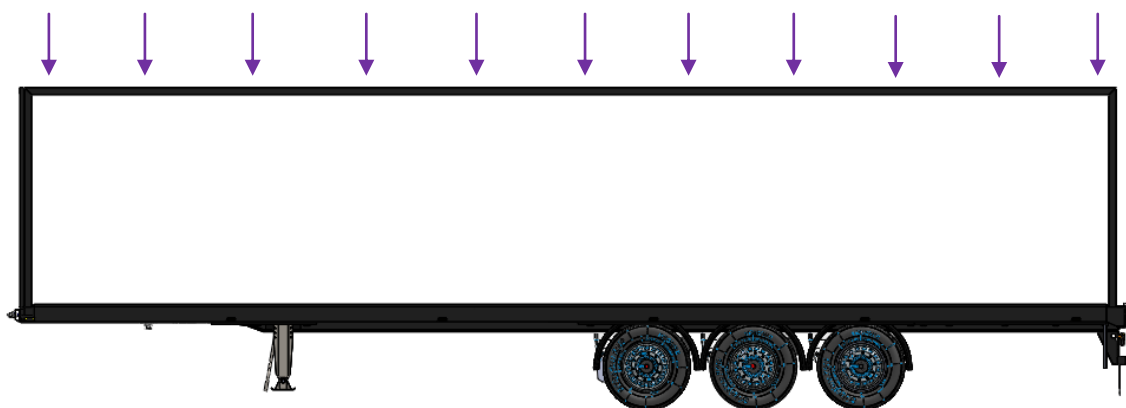


Figura 3.15 Cargas aplicadas sobre marco longitudinal.

El reparto de carga y los datos de partida para el marco longitudinal son los reflejados en la tabla 3.22:

l	13,6 m
h	2,7 m
masa techo	180/4* Kg
masa nieve (extremo)	3468/4* Kg
PESO TOTAL	8 946,72 N
P distribuido	657,85 N/m

Tabla 3.22 Datos de cálculo marco longitudinal

*Como hay 4 particos, se reparte la masa igualmente entre los 4.

Del prontuario para cálculos de pórticos [15], se obtiene la fórmula de momento flector máximo.

$$M_{y,max} = \frac{P_{distribuido} \times l^2}{24} \frac{3K + 2}{K + 2} \quad (34)$$

Donde $K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{l} = 0,198$

Como se trata de la misma sección y además en la misma posición de los ejes de inercia $I_1=I_2$. Por tanto resolviendo el momento flector máximo para el pórtico trasversal

queda:

$$M_{y,max} = \frac{657,84 \times 13,6^2}{24} \frac{3 \times 0,198 + 2}{0,198 + 2}$$

$$M_{y,max} = 440,10 \text{ Nm}$$

El perfil se construirá de acero S355, considerando un factor de seguridad de 3, la tensión máxima será de 118,33 Mpa.

$$\sigma = \frac{M_y}{W_{el,y}} \quad (35)$$

Resolviendo se obtiene $W_{el,y} = 3\,719,26 \text{ cm}^3$, y la sección propuesta tiene $8\,900 \text{ cm}^3$ en su eje débil [29], por tanto el perfil será admisible para este caso. **Aunque se cumpliría con un perfil de menor sección, por motivos de constructivos es necesario este perfil dado que se necesitaran las dimensiones requeridas para los paneles laterales.**

3.2 Análisis numérico del chasis

Para el cálculo numérico, se ha empleado el método de elementos finitos, a través del programa de cálculo Abaqus.

Debido al tamaño de la estructura, se ha realizado el cálculo basado en una estructura alámbrica, dado que este tiene unos resultados lo suficientemente precisos y no demora el tiempo de cálculo, además este precisa de una potencia de cálculo menor, lo cual puede realizarse con cualquier ordenador. La estructura simulada es la siguiente

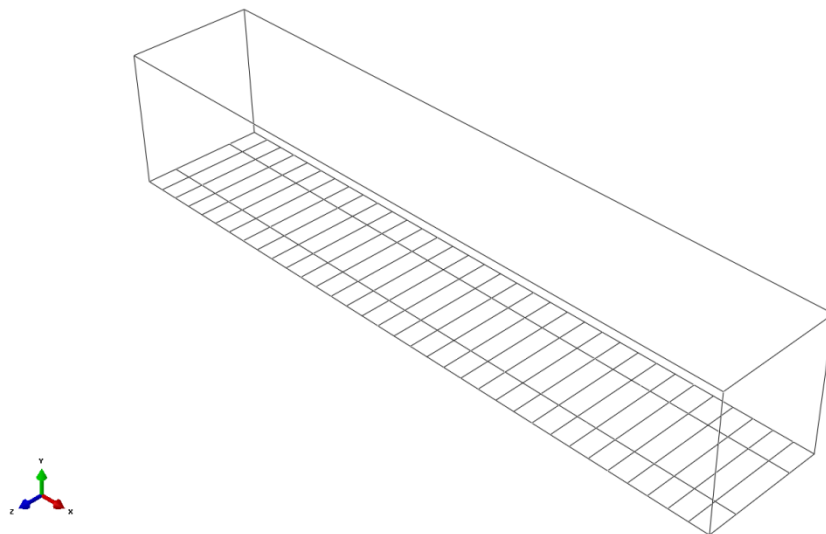


Figura 3.16 Representación alámbrica de estructura en Abaqus

El material se considerara acero S355, con modulo elástico de 210 000 MPa y coeficiente de Poisson de 0,3

Para cada línea de la estructura alámbrica se ha aplicado la sección:

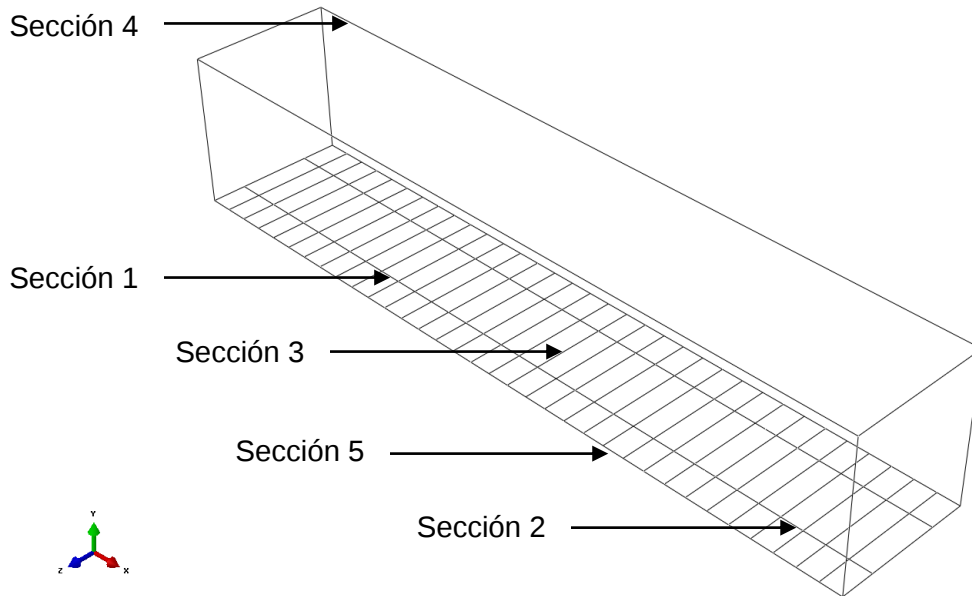


Figura 3.17 Secciones de análisis con Abaqus

La sección 1 comprende los largueros principales en su sección mayor, es decir IPE 300 O:

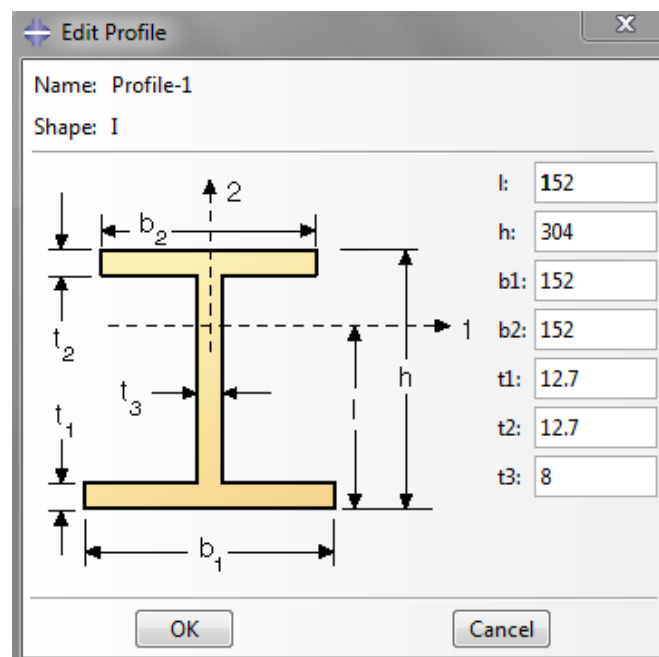


Figura 3.18 Sección 1

La sección 2 corresponde a la disminución de sección o cuello de cisne de los largueros principales:

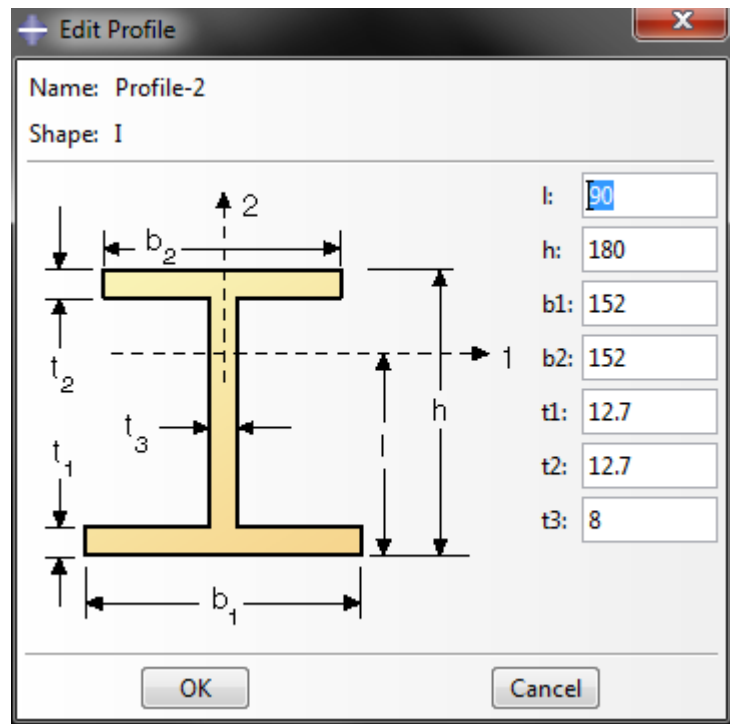


Figura 3.19 Sección 2

La sección 3 corresponde a los travesaños, con el perfil IPE 80

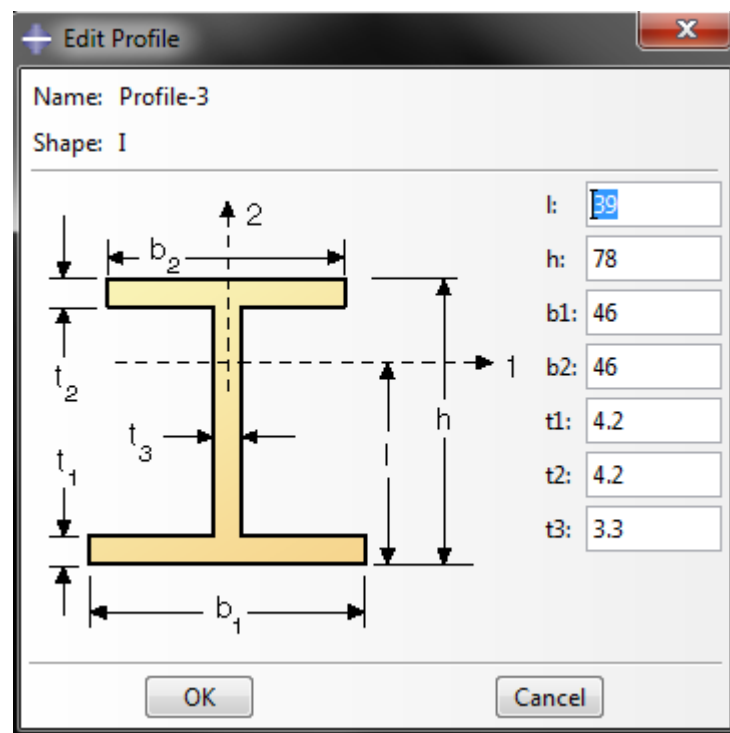


Figura 3.20 Sección 3

La sección 4 corresponde a la estructura 90x50x5

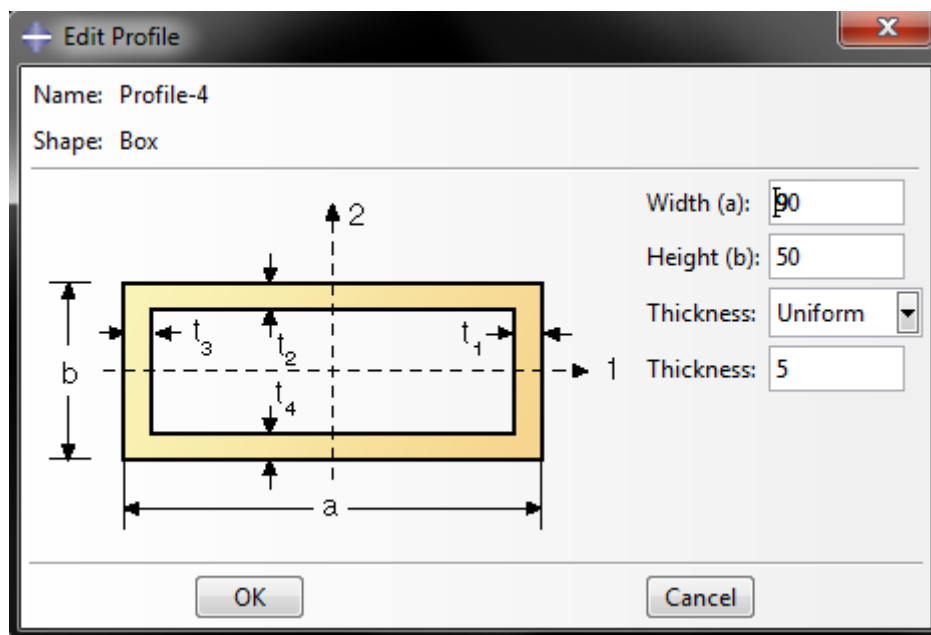


Figura 3.21 Sección 4

La sección 5 corresponde al perfil lateral UPE 100

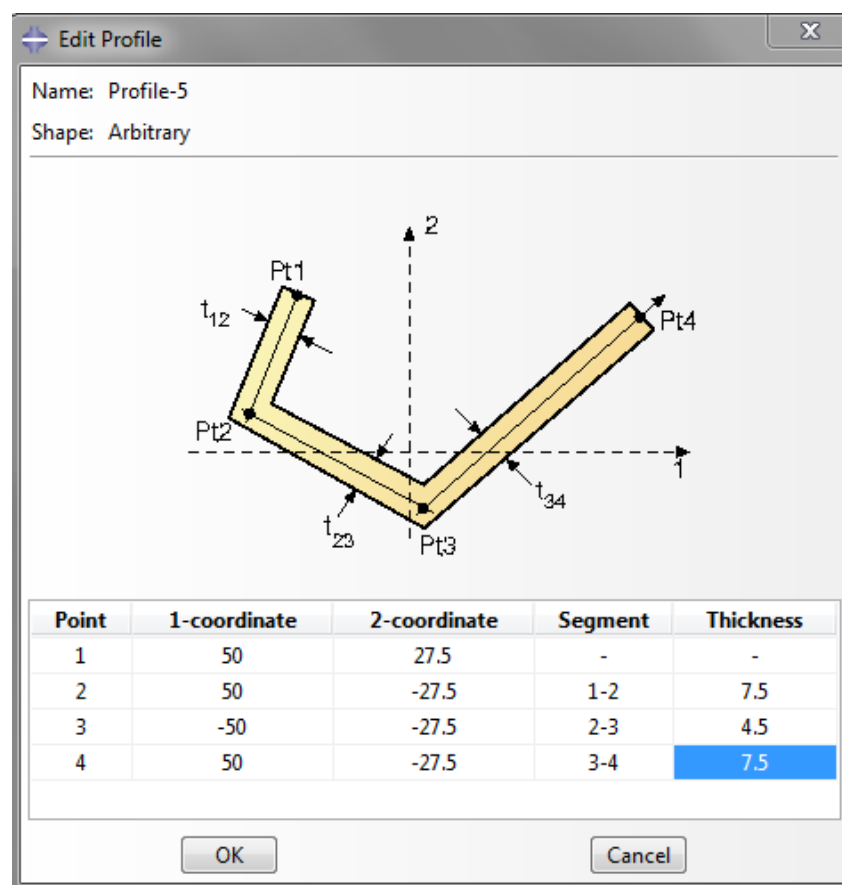


Figura 3.22 Sección 5.

El semirremolque tiene por condiciones de contorno:

-Un apoyo que impide el desplazamiento en el eje Y situados en el King Pin, la placa de apoyo y en los tres ejes.

-Como carga tendrá una carga distribuida uniformemente por todo el piso, de manera que se aplica como una presión de 9051.90 N/m^2 .

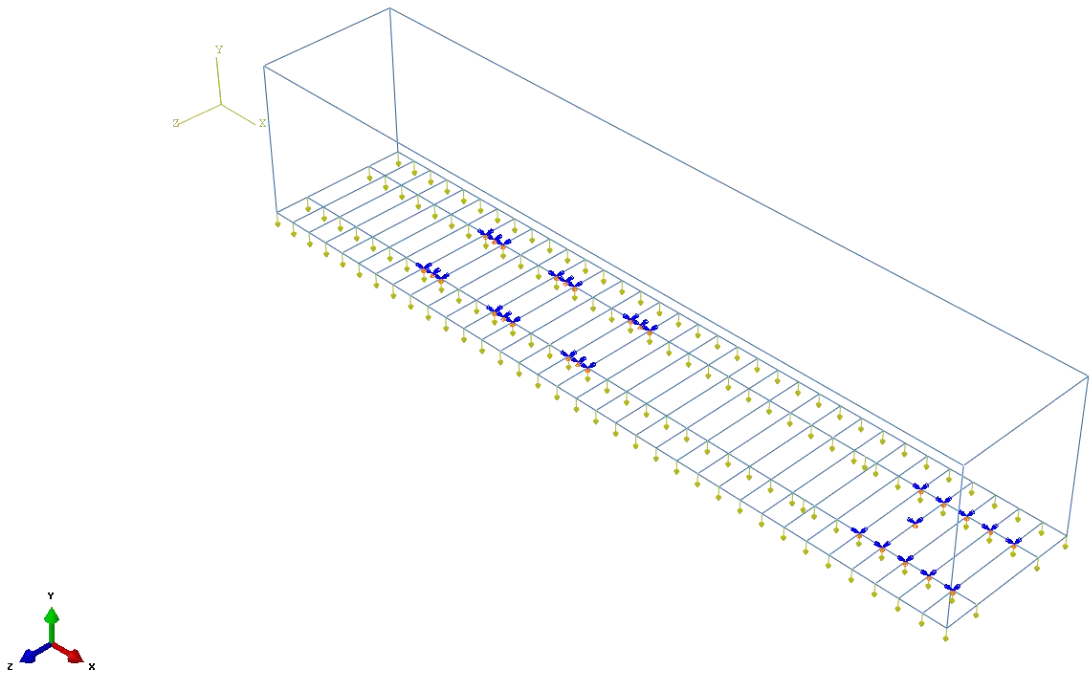


Figura 3.23 Representación de condiciones de contorno en Abaqus

Y los resultados del cálculo son:

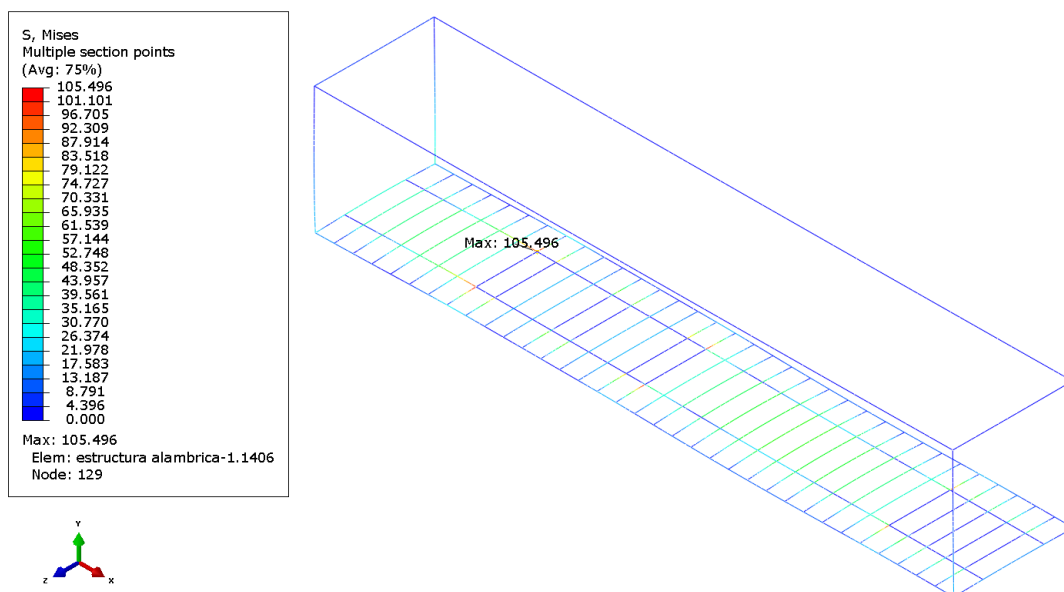


Figura 3.24 Tensión de Von Mises

Tensión máxima de Von Mises de 105,496 MPa en los largueros principales, permaneciendo el resto casi sin esfuerzo como se preveía. Para el cuello de cisne se observan valores en torno a los 55 MPa.

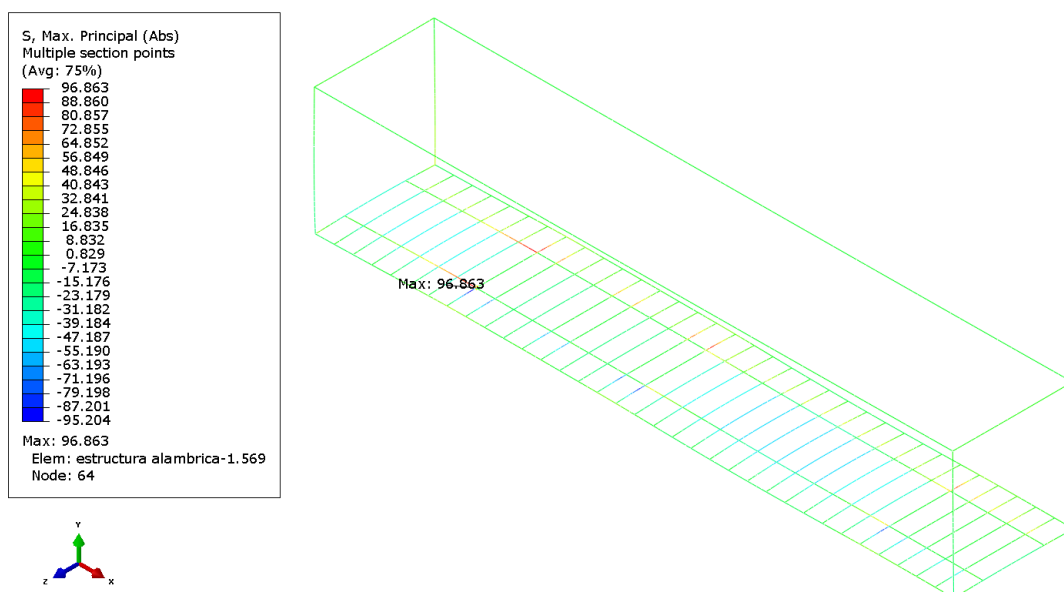


Figura 3.25 Tensiones máximas principales

En cuanto a la componente de tensión máxima absoluta, se produce en el mismo lugar que la de Von Mises, y se produce una tensión de tracción de 96,863 MPa y una compresión de -95,204 MPa. El resto aunque con esfuerzos, tiene valores mucho más bajos, lo cual indica que la carga la soporta el chasis portante.

Y los desplazamientos:

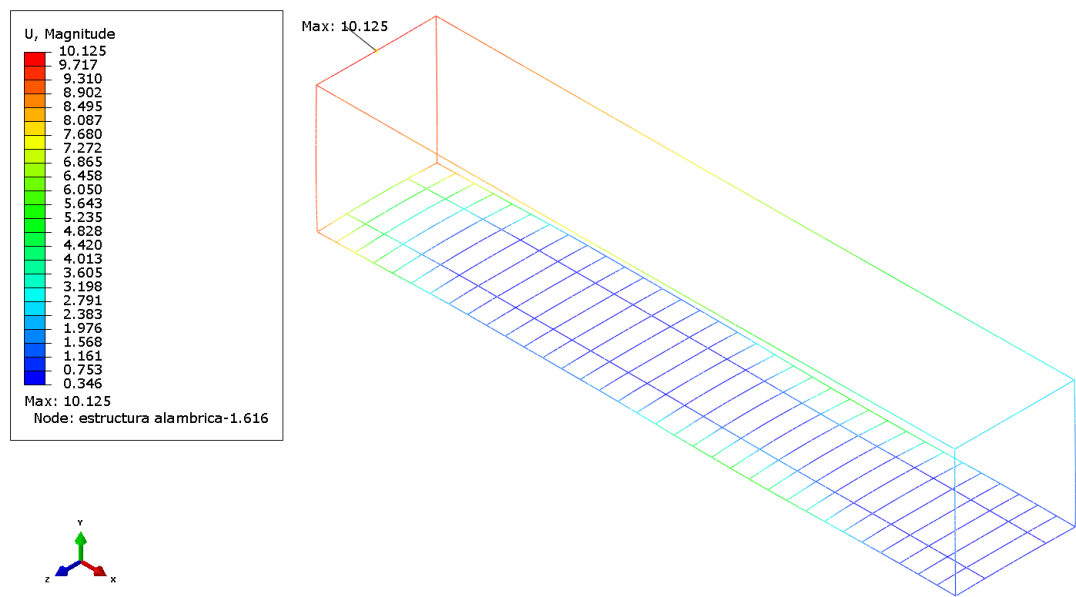


Figura 3.26 Desplazamientos calculados en Abaqus

El desplazamiento máximo se obtiene en la barra de refuerzo del techo, con lo cual no es muy significativo, dado que el desplazamiento no provocara una deformación excesiva. Si era de esperar que los desplazamientos máximos estuvieran en la parte trasera, pues esta queda en voladizo. Además el máximo desplazamiento en la parte trasera tiene un valor de 6,96 mm, lo cual no es una deformación excesiva.

3.3 Comparación de métodos.

Se puede apreciar la similitud entre el análisis analítico y numérico, dado que se obtienen resultados en cuanto a valores muy similares, sin embargo cambia el punto de aplicación dado que el reparto de carga en los cálculos es distinto, considerándose el análisis numérico más real, por tanto se puede confirmar que el dimensionado de los perfiles es válido en cuanto a medidas, pero el punto de aplicación del esfuerzo se ve afectado por el reparto de carga.

Posición	Calculo analítico	Cálculo numérico
σ King Pin (Abs)	-51.14 MPa	-55,19 MPa
σ cuello de cisne (Abs)	53,49 MPa	48,84 MPa
σ primer eje (Abs)	-78,75 MPa	-63,19 MPa
σ segundo eje (Abs)	-96,13 MPa	-79,20 MPa
σ tercer eje (Abs)	-95.204 Mpa	-88,69 MPa

σ King Pin (Von Mises)	51,14 MPa	52,75 MPa
σ cuello de cisne (Von Mises)	53,49 MPa	57,14 MPa
σ primer eje (Von Mises)	78,75 MPa	79,15 MPa
σ segundo eje (Von Mises)	104,90 MPa	87,91 MPa
σ tercer eje (Von Mises)	95,204 MPa	105,49 MPa
y parte delantera	1,73 mm	1,16 mm
y cuello cisne	0.28 mm	0.346 mm
y parte trasera	7,11 mm	6,96 mm

Tabla 3.23 Comparación de resultados de ambos métodos.

3.4 Cálculos adicionales

3.4.1 Uniones atornilladas

Elementos tales como las paredes laterales, las puertas o el carenado lateral, son los elementos más susceptibles de rotura por impacto, dado que tienen una resistencia mucho menor que el resto de la estructura, es por eso por lo que las uniones deben ser desmontables fácilmente mediante tornillos.

3.4.1.1 Cálculo de uniones de los paneles

Para unir el panel lateral al chasis de forma que el panel pueda desmontarse en caso de rotura, la unión se realizara mediante tornillos auto perforantes. Los paneles encajan en los marcos, de manera que los tornillos los fijan al chasis sometidos a tracción-compresión y cortante.

Valores nominales del límite elástico f_{yb} y de la resistencia a tracción última f_{ub} de tornillos							
Tipo de tornillo	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Tabla 3.24 Valores del elasticidad y resistencia según calidad del tornillo

$$\gamma_{Mb} = 1,25 \text{ por ser tornillo}$$

-Fuerza de tracción

$$F_t = \frac{0,9 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (36)$$

Para un tornillo de M6 y calidad 4.8, según características del fabricante, soportara como máximo una fuerza de tracción:

$$F_t = \frac{0,9 \times 400 \text{ MPa} \times \frac{\pi \times 6^2}{4} \text{ mm}^2}{1,25}$$

$$F_t = 8\,143 \text{ N}$$

-Resistencia debida a cortante

- Tornillo de Grados 4.8, 5.8, 6.8 y 10.9:

$$F_c = \frac{0,5 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (37)$$

Para un tornillo de M6 y calidad 4.8, según características del fabricante, soportara como máximo una fuerza de tracción:

$$F_c = \frac{0,5 \times 400 \text{ MPa} \times \frac{\pi \times 6^2}{4} \text{ mm}^2}{1,25}$$

$$F_c = 4\,523,89 \text{ N}$$

El panel lateral se supone un peso de 3 234,35 N, con lo cual los tornillos tienen la suficiente resistencia para soportar el panel. Para asegurar el apriete y que no se produzcan oscilaciones del panel, se colocara un tornillo DIN 7331 cada metro. Además el piso también será unido mediante los mismos tornillos, por lo que se estima que se necesitaran aproximadamente unos 504 tornillos.

3.4.1.2 Cálculo de uniones de porta pallets y carenado lateral.

El máximo peso recaerá sobre el porta-pallets, que por construcción pesa 463 Kg, y si se considera que se puede cargar al menos con 537 Kg más, se tendrá una carga de 1000 N

-Fuerza de tracción

$$F_t = \frac{0,9 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (38)$$

Para un tornillo de M10 y calidad 8.8 , soportara como máximo una fuerza de tracción:

$$F_t = \frac{0,9 \times 800 \text{ MPa} \times \frac{\pi \times 10^2}{4} \text{ mm}^2}{1,25}$$

$$F_t = 45\,238,93 \text{ N}$$

-Resistencia debida a cortante

- Tornillos de grados 4.6, 5.6 y 8.8

$$F_c = \frac{0,6 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (39)$$

Para un tornillo de M6 y calidad 4.8, según características del fabricante, soportara como máximo una fuerza de tracción:

$$F_c = \frac{0,6 \times 800 \text{ MPa} \times \frac{\pi \times 10^2}{4} \text{ mm}^2}{1,25}$$

$$F_c = 30\,159,28 \text{ N}$$

El peso estimado del porta-pallets a maxima carga será de 9810 N, con lo cual los tornillos cumple el esfuerzo. El tornillo elegido será DIN 933 M10x 55. En el caso de los carenados laterales cada placa de amarre tendrá 4 tornillos en cada una de las esquinas, y el número de placas influirá en la disposición de las barras de soporte que lleve cada faldón. El porta-pallets será atornillado con 16 tornillos a 400 mm, para evitar su flexión.

3.4.2 Cálculo de elementos de protección anti-empotramiento.

Los elementos anti-empotramiento deben cumplir una serie de ensayos normalizados para que sean homologables, es por ello por lo que se deberán analizar puesto que han sido de diseño propio.

3.4.2.1 Cálculo barra anti-empotramiento trasero

Según la reglamentación, el paragolpes trasero o barra anti-empotramiento trasera, se verá sometida a unas fuerzas de impacto bastante grandes, con lo cual debido a la magnitud de la fuerza, esta deberá disipar la energía de choque deformándose, cumpliéndose en todo momento que el desplazamiento máximo de cualquier punto de la barra sea de 400 mm. Para ello se simulara la barra anti empotramiento diseñada bajo diferentes solicitaciones de carga, según el ensayo realizado por IDIADA, para su homologación, debiendo cumplir con el desplazamiento máximo admitido.

La barra se considerara de acero S355, con modulo elástico de 210 000 MPa y coeficiente de Poisson de 0.3

Se simularan 3 casos

- 1º 1 carga de 100 000 N en el centro de la barra aplicado sobre una placa de superficie de 120x70x10 (según ensayo IDIADA)
- 2º 2 cargas de 50 000 N en los extremos de la barra aplicados sobre una placa de superficie 120x70x10 (según ensayo IDIADA)
- 3 combinación de los dos casos anteriores

1º carga de 100 000 N en el centro de la barra

Desplazamiento

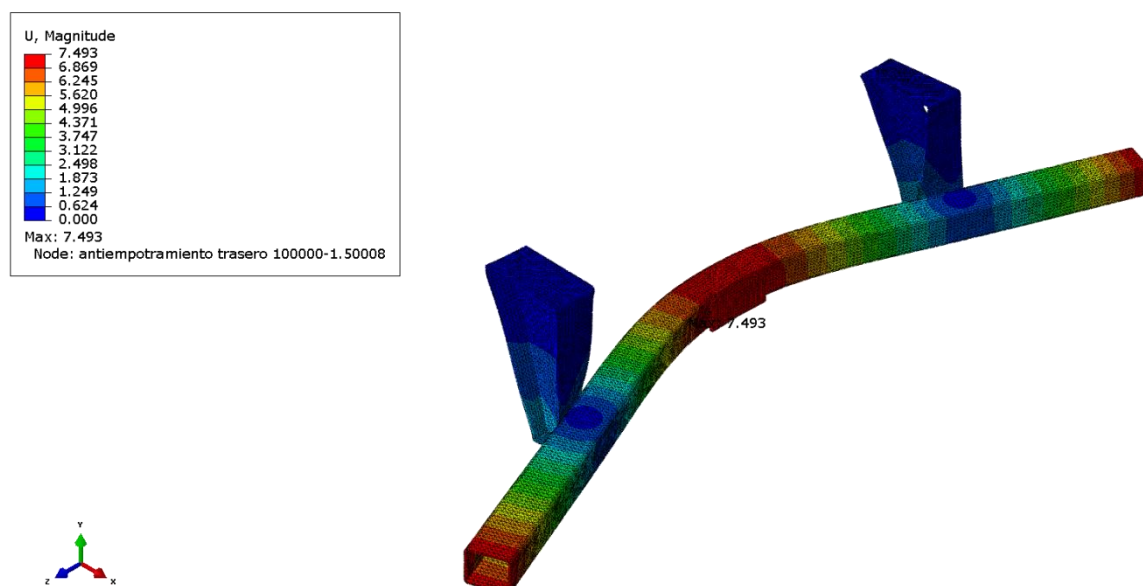


Figura 3.27 Desplazamientos en barra anti-empotramiento caso 1

Se observa que el desplazamiento máximo es de tan solo 7,493 mm, y tiene sentido dado que es un perfil bastante grueso, de 10 mm.

Tensión

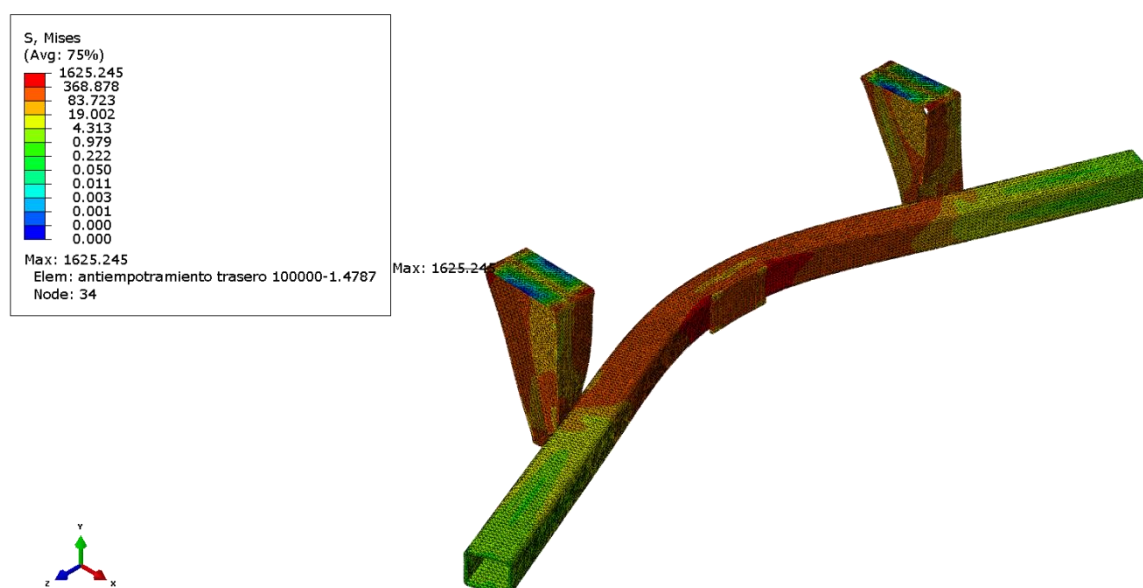


Figura 3.28 Tensiones en barra anti-empotramiento en caso 1

Las tensiones son superiores al límite elástico del material lo que implicara una deformación plástica permanente, por tanto en caso de choque deberá ser sustituido.

2º cargas de 50 000 N en los extremos de la barra

Desplazamientos

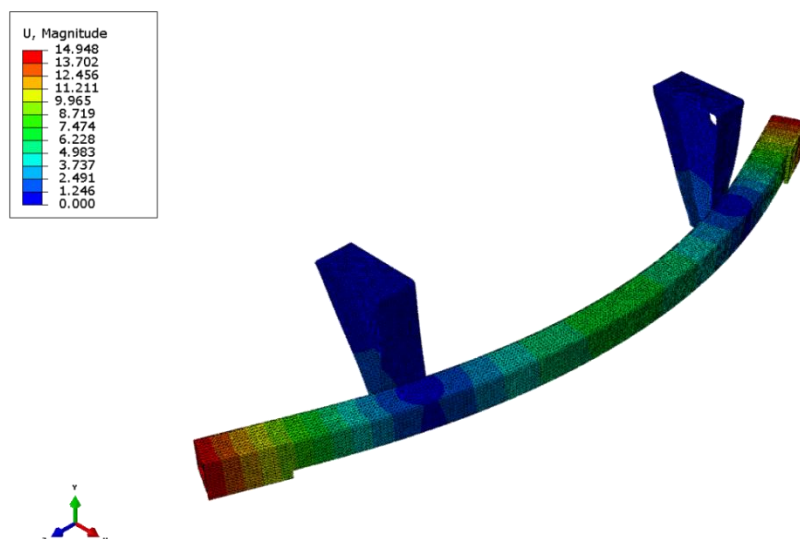


Figura 3.29 Desplazamientos en barra anti-empotramiento en caso 2

El efecto producido por las fuerza en los extremos provoca la deformación que se puede observar en la imagen 3.28, sin embargo a pesar de todo cumple con el requisito de deformación maxima.

Tensión

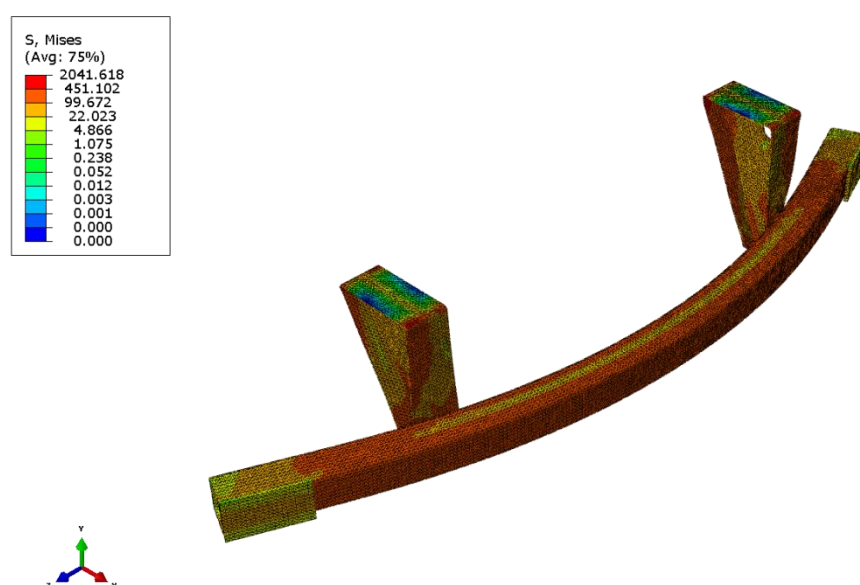


Figura 3.30 Tensiones en barra anti-empotramiento en caso 2

Al igual que el caso anterior las tensiones producirán una deformación plástica.

3º cargas de 100 000N y 50 000 N combinadas

El tercer ensayo no es necesario de cumplir para la homologación, pero dado que es el que más fuerzas actúan sobre la barra, es interesante su estudio.

Desplazamientos

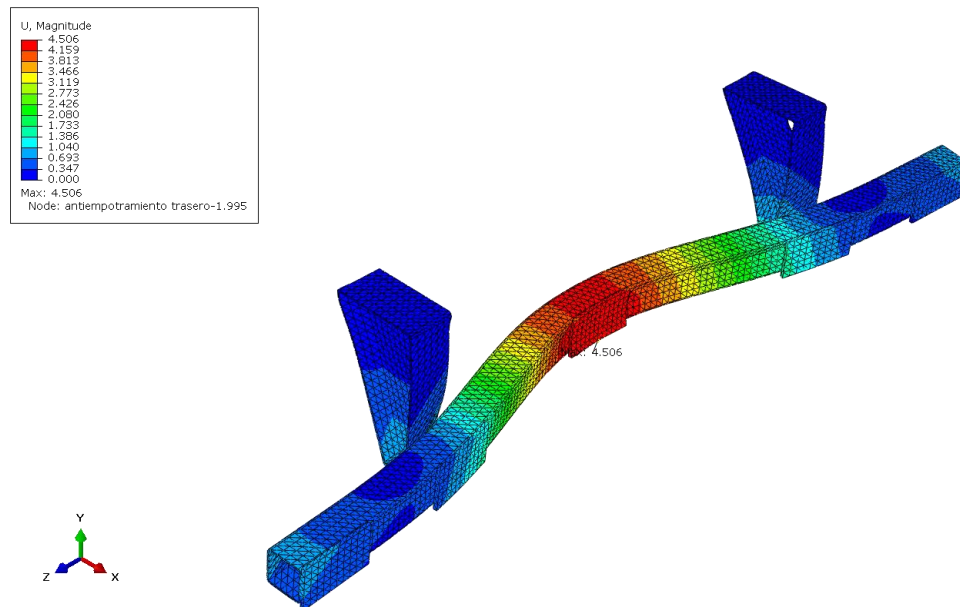


Figura 3.31 Desplazamientos en barra anti-empotramiento en caso 3

Tensión

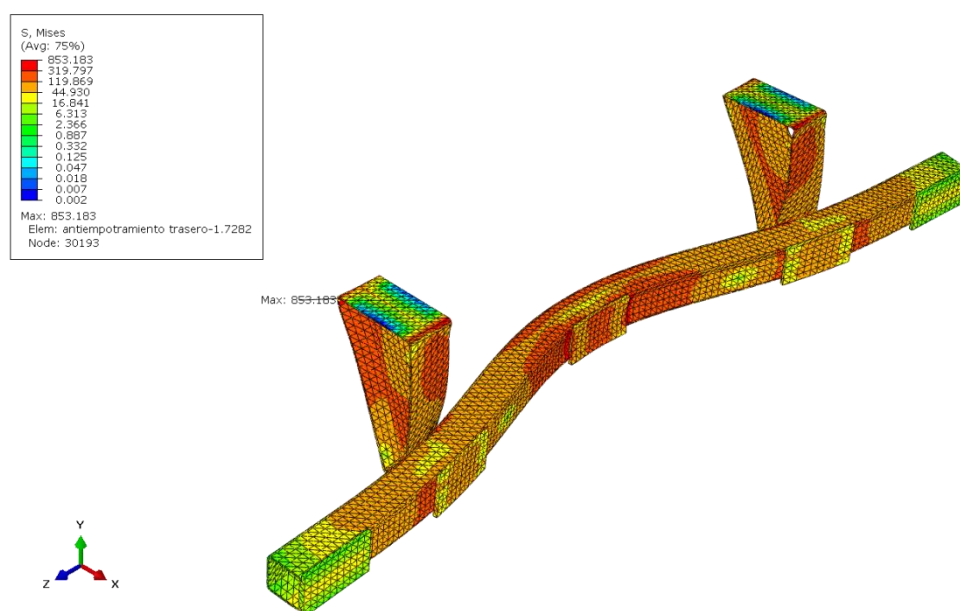


Figura 3.32 Tensión en barra anti-empotramiento en caso 3

Se aprecia en todo momento que ante tales sollicitaciones de carga, la barra anti-empotramiento, no se deforma más de 400 mm en ninguno de sus puntos. No obstante las tensiones son muy elevadas, mayores del límite elástico, por tanto se trabajara en un régimen plástico y la barra quedará deformada.

3.4.2.2 Cálculo carenado anti-empotramiento lateral

Según la reglamentación, el elemento anti-empotramiento lateral, se verá sometida a unas fuerzas de impacto cuya deformación deberá disipar la energía de choque, cumpliéndose en todo momento que el desplazamiento máximo de cualquier punto del elemento sea de 150 mm excepto en los 250 mm más cercanos a los extremos que será de 30 mm. Para ello se estudiarán los carenados diseñados bajo una carga continua aplicada sobre el elemento de 1000 N, según el ensayo realizado por IDIADA, para su homologación, debiendo cumplir con el desplazamiento máximo admitido.

El soporte se considerará de acero S275, con módulo elástico de 210 000 MPa y coeficiente de Poisson de 0,3. El panel se compone de espuma rígida de poliuretano de módulo elástico 2 409,99 MPa y coeficiente de Poisson de 0,3897.

Faldón lateral trasero.

Desplazamientos

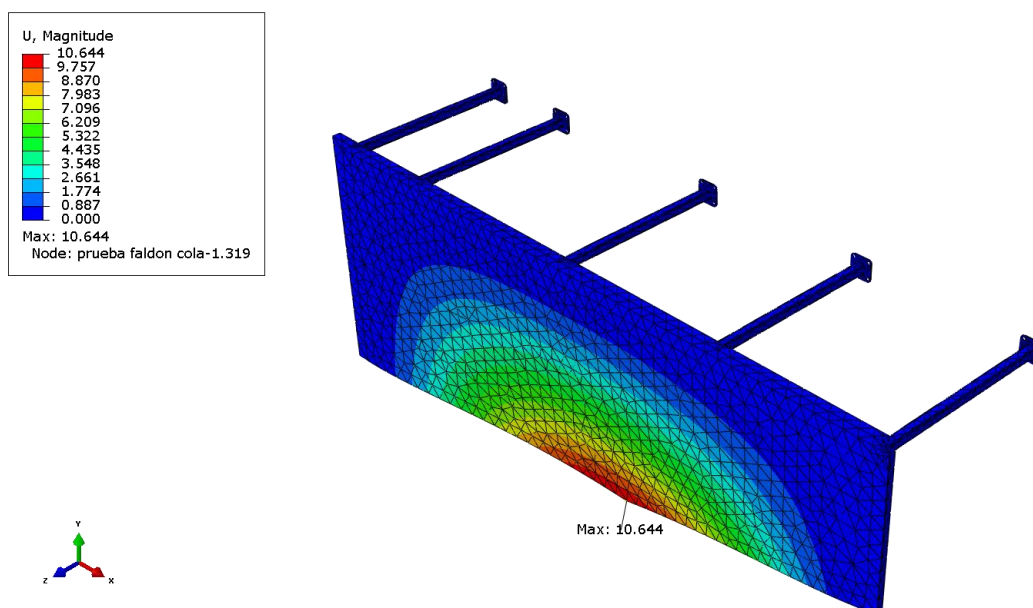


Figura 3.33 Desplazamientos en faldón de cola

Tensión

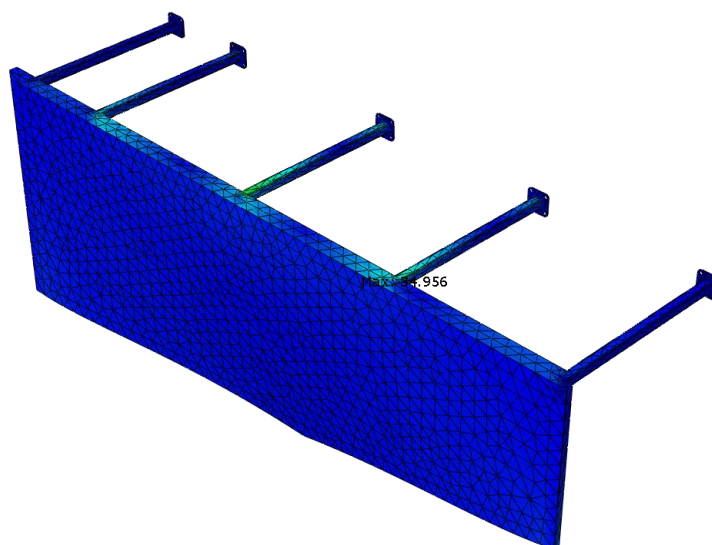
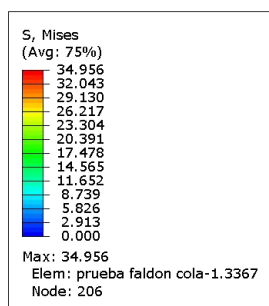
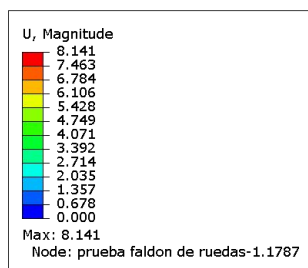


Figura 3.34 Tensión de Von Mises en faldón de cola

Para el carenado del faldón de cola, no se supera en ningún momento la tensión elástica, ni las deformaciones son excesivas, por tanto se cumple el ensayo de IDIADA

Faldón lateral de ruedas.

Desplazamiento



ODB: Job-1.odb Abaqus/Standard 6.13-1 Sat Aug 14 17:25:59 Hora de verano verano 2016

Step: Step-1
Increment: 1; Step Time = 1.000
Primary Var: U, Magnitude
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +2.000e+01

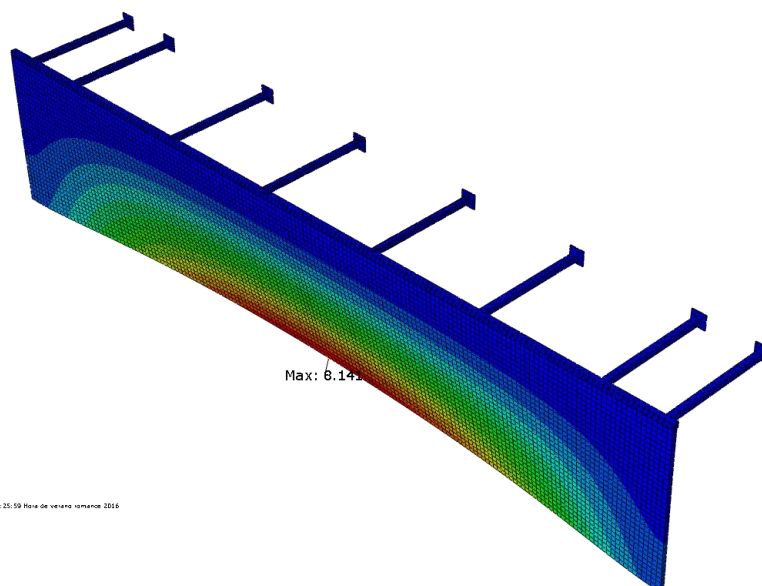


Figura 3.35 Desplazamiento en faldón de ruedas

Tensión

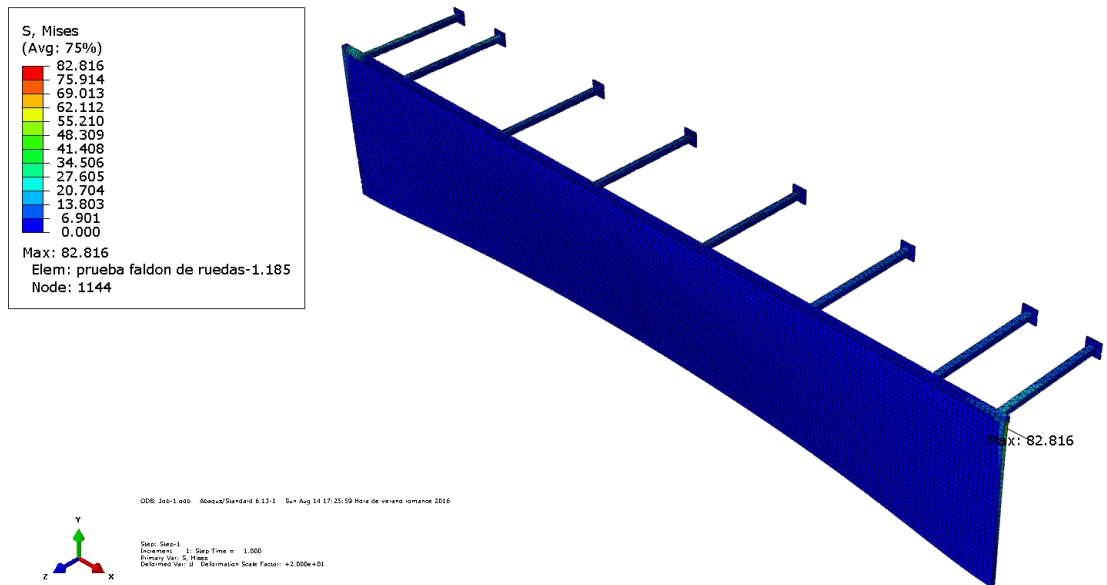


Figura 3.36 Tensión de Von Mises en faldón de ruedas

A pesar de registrar unas tensiones más altas que el carenado de cola, el faldón de ruedas, soportara bien el impacto sin deformaciones excesivas. Además este faldón no es obligatorio, pero mejora en gran cantidad la seguridad dado que evita que cualquier objeto pueda penetrar en las ruedas y ser aplastado. Además en caso de que una rueda explote, el carenado evitara la proyección del neumático en gran medida.

Faldón lateral delantero.

Desplazamiento

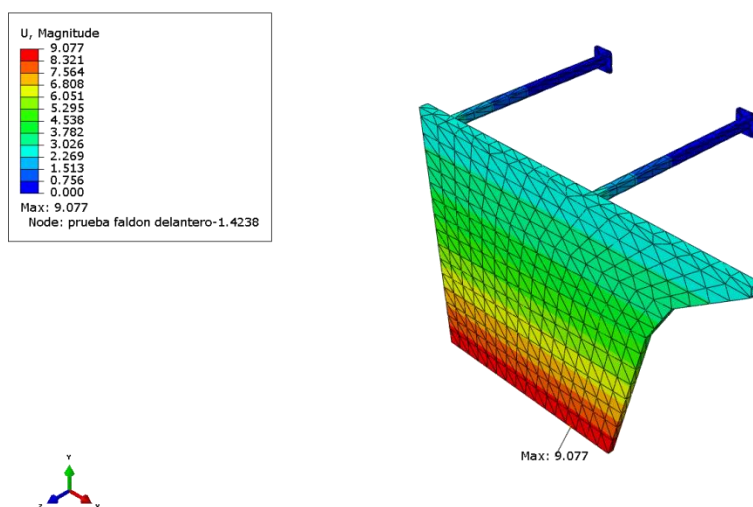


Figura 3.37 Desplazamiento en faldón delantero

Tensión

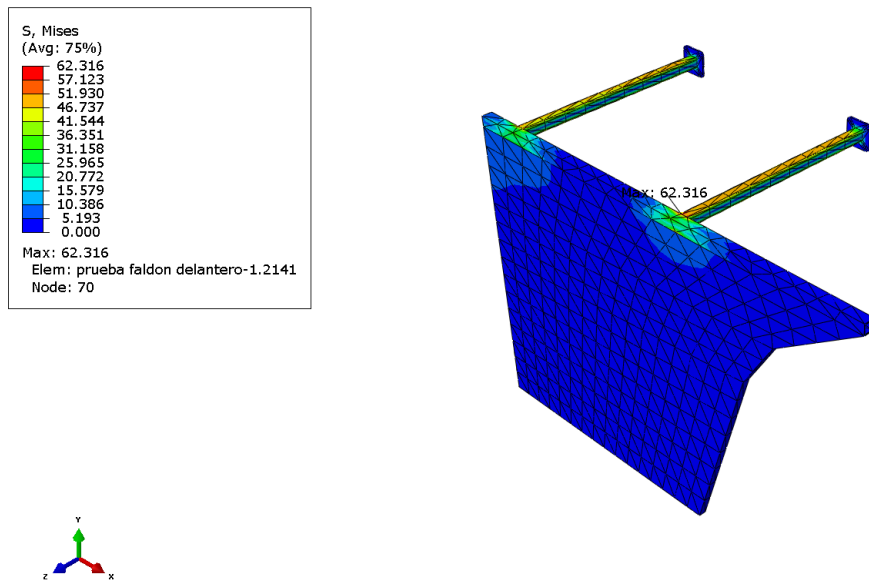


Figura 3.38 Tensión de Von Mises en faldón delantero

El faldón delantero es en el que más desplazamientos se provoca, debido a que es el que menos apoyo tiene por su forma para ajustarse al enganche, aun así se puede ver que ante tales sollicitaciones de carga, el carenado se deforma poco, menos de 30 mm, por tanto el dimensionado de es válido. Los bajos valores de tensión y desplazamientos tienen su sentido dado que la carga que actúa es muy pequeña.

3.4.3 Cálculo de estabilidad

La estabilidad del semirremolque, permitirá conocer los límites de inclinación a los que se puede someter sin riesgos de vuelco. Los datos de partida para el cálculo que se deben de considerar vienen resumidos en la tabla 3.25

Masa de carga	24000,00	Kg
Masa del semirremolque	8000,00	Kg
Altura maxima permisible	4	m
Altura suspensión en punto alto	1	m

Tabla 3.25 Datos del semirremolque

Estabilidad longitudinal

El centro de gravedad del semirremolque ha sido obtenido mediante Solidworks, considerando el material de cada uno de los elementos.

centro de gravedad de la carga	
X_{carga}	6,8 m
Y_{carga}	2,5 m
centro de gravedad del remolque	
X_{TARA}	6,63 m
Y_{TARA}	1,041 m

Tabla 3.26 Posición de centro de gravedad longitudinalmente

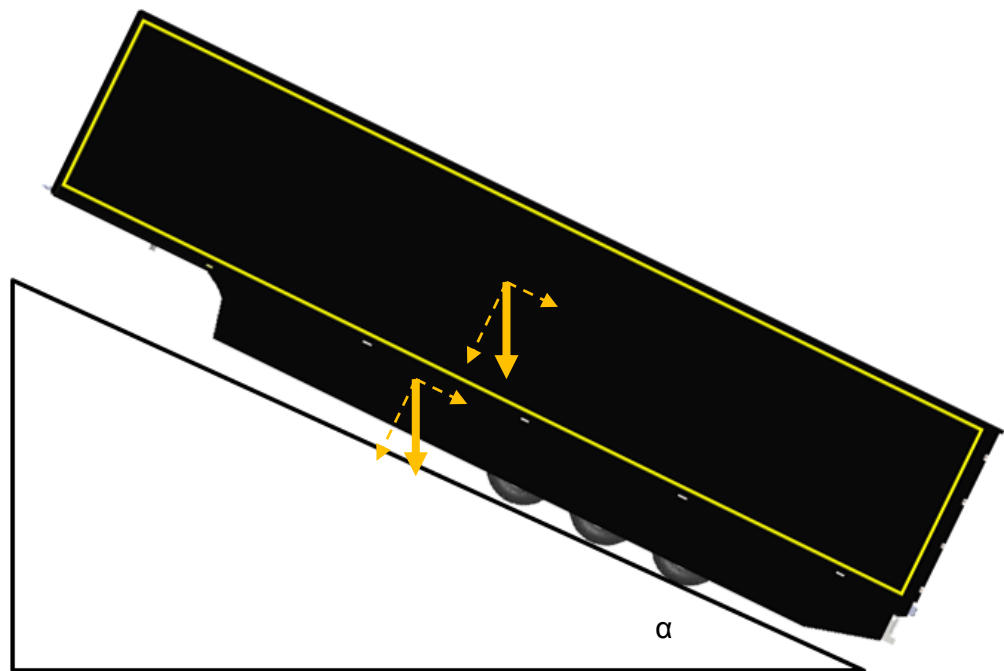


Figura 3.39 Diagrama de fuerzas con semirremolque en inclinación longitudinal

Se realiza una sumatoria de momentos respecto al 2º eje. El límite de vuelco se producirá cuando no hay fuerza de apoyo sobre la quinta rueda, es decir para cuando la $F_{5^{\circ}rueda} = 0$

$$\begin{aligned} \sum M_{2^{\circ} eje} = & -P_{carga} \times Y_{carga} \times \text{Sen}(\alpha) - Tara \times Y_{TARA} \times \text{Sen}(\alpha) + P_{carga} \times (d_{2^{\circ} eje} \\ & - X_{carga}) \times \text{Cos}(\alpha) + Tara \times (d_{2^{\circ} eje} - X_{TARA}) \times \text{Cos}(\alpha) = 0 \end{aligned} \quad (40)$$

$$\Sigma M_{2eje} = - 24\,000 \times 2,5 \times \text{Sen}(\alpha) - 8\,000 \times 1,041 \times \text{Sen}(\alpha) + 24\,000 \times (9,1-6,8) \times \text{Cos}(\alpha) + 8\,000 \times (9,1-6,63) \times \text{Cos}(\alpha) = 0$$

Se obtiene que el semirremolque puede inclinarse longitudinalmente un ángulo de 47,67°, lo que equivale a una pendiente del 83,16%.

Estabilidad trasversal.

centro de gravedad de la carga	
Z _{carga}	1 m
Y _{carga}	2,5 m
centro de gravedad del remolque	
Z _{TARA}	1 m
Y _{TARA}	1,041 m

Tabla 3.27 Posición centro de gravedad trasversal

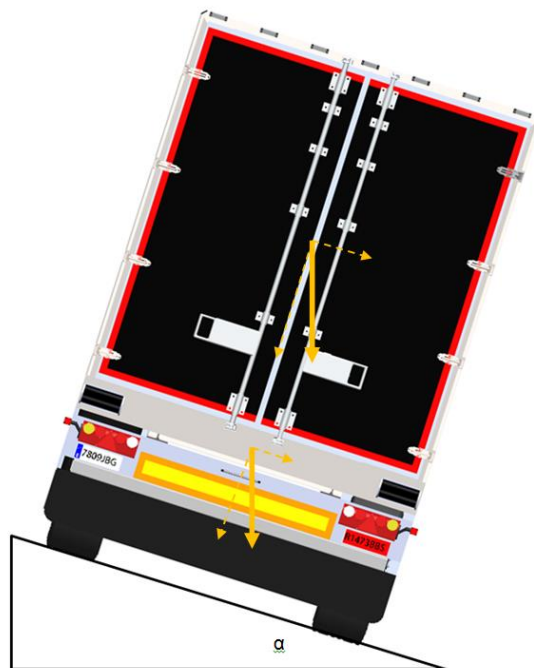


Figura 3.40 Diagrama de fuerzas con semirremolque en inclinación trasversal

Se realiza una sumatoria de momentos con respecto al centro del neumático en dirección trasversal.

$$\begin{aligned}
\Sigma M_{neumatico drch} &= -P_{carga} \times Y_{carga} \times \text{Sen}(\alpha) - Tara \times Y_{TARA} \times \text{Sen}(\alpha) \\
&+ P_{carga} \times Z_{carga} \times \text{Cos}(\alpha) + Tara \times Z_{TARA} \times \text{Cos}(\alpha) = 0
\end{aligned}
\tag{41}$$

$$\Sigma M_{derecha} = -24\,000 \times 2,5 \times \text{Sen}(\alpha) - 8\,000 \times 1,041 \times \text{Sen}(\alpha) + 24\,000 \times 1 \times \text{Cos}(\alpha) + 8\,000 \times 1 \times \text{Cos}(\alpha) = 0$$

De la sumatoria de fuerzas y momentos se obtiene un inclinación del 43,79% o un ángulo de 25,10°.

Por debajo de los ángulos calculados, el remolque permanecerá estable.

3.5 Documentación.

Al tratarse de documentos ajenos al trabajo, serán incluidos en el anexo 3 documentación.

- Lechler Ficha Técnica nº 0350-E Imprimación
- Lechler Ficha Técnica nº 0589-E Pintura
- Grupo Condesa - Perfiles abierto
- Grupo Condesa - Perfiles y barras comerciales
- Schulz Ibérica – Pies de apoyo
- Grupo Celo – Tornillos rosca métrico.
- Kits & Carrocerías S.L – Accesorios carrocerías.
- WISA – Manual del contrachapado finlandés.
- IMPRES – modular – poliéster.
- Knorr Bremse TEBS G2.0/G2.1 Brake Module
- Knorr Bremse SN7
- Acelormittal – Perfiles y barras comerciales.
- Saf – SAF Modul

4 PLANOS

Debido al formato A3 que los planos tienen, serán incluidos en el anexo 1 planos. Los planos incluidos en este anexo siguen el siguiente índice.

Nº plano	Designación
01/100-GENERAL	SEMIREMOLQUE PLANO GENERAL
02/100-GENERAL	SEMIREMOLQUE PLANO PERSPECTIVA ISOMETRICA
03/100-CHASIS	CHASIS COMPONENTES
04/100-CHASIS	CHASIS COMPONENTES 2
05/100-CHASIS	LARGUERO PRINCIPAL
06/100-CHASIS	CARTELA
07/100-CHASIS	TRAVESAÑO
08/100-CHASIS	LARGUERO LATERAL
09/100-CHASIS	TRAVESAÑO FRONTAL
10/100-CHASIS	TRAVESAÑO DE COLA
11/100-CHASIS	PILAR ESTRUCTURAL
12/100-CHASIS	TUBO MARCO LONGITUDINAL
13/100-CHASIS	TUBO MARCO FRONTAL
14/100-CHASIS	REFUERZOS TRASVERSALES TECHO
15/100-CHASIS	OMEGA TECHO
16/100-CHASIS	PILARES MARCO TRASERO
17/100-CHASIS	PLACA REMATE
18/100-CHASIS	MARCO TRASERO TECHO
19/100-CHASIS	PLACA APOYO KING PIN
20/100-CHASIS	PLACA ESQUINERA
21/100-CHASIS	L 30X30X5 FRONTAL
22/100-CHASIS	L 30X30X5 LATERAL
23/100-CHASIS	PLACA PORTAENCHUFES
24/100-CHASIS	PORTALUCES FRONTAL
25/100-CHASIS	PORTALUCES LATERAL
26/100-CHASIS	PROTECTOR MARCO TRASERO
27/100-CHASIS	SOPORTE BISAGRA
28/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 1 COLOCACIÓN DE CARTELAS
29/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 2 COLOCACIÓN DE TRAVESAÑOS

30/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 3 COLOCACION DE LARGUEROS LATERAL Y TRAVESAÑO FRONTAL
31/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 4 COLOCACIÓN TRAVESAÑO DE COLA
32/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 5 COLOCACIÓN MARCO DELANTERO
33/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 6 COLOCACIÓN MARCOS LATERALES
34/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 7 COLOCACIÓN DE REFUERZOS TECHO Y OMEGA
35/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 8 COLOCACIÓN DE PLACA ESQUINERA
36/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 9 MARCO TRASERO
37/100-CHASIS	PLANO CONSTRUTIVO 10 COLOCACIÓN L 30X30X5 EXTERIOR
38/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 11 COLOCACIÓN CHAPA PORTA-ENCHUFES
39/100-CHASIS	PLANO CONSTRUCTIVO 12 PROTECTOR MARCO TRASERO
40/100-CHASIS	FALDETA ANTI-PROYECCIÓN
41/100-BARRA A.	COMPONENTES
42/100-BARRA A.	SOPORTE SUJECCION
43/100-BARRA A.	BARRA
44/100-BARRA A.	TAPA
45/100-BARRA A.	L FALDETA
46/100-BARRA A.	PLANO CONSTRUCTIVO 13 BARRA ANTIEMPOTRAMIENTO
47/100-PLACA PORTAPILOTOS	PLACA PORTAPILOTOS
48/100-BUMPER	COMPONENTES BUMPER
49/100-BUMPER	SOPORTE BUMPER
50/100-BUMPER	BUMPER DE GOMA
51/100-BUMPER	BULÓN
52/100-PANEL FRONTAL	PANEL FRONTAL
53/100-PANEL FRONTAL	MARCO INTERNO PANEL FRONTAL
54/100-PANEL	POLIESTER PANEL FRONTAL

FRONTAL	
55/100-PANEL FRONTAL	PLACA POLIURETANO PANEL FRONTAL
56/100-PANEL LATERAL	PANEL LATERAL
57/100-PANEL LATERAL	MARCO INTERNO PANEL LATERAL
58/100-PANEL LATERAL	PLACA POLIESTER LATERAL
59/100-PANEL LATERAL	POLIURETANO PANEL LATERAL
60/100-PIES DE APOYO	SOPORTE PIES DE APOYO
61/100-PERFIL INTERIOR	PERFIL INTERIOR VERTICAL
62/100-PERFIL INTERIOR	PERFIL INTERIOR FRONTAL
63/100-PERFIL INTERIOR	PERFIL INTERIOR LATERAL
64/100-PISO	PISO INFERIOR CENTAL
65/100-PISO	PISO INFERIOR LADO
66/100-PISO	PISO SUPERIOR
67/100-PUERT TRASERA	COMPONENTES PUERTA TRASERA
68/100-PUERTA TRASERA	PERFIL U PUERTA TRASERA
69/100-PUERTA TRASERA	PERFIL CARROCERO PUERTA TRASERA
70/100-PUERTA TRASERA	PLETINA
71/100-PUERTA TRASERA	POLIESTER PUERTA TRASERA
72/100-PUERTA TRASERA	POLIURETANO PUERTA TRASERA
73/100-PUETA TRASERA	PLANO CONSTRUCTIVO 14 PUERTA TRASERA

74/100-TECHO	TECHO POLIESTER
75/100-FALDON COLA	COMPONENTES FALDON COLA
76/100-FALDON COLA	SOPORTE FALDON COLA
77/100-FALDON COLA	PANEL FALDON COLA
78/100-FALDON RUEDAS	COMPONENTES FALDON RUEDAS
79/100-FALDON RUEDAS	SOPORTE FALDON RUEDAS
80/100-FALDON RUEDAS	PANEL FALDON RUEDAS
81/100-FALDON PIES A.	COMPONENTES FALDON PIES DE APOYO
82/100-FALDON PIES A.	SOPORTE FALDON PIES DE APOYO
83/100-FALDON PIES A.	PANEL FALDON PIES DE APOYO
84/100-PORTAPALLETS	COMPONENTES PORTAPALLETS
85/100-PORTAPALLETS	COMPONENTES ESTRUCTURA PORTAPALLETS
86/100-PORTAPALLETS	ESTRUCUTURA TUBO
87/100-PORTAPALLETS	VIGA AMARRE PORTAPALLETS
88/100-PORTAPALLETS	CHAPA LATERAL PORTAPALLETS
89/100-PORTAPALLETS	CHAPA SUELO PORTAPALLETS
90/100-PORTAPALLETS	MARCO L LARGO
91/100-PORTAPALLETS	MARCO L CORTO
92/100-	PANEL PORTA-PALLETS LARGO

PORTAPALLETS	
93/100- PORTAPALLETS	PANEL PORTA-PALLETS CORTO
94/100-ELEVADOR	COMPONENTES EJE ELEVADOR
95/100-ELEVADOR	PLACAS ELEVADOR
96/100-ELEVADOR	BRAZO ELEVADOR
97/100-MONTAJE	MONTAJE SUSPENSIÓN
98/100-MONTAJE	PIES DE APOYO, SOPORTES Y BARRA TRASERA
99/100- NEUMATICA	ESQUEMA NEUMATICO
100/100-KIT ELÉCTRICO	ESQUEMA KIT ELÉCTRICO

Tabla 4.1 Planos

5 PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 Especificaciones de los materiales

Los aceros que se utilizan para perfiles y chapas tendrán la categoría S 275 y S375. Para requerimientos mecánicos altos se empleara la categoría S375, mientras que para solicitudes menos exigentes se harán uso de la categoría S 275.

Perfiles de acero chasis	
Larguero principal - viga IPE 300	S355
Travesaño - viga IPE 80	S355
Larguero lateral - UPE 100	S355
Travesaño frontal - UPE 100	S355
Pilares - tubo rectangular 90x50x5	S355
Marco longitudinal - tubo rectangular 90x50x5	S355
Marco trasversal - tubo rectangular 90x50x5	S355
Refuerzo - tubo rectangular 90x50x5	S355
Chapa esquinera - chapa 5 mm	S355
L longitudinal exterior - perfil L 30x30x5	S355
Pilares marco trasero - chapa 5 mm	S355
Travesaño de cola - viga UPE 270	S355
Porta-luces lateral - chapa 3 mm	S355
Marco trasero superior - chapa 5 mm	S355
Perfil omega 30x3	S355
L frontal exterior - perfil L 30x30x5	S355
Porta-luces frontal - chapa 3 mm	S355
Cartela - viga IPE 180	S355
Chapa de apoyo quinta rueda - chapa 10 mm	S355
Protector marco trasero - U 30x30x3	S355
Placa embellecedora trasera - chapa 5 mm	S355
Porta-enchufes - chapa 3 mm	S355
Pletina de bisagra - pletina 5 mm	S355

Perfiles de acero panel lateral	
Tubo rectangular 20x20x3	S275
Perfiles de acero panel frontal	
Tubo 20x20x3	S275
Perfiles de acero puertas traseras	
U 30x30x3	S275
Perfil carrocerero especial	S275
Pletina	S275
Carenado laterales	
Tubo 30x30x3 sujeción a chasis	S275
Placa 5 mm soporte	S275
L 20x30x3	S275
Porta-pallets	
Tubo 30x30x3	S355
L 20x30x3	S355
Plancha lateral 1 mm	S275
Plancha suelo 1 mm	S275
Perfiles de sujeción paneles interior	
L 20x30x5	S355
Barra anti-empotramiento trasera	
Placa 10 mm perimetral	S355
Placa 10 mm interior	S355
Tubo 100x100x10	S355
Perfil L 20x30x3	S275
Elevador eje	
Placa elevador eje	S275
Pletina	S275
Bumper de goma	
Placa bumper de goma	S275
Bulón -varilla maciza 20	S275

Tabla 5.1. Calidad de fabricación de los componentes metálicos

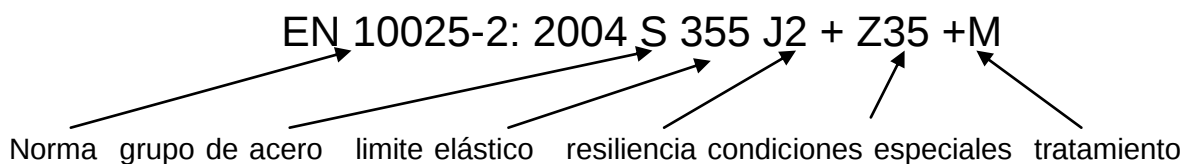
No metales		
Bloques interiores del panel	Panel	Espuma rígida de poliuretano
Plancha poliéster	Panel	Poliéster reforzado con fibra de vidrio
Piso inferior	Piso	Madera contrachapada
Piso superior	Piso	Madera contrachapada con recubrimiento antideslizante.
Techo	Techo	Poliéster reforzado con fibra de vidrio
Carenado lateral	Carenado	Panel sándwich de espuma rígida de PUR y poliéster

Tabla 5.2 Componentes de fabricación no metálicos

5.2 Características de los aceros

El semirremolque se compone en su mayor parte por perfiles y chapas de acero laminado, que tienen que cumplir con la norma EN10025-2. Para productos provenientes de países pertenecientes a la comunidad económica europea, estarán reglamentados por el Real Decreto 1.630/1992, que dicta las disposiciones para la circulación de productos de construcción, en aplicación de la directiva 89/106/CEE y en lo referente a procedimientos especiales, estarán dispuestos por el artículo 9 del Real Decreto.

La norma europea EN10027-1:2005 define el sistema de designación del acero de la siguiente manera:



5.2.1 Características mecánicas

Las características mecánicas proporcionadas por el fabricante que deben de cumplir los aceros de construcción son:

Norma Standard Norma	Calidades Grades Tipi	Limite elástico mínimo R _{eH} Minimum yield strength R _{eH} Limite elastico minimo R _{eH}					Resistencia a la tracción R _m Tensile strength R _m Resistenza alla trazione R _m		Alargamiento mínimo A Minimum elongation A Allungamento minimo A L ₀ = 5,65 * √S ₀ %				Ensayo de flexión por choque Notch impact test Prova di resilienza	
		MPa					MPa						Temperatura Temperature Temperatura	Energía mín. absorbida Min. absorbed energy Energia min. assorbita
		Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)					Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)		Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)					
		≤16	>16	>40	>63	>80	>100	>3	>100	>3	>40	>63	>100	°C
		≤40	≤63	≤80	≤100	≤125		≤ 100	≤125	≤40	≤63	≤ 100	≤125	

EN 10025-2: 2004	S235JR	235	225	215			195	360-510	350-500	26	25	24	22	+ 20	27
	S235J0													0	27
	S235J2*													-20	27
	S275JR	275	265	255	245	235	225	410-560	400-540	23	22	21	19	+ 20	27
	S275J0													0	27
	S275J2*													-20	27
	S355JR													+ 20	27
	S355J0	355	345	335	325	315	295	470-630	450-600	22	21	20	18	0	27
	S355J2													-20	27
	S355K2													-20	40
	S450J0	450	430	410	390	380	380	550-720	530-700	17				0	27
	E295*	295	285	275	265	255	245	470-610	450-610	20	19	18	16		
	E335*	335	325	315	305	295	275	570-710	550-710	16	15	14	12		
	E360*	360	355	345	335	325	305	670-830	650-830	11	10	9	8		

Tabla 5.3 Propiedades físicas del acero [28]

5.2.2 Composición química

Los datos proporcionados por el fabricante sobre la composición del acero es:

Norma Standard Norma	Calidades Grades Tipi	Análisis de colada Ladle analysis Analisi di colata												
		C max. %			Mn max. %*	Si ^(b) max. %*	P max. %*	S max. %*	N ⁽²⁾ max. %*	Cu max. %*	Otros Other Altri max. %	CEV ⁽⁴⁾ max. %		
		Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)										Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)		
		≤ 16	>16 ≤40	>40 ⁽³⁾								≤30	>30 ≤40	>40 ≤125
EN 10025-2: 2004	S235JR	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,040 ^(b)	0,040	0,012	0,55	-	0,35	0,35	0,38
	S235J0	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,035	0,035	0,012	0,55	-	0,35	0,35	0,38
	S235J2*	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,030	0,030	-	0,55	-	0,35	0,35	0,38
	S275JR	0,21	0,21	0,22	1,50	-	0,040 ^(b)	0,040	0,012	0,55	-	0,40	0,40	0,42
	S275J0	0,18	0,18	0,18	1,50	-	0,035	0,035	0,012	0,55	-	0,40	0,40	0,42
	S275J2*	0,18	0,18	0,18	1,50	-	0,030	0,030	-	0,55	-	0,40	0,40	0,42
	S355JR	0,24	0,24	0,24	1,60	0,55	0,040 ^(b)	0,040	0,012	0,55	-	0,45	0,47	0,47
	S355J0	0,20	0,20 ⁽¹⁾	0,22	1,60	0,55	0,035	0,035	0,012	0,55	-	0,45	0,47	0,47
	S355J2 ⁽³⁾	0,20	0,20 ⁽¹⁾	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030	-	0,55	-	0,45	0,47	0,47
	S355K2 ⁽³⁾	0,20	0,20 ⁽¹⁾	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030	-	0,55	-	0,45	0,47	0,47
	S450J0	0,20	0,20 ⁽¹⁾	0,22	1,70	0,55	0,035	0,035	0,025	0,55	⁷⁾	0,47	0,49	0,49
	E295*						0,045	0,045	0,012					
	E335*						0,045	0,045	0,012					
	E360*						0,045	0,045	0,012					

Tabla 5.4 Composición química [28]

5.2.3 Garantía de las características del acero.

Los fabricantes garantizan las características mecánicas y la composición química de los productos que suministran. Las fábricas donde se producen están certificadas por ISO 9001. Se entregarán con un documento de control de la marca CE así como las demás informaciones requeridas en la parte 1 armonizada – anexo ZA de EN 10025:2004 para todos los productos suministrados en calidades de acero conforme a esta norma europea. La marca CE sustituye a toda marca nacional de conformidad europea que tenga el mismo campo de aplicación.

5.2.4 Condiciones de suministro y recepción de perfiles y placas

Salvo que se indique lo contrario, las condiciones generales de suministro cumplen las especificaciones de la norma EN 10021: 1993.

El fabricante garantiza las características químicas en cuanto a composición, así como las características físicas que se especifican en las tablas anteriores. La fábrica podrá realizar los ensayos que considere oportunos para garantizar la calidad de los materiales constructivos.

Los perfiles suministrados se entregaran con las dimensiones que indique el albarán u hoja de pedido, cumpliendo en todo momento con una tolerancia admisible. En caso de ser perfiles especiales, en este caso el larguero principal, se acordara las especificaciones que tendrá previamente.

Los ensayos se realizaran para comprobar que el fabricante suministra en sus materiales las características físicas y químicas especificadas, de manera que se realizara dividiendo los lotes en unidades de inspección.

Las unidades de inspección estarán compuestas de perfiles o placas conformados de la misma serie. Las muestras de las probetas utilizadas en los ensayos mecánicos o análisis químicos, se tomaran de los perfiles y placas conformados de cada unidad de inspección, elegidos al azar según las indicaciones de las normas UNE 36 300 y UNE 36 400.

El resultado favorable del ensayo será garantía de que el material cumple los requerimientos del pedido. En caso de resultado desfavorable, de manera que se haya realizado el ensayo de acuerdo con la normativa vigente, deben realizarse dos pruebas más para garantizar que ha podido ser un elemento en concreto y no un problema del material en serie. Si tras los dos segundos ensayos se comprueba que el resultado sigue siendo desfavorable, se podrá rechazar el material y deberá ser devuelto al proveedor.

Todas las placas y perfiles conformados deberán llevar las siglas de la fábrica y la del material al que corresponde según la forma de marcación del proveedor.

El proveedor deberá cumplir estas condiciones de suministro:

- 1- Identificación de los Suministros: Los materiales deberán estar correctamente identificados, en una parte visible de los mismos. En todos los materiales se adjuntará una etiqueta en la que figura el número de pedido, la partida y código del material. Además cualquier material entregado deberá ir acompañado de su albarán.
- 2- Protección de los Suministros Los materiales deberán entregarse correctamente protegidos mediante el embalaje, evitando deterioros y deformaciones durante su transporte, manipulación y almacenamiento. Todas las superficies mecanizadas deberán entregarse protegidas contra corrosión mediante productos específicos.
- 3- Certificaciones de calidad en productos industriales: se aportarán los certificados de calidad de materiales, tratamientos y ensayos en los que se comprueben los controles de calidad según normativa y especificaciones del pedido.
- 4- Control Dimensional: se hará un estudio de control dimensional de todas las piezas construidas según plano, en los que se deberá indicar las mediciones reales efectuadas en taller, en todas las cotas sujetas a tolerancias especiales. Estos deberán ser entregados con el material.
- 5- Inspecciones: En conjuntos montados de elevada complejidad constructiva, se acordará con el proveedor las inspecciones en los talleres. Se podrán realizar asimismo diversas inspecciones de seguimiento necesarias para garantizar la calidad de los suministros. El cliente, deberá informar con diez días de antelación

al servicio de verificación para proceder a dichas inspecciones. Durante la inspección, el taller presentará los certificados de calidad de materiales y estudios de control dimensional de las piezas construidas.

5.3 Características de los materiales no metálicos.

Hay empresas que suministran paneles sándwich, pero ninguna de estas fabrica las dimensiones requeridas al menos en condiciones normales de suministro. Como se busca que sea una única pieza, se fabricara en taller, dado que su fabricación es sencilla. Las características de los materiales son:

Poliuretano

Espesor	15 mm
Densidad	160 Kg/m ³
Resistencia a la compresión	1.2 MPa
Modulo elástico	2 409,99 MPa
Coeficiente de conductividad térmica	0.03 W/mK

Placa de poliéster reforzada con fibra de vidrio

Espesor	2,5 mm
Peso	3,30 Kg/m ²
Densidad	1,3 gr/cm ³
Contenido de fibra de vidrio	28%
Dureza Brinell	60-67.5
Resistencia a tracción	79.8 MPa
Módulo elástico	4500 Mpa
Resistencia al impacto IZOD	63 KJ/m ²
Alargamiento de rotura	1,6 %

Piso

Tablero de contrachapado de Abedul

Espesor	15mm
Nº de capas	11
Resistencia a flexión	41,3 MPa
Resistencia a compresión	27,4 Mpa
Resistencia a tracción	39,5

5.4 Componentes estándar.

Los componentes que se utilizaran deberán ser entregados en su embalaje original y poseer los certificados de los mismos. Los componentes deben de cumplir con las especificaciones que se marcan en catálogo y deben de cumplir con las normativas vigentes.

Los guardabarros de la marca DUNLOP, modelo DUNLOTECH. En su entrega no deberán presentar defectos ni estructurales ni estéticos.

El sistema de frenos de disco de la marca KNOOR-BREMSE modelo SN7 deberá recibirse con su correspondiente certificado de calidad y garantía.

Los neumáticos Bridgestone 385/65/R 22.5 tienen un índice de carga de 160 y un código de velocidad de K. Estos neumáticos pertenecen a la gama de larga distancia, por carreteras nacionales, autovías y autopistas. Los neumáticos deberán ser recibidos nuevos y sin presencia de defectos

Los ejes serán de la marca SAF modelo BI9 para una carga máxima de 9T, y el 3º eje será SAF modelo BIL9. Estos se montarán según las indicaciones del fabricante.

Las patas telescópicas serán de la marca SCHULZ-IBERICA modelo FW270001S. Estas vendrán en su embalaje original y deberán poseer la marca del fabricante junto con su referencia en la pata derecha.

El sistema de alumbrado es de la marca Faycom y Aspöck será un conjunto de componentes para una tensión de 24V. Debe contener los certificados de cumplimiento de la normativa de la CEE y ADR.

El King pin de 2" de la marca SAF HOLLAND modelo 50S15 está fabricado de acuerdo a la norma ECE E1 55R-01 2289 y ECE 55R-01 2422 en acero al cromo-molibdeno con tratamiento térmico posterior.

Las faldas montadas, serán fabricadas por la empresa Kits & Carrocerías S.L a medida con las dimensiones necesarias.

5.5 Fabricación del semirremolque.

El proceso de fabricación deberá comenzar con la laminación del perfil IPE 300 para la fabricación del cuello de cisne. Este partirá de un perfil normalizado IPE 300, que requerirá una disminución que se podrá hacer mediante laminación o pedir con las dimensiones según plano. Además se realizarán los 33 cortes para los travesaños en los largueros principales según plano. Estos cortes podrán ser realizados mediante cualquier método asegurando la calidad de los largueros, se recomiendan emplear las técnicas de corte láser o por plasma debido a su precisión y calidad.

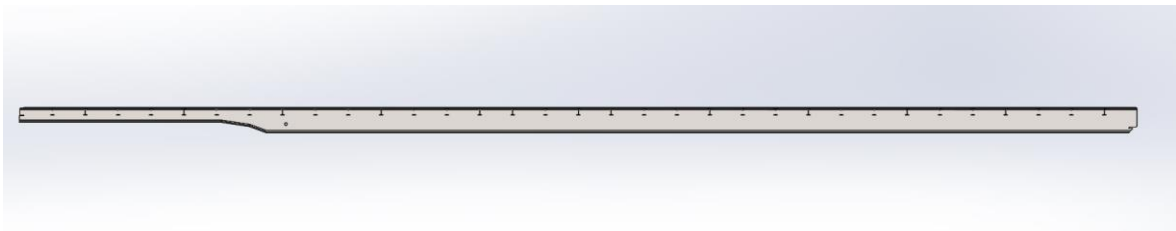


Figura 5.1 Larguero principal.

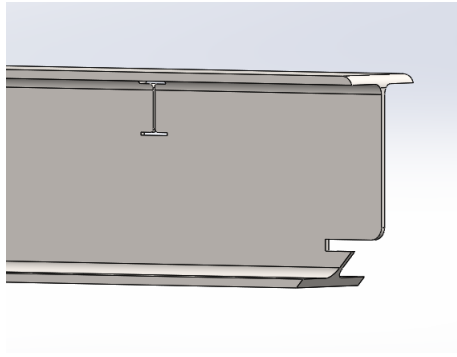


Figura 5.2 Detalle de cola de larguero.

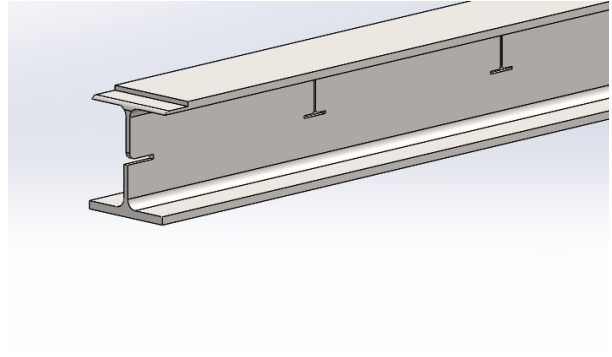


Figura 5.3 Detalle del frente de larguero.

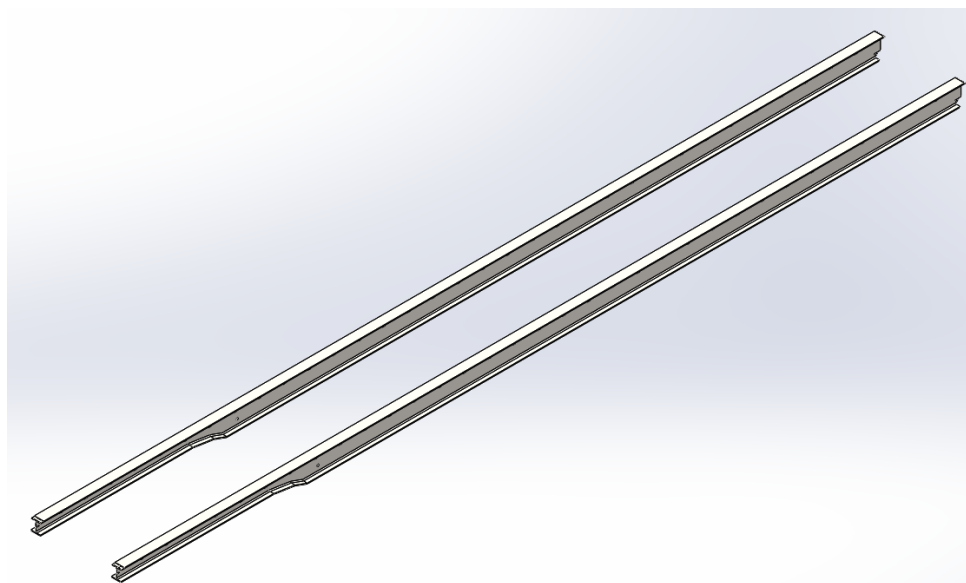


Figura 5.4 Posición de largueros principales.

Se podrá construir un útil que asegure la correcta colocación de los largueros en posición. Colocados de forma alineada, se colocaran las vigas IPE 200 de refuerzo trasversal también denominadas cartelas, los 33 travesaños, los travesaños UPE frontales, laterales y trasero.

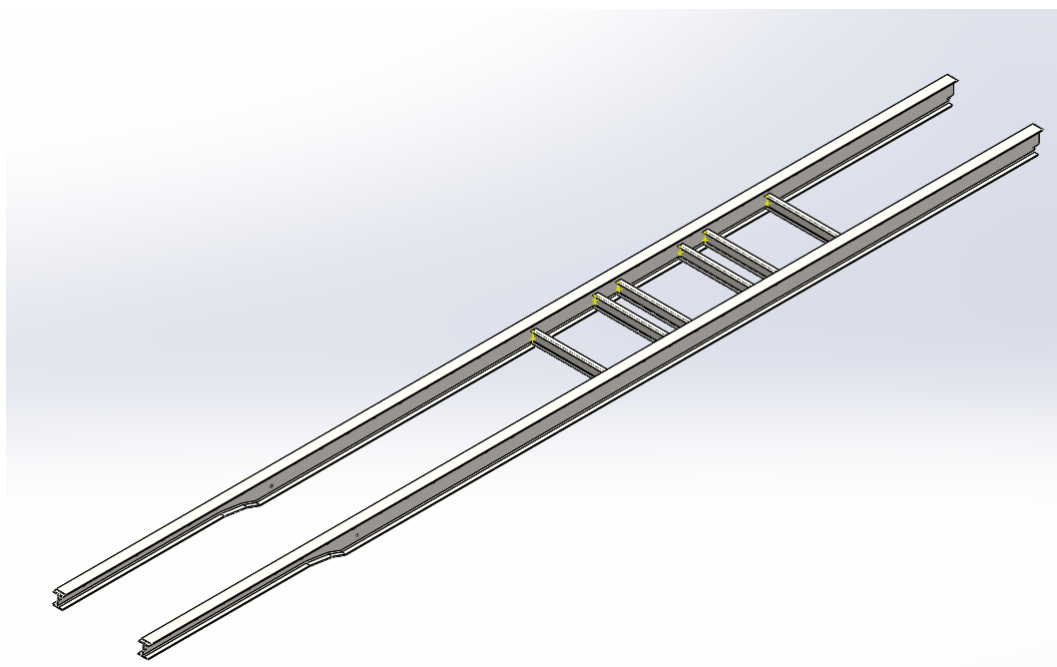


Figura 5.5 Colocación de Cartelas

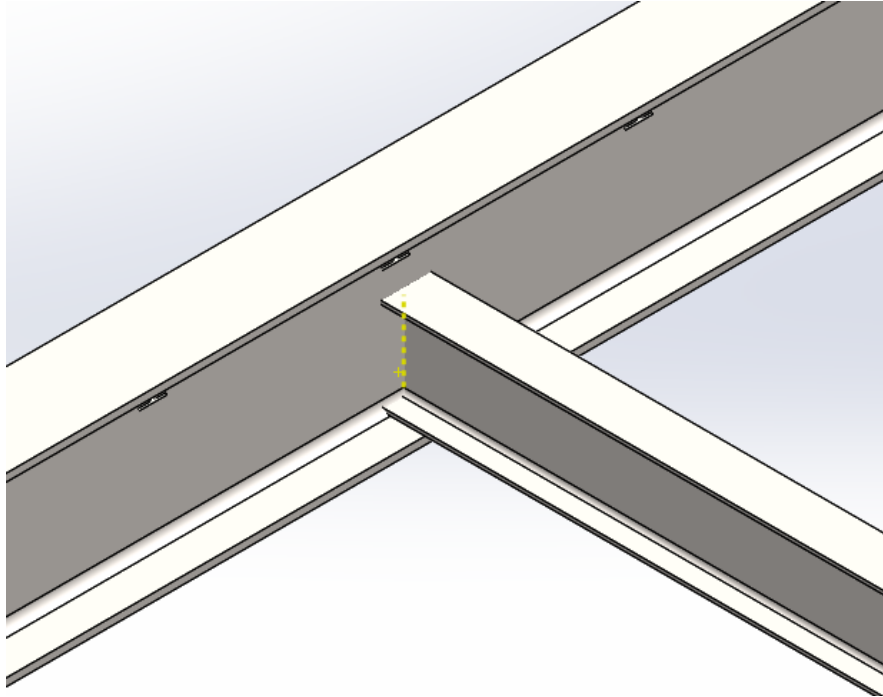


Figura 5.6 Detalle cordón soldadura de Cartelas

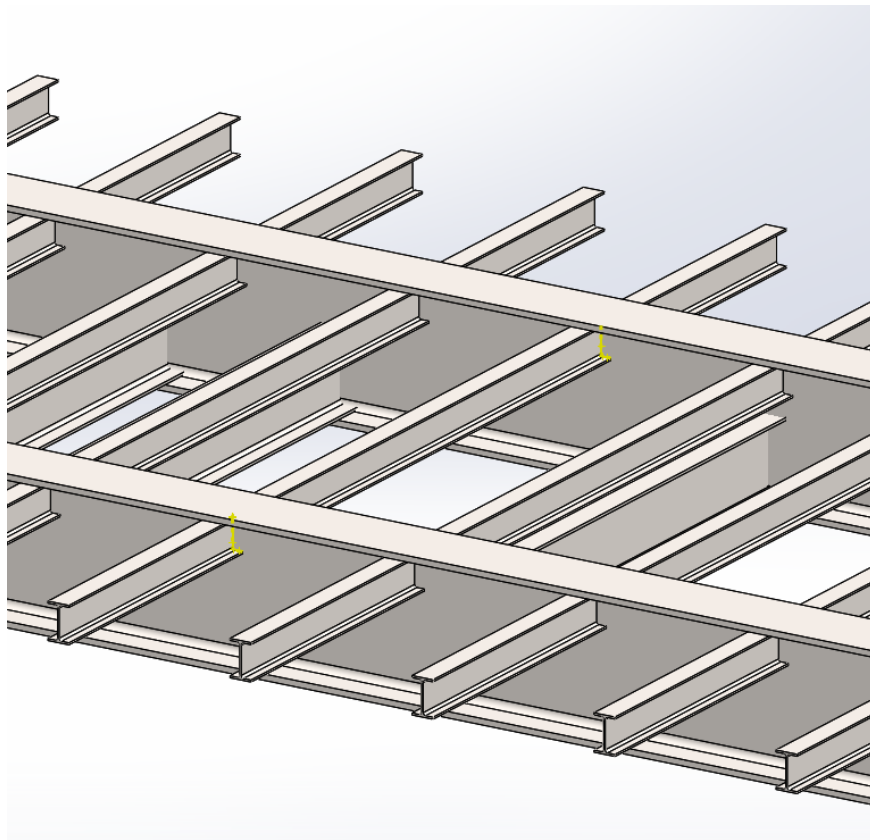


Figura 5.7 Detalle de colocación de travesaños

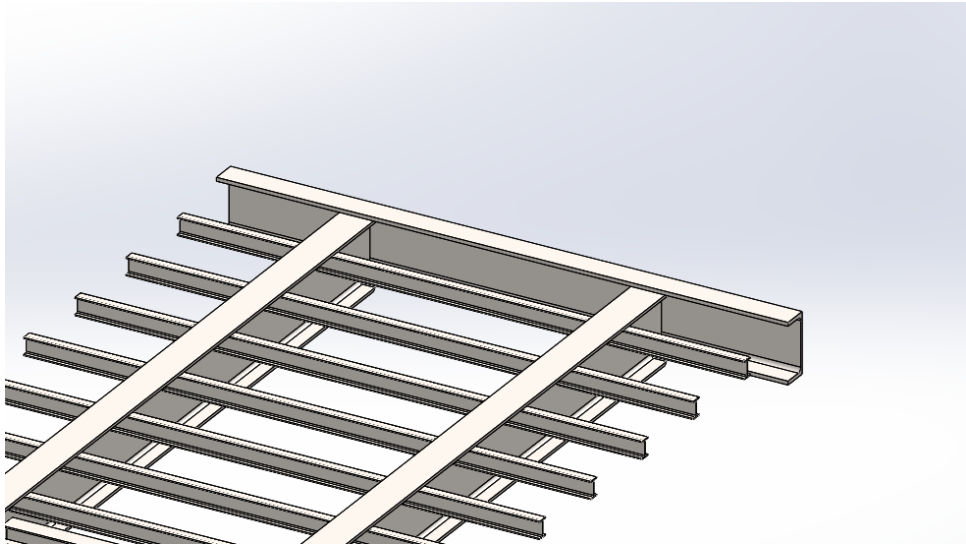


Figura 5.8 Detalle de colocación de largo de cola

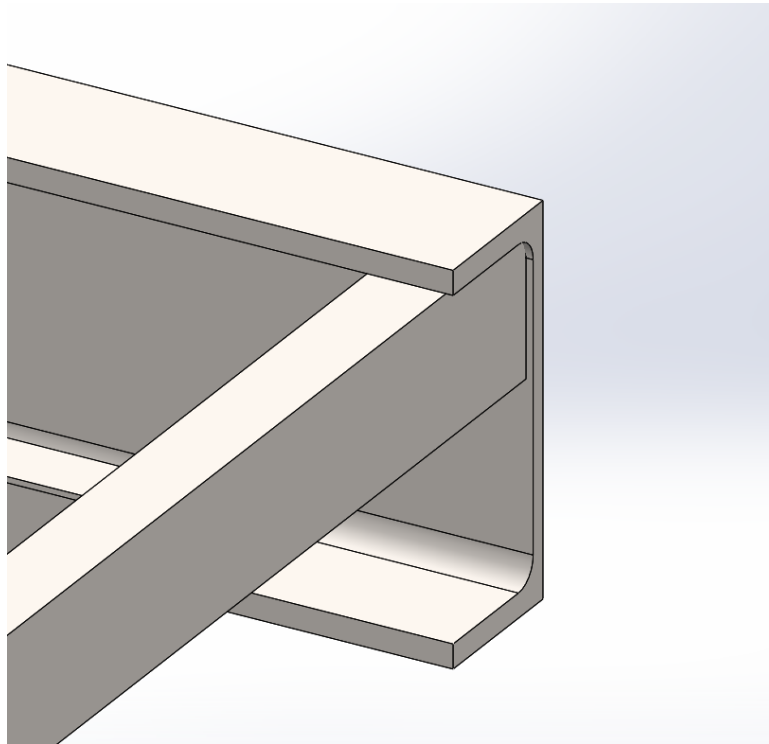


Figura 5.9 Detalle de colocación trasera de largo lateral

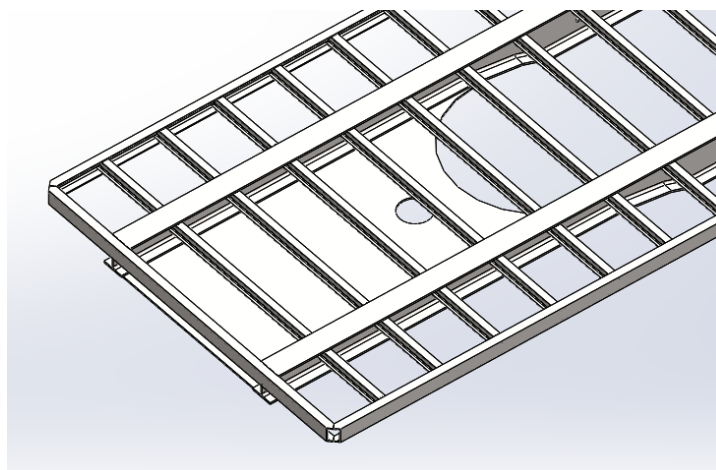


Figura 5.10 Colocación de largueros laterales y travesaño frontal

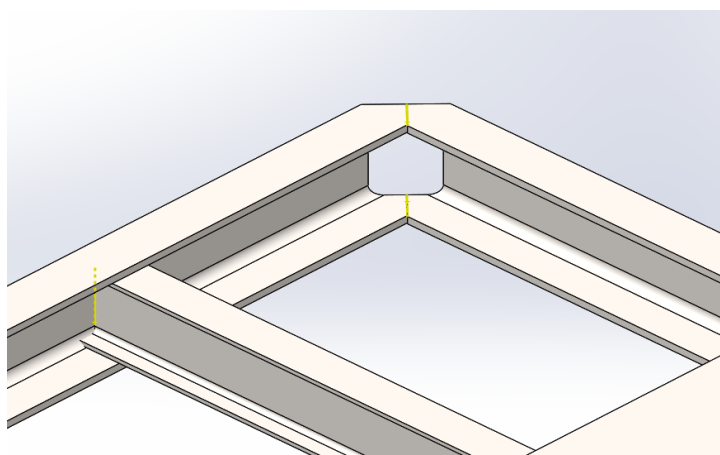


Figura 5.11 Detalle de unión de travesaños, largueros y travesaño frontal

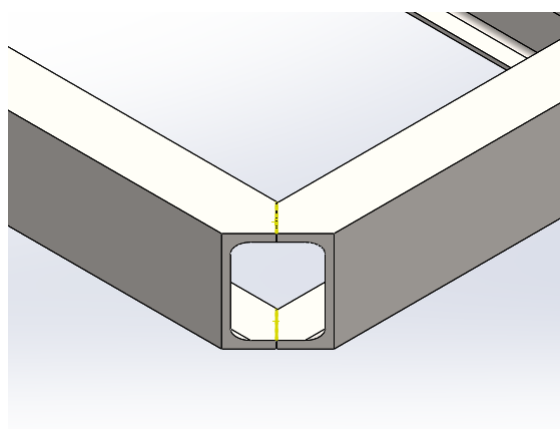


Figura 5.12 Detalle de soldadura de esquina delantera

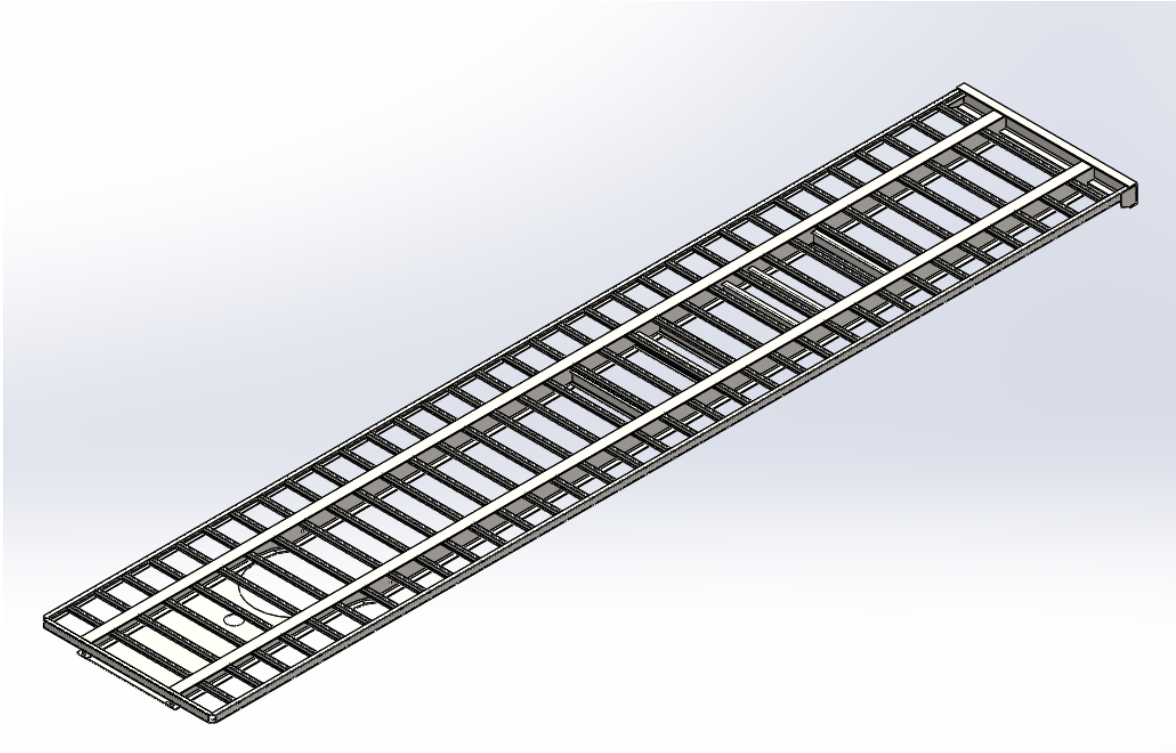


Figura 5.13 Piso del chasis

Se coloca la placa ciega de remate trasero.

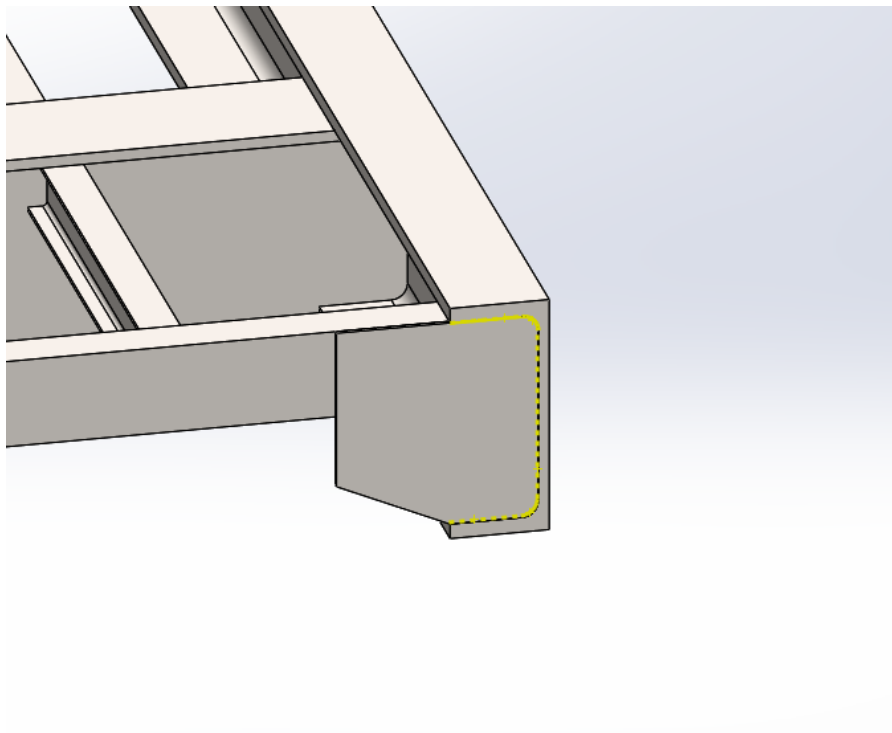


Figura 5.14 Detalle de soldadura de placa remate trasera

Se pone en posición la chapa de apoyo, sobre esta se soldará la pieza base del King Pin. Todas las uniones de la estructura se intentaran en la medida de lo posible, realizar mediante soldadura a tope, preferiblemente mediante soldadura por arco eléctrico.

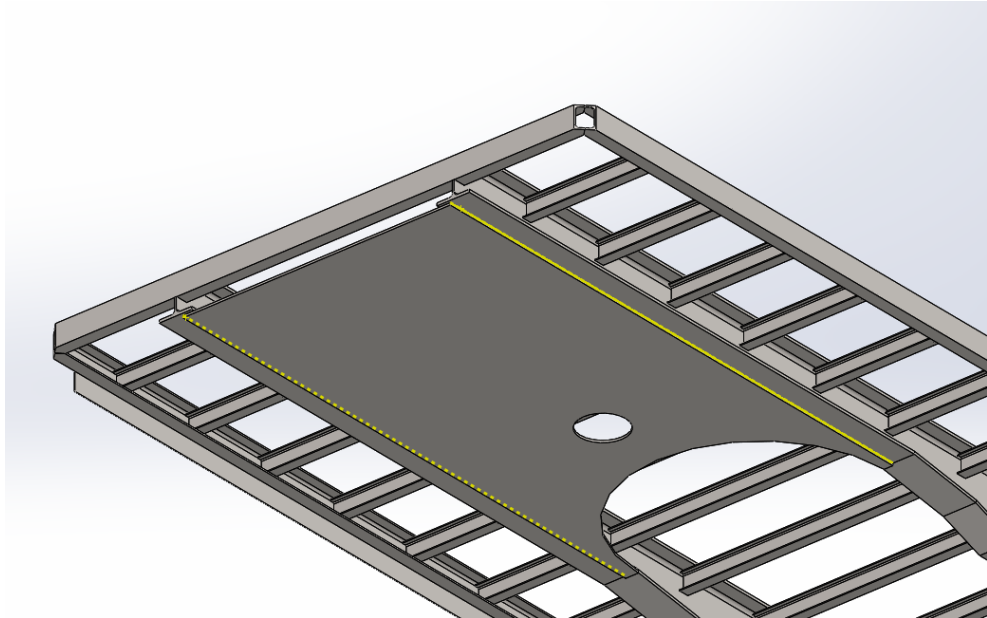


Figura 5.15 Detalle de unión de placa de apoyo King Pin

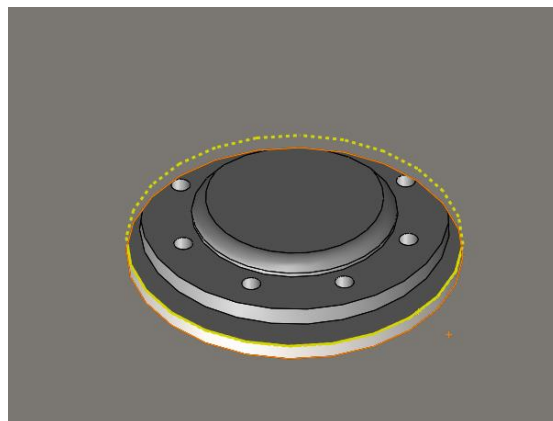


Figura 5.16 Detalle de soldadura de placa soporte King Pin

A continuación se montaran los marcos laterales y el techo mediante soldadura para garantizar la estructura monobloque. Se procederá a la colocación y soldadura del perfil de acero estructural rectangular. Para ello serán cortados a medida y colocados en posición vertical.

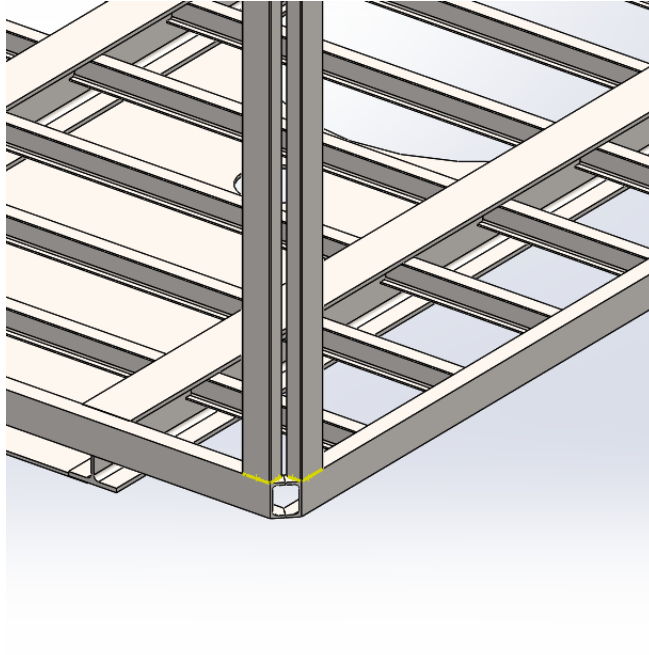


Figura 5.17 Detalle de colocación de pilares delanteros

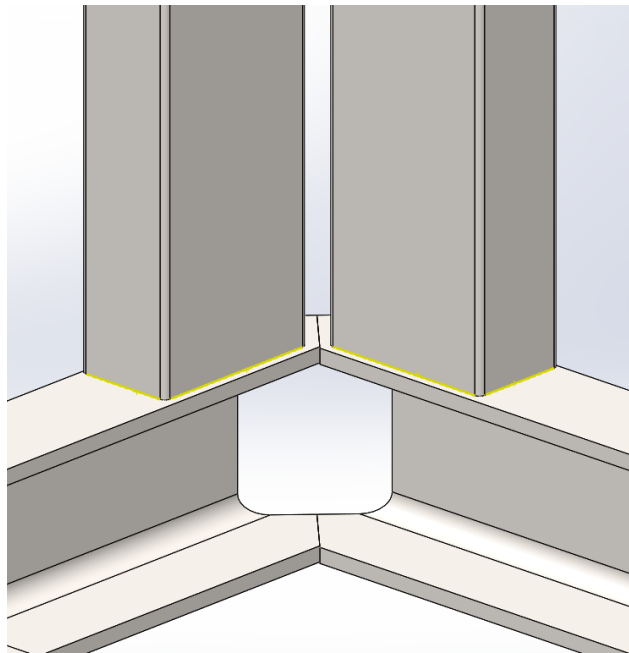


Figura 5.18 Detalles de soldadura de pilares delanteros

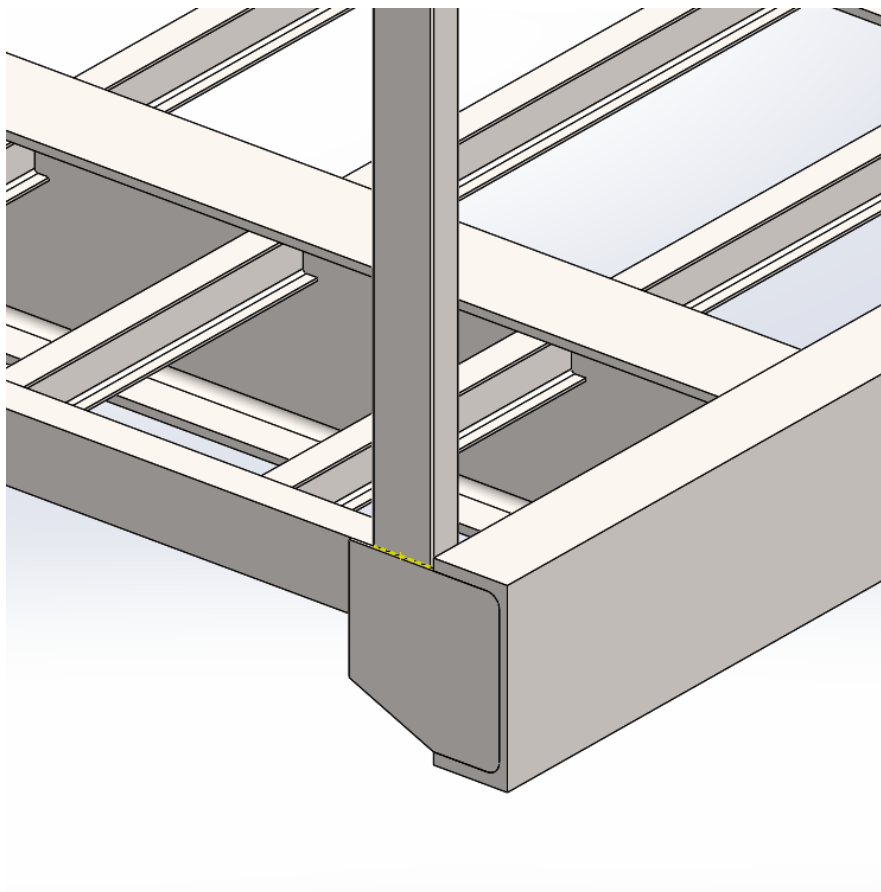


Figura 5.19 Detalle de soldadura de pilar trasero.

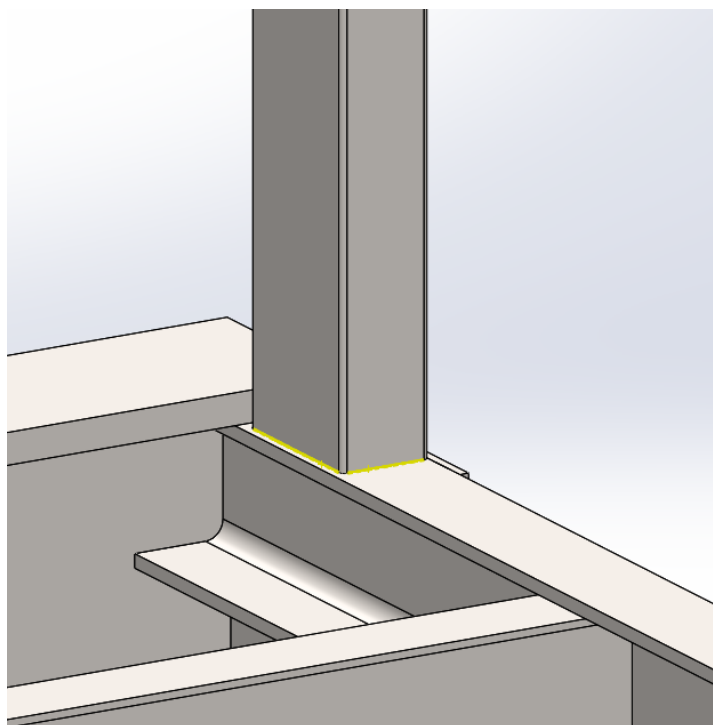


Figura 5.20 Detalle de cordón de soldadura en pilar trasero

Colocados los pilares, se procede a soldar los largueros superiores y los refuerzos, también de acero estructural.

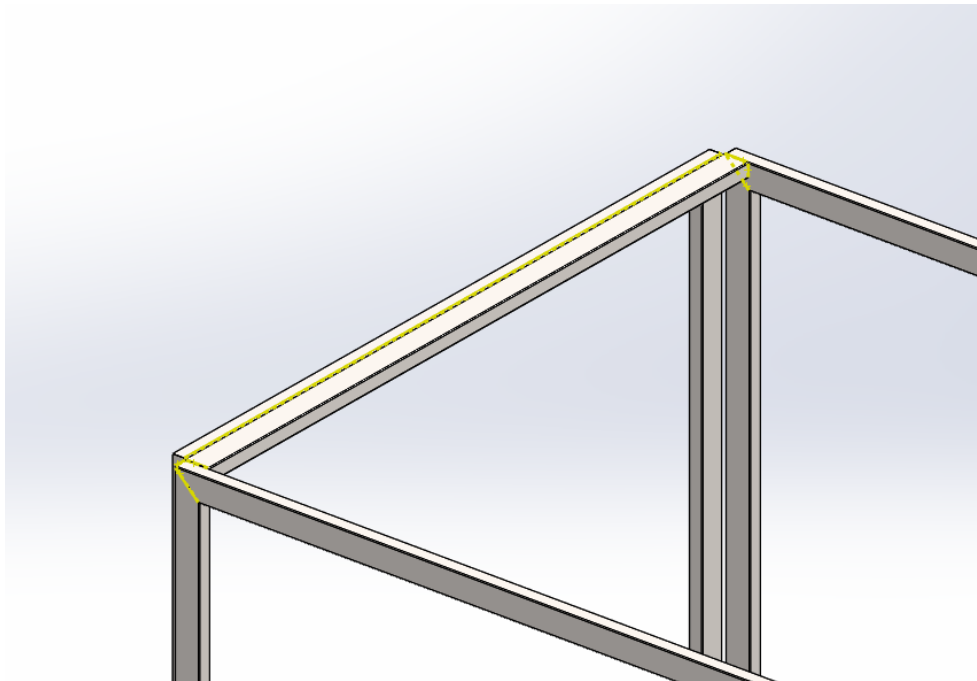


Figura 5.21 Colocación de marcos frontal y lateral superior y refuerzo trasversal

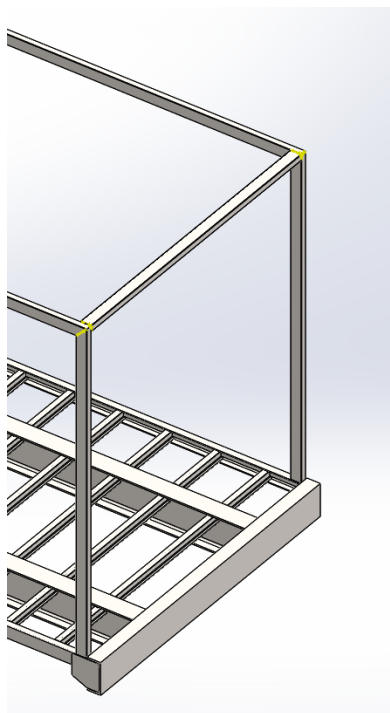


Figura 5.22 Colocación de refuerzo trasversal trasero

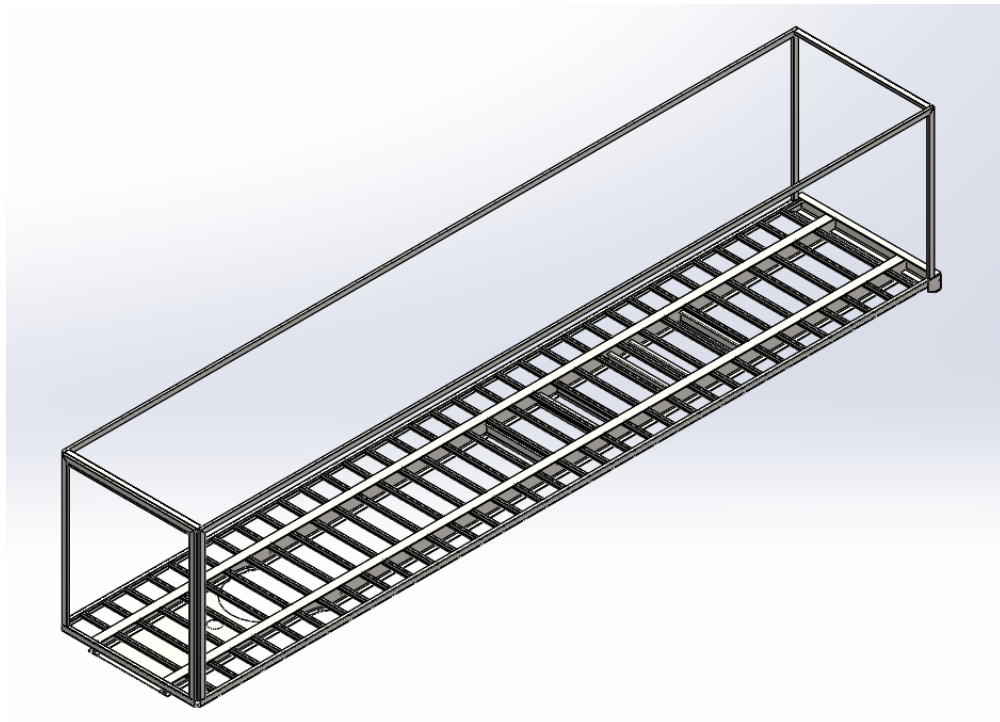


Figura 5.23 Perspectiva de marcos estructurales

Se sueldan las omegas del techo

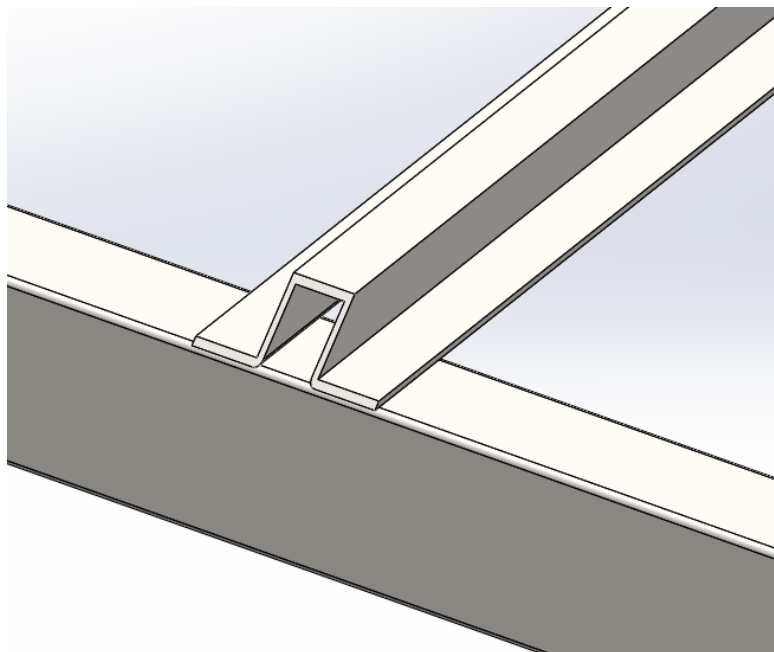


Figura 5.24 Detalle de omega techo

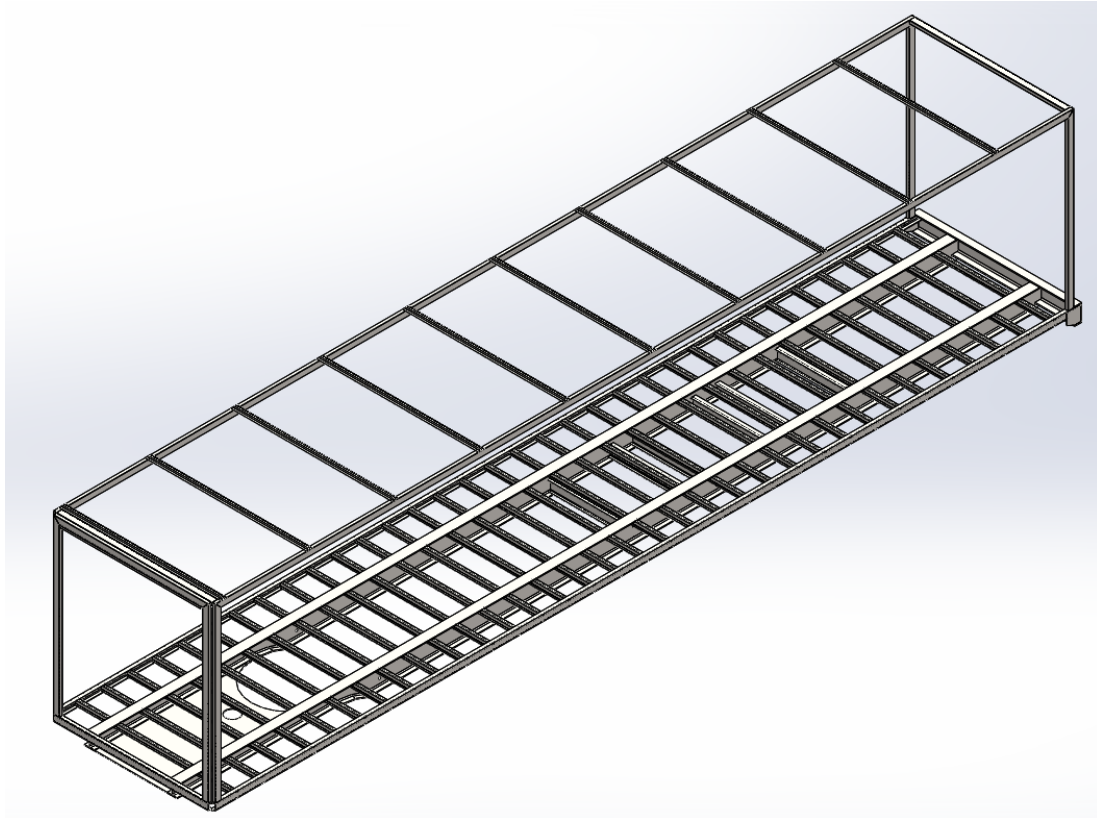


Figura 5.25 Perspectiva para apreciar los perfiles omega del techo.

Se coloca la chapa esquinera. Esta se fabricara a partir de plegar la chapa de 5 mm con las dimensiones que se indican en plano

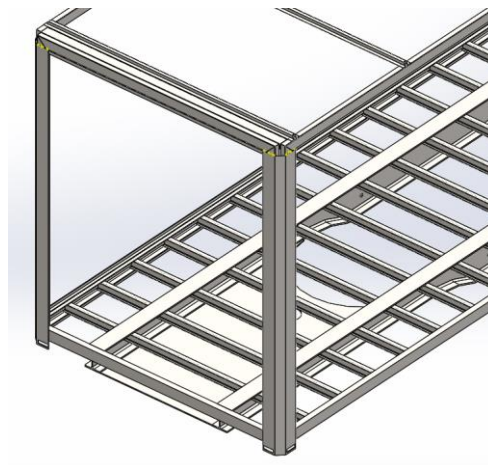


Figura 5.26 Colocación de placa esquinera

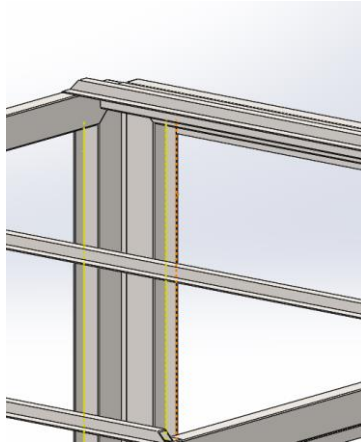


Figura 5.27 Detalle de unión interior de placa esquinera

Se coloca el marco trasero construido mediante el plegado de una chapa de 5 mm y soldadura

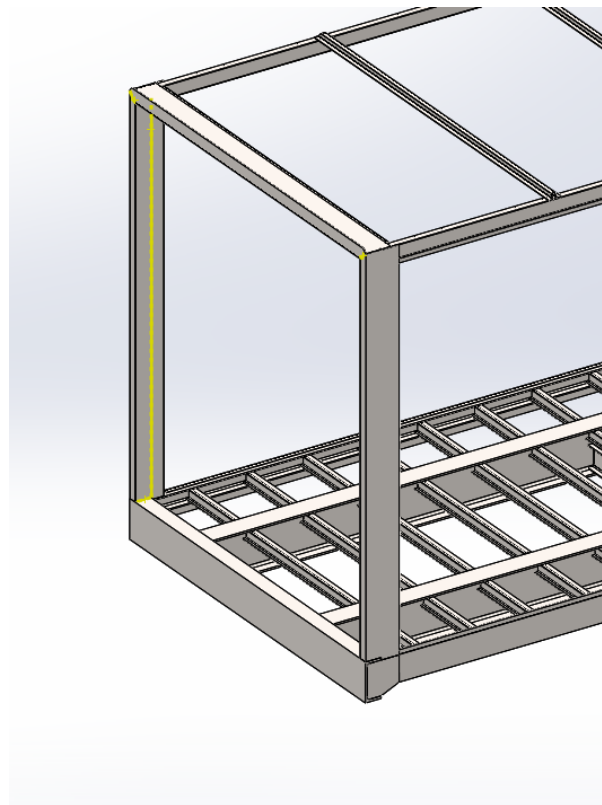


Figura 5.28 Marco trasero

Las chapas porta-pilotos y el perfil L 30x30x5 son montadas en posición y soldadas a tope a la estructura.

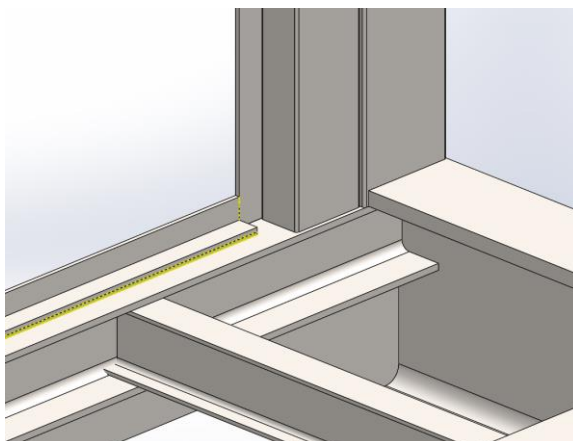


Figura 5.29 Colocación de porta-luces y perfil L exterior en cola.

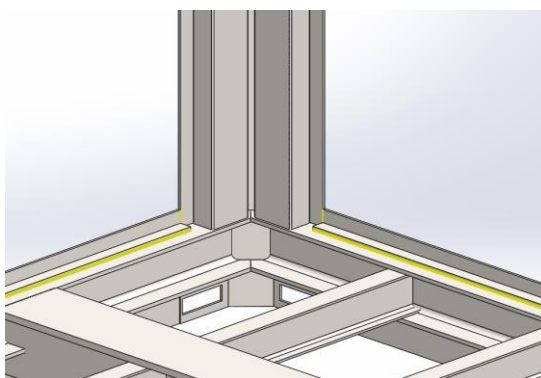


Figura 5.30 Colocación de porta-luces y perfil L exterior en frontal.

Se sueldan los protectores de marco trasero, y las pletinas plegadas que soportaran las puertas.

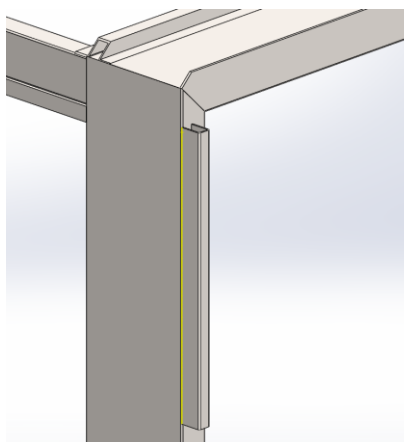


Figura 5.31 Detalle de soldadura de protector marco trasero

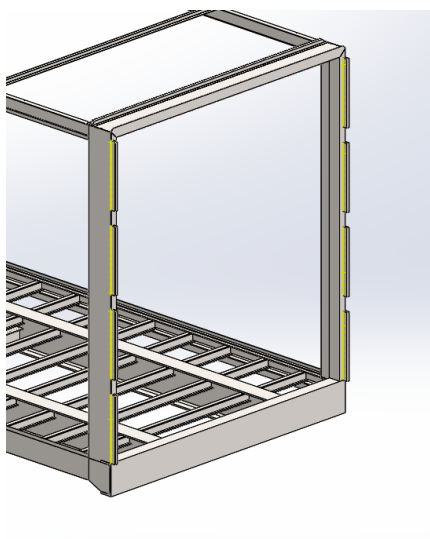


Figura 5.32 Protectores marco trasero

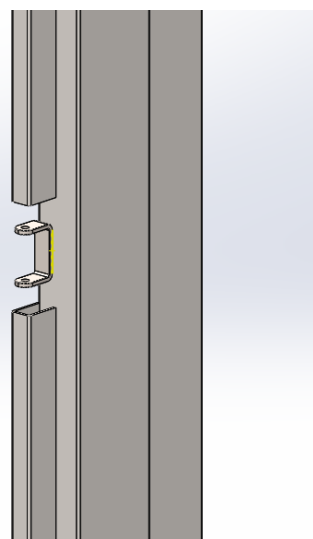


Figura 5.33 Unión soporte bisagras

Construido el chasis se instalan los anclajes de la suspensión (handbrackets) y los soportes de los fuelles de suspensión que irán soldados al chasis.

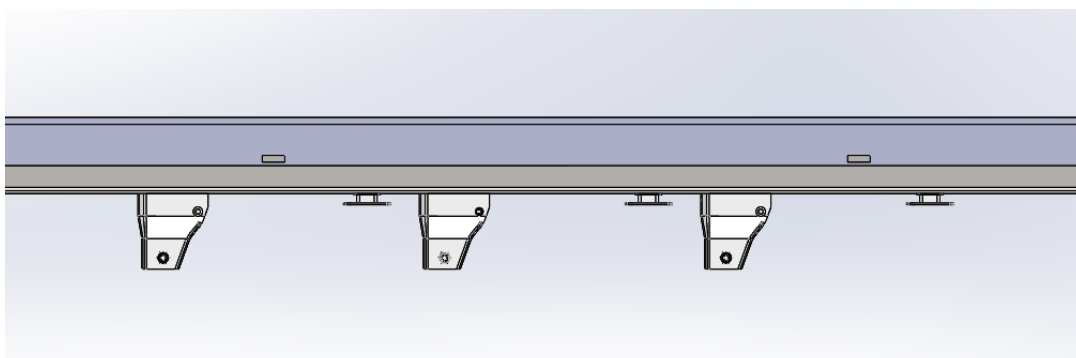


Figura 5.34 Colocación de handbrackets y soporte de fuelles.

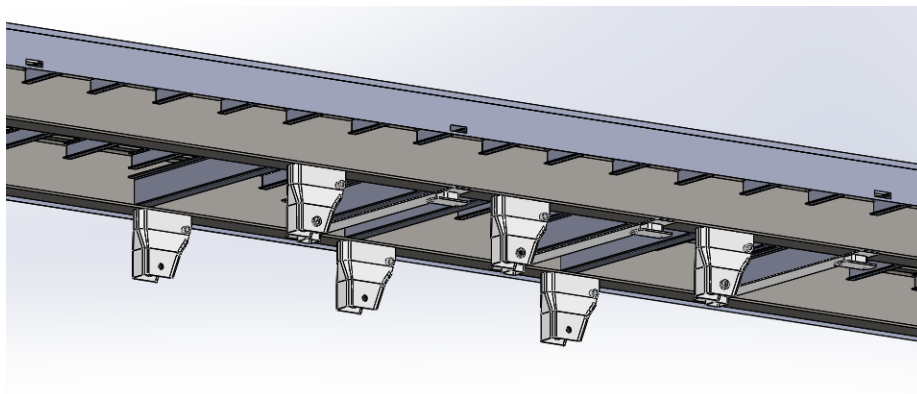


Figura 5.35 Colocación de handbrackets y soporte de fuelles.

Los anclajes de los pies de apoyo son soldados al chasis.

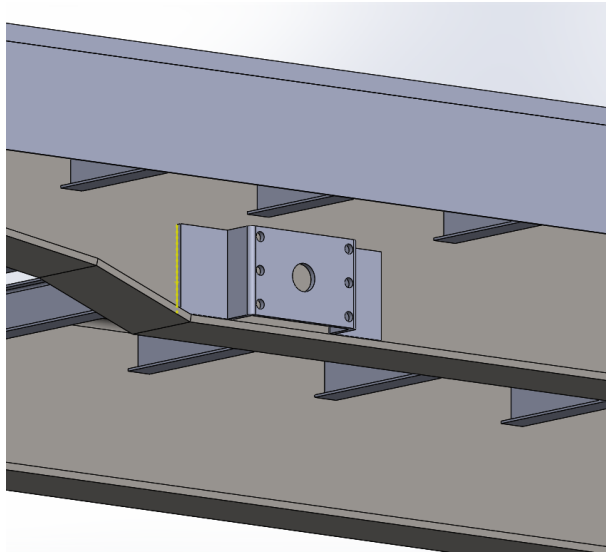


Figura 5.36 Placa soporte pies de apoyo

Se monta la barra anti-empotramiento al chasis

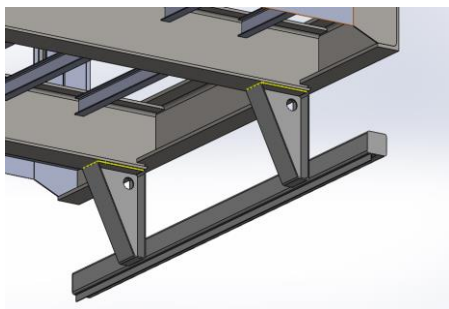


Figura 5.37 Detalle de unión barra

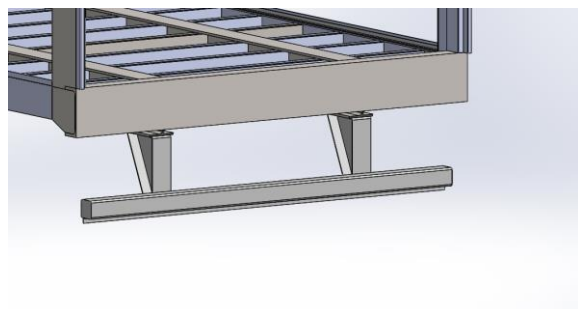


Figura 5.38 Anti-empotramiento trasero

anti-empotramiento trasero

Y se une con soldadura también los soportes del paragolpes de muelle

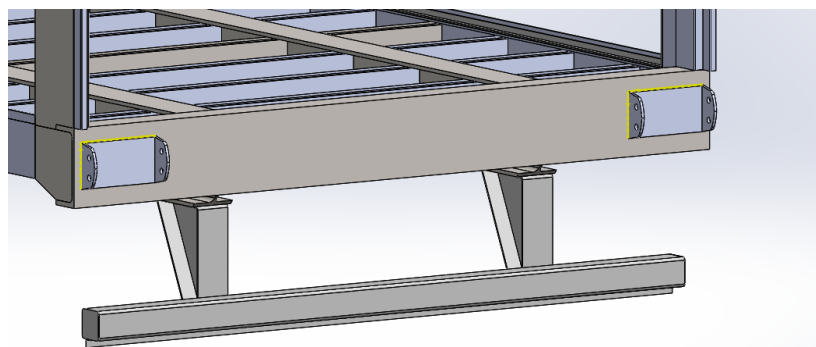


Figura 5.39 Unión de soporte de bumper.

El carenado lateral al ser un elemento opcional, deberá consultarse con el cliente su instalación, en caso de ser montados, se presentaran en posición, y se marcaran los taladros que hay que hacer al chasis para atornillarlos. Si el cliente no los desea, se instalaran unas barras anti-empotramiento homologadas en tal caso. La operación de taladrar, no debe ser previamente realizada, dado que los ejes se pueden desplazar y montar donde se quieran, en caso de que un cliente solicitara 2 ejes, o el acoplamiento de elementos adicionales tales como una rampa de carga trasera, los taladros no estarían en la posición correcta.

Una vez realizados los taladros, se procederá a repasar y limar soldaduras. Una vez repasadas, se dará una primera capa imprimación, seguida de múltiples capas de pintura anticorrosiva y un lacado final hasta tener unos 50 micrómetros. Para el proyecto diseñado, se pintara de negro, pero se dejará a elección del cliente el color (El gasto de elección de la pintura será cubierto por el cliente).

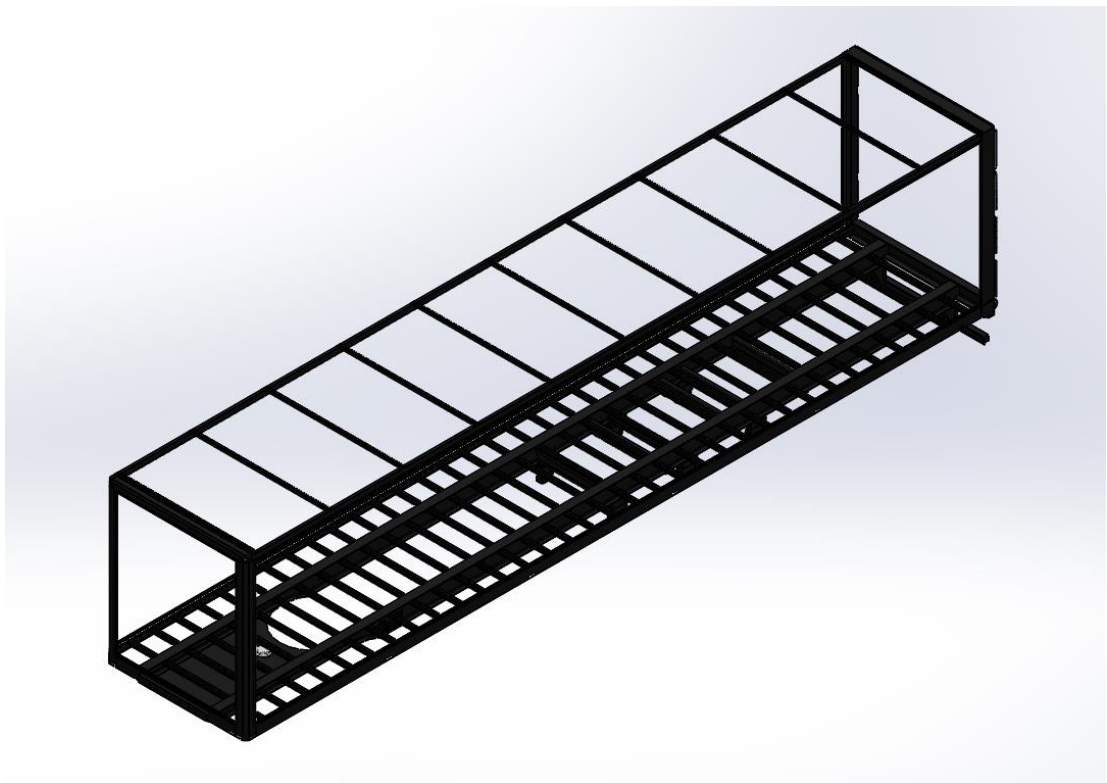


Figura 5.40 Chasis pintado en RAL9005

Se instalan las válvulas, los conductos de aire, los ejes, los neumáticos, los pies de apoyo, la suspensión y la instalación eléctrica según manual de montaje del fabricante.

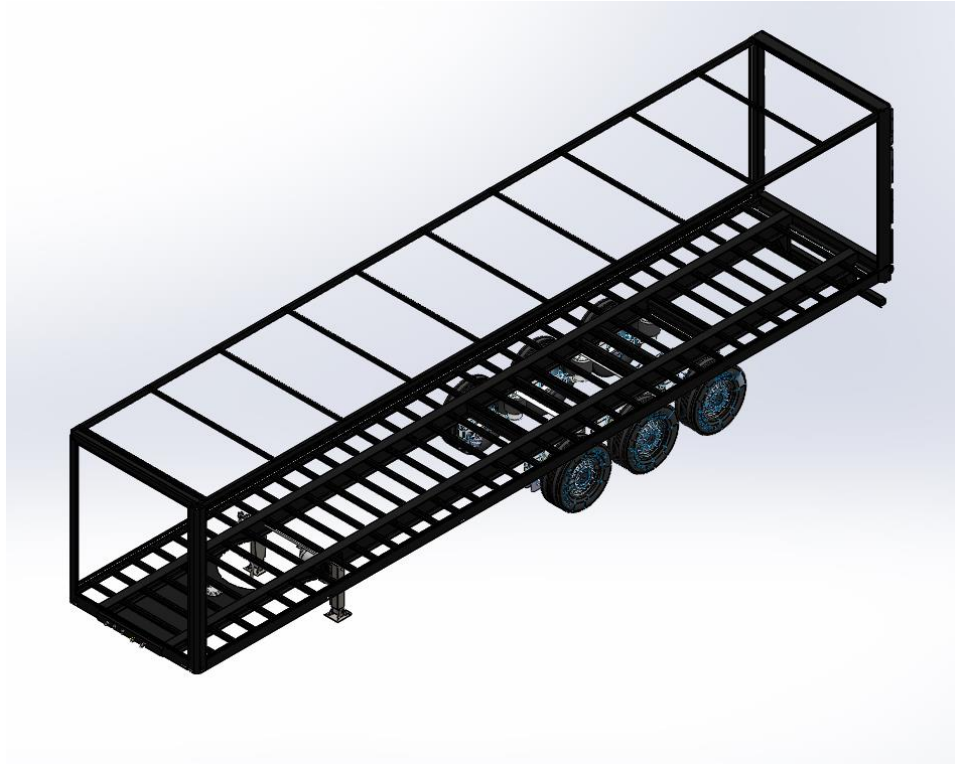


Figura 5.41 Chasis, ejes y pies de apoyo

El sistema elevador es unido a los handbrackets mediante los propios tornillos del kit de SAF, y se debe tener especial cuidado en su apriete, así como en el montaje de los fuelles neumáticos, respetándose en todo momento las instrucciones del fabricante.

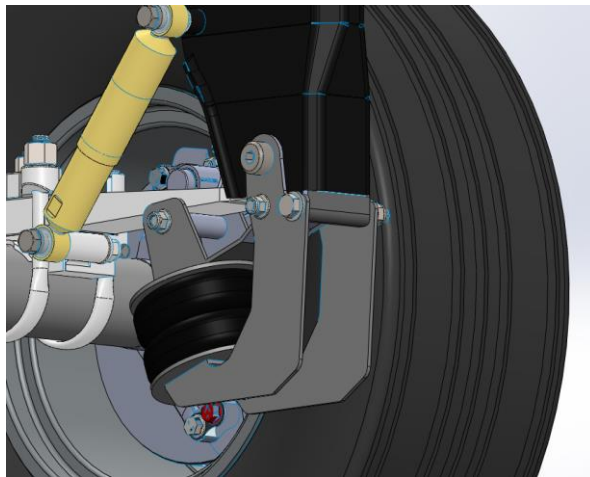


Figura 5.42 Detalle elevador de eje.

Se colocaran los tableros de madera finlandesa del piso sobre la estructura, y fijaran mediante adhesivo y tornillos auto perforantes a los travesaños por la parte inferior.

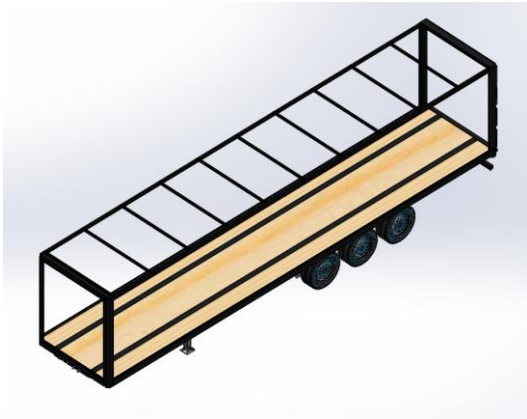


Figura 5.43 Piso inferior



Figura 5.44 Detalle de fijación mediante tornillos de piso inferior a travesaños

El piso superior se colocará sobre el piso inferior y se unirá mediante tornillos auto perforantes y adhesivo.

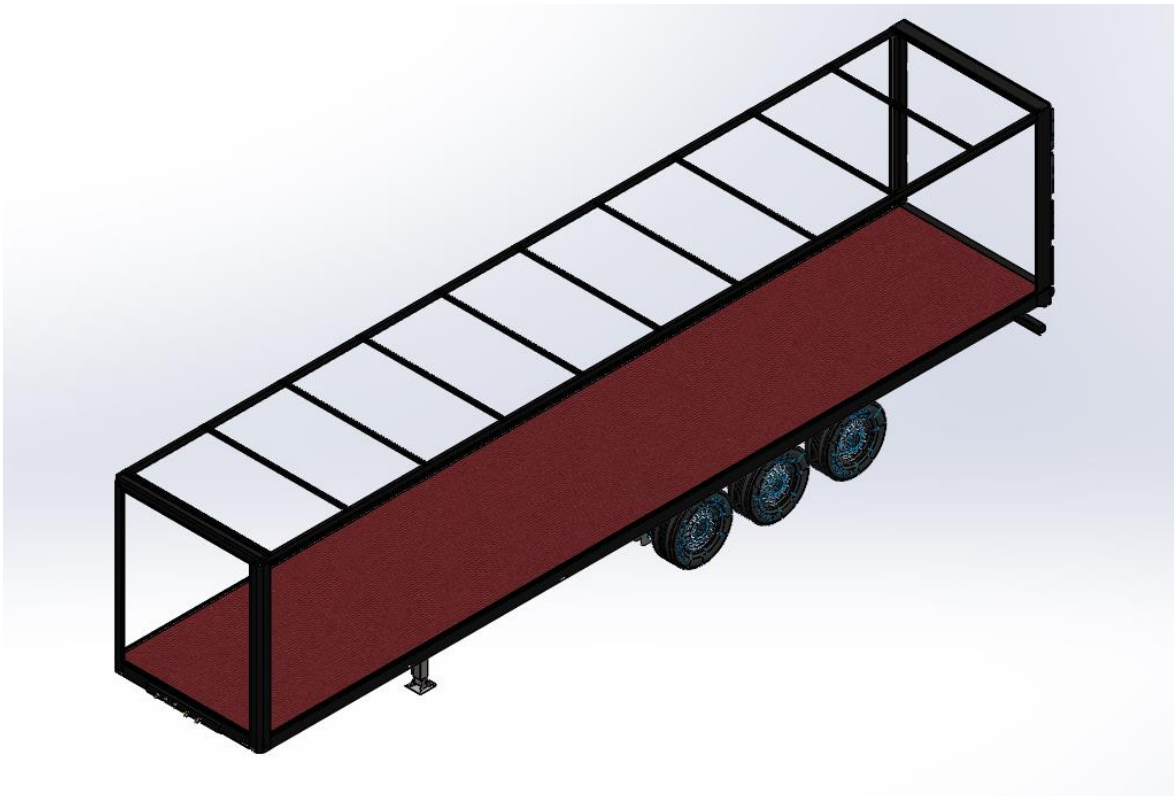


Figura 5.45 Piso superior

El panel tipo sándwich, se compondrá de dos capas de poliéster de 2,5 mm y como relleno panel de espuma rígida de poliuretano, reforzado con perfiles cuadrado de acero. El tipo sándwich, será encajado en los marcos del chasis.

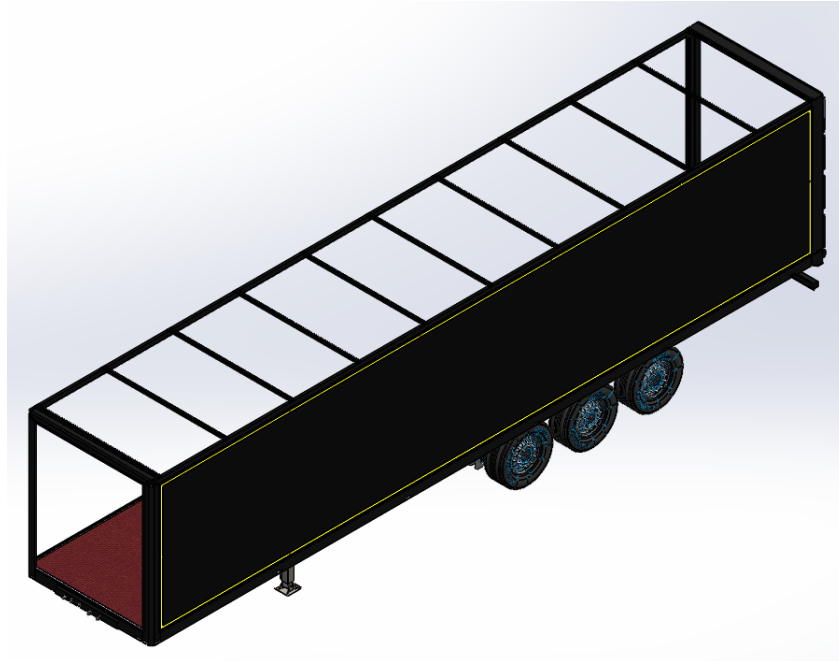


Figura 5.46 Colocación de panel lateral

Y por la parte interior será ajustado con el perfil L y fijado con tornillos auto perforantes a 1 metro de separación como se indica en los cálculos justificativos. Además de los tornillos del techo, se atornillara también el perfil L al panel.

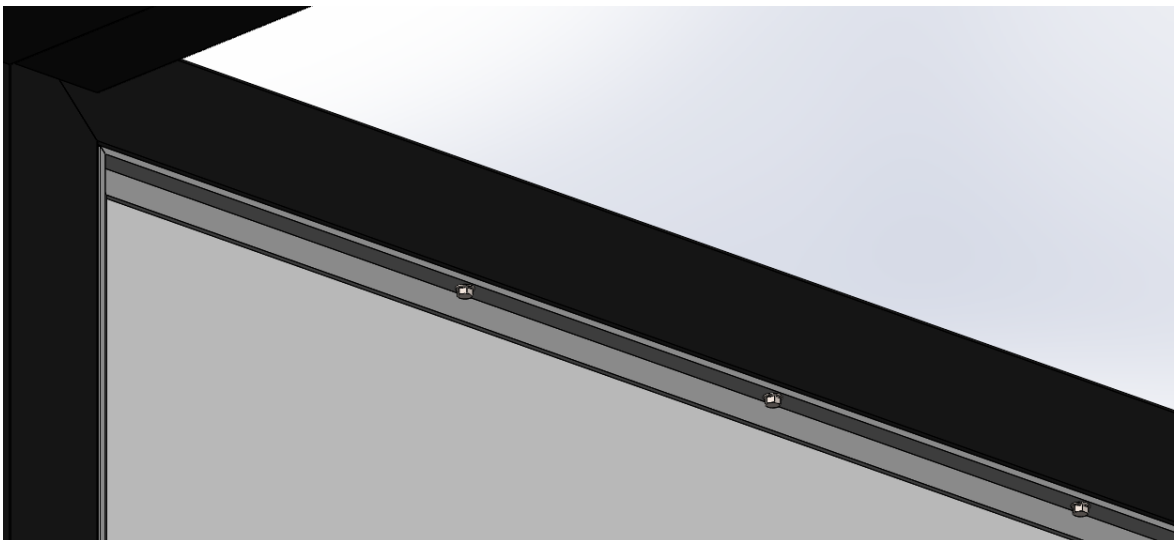


Figura 5.47 Detalle de fijación de panel lateral por el interior

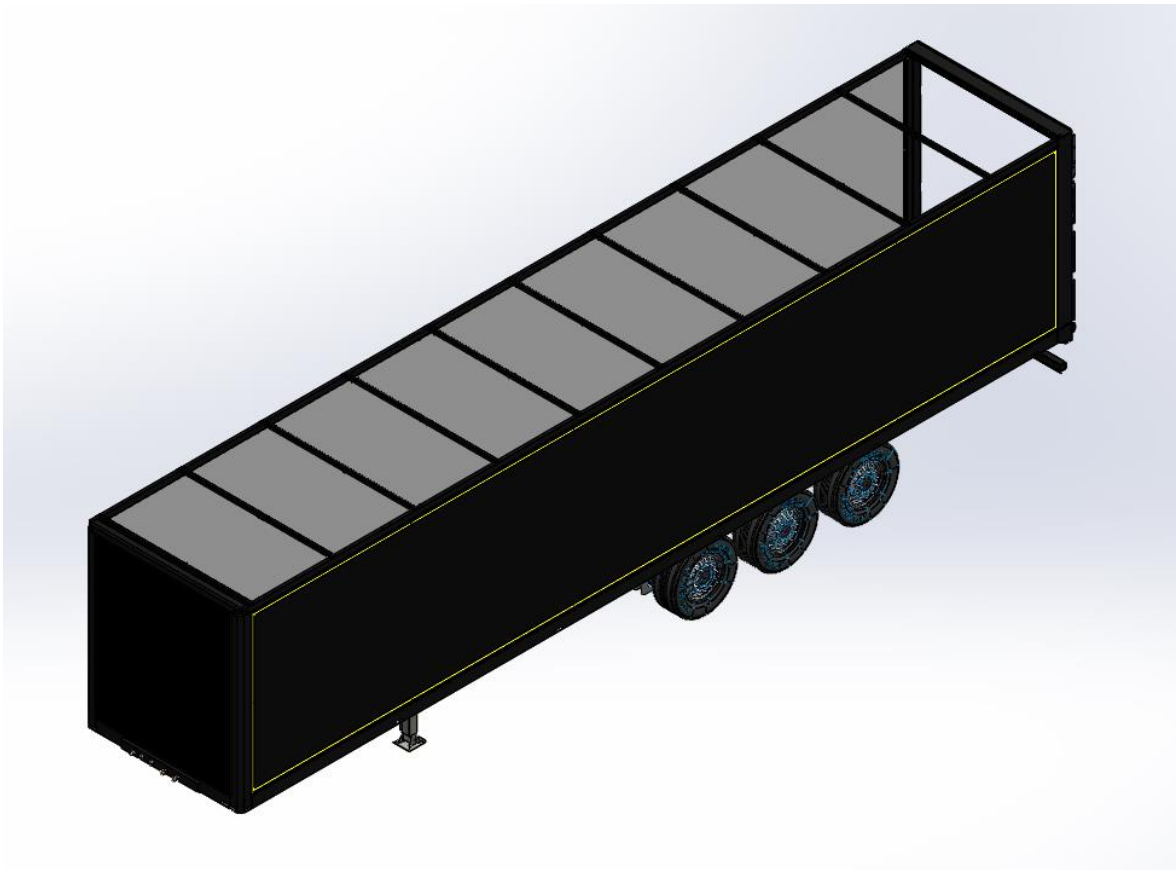


Figura 5.48 Paneles laterales y frontales.

Se colocan los paneles de las puertas que se fijan a la estructura con los tornillos en la pletina. La bisagra, viene ya previamente fijada con el panel mediante tornillos.

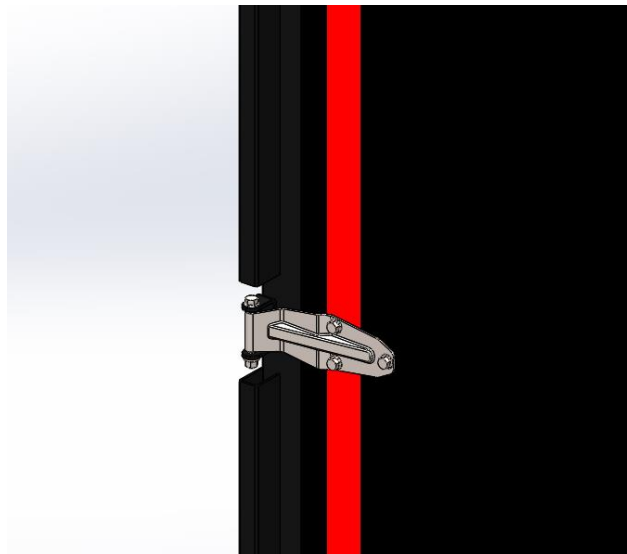


Figura 5.49 Bisagra trasera montada.

Se instalan las fallebas en posición también con tornillos según instrucciones de montaje del fabricante de dichos elementos

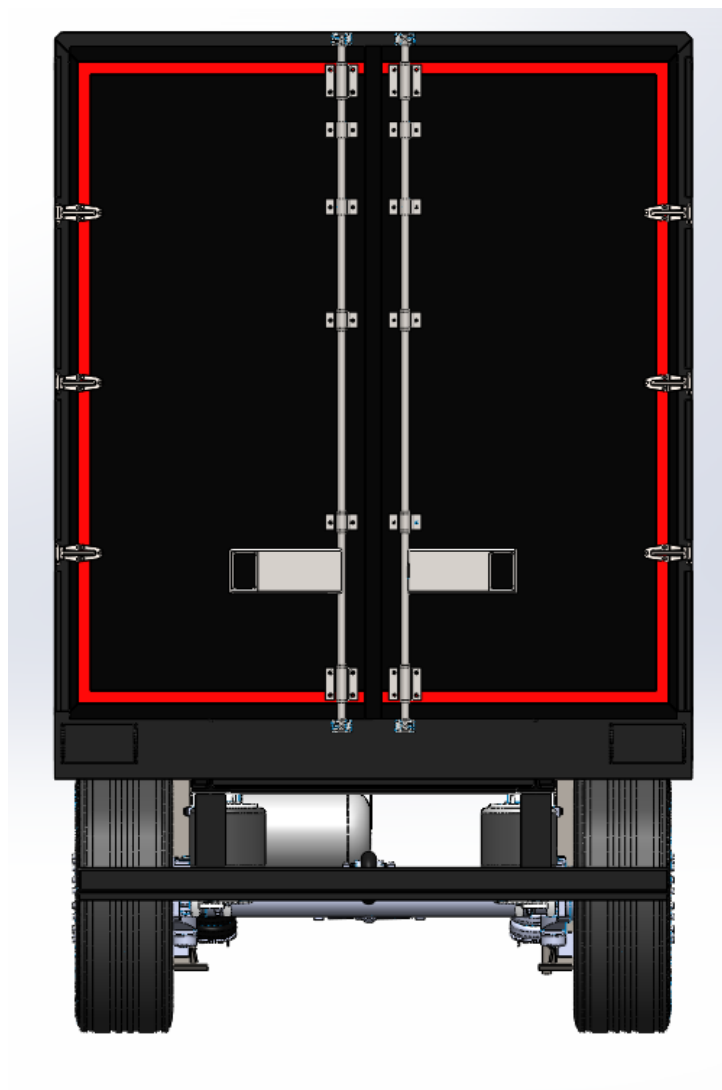


Figura 5.50 Parte trasera

Se monta el porta-pallets, los carenados laterales, estos se unen a semirremolque mediante los tornillos que se taladraron. Se colocan también fijados con los soportes de los carenados, los 6 guardabarros independientes y se la faldeta anti-proyección trasera a la barra anti-empotramiento.

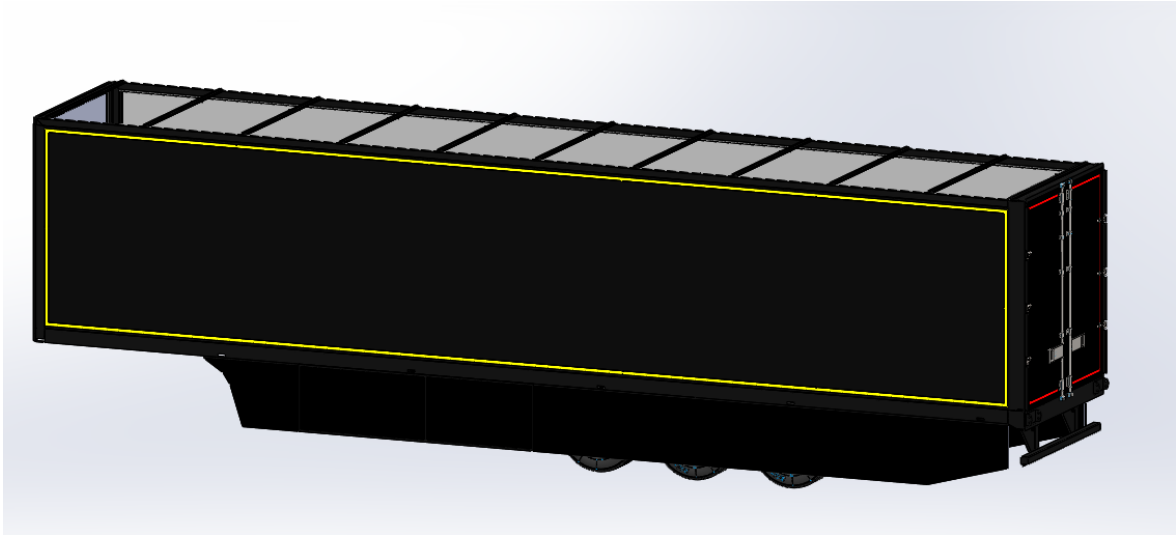


Figura 5.51 Detalle de carenado laterales y porta-pallets

Se instala el techo, que se fija a la carrocería mediante adhesivo y se sellan todas las juntas para evitar la entrada de agua.

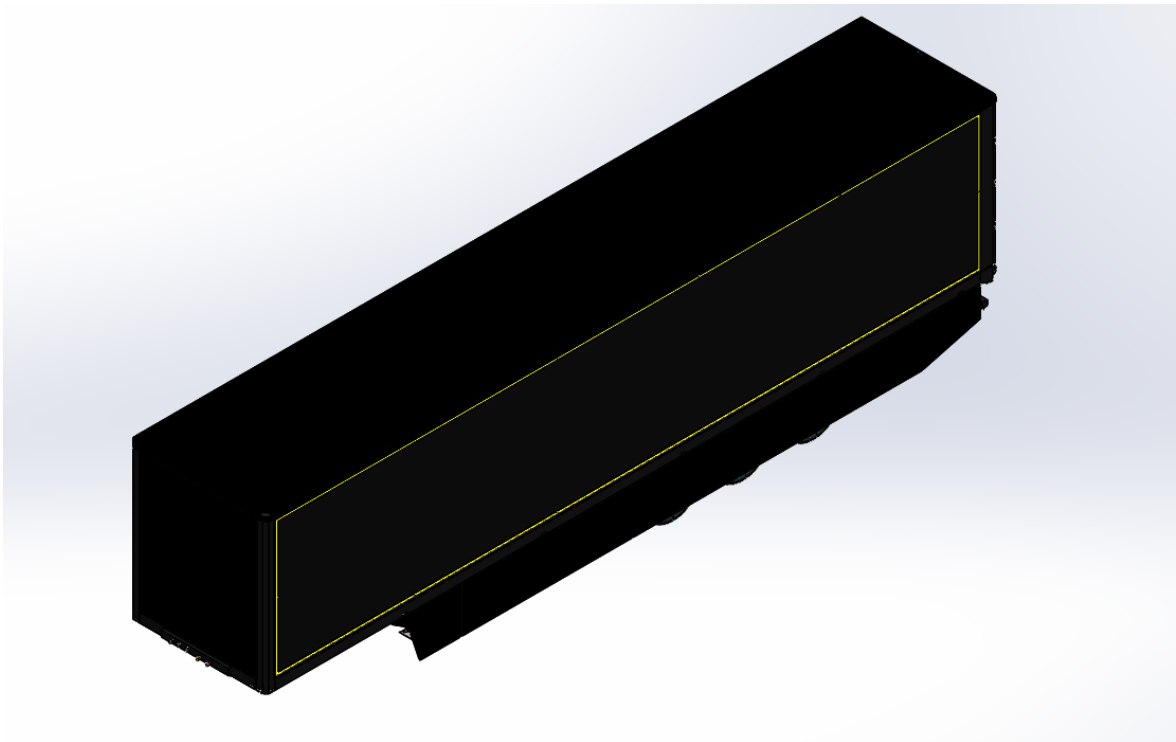


Figura 5.52 Semirremolque con techo

Finalmente se colocan los pilotos led, pilotos traseros, tomas de aire, tomas de corriente y se conectan a su toma, se añade la placa de vehículo largo y las matrículas.

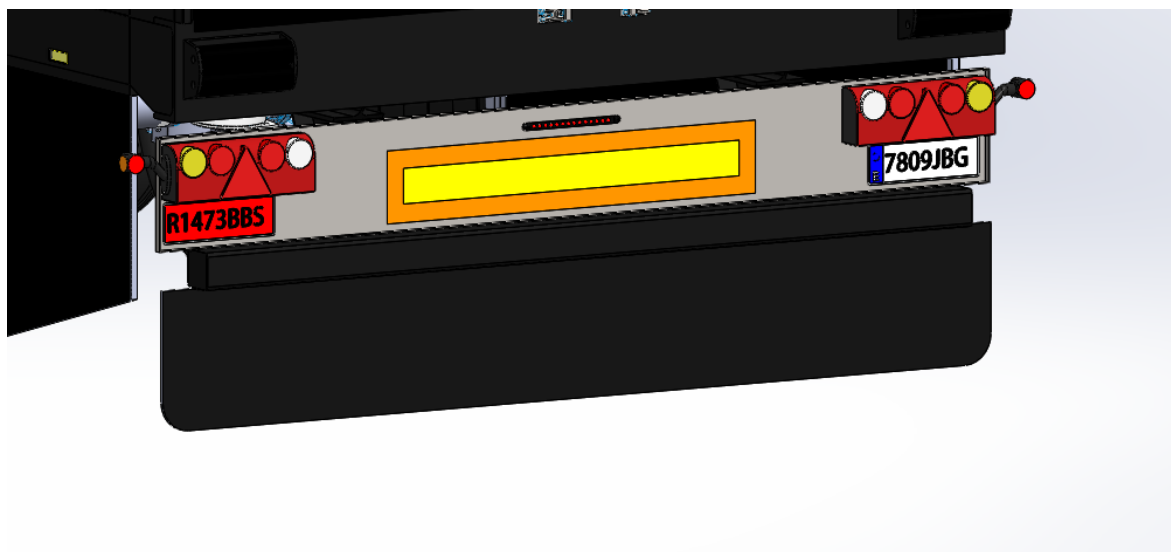


Figura 5.53 Detalle de luces traseras

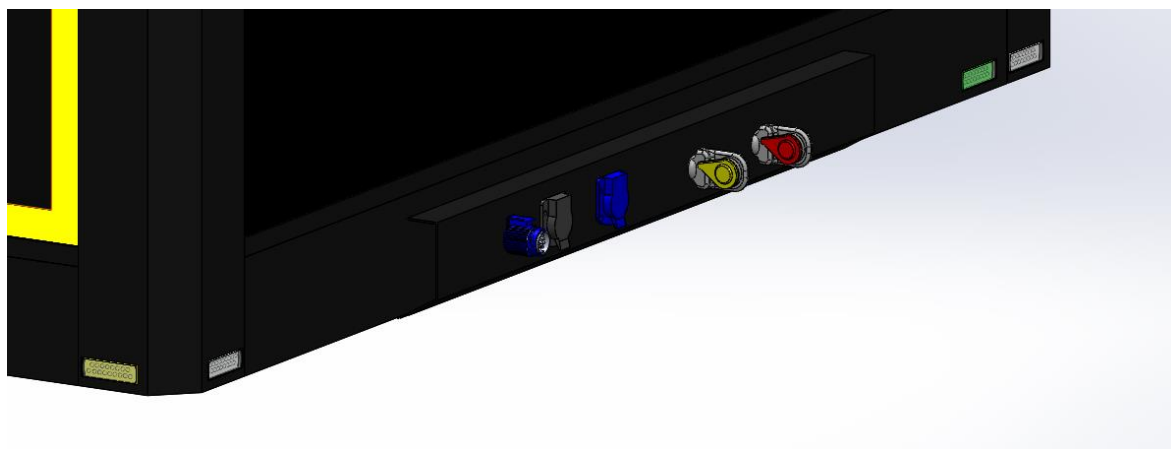


Figura 5.54 Detalle de enchufes de frontal y luces

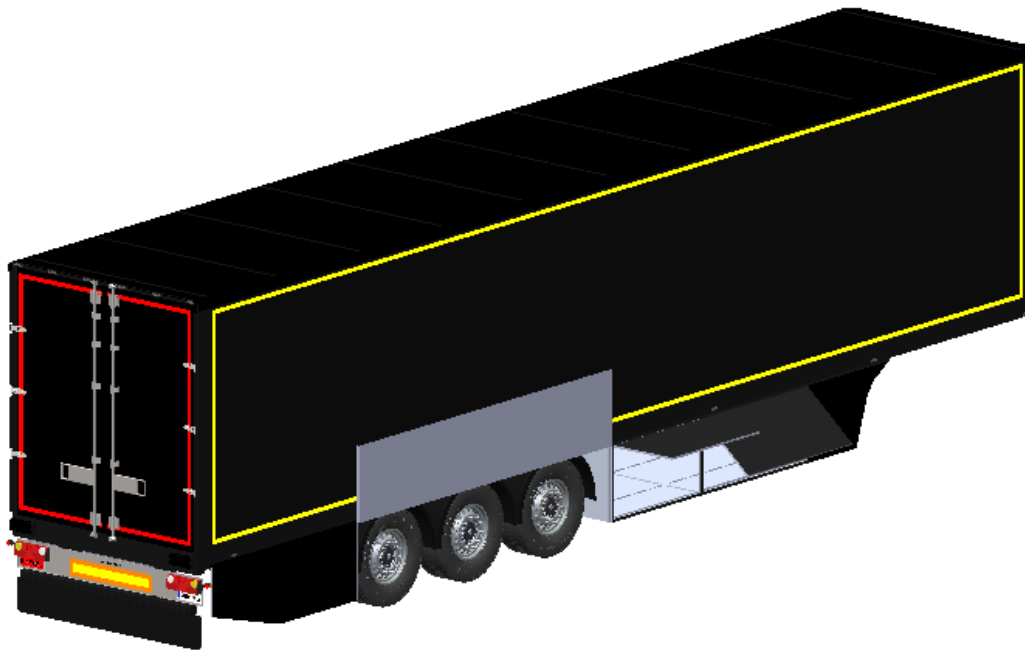


Figura 5.55 Semirremolque acabado.

5.6 Pruebas de fábrica.

El semirremolque deberá cumplir las siguientes pruebas antes de su venta o entrega al cliente final:

- Prueba de funcionamiento de frenada de servicio.
- Prueba de eficacia de frenada
- Prueba de funcionamiento del sistema de frenado de emergencia y estacionamiento.
- Prueba de funcionamiento de iluminación.
- Testeo de control electrónico de frenada
- Comprobación de apertura de puertas y mecanismos de cierre.
- Prueba de estanqueidad.
- Prueba de calidad y defectos estéticos.

Si el vehículo pasa los requisitos de fábrica, estará apto para su inspección por un estudio que lo homologue. Además de las pruebas de fábrica, se realizarán las pruebas que se realizarían en una estación de Inspección Técnica de Vehículos ITV.

5.7 Pruebas de homologación.

Las pruebas de homologación deberá realizarlas cualquier organismo competente en la materia, siendo estos organismos oficiales, entre los que destaca IDIADA [12]

Para esta entidad habrá de entregarse un prototipo sobre el que se realizarán pruebas y ensayos para comprobar si son aptos para su puesta en servicio y homologación:

- Cumplimiento de las medidas máxima autorizadas
- Cumplimiento de las masas máxima autorizadas
- Cumplimiento de la directiva 2008/89/CE que regula la instalación de dispositivos de alumbrado y señalización.
- Cumplimiento de la directiva 2006/20/CE que regula la protección contra el empotramiento trasero
- Cumplimiento de la directiva 2010/19/CE que regula la instalación de dispositivos anti-proyección.
- Cumplimiento de la directiva 89/297/CEE que regula la instalación de dispositivos anti-empotramiento lateral.
- Cumplimiento de la directiva 70/222 CEE que regula la instalación de placas de matrícula

5.8 Reglamentación medioambiental y de seguridad.

5.8.1 Medidas de seguridad

Algunos procesos de fabricación que se utilizarán en la construcción del semirremolque pueden llegar a ser peligrosos y ocasionar accidentes al personal y/o al material, siendo el responsable de dichos accidentes el contratista, es por ello por lo que se debe tener en cuentas las siguientes medidas de seguridad e higiene:

- Se procurara tener un orden, tanto en materiales útiles como en los desechos.
- Para operaciones en las que se trabaje con disolventes, aceites sintéticos, pinturas o sustancias peligrosas para la piel, se deberán realizar con el vestuario adecuado para dicha operación.
- Para las operaciones de corte, torneado, limado etc., se precisara de guantes y gafas de seguridad.
- No se debe utilizar los disolventes de la maquinaria para lavar las manos o cualquier parte afectada, para ello se utilizaran los distintos productos que hay en el mercado para dicho fin.
- Para la operación de soldadura, se requerirá el equipo de protección individual que se requiera, constando este de guantes, mono anti-quemaduras, botas y careta protectora.
- La maquinaria debe estar provista de medidas de seguridad tales como el pare de emergencia, pantalla protectora, etc. Todos los órganos de transmisión tales como correas, cadenas, engranajes etc., deberán estar cubiertas con carcasas protectoras o en su defecto con el apropiado sistema de seguridad
- No se podrán quitar de las maquinas las medidas de protección que incluyan.
- En el taller de construcción debe haber en un sitio visible al menos un extintor.
- Mantener la maquinaria y la herramienta en condiciones de utilización óptimas.
- Es de obligado cumplimiento que la empresa este en posesión de un certificado de riesgos laborales y seguridad en el trabajo que lo acredite, y se cumpla en todo momento las normas anteriores y cualquier norma que este en el certificado.

5.8.2 Medidas medioambientales

El transporte y la industria son los sectores más contaminantes y que más energía consumen. Es por ello que se deben de tomar medidas medioambientales para reducir el impacto ambiental que la construcción y la utilización del semirremolque conlleva.

En el diseño de las piezas del semirremolque, se intenta minimizar la generación de residuos.

Los residuos serán correctamente clasificados y tratados por la empresa o empresas ajenas dedicadas a tal fin.

5.9 Aspectos del contrato

5.9.1 Contrato

A efectos de ejecución del proyecto, se considerara como fecha de comienzo la que se especifique en el pliego particular de condiciones, y en su defecto la de la orden de comienzo del proceso constructivo.

Las partes que firmaran el contrato serán por un lado el contratista o empresa contratista y por otro el autor del proyecto

5.9.2 Subcontratación

El contratista podrá subcontratar cualquier pieza a otros, siempre con el consentimiento del autor del proyecto, el cual debe ser informado previamente del alcance de las piezas subcontratadas y de las condiciones técnicas y económicas de subcontratación

5.9.3 Propiedad industrial y comercial

Al aceptar el contrato, el contratista garantizara al autor del proyecto toda la clase de reivindicaciones que se refieran a suministro y materiales, procedimientos y medios utilizados para la construcción del vehículo semirremolque y que proceda de titulares de patentes, licencias, planos, modelos marcas de fábrica o comercio.

En el caso de que fuera necesario, el contratista se hará cargo de la obtención de las licencias o permisos, así como hacerse cargo de los derechos e identificación de los mismos.

5.9.4 Responsabilidades

- 1- El pliego de condiciones se refiere proyecto de diseño de un vehículo semirremolque caja cerrada de tres ejes.

- 2- El proyecto se ajustara en todo momento a los detalles de los planos y memorias que contiene.
- 3- El autor se hace responsable de todos los defectos, accidentes y consecuencias que acontecieran con motivo de un cálculo erróneo.
- 4- El autor se reserva el derecho a realizar cambios, pruebas, ensayos e inspecciones que se consideren oportunas durante la fabricación y montaje del vehículo.
- 5- El contratista deberá atender las órdenes del autor del proyecto con el objetivo de mejorar la fabricación.
- 6- La empresa contratista del proyecto tiene la obligación de realizar las piezas en las condiciones que se especifican, y si fuera necesaria alguna modificación, se deberá consultar al autor del proyecto. En caso de modificación por el contratista que no haya sido aprobada por el autor, correrá de su cuenta el gasto de dicha modificación.
- 7- El autor podrá rechazar las piezas que estén en mal estado y será el contratista el encargado de realizarlas o encargar las reparaciones que precisen. En caso de no poder repararse se deberá suministrar una nueva pieza que en todo momento deberá ser aceptado por el autor.
- 8- El contratista acepta implícitamente las condiciones del pliego de condiciones tal y como se especifica.
- 9- La empresa contratista será responsable ante los tribunales de justicia de los accidentes o daños que se pudieran ocasionar en la fabricación.
- 10- La empresa contratista será la responsable de los defectos de fabricación producidos.
- 11- La empresa contratista será la responsable de la recepción de materiales.

6 PRESUPUESTO Y MEDICIONES

6.1 Presupuesto parcial.

Las partidas se han ordenado en función del material.

Iluminación y señalización.				
Referencia	Designación	Und.	€/Und.	TOTAL €
FA101170	Placa vehículo largo 1130x195 mm	1	23,99	23,99
FA210355	Tercera luz de freno LED	1	47,21	47,21
LED25-6400-7007	Piloto 8 posiciones con galibo lateral	2	93,84	187,68
FA102032-24A	Luz galibo rojo	6	10,43	62,58
FA102033-24A	Luz galibo amarillo	12	10,43	125,16
FA102034-24A	Luz galibo blanco	4	10,43	41,72
FA102031-24A	Luz galibo verde ABS	1	10,43	10,43
FA200705-T	Base 7 polos 24V hembra	2	19,8	39,6
	Placa matricula remolque	1	9,2	9,2
	Placa matricula europea	1	9,2	9,2
FA101202	Kit cableado y conexiones eléctricas	1	101,71	101,71
FA101147	Avisador marcha atrás	1	44,67	44,67
			TOTAL	703,15

Tabla 6.1 Componentes de iluminación y señalización

Frenos y suspensión neumática				
Referencia	Designación	Und.	€/Und.	TOTAL €
KNB0484150111000	Cabeza acoplamiento rojo con filtro	1	14,00	14,00
KNB0484150112000	Cabeza acoplamiento amarillo con filtro	1	14,00	14,00
KNB1185275	Calderin de aire	2	241,00	482,00
K009166N00	Módulo de información de remolque TIM G2	1	439,00	439,00
K010713N00	Cable TEBS G2	1	20,00	20,00
AS3050A	Válvula relé de urgencia Knorr Bremse	1	230,00	230,00

K020123N00	Válvula de parking y aflojamiento con freno de emergencia	1	269,00	269,00
K00630	Válvula de rebose	1	105,00	105,00
K022847N00	Válvula sube-baja	1	353,00	353,00
KNBII36115	Válvula niveladora Knorr Bremse	1	292,00	292,00
K017224N00	Válvula de control de eje elevable	1	209,00	209,00
KNBII367566000	Cable extensión sensor	4	28,10	112,40
KNB0486000134000	Sensor de velocidad	4	67,50	270,00
K021336N00	Cable conexión X2	1	103,00	103,00
KNBII39797F	Placa TEBS	1	16,00	16,00
KNBK019309V02N50	Modulador EBS tráiler	1	1331,00	1331,00
KNBSN7376RC	Pinza de frenos Knorr Bremse SN7	6	932,00	5592,00
KNBSSB60001	Pastillas de frenos Knorr Bremse SN7	1	214,00	214,00
KNB2264462397	Cable 7 pines ISO 7638 conexión centralita	2	112,00	224,00
KNBII367383	Kit de mangueras y conexiones	1	142,00	142,00
164010	Fuelle suspensión elevable	2	69,00	138,00
			TOTAL	10569,40

Tabla 6.2 Componentes del EBS

Tornillos y elementos			
Designación	Und.	€/Und.	TOTAL €
Anillo de retención	8	0,15	1,20
Tornillo M6 DIN 7331	600	0,21	126
Tornillo M10x55 DIN 933	170	0,39	66,30
Tuerca auto-frenante M10 DIN 985	170	0,32	54,40
Tornillos M16 DIN 931	6	0,85	5,10
Tuercas M16 DIN 931 auto-frenantes	6	0,90	5,40
Arandelas M16 DIN 931	12	0,50	6,00
Bisagra apertura 180º oculta	38	4,60	174,80
Cerradura bombín llave universal	14	4,19	58,66
Amortiguador de gas	18	8,9	160,2
		TOTAL	658,06

Tabla 6.3 Tornillos y elementos

Componentes principales				
Referencia	Designación	Und.	€/Und.	TOTAL €
50S15	King pin SAF	1	52,07	52,07
FW270001S	Patatas telescópicas Schulz Ibérica	1	352,59	352,59
DUNLOTECH	Guardabarros Dunlop Dunlotech	6	45,54	273,24
ALCOA	Llanta Alcoa 11,75x22,5	7	399,99	2799,93
Bridgestone	Neumáticos Bridgestone r109	7	477,21	3340,47
BI9	Eje SAF BI9	2	1498,80	2997,60
BIL9	Eje SAF BI9 direccional	1	2559,00	2559,00
Modul	Kit suspensión neumática	3	909,52	2728,56
460V34C	Kit fallebas KITS & carrocerías	1	140,80	140,80
410PB02	bisagra carrocería	6	25,50	153,00
			TOTAL	15397,26

Tabla 6.4 Componentes principales

Acero					
Componentes de acero chasis					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Larguero principal - viga IPE 300	2	640,87	1281,74	1,06	1358,64
Travesaño - viga IPE 80	33	12,57	414,81	1,06	439,70
Larguero lateral - UPE 100	2	132,18	264,36	1,05	277,58
Travesaño frontal - UPE 100	1	23,83	23,83	1,05	25,02
Pilares - tubo rectangular 90x50x5	6	26,76	160,56	1,11	178,22
Marco longitudinal - tubo rectangular 90x50x5	2	134,54	269,08	1,11	298,68
Marco trasversal - tubo rectangular 90x50x5	1	23,54	23,54	1,11	26,13
Refuerzo - tubo rectangular 90x50x5	2	24,55	49,10	1,11	54,50
Chapa esquinera - chapa 5 mm	2	35,05	70,10	1,58	110,76
L longitudinal exterior - perfil L 30x30x5	4	28,31	113,24	1,26	142,68
Pilares marco trasero - chapa 5 mm	2	46,98	93,96	1,58	148,46
Travesaño de cola - viga UPE 270	1	133,27	133,27	1,05	139,93
Porta-luces lateral - chapa 3 mm	2	64,85	129,70	1,58	204,93
Marco trasero superior - chapa 5 mm	1	40,92	40,92	1,58	64,65

Perfil omega 30x3	11	8,39	92,29	1,78	164,28
L frontal exterior - perfil L 30x30x5	2	4,68	9,36	1,26	11,79
Porta-luces frontal - chapa 3 mm	1	10,66	10,66	1,58	16,84
Cartelas - viga IPE 180	6	16,03	96,18	1,06	101,95
Chapa de apoyo quinta rueda - chapa 10 mm	1	195,19	195,19	1,58	308,40
Protector marco trasero - U 30x30x3	8	1,39	11,12	1,27	14,12
Placa embellecedora trasera - chapa 5 mm	2	1,92	3,84	1,58	6,07
Porta-enchufes - chapa 3 mm	1	6,97	6,97	1,58	11,01
Pletina de bisagra - pletina 5 mm	6	0,11	0,66	1,58	1,04
Componentes de acero panel lateral					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Estructura interna panel lateral	2	134,57	269,14	1,93	519,44
Componentes de acero panel frontal					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Estructura interna panel frontal	1	15,21	15,21	1,93	29,36
Componentes de acero perfil puerta trasera					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
U 30x30x3	4	4,87	19,48	1,27	24,74
Perfil carrocerero especial	4	3,07	12,28	3,42	42,00
Pletina	1	4,03	4,03	1,58	6,37
Componentes de acero carenados laterales					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Tubo 30x30x3 sujeción a chasis	1	108,34	108,34	1,35	146,26
Placa 5 mm soporte	26	0,72	18,72	1,58	29,58
L 20x30x3	1	8,82	8,82	1,26	11,11
Componentes de acero porta-pallets					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Estructura porta-pallets - tubo 30x30x3	1	228,8	228,8	1,35	308,88
L 20x30x3	1	18,4	18,4	1,26	23,18
Plancha lateral 1 mm	2	38,83	77,66	1,58	122,70
Plancha suelo 1 mm	1	54,83	54,83	1,58	86,63

Componentes de perfiles interiores de sujeción					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
L 20x30x5	1	127,84	127,84	1,26	161,08
Componentes barra anti-empotramiento trasera					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Soporte	2	15,15	30,3	1,58	47,87
Tapa	2	0,265	0,53	1,58	0,84
Tubo 100x100x10	1	17,96	17,96	1,11	19,94
Perfil L 20x30x3	1	3,04	3,04	1,26	3,83
Componentes elevador de eje					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Placa elevador eje	4	2,35	9,4	1,58	14,85
Pletina	2	0,159	0,318	1,58	0,50
Paragolpes bumper					
Designación	Und.	Kg	TOTAL Kg	€/Kg	TOTAL €
Placa bumper de goma	2	1,7	3,4	1,58	5,37
Bulón -varilla maciza 20	4	0,75	3	0,98	2,94
			TOTAL		5712,86

Tabla 6.5 Perfiles y planchas de acero

Madera finlandesa					
Designación	Und	m ²	TOTAL m ²	€/ m ²	TOTAL €
Tablero contrachapado estrecho	2	6,56	13,12	18,36	240,88
Tablero contrachapado ancho	1	15,41	15,41	18,36	282,93
Tablero contrachapado superior con recubrimiento antideslizante	1	32,76	32,76	18,36	601,47
			TOTAL		1125,28

Tabla 6.6 Componentes de madera del piso

Plásticos					
Designación	Und.	m ²	TOTAL m ²	€/ m ²	TOTAL €
Planchas poliéster reforzado 2,5 mm	1	225,75	225,75	13,76	3106,32

Panel de poliuretano	1	94,36	94,36	5,24	494,45
Goma neopreno anti-salpicadura	1	0,96	0,96	40,97	39,33
				TOTAL	3640,10

Tabla 6.7 Componentes de plástico

Señal V23			
Designación	m	€/m	TOTAL €
Señal V23 amarilla	65,2	2,38	155,18
Señal V23 roja	10,5	2,38	24,99
		TOTAL	180,17

Tabla 6.8 Precios de Señal V23

Pinturas y adhesivos			
Designación	l	€/l	TOTAL €
Pintura negra	30	56,50	1695,00
Imprimación	20	38,00	760,00
Silicona alta resistencia	20	17,90	358,00
		TOTAL	2813,00

Tabla 6.9 Pinturas y adhesivos

Operaciones	horas	€/horas	TOTAL €
Soldadura	150	25	3750
Corte perfiles metálicos	50	15	750
Corte madera y paneles plástico	5	15	75
Pintura	35	17	595
Montaje carrocería	20	20	400
Montaje mecánico	35	23	805
Electricidad	20	23	460
Sistema neumático	20	23	460
Supervisión	1,5	25	37,50
		TOTAL	7332,50

Tabla 6.10 Operaciones

6.2 Presupuesto total.

Partidas del presupuesto parcial	TOTAL €	%
Iluminación y señalización.	703,15	1,46
Frenos y suspensión neumática	10569,40	21,96
Acero	5712,86	11,87
Tornillos y elementos	658,06	1,37
Componentes principales	15397,26	31,99
Madera finlandesa	1125,28	2,34
Plásticos	3640,10	7,56
Señal V23	180,17	0,37
Pintura y adhesivos	2813,00	5,84
Operaciones	7332,50	15,23
TOTAL CONSTRUCCIÓN	48131,78	

Tabla 6.11 Partidas del presupuesto parcial

TOTAL CONSTRUCCION -----	48 131,78 €
BENEFICIO INDUSTRIAL 10 % -----	4 813,18 €
AMORTIZCION MAQUINARIA 5% -----	2 406,59 €
IMPUTACION INGENIERÍA 2% -----	962,64 €

IMPORTE BRUTO 56 314,18 €

IVA 21% 11 825,9 €

PRECIO FINAL 68 140,16 €

El coste total del semirremolque es de 68 140,16 €, que es cercano a los precios de venta de marcas como Lecitrailer o Schmitz Cargobull que rondan los 65 000 €, un poco más elevado pero de debe tener en cuenta, que estos no montan el porta-pallets, ni los carenados laterales, además se ha de añadir, que el semirremolque construido, monta el más completo sistema EBS del mercado, junto con el mejor eje con la tecnología INTEGRAL DISC, lo que lo encarece un poco más.

7 CONCLUSIONES

Los cálculos del semirremolque realizados mediante análisis analítico, suponen una simplificación a tener en cuenta, pues si los comparamos con los cálculos numéricos, hay pequeñas diferencias de valores entre ellos. No obstante no suponen un grave error estas aproximaciones, pues para el dimensionado de los perfiles se pueden considerar válidas, como se demuestra de la comparación de ambos métodos. Los cálculos son bastante aproximados a los que se producirían realmente, dado que las deformadas, toman la forma que es de esperar con estos esfuerzos. Sin embargo no dejan de ser resultados teóricos, dado que una soldadura incorrecta podría provocar el fallo de la estructura.

En cuanto a métodos constructivos, se ha intentado en todo momento, que los elementos de los que se compone la estructura sean fáciles de construir, ya que la gran mayoría de ellos son perfiles normalizados con cortes a medida de plano.

Se ha pretendido en todo momento, hacer del semirremolque un elemento práctico para el transporte en todos los aspectos, así como estético. El semirremolque caja cerrada, aunque no es tan práctico como una tauliner, se ha preferido debido a que estas cajas se están demandando últimamente mucho, debido a que cada vez los productos transportados son más complejos, y se demandan unas condiciones de transporte mejores.

La principal funcionalidad es el transporte, pero se ha de mirar también por la seguridad, los carenados laterales favorecen ese aspecto. No solo son estéticos, cumple la función de anti-empotramiento lateral, así como una protección adicional a los usuarios de la vía, ya que protegerían en caso de que una rueda explotara, evitando que los trozos de neumático saltaran a otros vehículos. Además su colocación es sencilla y pueden ser desmontados fácilmente.

La elaboración del trabajo fin de grado de diseño de semirremolque, ha contribuido a tener una experiencia de realización de un proyecto técnico. Como ejemplo se ha tenido en cuenta marcas comerciales actuales, si es verdad que el trabajo realizado, no puede compararse con marcas de prestigio como Lecitrailer y Schmitz Cargobull, que tienen grandes departamentos de I+D, pero se asemeja mucho y cumple la misma funcionalidad.

Se proponen ciertos puntos de trabajo futuro, uno de ellos es la simulación del chasis mediante el método de elementos finitos, pero en este caso como elemento tridimensional, ya que estos resultados permitirían conocer mejor el comportamiento de la estructura frente a las cargas solicitadas.