



**UNIVERSITAT
JAUME·I**

UNIVERSITAT JAUME I

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**Análisis y certificación del carrozado de un vehículo a través
de los diferentes códigos de reformas, para el cumplimiento
de los requisitos técnicos exigidos para su circulación**

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTORA

María Amparo Almela Pitarch

DIRECTOR

Jesús Ferrer Galindo

Castellón, Septiembre de 2020

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi tutor Jesús Ferrer Galindo, quien con sus conocimientos y apoyo me guío en la redacción del presente proyecto, así como a aquellos profesores del Grado de Ingeniería Mecánica que durante estos años de carrera me han ayudado, enseñado y transmitido el conocimiento necesario para formarme y desarrollarme como ingeniería.

También quiero agradecer a todos mis compañeros, cuyo apoyo y compañía ha sido esencial durante las horas de clases, laboratorios y estudio.

Agradecer a la empresa C.A.P.E. S.L, de darme la oportunidad de realizar prácticas en su empresa y, sobre todo a Felipe Adell Garzón por ayudarme en el desarrollo del presente proyecto.

A esa persona tan especial que me ha dado esta etapa. A mi novio, que ha estado en todo momento a mi lado, siendo el pilar que nunca me deja caer y que me da la fuerza, la confianza y la inspiración necesaria para continuar con cada reto de la vida.

Por último, quiero agradecer a toda mi familia y en especial a mis padres, cuyo apoyo ha sido esencial y necesario a lo largo de toda la vida y especialmente, durante la realización de la carrera. Me han enseñado que debo luchar por aquello que quiero y que aunque el camino sea largo y con obstáculos, siempre hay que mirar hacia delante y nunca hacia atrás, siendo constante y confiando en ti mismo siempre. Gracias por no dejar que nunca me rinda por aquello que quiero llegar a ser.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

- 1. Memoria**
- 2. Anexos**
- 3. Planos**
- 4. Pliego de condiciones**
- 5. Presupuesto**

1. Memoria

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. Objeto	14
2. Justificación	14
3. Alcance	14
4. Antecedentes.....	16
4.1 Historia del vehículo	16
4.2 Historia del vehículo industrial	18
4.3 Tipología del vehículo industrial	20
4.4. Partes del vehículo industrial	23
4.5 Bastidor	24
4.5.1 Definición de bastidor	24
4.5.2. Bastidores en vehículos industriales	25
4.5.3. Montaje del bastidor auxiliar en vehículos industriales	28
5. Normas y referencias	36
5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	36
5.2. Bibliografía	37
5.3. Páginas Web	38
5.4. Programas informáticos empleados	38
6. Definiciones y abreviaturas	39
6.1. Definiciones.....	39
6.2. Abreviaturas	41
7. Análisis del procedimiento del legalización	42
7.1. Introducción.....	42
7.2. Homologación	45
7.3. Reformas.....	48
7.3.1. Procedimiento	49
7.3.2. Documentos.....	50
7.3.3. Inspección Técnica de Vehículos	55
8. Ámbito Reglamentario.....	57
8.2. Directiva 2007/46/CE	62
8.3. Real Decreto 750/2010	65
8.4. Real Decreto 866/2010	68
8.4.1. Entidades	69
8.4.2. Manual de Reformas.....	70
9. Proyecto técnico de la reforma.....	74
9.1. Objeto de la reforma	74
9.2. Características técnicas del vehículo.....	74
9.3. Características antes de la reforma	75
9.4. Características después de la reforma	76
9.5. Descripción de la reforma	77

9.5.1.	Desmontajes realizados.....	77
9.5.2.	Variaciones, sustituciones y montajes realizados.....	78
9.5.3.	Materiales empleados.....	79
9.6.	Cálculos Justificativos	81
9.6.1.	Análisis del reparto de cargas	81
9.6.2.	Reparto de carga debido a la carga y a los pasajeros	82
9.6.3.	Distribución de los esfuerzos cortantes y momentos flectores.....	86
9.6.4.	Obtención del momento resistente del bastidor	90
9.6.5.	Comprobación a flexión pura	93
9.6.6.	Comprobación a cortadura y flexión	94
9.6.7.	Coeficiente de seguridad del bastidor	95
9.6.8.	Cálculo de los anclajes de la caja al bastidor	96
9.5.1.	Estudio de la estabilidad estática	99
9.5.2.	Estudio de la estabilidad dinámica	102
9.7.	Códigos de reformas afectados	105
10.	Viabilidad técnica	109
11.	Viabilidad económica.....	109
12.	Conclusiones	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Primer vehículo usando máquina de vapor.....	16
Figura 2. Vehículo con motor de combustión patentado por Karl Benz	17
Figura 3. Producción del sector automovilístico	17
Figura 4. Primer semirremolque remolcado por un tractor de vapor en 1881	18
Figura 5. Primer camión con motor de combustión interna.....	18
Figura 6. Camión después de la Primera Guerra Mundial	19
Figura 7. Camiones en serie con motor diésel en 1960.....	19
Figura 8. Prototipo de camión eléctrico y autónomo del futuro	20
Figura 9. Limitaciones establecidas por cada una de las normativas Euro	22
Figura 10. Partes que componen un vehículo industrial	23
Figura 11. Bastidor de un vehículo	24
Figura 12. Bastidor de largueros longitudinales con perfil "U"	26
Figura 13. Bastidores con perfiles reforzados.....	26
Figura 14. Bastidor de perfil en doble T	27
Figura 15. Ejemplo de bastidor auxiliar	27
Figura 16. Estructura con bastidor auxiliar	27
Figura 17. Tipos de aceros estructurales más comunes.....	29
Figura 18. Propiedades físicas de los aceros estructurales.....	29
Figura 19. Colocación del larguero del falso bastidor	30
Figura 20. Configuraciones de los extremos delanteros de los largueros	30
Figura 21. Rebaje del larguero del falso bastidor.....	30
Figura 22. Transición de sección cerrada a abierta en largueros	31
Figura 23. Travesaños del bastidor auxiliar.....	31
Figura 24. Colocación de perforaciones en el bastidor	32
Figura 25. Pares de apriete de uniones atornilladas	32
Figura 26. Posición de tipo de fijaciones en el bastidor	33
Figura 27. Diferentes configuraciones de uniones elásticas	34
Figura 28. Unión de bastidores mediante placas planas	35
Figura 29. Esquema del proceso de producción de vehículos automóviles en España.....	42
Figura 30. Elementos de seguridad activa	43
Figura 31. Elementos de seguridad pasiva	43
Figura 32. Elementos influyentes en el medio ambiente.....	44
Figura 33. Ejemplo de homologación tipo CE Multifásica	45
Figura 34. Distintas fases de una homologación multifásica	46
Figura 35. Homologación vehicular	47
Figura 36. Esquema procedimiento de una reforma	50
Figura 37. Informe de Conformidad.....	53
Figura 38. Certificado de Taller.....	54

Figura 39. Estación ITV	55
Figura 40. Actos Reglamentarios por espacios legislativos	57
Figura 41. Anexo I del Real Decreto 2028/1986	58
Figura 42. Ejemplo de listado de Directivas (Anexo II del R.D. 2028/1986)	60
Figura 43. Países que forman la Comunidad Económica Europea	63
Figura 44. Legislación derivada de la Directiva 2007/46/CE	64
Figura 45. Calendario de aplicación de la Directiva 2007/46/CE	64
Figura 46. Ejemplo de epígrafes categoría de vehículo M y N (Homologación Nacional de Tipo)	66
Figura 47. Ejemplo de formato de ficha reducida categoría N (Homologación Nacional de Tipo)	66
Figura 48. Ejemplo de actos Reglamentarios aplicables a vehículos de categoría N (Serie Corta Nacional y Homologación Individual)	67
Figura 49. Tarjeta de Inspección Técnica de Vehículos (ITV)	68
Figura 50. Ejemplos de servicios técnicos de reformas	69
Figura 51. Placa distintiva de los talleres de reparación	70
Figura 52. Estructura general del Manual de Reformas de Vehículos	70
Figura 53. Grupos de partes o sistemas que puedan verse afectados por reformas	71
Figura 54. Ficha del código de reforma 2.1 para la Sección I.	72
Figura 55. Ficha del código de reforma 2.1 para la Sección I.	73
Figura 56. Vehículo antes de la reforma	75
Figura 57. Vehículo después de la reforma	76
Figura 58. Ejemplos y posición de twistlock	77
Figura 59. Bastidor auxiliar instalado	78
Figura 60. Distribución de las uniones en el bastidor	78
Figura 61. Caja abierta con laterales abatibles de lonas	79
Figura 62. Vehículo objeto de nuestro proyecto	81
Figura 63. Centro de masas de la caja del vehículo	82
Figura 64. Descomposición en un caso de viga isostática simple	83
Figura 65. Esquema de distancias	83
Figura 66. Estructura dividida por secciones o tramos	86
Figura 67. Gráfico distribución de esfuerzos (Axil)	87
Figura 68. Gráfico distribución de esfuerzos (Cortante)	87
Figura 69. Gráfico distribución de esfuerzos (Momento Flector)	88
Figura 70. Signos del esfuerzo cortante en la estructura	88
Figura 71. Signos del momento flector en la estructura	89
Figura 72. Esquema del refuerzo del bastidor	90
Figura 73. Esquema de eje y valores del perfil	91
Figura 74. Dimensiones de los dos perfiles que forman la estructura	91
Figura 75. Unión elástica	97
Figura 76. Unión rígida (Placa plana)	97
Figura 77. Esquema de estabilidad transversal	101

Figura 78. Esquema de la estabilidad dinámica.....	102
Figura 79. Verificación de los límites de vuelco con peralte.....	103
Figura 80. Actos reglamentarios del CR 8.50.....	107
Figura 81. Actos reglamentarios del CR 8.60.....	107
Figura 82. Actos reglamentarios del CR 11.1.....	107
Figura 83. Actos reglamentarios del CR 11.2.....	108
Figura 84. Actos reglamentarios del CR 11.3.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de vehículos dedicados al transporte de personas.....	60
Tabla 2. Categorías de vehículos dedicados al transporte de mercancías.....	60
Tabla 3. Clasificación de remolques y semirremolques por categorías	61
Tabla 4. Clasificación ciclomotores, motos, triciclos y cuadríciclos por categorías.....	61
Tabla 5. Clasificación de vehículos agrícolas por categorías.....	62
Tabla 6. Características técnicas del vehículo	74
Tabla 7. Características antes de la reforma.....	75
Tabla 8. Características después de la reforma.....	76
Tabla 9. Propiedades mecánicas del Acero-52	80
Tabla 10. Propiedades mecánicas de los tornillos	80
Tabla 11. Datos de las taras del vehículo.....	81
Tabla 12. Masas máximas autorizadas por eje	82
Tabla 13. Longitudes referidas a la Figura 64	83
Tabla 14. Reacciones debido a la carga	84
Tabla 15. Reacciones debido al peso de los pasajeros	84
Tabla 16. Comprobación de las reacciones sobre los ejes	84
Tabla 17. Reacciones debido a la carga Q^*	85
Tabla 18. Comprobación de las reacciones sobre los ejes con Q^*	85
Tabla 19. Esfuerzos internos en tramo 1 y 2 de la estructura	86
Tabla 20. Esfuerzos internos en tramo 3 y 4 de la estructura	86
Tabla 21. Dimensiones del perfil de cada bastidor.....	92
Tabla 22. Momentos de inercia de los rectángulos formados en el perfil	92
Tabla 23. Valores a tensión a flexión	93
Tabla 24. Límite elástico del material empleado en el perfil.....	93
Tabla 25. Valores a tensión de cortadura	94
Tabla 26. Características mecánicas de los tornillos.....	96
Tabla 27. Materiales que forman las uniones	96
Tabla 28. Valores de los c.d.g del sistema	99
Tabla 29. Verificación de los límites de vuelco sin peralte	103
Tabla 30. Verificación de los límites de derrape con peralte	104
Tabla 31. Verificación de los límites de derrape sin peralte	104

1. Objeto

El objeto del proyecto tratado a continuación, es realizar el procedimiento del análisis y la posterior certificación correspondiente, a la modificación, instalación o eliminación de un vehículo matriculado, siguiendo las directrices impuestas en el Real Decreto 866/2010 del 2 de julio por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de los vehículos.

Este procedimiento se tratará de forma general y de forma particular, en un caso práctico, mediante una reforma en el carrozado de un vehículo de tipología N3 destinado primeramente al transporte de mercancías mediante contenedores y posteriormente, realizando la modificación del carrozado del vehículo, la instalación de una caja abierta con laterales abatibles y lonas, con el fin de obtener un vehículo apto para su circulación de forma legal, sin que dichas reformas realizadas no repercutan en la seguridad ni en el medio ambiente.

2. Justificación

Este proyecto surge de la necesidad de un taller mecánico para adaptar un vehículo de tipología N3 destinado al transporte de contenedores, a un vehículo con un carrozado compuesto por una caja abierta con lonas laterales abatibles para el mismo fin de transporte de mercancías. En dicha transformación se han realizado las reformas y adaptaciones necesarias para poder cumplir con los requisitos legales exigibles.

La necesidad del cliente es la obtención del certificado legal del vehículo para poder llevar a cabo la elaboración de la correspondiente ficha técnica para obtener la Inspección Técnica de Vehículos (ITV) y así poder circular por las vías públicas de un forma segura, legal y manteniendo la seguridad de las personas y respetando el medio ambiente.

Este proyecto se ha realizado en la empresa C.A.P.E, S.L., durante el periodo de prácticas curriculares en la empresa, donde se ha llevado a cabo la participación en las diferentes inspecciones realizadas a dicho vehículo para obtener los datos necesarios para la realización del posterior análisis.

3. Alcance

El alcance de dicho proyecto es obtener la certificación necesaria para que un vehículo reformado obtenga la documentación necesaria para poder circular por las vías públicas de forma segura, legal y cumpliendo las normas correspondientes a mantener la seguridad de las personas y respetando el medio ambiente.

Para poder obtener dicha certificación de forma general en toda clase de vehículo, será necesario:

- Analizar el vehículo reformado, objeto del proyecto.
- Realizar la documentación necesaria a presentar en ITV: proyecto técnico, informe de conformidad y certificado de taller.
- Obtener la aprobación por parte de ITV para su correcta circulación.

En nuestro caso descrito anteriormente, al tratarse de un vehículo de tipología N3, es necesario seguir una serie de pasos descritos a continuación para su correcta certificación. Recordamos que dicho vehículo sufre una transformación en el carrozado, pasando de ser un camión portacontenedores a un vehículo con un a caja abierta de lona abatibles, con el mismo fin de transporte de mercancías.

La metodología que se ha seguido para comprobar dicho vehículo, según los pasos mencionados anteriormente de forma general y obtener su verificación, es la siguiente:

1. En primer lugar, se identifica la reforma aplicable a nuestro vehículo (adaptaciones, modificaciones o eliminaciones) que se van a realizar en dicho carrozado.
2. En segundo lugar, se analizan dichas reformas identificadas con las disposiciones legales vigentes, en concreto con el Real Decreto 866/2010. Dicho RD posee diferentes códigos de reformas que afectan a cada parte del vehículo y se tomarán aquellas necesarias a analizar y que nos obligará a realizar cálculos pertinentes para comprobar su cumplimiento y así, posteriormente, su proceso de certificación.
3. En tercer lugar, se analizan los diferentes datos modificados en el vehículo, comparando las situaciones de: antes de la reforma y después de la reforma.
4. Una vez obtenidos los datos modificados por la reforma, se realizan los diferentes cálculos necesarios para comprobar que dicha modificación cumple con los requisitos técnicos exigidos para su correcto funcionamiento. Estos cálculos son los siguientes:
 - a. Se realizará el análisis del reparto de cargas debido a los esfuerzos generados por el peso de la carga y de los pasajeros en el chasis.
 - b. Se comprobará la resistencia del bastidor a los diferentes esfuerzos generados.
 - c. Se obtendrá el coeficiente de seguridad del bastidor para comprobar dicha resistencia y probabilidad ante fallo.
 - d. También diseñarán los diferentes anclajes utilizados para unir la caja al bastidor y se comprobará la resistencia máxima de los mismos a la fuerza de inercia producida en la frenada y su coeficiente de seguridad.
 - e. Por último se estudiará el comportamiento del vehículo ante la estabilidad, tanto de forma estática como dinámica.
5. En último lugar, una vez realizados todos aquellos cálculos necesarios y comprobado su cumplimiento, se resumirán los diferentes códigos de reforma y actos reglamentarios a los que afecta dicha reforma.
6. Por otra parte se analizará también la viabilidad técnica y económica (presupuesto) de la modificación efectuada en el vehículo.

Toda esta información se recogerá en un proyecto técnico, junto con el informe de conformidad emitido por un laboratorio oficial, y el certificado de taller, emitido por el taller que ha realizado la modificación. Toda esta información deberá ser entregada posteriormente a la estación ITV para obtener su verificación última antes de poder circular por las vías públicas de una forma segura, legal y manteniendo la seguridad de las personas y respetando el medioambiente.

4. Antecedentes

4.1 Historia del vehículo

La historia del automóvil involucra una serie de eventos, innovaciones y conocimientos científico-tecnológicos que dieron lugar al nacimiento del automóvil. Estos eventos le han permitido evolucionar y convertirse finalmente en lo que hoy forma parte de nuestra vida cotidiana y en una de las más exitosas invenciones del ser humano en lo que a desplazamiento se refiere.

La necesidad de la invención del automóvil, respondió al deseo de transportar materiales o pasajeros a lo largo de grandes distancias a ciertas velocidades más elevadas. Sin embargo no fue el primer invento humano que intento dar respuesta a este deseo, ya que previamente existieron carretas tiradas por animales, aunque tenía ciertas limitaciones por el físico del animal.

El desarrollo y la mecanización del automóvil no hubiese sido exitoso sin los adelantos tecnológicos e industriales que conllevó la Revolución Industrial, y que ofreció una máquina que pudiera hacer ese trabajo, repararse en caso de avería, poder alcanzar enormes velocidades y que sobretodo se pudiera fabricar en serie, lista para su comercialización y utilización. Una de las respuestas a este deseo fue la invención de la máquina de vapor alrededor de 1770, que proporciono la invención de los primeros intentos de vehículos, con un motor que aprovechaba los beneficios del vapor. [6]



Figura 1. Primer vehículo usando máquina de vapor

Otras tecnologías indispensables para el desarrollo del vehículo, fue la aparición de la electricidad y el conocimiento de los combustibles, especialmente la invención del motor de combustión interna. Este último ocasiono un auténtico éxito en el desarrollo de un vehículo, creando en 1860 el primer vehículo con motor de combustión interna, propulsado por gas de carbón.

Basándose en este modelo, en 1886, el alemán Karl Benz, creó el primer coche patentado con un motor de combustión interna a base de gasolina, considerándose el inicio de la historia del automóvil moderno.

A partir de este momento y sobre 1900, la construcción de los automóviles en serie ya se convirtió en una industria altamente importante y que marcaría el inicio de la industria automotriz, encabezada por los países de Francia y Estados Unidos que fueron los responsables del crecimiento, expansión y fama mundial del automovilismo. [7]

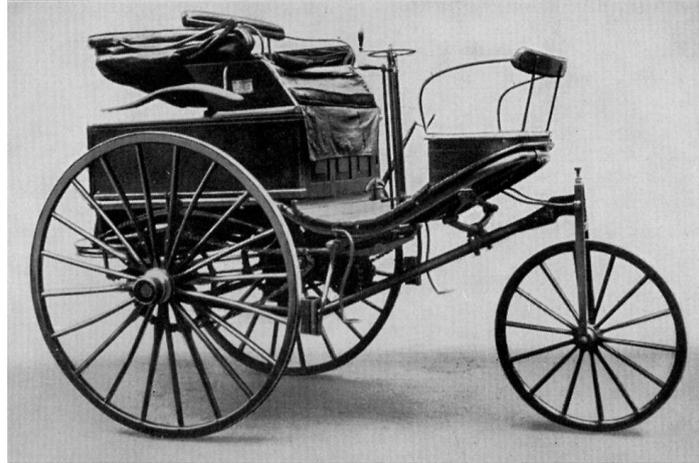


Figura 2. Vehículo con motor de combustión patentado por Karl Benz

Durante el resto de años y hasta la actualidad, el automóvil ha sido protagonista de los principales eventos de la humanidad, desde la Primera y Segunda Guerra Mundial y a través de las etapas de postguerra, hasta situarse en los últimos 25 a 30 años en un ícono de la tecnología más desarrollada tanto en motores como en elementos que lo forman, en un ejemplo de seguridad tanto activa como pasiva evitando que se produzcan accidentes y limitar los daños que se ocasionan y en un representante de mejora frente al problema de la contaminación atmosférica.

Actualmente en España y en Europa, el sector del automóvil es una pieza clave en la industria, tanto del vehículo industrial como pesado, con una venta anual aproximada de 15 millones de vehículos en todo el continente. No obstante, en los últimos años la batalla entre la fabricación de coches eléctricos y eco contra los de combustión, las nuevas regulaciones obligadas por la emergencia climática, el cambio en el consumo y la gran lucha entre China y Estados Unidos por el mercado, está produciendo un descenso en las ventas de automóviles, suponiendo una crisis para el sector automovilístico a escala global y obligando a que fabricantes estén inmersos en millonarios programas de inversión para adaptarse a las nuevas tecnológicas del coche eléctrico y autónomo que podría ser el nuevo futuro inminente.



Figura 3. Producción del sector automovilístico

4.2 Historia del vehículo industrial

El automóvil, que engloba a camiones y a coches tienen un ancestro en común: el primer vehículo de vapor construido por Nicolas Joseph Cougnot en 1769. Sin embargo los camiones de vapor no fueron comunes hasta mediados de la década del 1800 por la limitación que tenían, al existir caminos de tierra preparados para caballos y carruajes, no aptos para estos vehículos. [9]

El primer camión, apareció en 1881, y era más bien un semirremolque remolcado por un tractor de vapor y que tuvieron un gran protagonismo durante la Primera y Segunda Guerra Mundial y eran conocidos como los “vagones de vapor”.



Figura 4. Primer semirremolque remolcado por un tractor de vapor en 1881

Más tarde, en 1895 se produjo un paso del vapor a la combustión interna, con la invención por Karl Benz del primer camión de la historia utilizando un motor de combustión interna. A partir de este momento, y observando las ventajas de este cambio, se produjo una revolución en cuanto a la fabricación de camiones y el nacimiento de algunas compañías como Autocar, Peugeot, Renault y Büssing consiguieron grande fama por sus propias versiones.

Los camiones de esta época usaban motores de dos y cuatro cilindros y tenían una capacidad de carga de 1.500 a 2.000 kg



Figura 5. Primer camión con motor de combustión interna

Después de la Primera Guerra Mundial, se produjo un fuerte impulso en la evolución de los camiones. Se empezaron a cerrar las cabinas. Se dotaron de iluminación eléctrica, los neumáticos de caucho se sustituyeron por goma maciza, se añadieron motores de arranque eléctrico y frenos en todos los ejes y motores de 4, 6 y 8 cilindros para aumentar su potencia.



Figura 6. Camión después de la Primera Guerra Mundial

Hacia los años 40, el sector del transporte empezó su etapa de madurez, diseñando todos los camiones como tales y no como una evolución del turismo. Si bien en los próximos años hasta la actualidad la tecnología ha evolucionado, pero no ha habido ningún cambio ni revolución en el diseño de los camiones.

Aunque tímidamente en el 1890, surgieron los motores diésel y se fueron incorporando hasta el 1945, no fue hasta en la década del 1960 y 1970 cuando finalmente fueron aceptados, logrando el monopolio total, sustituyendo por completo el uso de los motores de combustión interna usando gasolina.



Figura 7. Camiones en serie con motor diésel en 1960

Los camiones han tenido hasta la actualidad una evolución tecnológica importante, sobre todo en seguridad y en ergonomía, dotándolo actualmente de los avances más importantes sobre sistemas de seguridad y sistemas electrónicos. Se han ido desarrollando camiones más ligeros pero con una capacidad mayor de carga y con una mayor potencia, hasta obtener los que conocemos actualmente.

No obstante, en la actualidad se ha incrementado notablemente la preocupación por el impacto medio ambiental de los últimos años, obligando a tomar decisiones que reduzcan los posibles daños que se puedan ocasionar. El principal problema son las elevadas emisiones de CO₂ que expulsan dichos camiones, así como el impacto ambiental que supone la actividad logística. Por eso, se están llevando a cabo investigaciones y desarrollando nuevos modelos de vehículos industriales eléctricos o híbridos o incluso con una conducción automática para poder acabar con estos daños ambientales. [8]

Sin embargo, estas investigaciones les quedan muchos años por delante de desarrollo, ya que ahora mismo resulta inviable dichos desarrollos por su principal elemento, las baterías. Ya que limitan la autonomía y acortan las distancias de recorrido, entre 100 km y 200 km, y el elevado tiempo de carga de estas, que estaría alrededor de 7 horas.



Figura 8. Prototipo de camión eléctrico y autónomo del futuro

4.3 Tipología del vehículo industrial

El transporte de mercancías mediante vehículos industriales tiene diversas formas, que se traduce en diferentes tipos dependiendo del tipo de mercancía a transportar, las dimensiones, la estructura del vehículo o sus emisiones. [10]

La clasificación dependiendo a esos criterios se muestra a continuación:

- **Según su estructura**

En primer lugar atendiendo a su estructura se pueden dividir en los siguientes tipos: [11]

- **Rígidos:** Son aquellos vehículos en los que la cabina del conductor y el remolque sobre el que va la mercancía son parte indivisible de una misma estructura, es decir, están formados por una única estructura. Suelen ser empleados para el transporte urbano y paquetería por su pequeño tamaño comparado con el resto.

- **Articulado:** En contraposición a los camiones rígidos, estos son divisibles y están formados por dos partes rígidas que se une a través de una articulación. Estas partes son la cabeza tractora, más conocida como cabina, y el semirremolque. Este tipo es mayoritariamente conocido por el nombre de tráiler.
- **Tren de carretera:** En este caso se unen un camión con uno o más semirremolques. Dentro de este bloque también entrarían los **Mega Camiones** de hasta 25 metros y 60 toneladas. El principal reto de este tipo de vehículos es la dificultad de transitar por algunas carreteras que no están preparadas para albergar vehículos tan alargados debido a sus elevadas dimensiones.

- **Según el tipo de mercancía**

En el transporte terrestre, la forma y el equipamiento de estos vehículos se constituyen de la forma más apropiada para algunos tipos de envíos o materiales. Se pueden agrupar de la siguiente forma: [11]

- **Camión de lona (o tauliner):** Este tipo de tráiler es el más habitual y su semirremolque se encuentra cubierto por laterales y por arriba con lonas, que pueden ser quitadas. Este hecho permite que este tipo de camión sea muy cómodo para realizar cargas y descargas y pueda adaptarse a una gran cantidad de materiales, además de estar indicado para el transporte de productos difíciles de cargar.
- **Plataforma abierta:** En este tipo, la plataforma donde va la carga está abierta total o parcialmente ya que puede estar cubierta por los laterales dependiendo de la mercancía y su posibilidad de movimiento. Se suele usar para mercancía pesada o de construcción.
- **Frigoríficos:** Como su propio nombre indica, los frigoríficos son los camiones encargados en el transporte terrestre de la mercancía refrigerada para evitar su deterioro. Dependiendo de si disponen de sistemas de generación de frío o solo sistemas de aislamiento con el exterior, se pueden subdividir en **frigoríficos**, **refrigerados** o **isotermos**. También existen camiones **caloríficos** para mantener la temperatura por encima de unos determinados grados, aunque son menos habituales. La mercancía más habitual de este tipo de vehículos es la del sector de la alimentación.
- **Cisterna:** Este tipo de vehículo se usa para el transporte de productos líquidos, gaseosos y químicos, que tiene exigencias de seguridad particulares. Se suele encargar del transporte de mercancías de ADR (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas Por Carretera) y por ello la seguridad y las protecciones en estos tipos de camiones debe ser elevada.
- **Caja Cerrada:** Los camiones cerrados, en oposición a los de lonas, presentan una estructura rígida en el compartimento de carga, esto provoca que solo puedan ser cargados desde su parte trasera. Son vehículos utilizados habitualmente para el reparto urbano y paquetería.
- **Porta coches:** Estos camiones están diseñados específicamente para el transporte terrestre de coches. Existen dos tipos: el abierto y el cerrado. El más habitual y común es el abierto, en cambio el cerrado no permite que los vehículos se vean desde el exterior y suele usarse para el transporte de vehículos de elevado coste y de lujo.
- **Camión Jaula:** Son empleados para el transporte de animales vivos. Para ellos, disponen de laterales y techos parcialmente abiertos para poder proporcionar aire a los animales y exista una suficiente ventilación.

- **Contenedores:** Los contenedores son estructuras de carga estancas que permiten proteger la mercancía que se encuentra en su interior de las inclemencias meteorológicas. Son usados para el transporte multimodal y para facilitar su carga y descarga de los buques portacontenedores.

La infinidad de materiales a transportar hace que la variedad de camiones sea extensa y muy larga. Aquí hemos tratado los tipos de vehículos industriales principales, no obstante existen una serie de ellos que cabe mencionar, como por ejemplo: **la tolva** (empleado para el movimiento de tierras), **estancas** (transporte de troncos), **hormigonera** (transporte de hormigón), **blindado** (transporte de dinero), **vehículos especiales para maquinaria pesada** y una lista sin fin de muchos más tipo.

• Según su peso y categoría

Los camiones para el transporte de mercancías se dividen en tres grupos atendiendo a su Masa Máxima Autorizada (MMA), es decir, el peso total del camión incluyendo la carga, la estructura del vehículo, el peso del conductor y ocupantes y el combustible.[11]

En base a este peso, la clasificación de camiones se realiza de la siguiente forma:

- **Categoría N1:** Vehículos que poseen una MMA hasta los 3.500 kg.
- **Categoría N2:** Vehículos que poseen una MMA superior a los 3.500 kg y hasta 12.000 kg.
- **Categoría N3:** Vehículos que poseen una MMA superior a los 12.000 kg.

Esta clasificación de los camiones como del resto de vehículos queda recogida en las Directivas 2002/24/CE, 2003/37/CE, 2007/46/CE y en el Real Decreto 750/2010.

• Según su nivel de emisiones

También se pueden clasificar los camiones según su nivel de emisiones, los cuales deben estar sujetas a las exigencias de la Unión Europea respecto al nivel de emisiones de partículas contaminantes (óxido de nitrógeno, monóxido de carbono...). [12]

La distinción que se realiza es la siguiente:

- **Camiones Euro 6:** Nomenclatura que hace referencia a una normativa de 2014 que establece que los camiones nuevos tienen que reducir el 80% de emisiones de óxidos de nitrógeno con respecto a los camiones Euro 5.
- **Camiones Euro 5:** Nomenclatura que hace referencia a los camiones sujetos a la normativa del año 2009 que establece que pueden tener unas emisiones de 2,0 g/kWh.
- **Camiones Euro 4:** Nomenclatura que hace referencia a los camiones sujetos a la normativa del año 2006 que autoriza a los camiones a tener unas emisiones de 3,5 g/kWh.

Normativa	NO _x	CO	HC	Materia de la partícula
Euro 0	14.4	11.2	2.4	-
Euro 1	9	4.9	1.23	0.36
Euro 2	7	4	1.1	0.15
Euro 3	5	2.1	0.66	0.13
Euro 4	3.5	1.5	0.46	0.02
Euro 5	2	1.5	0.46	0.02
Euro 6	0.4	1.5	0.13	0.01

Figura 9. Limitaciones establecidas por cada una de las normativas Euro

4.4. Partes del vehículo industrial

El vehículo industrial, también conocido como camión, está compuesto por diferentes partes que hacen de él el medio de transporte más usado para poder transportar mercancías.

A continuación se explicarán las diferentes partes más importantes que lo componen y su principal función que ejerce. [13]

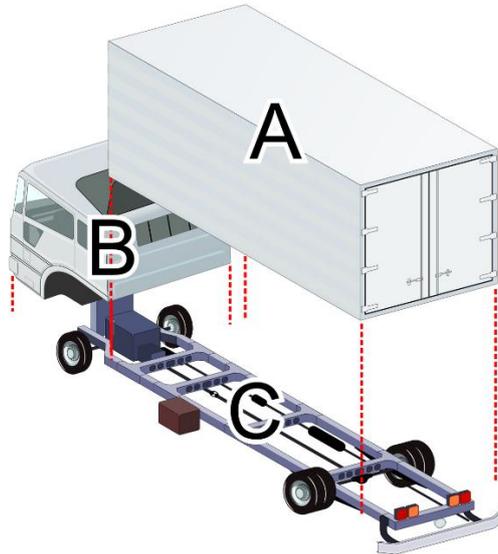


Figura 10. Partes que componen un vehículo industrial

- A) Caja:** Es la parte del camión donde se sitúa la carga, ya sea en un contenedor, en una caja preinstalada o en cualquier remolque que pueda transportar mercancías. Puede estar fabricada de diversos materiales como aluminio o acero simple y contar con reflectores para que sea más visibles en las noches o cuando llueva.
- B) Cabina:** Es la parte cerrada del camión donde se sientan el conductor u operador y un acompañante. Dentro de este lugar también se encuentra el camarote, un espacio adjunto a la cabina donde el conductor descansa mientras no puede conducir, usualmente usado en vehículos semirremolque.
- C) Bastidor (Chasis):** Consiste en el armazón que tiene como objetivo unir los diferentes objetos que integran un vehículo, como son la transmisión, los frenos, la carrocería, el motor, la suspensión, el sistema de dirección, entre muchos otros, facilitando la vinculación y el funcionamiento entre ellos. Esta parte debe soportar además de todo el peso de las diferentes partes y accesorios que forman el vehículo, el peso de la carga transportada y el de los ocupantes, siendo de un material resistente y no deformable.
- D) Motor:** Utilizado para otorgar la energía necesaria para generar movimiento al sistema de transmisión, para producir su funcionamiento ideal y el vehículo pueda realizar sus actividades sin ningún problema. Se trata de un motor de combustión interna o térmica, en los cuales se produce una combustión de los fluidos del motor, principalmente combustible tipo gasoil, transformando su energía química en energía térmica a partir del cual se obtiene energía mecánica.
- E) Sistema de transmisión:** Formado por la unión de diferentes elementos cuya misión es transmitir el giro del motor hacia las ruedas motrices, pudiendo otorgar el cambio de las diferentes relaciones de transmisión entre ruedas y cigüeñal para obtener las diferentes velocidades del vehículo. Dicha relación se cambia dependiendo de las circunstancias del momento (trazado de calzada y carga transportada).

4.5 Bastidor

4.5.1 Definición de bastidor

El bastidor de un vehículo es una estructura sólida y rígida donde mediante diferentes técnicas, como soldadura o atornillado, se fija el carrozado junto al resto de elementos grupos mecánicos que forman un vehículo (transmisión, suspensión, motor, depósito de combustible, cabina, caja de carga, etc.). [14]

Además de soportar el peso de todos los componentes propios del vehículo, también deberá soportar las acciones de sobrecarga de uso debidas al peso propio de la carga que transporte, al peso propio de los ocupantes del vehículo, las cargas dinámicas e inerciales originadas por el funcionamiento de los distintos elementos y por el propio movimiento del vehículo.

En su forma más elemental, el bastidor está formado por dos elementos longitudinales situados simétricamente a ambos lados del eje longitudinal del vehículo, llamado largueros, que están unidos transversalmente por medio de otras estructuras más cortas denominadas travesaños. El travesaño de mayor inercia y resistencia (también conocido como puente) suele montarse en la parte delantera del bastidor, para poder soportar tanto el peso del motor como la suspensión delantera del vehículo.

La geometría de los batidores convencionales suelen presentar la parte delantera más estrecha, a fin de permitir que las ruedas direccionales puedan girar y poder mantener la misma rodada (distancia entre ruedas) que en las ruedas traseras. Por otra parte, la mayor anchura se sitúa en la parte trasera y sirve para distribuir el peso de la carrocería y la carga más cerca de las ruedas traseras con la finalidad de dar mayor estabilidad al vehículo. Además, esta mayor anchura también permite ofrecer una mayor protección al vehículo en caso de impacto lateral.



Figura 11. Bastidor de un vehículo

4.5.2. Bastidores en vehículos industriales

La función principal del bastidor en los vehículos industriales es el transporte de cargas pesadas y/o voluminosas, siendo el motivo condicionante para el diseño del mismo cumpliendo las características técnicas y constructivas requeridas.

En el proceso de fabricación del bastidor existen diversos factores de vital importancia como la resistencia, la rigidez, el peso y el coste final de fabricación. Además, debe considerarse la estabilidad de los miembros estructurales, la capacidad de carga de las uniones, la fabricación y el montaje final en el vehículo.

Aunque, en definitiva, los factores más importantes en el diseño de un bastidor de vehículo industrial es la rigidez, para poder soportar con seguridad las elevadas solicitaciones de carga sin sufrir deformaciones permanentes ni rotura de material y la resistencia.

Existen multitud de tipos de batidores, tanto como fabricantes y modelos de vehículos. El empleo de uno u otro tipo va a estar condicionado por las dimensiones y las condiciones de trabajo del tipo de vehículo. Los sistemas de bastidor auto portantes y los de largueros longitudinales son los que más se utilizan en las aplicaciones industriales, siendo este último el más utilizado en camiones debido a su alta rigidez estructural y sencillez de fabricación.

4.5.2.1. Bastidor de largueros longitudinales

Este tipo de bastidor se compone de dos perfiles longitudinales denominados largueros, fabricados normalmente de chapa laminada con perfil cajado o en "C", y unidos entre sí por varios travesaños que se disponen perpendicularmente a los largueros. Este tipo de bastidor es sumamente rígido, con diferentes geometrías y dimensiones que se adaptan a cada modelo y uso del vehículo.

El uso de materiales y procesos de fabricación diferentes por cada fabricante dan como resultado bastidores con distintos tipos de perfiles, cada uno con unas dimensiones específicas distintas. A continuación, se presentan de forma genérica los tipos de bastidores más utilizados en los vehículos industriales y camiones.

- **Bastidores de Perfil en "U"**

Los bastidores formados por largueros con perfil "U" son los más utilizados en los vehículos industriales, especialmente en camiones rígidos, tractocamiones, autobuses y remolques y los hacen ideales para situar sobre ellos superestructuras y bastidores auxiliares que añaden mayor resistencia a la estructura portante en el proceso de carrozado de camiones.

Este tipo de perfil permite la flexión en los largueros sin que se exponga el material a tensiones innecesarias, concentrando la masa del perfil en las zonas donde se alcanzan los mayores niveles de tensiones (que son las alas superior e inferior del perfil) y proporcionando a los travesaños una resistencia suficiente como para absorber las fuerzas laterales.

Las dimensiones de los perfiles cambian según el fabricante, adaptándolas a las dimensiones y modelo del camión, tipo de trabajo a realizar y a la Masa Máxima Autorizada del vehículo (MMA). Estas dimensiones varían desde largueros con poco más de 4 metros de longitud y alturas de 150 mm y 5 mm de espesor en pequeños camiones, hasta largueros de más de 12 metros de longitud, con 330 mm de altura y 10 mm de espesor para camiones rígidos de grandes dimensiones. Además, el material más usado en este tipo de perfil es el acero aleado de alto límite elástico (desde los 380 N/mm² hasta los 600 N/mm²).



Figura 12. Bastidor de largueros longitudinales con perfil "U"

- **Bastidores de perfil reforzado**

Los bastidores con perfil reforzado son utilizados en camiones que transporten grandes pesos o estén sometidos a esfuerzos puntuales importantes debido a sus particulares condiciones de uso, como por ejemplo, camiones volquetes, porta-contenedores, camiones-grúa, etc.

Existen diversas formas de realizar un refuerzo en un bastidor. Si el vehículo dispone originalmente de largueros longitudinales de perfil tipo "U", el refuerzo se colocará en el interior del perfil en forma de "U" ajustándose al perfil exterior del bastidor. En otras ocasiones, también se puede reforzar el bastidor mediante el empleo de platabandas colocadas en toda la longitud sobre las alas superior e inferior del perfil del bastidor, formando una estructura más rígida y consistente que cumple con la misión de reforzar el bastidor.

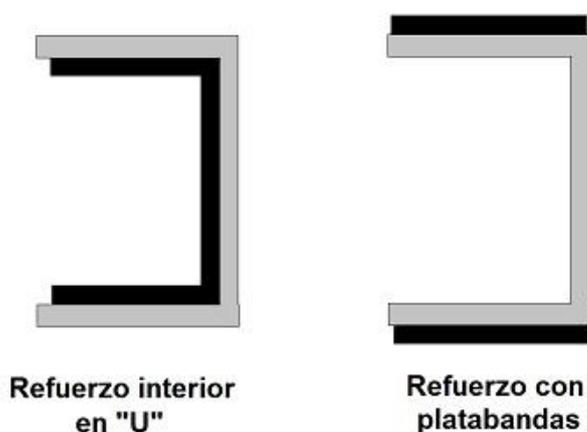


Figura 13. Bastidores con perfiles reforzados

Generalmente el refuerzo del bastidor en forma de U no se emplea en todo el larguero del bastidor, sino solo en aquellas zonas donde se van a soportar más esfuerzos y sollicitaciones debido a la carga del camión. Esa zona más crítica suele ser la franja comprendida entre el eje delantero y el primer eje motriz del vehículo, convirtiendo esta parte en la sección más resistente.

- **Bastidores de perfil en doble T**

Los bastidores construidos a partir de perfiles de doble T, se utilizan para la fabricación de remolques y semirremolques usando materiales como el acero y el aluminio de alta resistencia.

La característica principal de este tipo de bastidor es su facilidad constructiva, para la fabricación de bastidores con perfil de sección variable al permitir la variación en altura del alma del perfil. Este hecho permite una mejor adaptación del perfil a la distribución de los esfuerzos que transmite la carga.



Figura 14. Bastidor de perfil en doble T

- **Bastidor auxiliar**

Los bastidores auxiliares se colocan sobre el bastidor del vehículo para conseguir mayor sección resistente y rígida y para fabricar el carrozado de vehículos industriales y camiones de tipo rígido. Con esta forma se refuerza el bastidor dotándolo de más rigidez y resistencia estructural sin incrementar el peso.

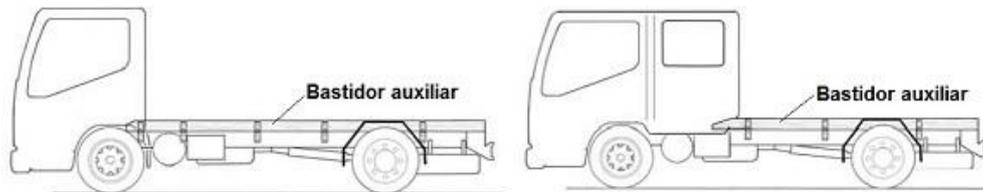


Figura 15. Ejemplo de bastidor auxiliar

De esta forma, los largueros del falso bastidor auxiliar se ajustarán perfectamente apoyados encima del bastidor original del vehículo en toda su longitud. Por ello se extenderá de forma continua y deberán apoyarse a lo largo de toda la superficie del ala superior del bastidor.

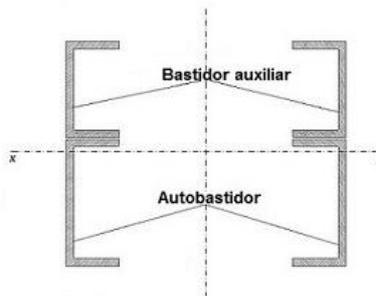


Figura 16. Estructura con bastidor auxiliar

El objetivo del falso bastidor o bastidor auxiliar es garantizar una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor original y crear una unión perfecta entre el bastidor y la carrocería prevista a soportar. Además se consigue una transmisión más uniforme de la carga a la estructura portante del vehículo.

El bastidor auxiliar esta compuestos por perfiles con formas de diferentes secciones, aunque destacan los perfiles en forma de U o en Z o con una sección cerrada

4.5.3. Montaje del bastidor auxiliar en vehículos industriales

El objetivo del bastidor auxiliar es la de crear una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor original del vehículo y poder obtener una unión perfecta entre el bastidor y la carrocería prevista a montar en el vehículo.

Los largueros del bastidor auxiliar se deberán ajustar perfectamente sobre los del bastidor original en toda su longitud. Para ello se extenderán de forma continua y deberán apoyarse a lo largo de toda la superficie superior, sobre el ala superior, del larguero original.

Para su ejecución es importante tener en cuenta:

- El material del bastidor auxiliar
- La configuración de los largueros

• Materiales para fabricación del bastidor

Se deberán utilizar materiales con características mecánicas que sean iguales o superiores a los materiales empleados en la fabricación del bastidor original del vehículo, sobre todo en aquellos casos donde se sometan a esfuerzos muy elevados o cuando se desee evitar secciones de gran altura.

Teniendo en cuenta todas las características mencionadas anteriormente, el material que se utilice para la fabricación de los largueros y travesaños del bastidor auxiliar deberá cumplir, al menos, los siguientes requisitos:

- Buena ductilidad
- Módulo de elasticidad alto
- Buena soldabilidad
- Bajo coste
- Facilidad de suministro

Hoy en día, el acero, es el material que mejor cumple todos estos requisitos, en concreto los aceros estructurales son los que mejor se adaptan.

En la siguiente tabla se muestras los diferentes tipos de aceros estructurales usados habitualmente junto a los valores mínimos nominales del límite elástico (f_y), los valores de resistencias últimas a la tracción (f_u), y los alargamientos a la rotura. Estos tipos de acero corresponden a los perfiles estructurales laminados en caliente así como para los conformados en frío. La denominación que reciben estos aceros corresponde a la norma UNE-EN 10025.

tipo de acero	límite elástico mínimo f_y (N/mm ²)	resistencia a la tracción f_u (N/mm ²)	porcentaje mínimo de alargamiento $L_o = 5,65 \sqrt{S_o}$	
			longitudinal	transversal
S 235	235	340 ... 470	26	24
S 275	275	410 ... 560	22	20
S 355	355	490 ... 630	22	20
S 460*	460	550 ... 720	17	15

Figura 17. Tipos de aceros estructurales más comunes

Habitualmente, para los trabajos de carrozado de camiones se suele utilizar un tipo de acero que presente unas propiedades mecánicas acorde al tipo de acero y a su coste. Dicho acero es el S 275 JR.

En la siguiente tabla se puede observar las propiedades físicas recomendadas, válidas para todos los aceros estructurales.

módulo de elasticidad :	$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
módulo de elasticidad transversal :	$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 81000 \text{ N/mm}^2$
coeficiente de Poisson :	$\nu = 0,3$
coeficiente de dilatación lineal :	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$
densidad :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Figura 18. Propiedades físicas de los aceros estructurales

• Configuración de los largueros

Como ya se ha dicho anteriormente, para mejorar la resistencia del bastidor original del vehículo y conseguir una mejor distribución de las cargas, se suele montar sobre éstos otra estructura auxiliar, llamada bastidor auxiliar o falso bastidor. De esta manera, sobre los largueros del falso bastidor será sobre los que descansará finalmente el carrozado que se desee instalar sobre el camión. Para la fijación del bastidor auxiliar al bastidor o chasis del vehículo, se deberá emplear únicamente los soportes previstos y que los vehículos traen de fábrica distribuidos a lo largo de su chasis, y que están específicamente destinados para usarlos en la fijación del bastidor auxiliar que se incorpore en la reforma.

A la hora de la instalación, los largueros del bastidor auxiliar se ajustarán perfectamente sobre los largueros del bastidor original del vehículo en toda su longitud, apoyándose sobre el ala superior de forma continua sin interrupción ni cortes.

La parte delantera del larguero deberá prolongarse lo máximo posible, como mínimo hasta que coincida con la posición del soporte trasero de los muelles de la suspensión de las ruedas delanteras, o bien entre 200-250 mm por delante del primer soporte de la carrocería, en el caso de suspensión independiente. Es muy importante acatar esta recomendación, especialmente en el caso de carrocerías o equipamientos con cargas concentradas en la parte posterior de la cabina (por ejemplo, la instalación de grúas tras la cabina para la elevación de carga, colocación de una caja de mercancía, portacontenedores, camiones cisternas, etc.) a fin de evitar, de esta manera, los problemas derivados de las vibraciones y poder garantizar así una mejor estabilidad.



Figura 19. Colocación del larguero del falso bastidor

Por otro lado, y a fin de conseguir una transición suave y gradual de la carga al chasis, se debe achaflanar el extremo delantero de los largueros del bastidor auxiliar con un ángulo no superior a 30° , o con otra forma que cumpla esta misma función.

Asimismo, se tendrá especial cuidado en redondear el extremo delantero en contacto con el bastidor del vehículo con un radio de 5 mm como mínimo.

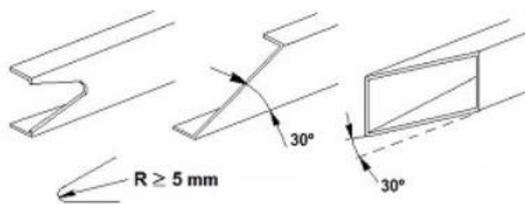


Figura 20. Configuraciones de los extremos delanteros de los largueros

Se podrán emplear perfiles de sección cuadrada cuando sea necesario conseguir una mayor rigidez sin aumentar en exceso la altura del perfil empleado como falso bastidor.

Cuando algún componente del vehículo impida el paso de los largueros del falso bastidor en toda su sección, estos podrán rebajarse como se indica en la figura siguiente.

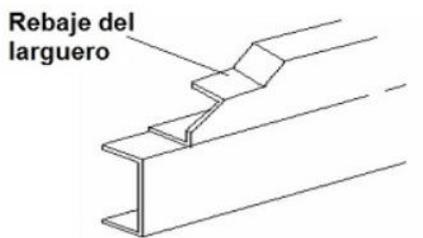


Figura 21. Rebaje del larguero del falso bastidor

No obstante, se tendrá especial cuidado en comprobar la sección mínima que se obtenga de bastidor cuando se prevean momentos de flexión elevados en la parte delantera del vehículo, y en cualquier caso, y para mayor seguridad, se recomienda realizar un estudio previo para obtener los diagramas de esfuerzos en la zona y comprobar que con la sección disponible no se rebaja el límite de seguridad mínimo exigible.

Cuando se precise que el falso bastidor se adapte elásticamente al bastidor del vehículo, se utilizarán preferentemente perfiles en "U" plegados o perfiles en "U" comerciales específicos para la construcción de vehículos (no utilizar perfiles laminados usados para construcción y obra civil).

A fin de evitar tensiones puntuales, el paso de sección cerrada a abierta será progresivo, según se muestra también en los ejemplos de la figura.



Figura 22. Transición de sección cerrada a abierta en largueros

Se recomienda consultar las dimensiones de los largueros para el falso bastidor que los fabricantes de los vehículos recomiendan en sus hojas técnicas, en función del tipo de servicio previsto. Estos datos se suelen corresponder a valores mínimos aconsejados y válidos para vehículos de distancias entre ejes y voladizos estándar de producción para cada fabricante. Siempre se podrán emplear perfiles parecidos a los recomendados por el fabricante, con momentos de inercia y de resistencia que no sean inferiores a los empleados en la producción del vehículo. Estos valores constan en la documentación técnica de los fabricantes de perfiles y se debe consultar.

De forma general, se recomienda que en los perfiles en "U" las dimensiones del ala y su espesor coincidan con el de los largueros del bastidor original del vehículo, para que su acople resulte mejor.

• Travesaños

Ambos largueros longitudinales que forman el bastidor auxiliar deberán unirse entre sí mediante travesaños con el fin de dar una mayor rigidez a toda la estructura en su conjunto.

El número de travesaños que se deben instalar se determinará en función del tipo de carrozado o del equipamiento previsto que se vaya a montar en el vehículo. Aunque en todo caso los travesaños que se monten serán dispuestos coincidiendo con los del bastidor original del vehículo. Estos travesaños se unirán a los largueros del bastidor auxiliar mediante escuadras que garanticen la resistencia y rigidez necesaria para su fijación o bien con elementos auxiliares cuando se requiere una mayor rigidez.

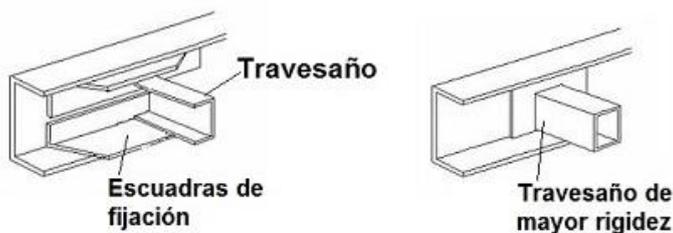


Figura 23. Travesaños del bastidor auxiliar

• **Uniones atornilladas**

Como norma general no se deberá soldar elemento alguno al bastidor del vehículo. Cualquier elemento que necesite ser unido al bastidor se realizará a base de uniones atornilladas. Ello es así, porque los bastidores de los vehículos suelen estar sometidos a continuas vibraciones debidas al movimiento del vehículo y a las irregularidades del terreno, que terminarían agotando por fatiga cualquier unión soldada.

Asimismo, cuando se necesiten realizar nuevos taladros en el bastidor del vehículo para alojar tornillos de anclaje, estos taladros no se realizarán en ningún caso en las alas de los largueros del bastidor ni en las posiciones cerca de los soportes de la suspensión, sino que siempre se realizarán en el alma del perfil del bastidor del vehículo, en aquellos puntos donde no se alcancen los esfuerzos más elevados. A ser posible siempre se tratará de utilizar los taladros que ya vienen hechos de fábrica a lo largo del chasis, ya que realizar esta operación supone restar resistencia al bastidor.

Como norma general, no se deben realizar más de dos perforaciones en la misma vertical del perfil que forma el bastidor, siguiéndose las recomendaciones que se muestran en las figuras siguientes:

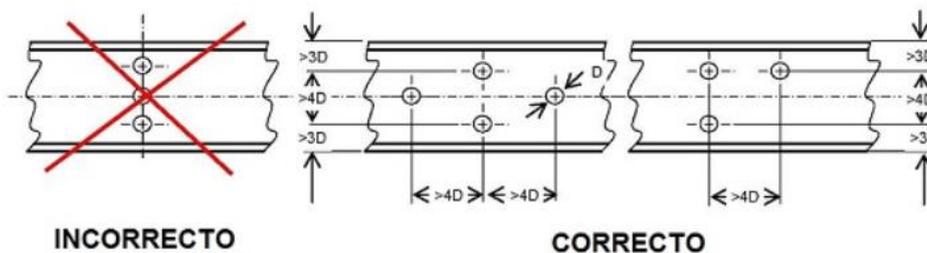


Figura 24. Colocación de perforaciones en el bastidor

Si se han de sustituir los tornillos de serie por otros (más largos, por ejemplo), se utilizarán únicamente tornillos del mismo tipo y clase. Las tuercas autoblocantes, una vez desmontadas, no deben volver a utilizarse y deberán sustituirse por otras de idénticas características a las de la serie. En todas las fijaciones del bastidor y en la fijación de la carrocería y/o equipos adicionales al mismo se emplearán tuercas autoblocantes con arandelas planas endurecidas según norma DIN 125.

El siguiente cuadro orienta para la selección de los pares de apriete necesarios de aplicar en las uniones atornilladas (valores expresados en **m·kg**). Estos valores también los encontramos en el catálogo de tornillería adjuntado en el apartado 2. *Anexo II: Documentación*

Diámetro nominal (mm)	Paso (mm)	Paso grueso MA				Paso fino MB				
		Calidad del acero				Calidad del acero				
		6.8	8.8	10.9	12.9	Paso (mm)	6.8	8.8	10.9	12.9
6	1	0,69	1,19	1,68	2,01	0,75	0,96	1,27	1,79	2,15
8	1,25	2,15	2,86	4,02	4,83	1	2,24	3,00	4,21	5,05
10	1,5	4,25	5,68	8,00	9,57	1	4,57	6,18	8,57	10,25
12	1,75	7,33	9,76	13,70	16,45	1,5	7,60	10,10	14,25	17,05
14	2	11,60	15,45	21,75	26,10	1,5	12,30	16,40	23,05	27,60
16	2	17,55	23,40	32,80	39,40	1,5	18,25	24,30	34,20	41,00
18	2,5	24,30	32,40	45,60	54,70	1,5	26,10	34,80	49,00	58,80
20	2,5	34,20	45,60	64,20	77,00	1,5	36,60	48,80	68,70	82,40
22	2,5	45,50	60,60	85,30	102,50	1,5	48,40	64,30	90,70	108,70
24	3	59,00	78,80	110,50	132,50	2	62,60	83,00	116,60	136,50

Figura 25. Pares de apriete de uniones atornilladas

• Fijaciones

Por otro lado, el tipo y número de fijaciones entre el bastidor del vehículo y el bastidor auxiliar acoplado encima dependerá del modelo del vehículo y el tipo de carrocería prevista.

Generalmente, los vehículos van equipados de serie con el primer soporte para la carrocería, tipo escuadra (indicado con letra A en la siguiente figura), y opcionalmente también el resto de soportes repartidos a lo largo del chasis del bastidor (indicado con letra B en la siguiente figura).

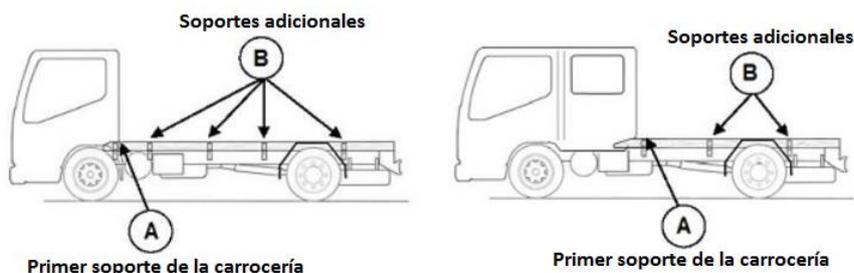


Figura 26. Posición de tipo de fijaciones en el bastidor

Es sumamente importante determinar el tipo de fijación, según el modelo de vehículo y la carrocería prevista, así como la utilización a la que estará destinado el vehículo, para conseguir una buena contribución por parte del falso bastidor en cuanto a resistencia y rigidez se refiere.

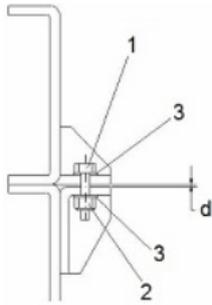
En función del tipo de carrocería prevista, se determinará también el tipo de fijación a emplear, que puede ser elástica o rígida resistente a los esfuerzos de corte. La cantidad y el reparto de los soportes de la carrocería a lo largo del falso bastidor se determinarán a partir del correspondiente plano de carrocerero y el tipo de carrocería.

Una buena realización de los elementos de fijación garantizará una buena unión entre el bastidor del vehículo y el falso bastidor. Preferentemente se utilizarán los soportes de carrocería existentes que están repartidos por el chasis del bastidor del vehículo. Cuando las carrocerías previstas puedan ejercer cargas concentradas sobre el bastidor del vehículo, el carrocerero deberá prever los elementos de fijación adecuados. En este caso, se deberán añadir placas planas resistentes al corte en la zona posterior del chasis.

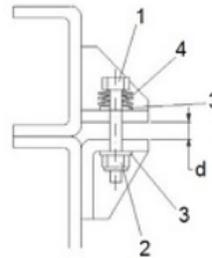
Todos los tornillos que se empleen en la unión de los soportes deberán ser de alta resistencia, calidad 8.8, y serán montados sin holguras, con tuercas autoblocantes de seguridad calidad 10 y arandelas planas en ambos lados con dureza mínima 200 HB, usadas debajo de las cabezas de los tornillos y de las tuercas.

A) Fijación elástica

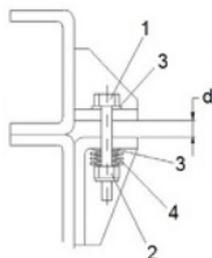
Las uniones de tipo elástico permiten movimientos, aunque limitados, entre ambos perfiles y se considera que las dos secciones resistentes trabajan paralelamente. Estas uniones dotan a los bastidores de mayor elasticidad y deberán aplicarse inmediatamente en la zona posterior a la cabina. Existen diferentes soluciones como las que se muestran a continuación, siendo las más utilizadas:



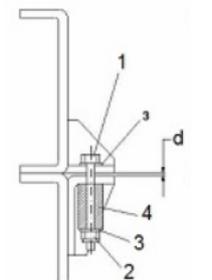
- 1) Tornillo M12 x 1,75 ó M16 x 2 (Calidad 8.8)
- 2) Tuerca autoblocante M12 x 1.75 ó M16 x 2 (Calidad 10)
- 3) 2 arandelas planas de dureza 200 HB
- d) Distancia antes del apriete (entre 1-2 mm)



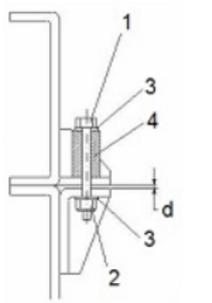
- 1) Tornillo M12 x 1,75 ó M16 x 2 (Calidad 8.8)
- 2) Tuerca autoblocante M12 x 1.75 ó M16 x 2 (Calidad 10)
- 3) 2 arandelas planas de dureza 200 HB
- 4) 6 arandelas elásticas
- d) Distancia antes del apriete (entre 1-2 mm)



- 1) Tornillo M12 x 1,75 ó M16 x 2 (Calidad 8.8)
- 2) Tuerca autoblocante M12 x 1.75 ó M16 x 2 (Calidad 10)
- 3) 2 arandelas planas de dureza 200 HB
- 4) 6 arandelas elásticas
- d) Distancia antes del apriete (entre 1-2 mm)



- 1) Tornillo M12 x 1,75 ó M16 x 2 (Calidad 8.8)
- 2) Tuerca autoblocante M12 x 1.75 ó M16 x 2 (Calidad 10)
- 3) 2 arandelas planas de dureza 200 HB
- 4) Casquillo de acero de longitud 35-60 mm
- d) Distancia antes del apriete (entre 1-2 mm)



- 1) Tornillo M12 x 1,75 ó M16 x 2 (Calidad 8.8)
- 2) Tuerca autoblocante M12 x 1.75 ó M16 x 2 (Calidad 10)
- 3) 2 arandelas planas de dureza 200 HB
- 4) Casquillo de acero de longitud 35-60 mm
- d) Distancia antes del apriete (entre 1-2 mm)

Figura 27. Diferentes configuraciones de uniones elásticas

Las escuadras que se monten en el falso bastidor nunca deberán ser de características inferiores a las que se montan originalmente en el bastidor del vehículo.

B) Fijación rígida

Las fijaciones de tipo rígidas permiten considerar a la unión entre bastidores como si se tratase de una sección única resistente de la que forman parte los perfiles del bastidor original del vehículo y del falso bastidor, a condición de que la cantidad y distribución de los soportes de carrocería sean capaces de soportar los esfuerzos. Este tipo de fijación es el recomendado para carrocerías de rigidez torsional no muy elevada y de utilización en carretera.

Para que esta fijación pueda considerarse rígida es imprescindible conseguir el par de apriete en todas las uniones que se indica en la *Figura 25*. Siempre que no pueda garantizarse aplicar el par de apriete indicado, deberá combinarse con fijaciones mediante placas planas usando los agujeros existentes en la parte posterior del bastidor del vehículo. Mediante las placas planas se garantiza un buen comportamiento al empuje longitudinal y transversal, asegurando una mayor rigidez del conjunto. Está especialmente indicado para carrocerías particularmente pesadas.

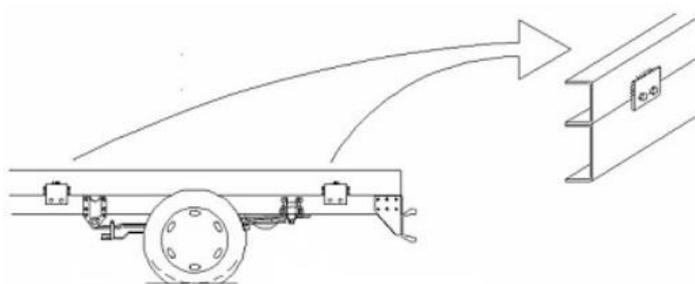


Figura 28. Unión de bastidores mediante placas planas

Cuando se emplean placas planas para la fijación del falso bastidor hay que tener en consideración que:

- Su utilización debe estar limitada a la zona central y posterior del bastidor usando los agujeros existentes que suele traer de fábrica el vehículo en su chasis.
- Verificar que el falso bastidor asienta perfectamente sobre el bastidor del vehículo antes de efectuar la fijación en el alma de los largueros del vehículo.
- El número de placas, sus características y la cantidad de tornillos para su fijación deberán ser los adecuados para transmitir los momentos de flexión y de esfuerzos cortantes.

C) Fijaciones mixtas

En general, para la fijación del bastidor auxiliar al chasis del bastidor de un vehículo se empleará una combinación de fijaciones de tipo rígido y elástico en el mismo.

Es recomendable utilizar las uniones elásticas en la parte delantera del falso bastidor (dos en cada lado) y fijaciones rígidas mediante placas planas para la parte posterior del vehículo, cuando la carrocería prevista exija del falso bastidor una mayor aportación a la rigidez del conjunto (por ejemplo, hormigoneras, grúas en voladizo, volquetes, etc.).

5. Normas y referencias

5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Durante la realización del presente proyecto y de dicha reforma se han tenido presentes la siguiente reglamentación:

- **Directiva 2007/46/CE**, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.
- **Real Decreto 866/2010**, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.
- **Real Decreto 750/2010**, de 4 junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- **Real Decreto 2822/1998**, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.
- **Real Decreto 2028/1986**, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- **Manual de Procedimiento de Inspección de las Estaciones ITV**, Versión 7.4.1 (01/10/2019) (Ministerio de Ciencia y Tecnología).
- **Real Decreto 920/2017**, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos, y se modifica el Reglamento General de Vehículos, aprobado por el Real decreto 711/2006.
- **Manual de Reformas de Importancia**, Revisión 5º, octubre de 2019. Sección 1- Vehículos de Categorías M, N y O - En el que se estipula los diferentes campos de aplicación, los Actos Reglamentarios (AR) en los que puede afectar la reforma, junto con la documentación necesaria.
- **Norma UNE-EN ISO 898-1:2015**, Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado. Parte 1: pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino.
- **Real Decreto 1627/1997**, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- **Orden FOM/273/2016**, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras «BOE» núm. 55, de 4 de marzo de 2016.

5.2. Bibliografía

La bibliografía utilizada durante la redacción de este proyecto es la siguiente:

1. Apuntes y diapositivas de las siguientes asignaturas docentes:

- EM 1012, Mecánica de máquinas y estructuras. Curso académico: 2016/17.
Profesora: María Dolz Lucia
- EM 1019, Elasticidad y resistencia de materiales. Curso académico: 2016/17.
Profesor: Roberto Palma Guerrero
- EM 1021, Diseño de máquinas. Curso académico: 2018/19.
Profesora: Marta Covadonga Mora Aguilar
- EM 1025, Ingeniería gráfica. Curso académico: 2018/19.
Profesor: Pedro Pablo Company Calleja.
- EM 1030, Ingeniería de materiales. Curso académico: 2019/20
Profesor: Kudama Habib Ameen
- EM 1034, Tecnologías del medio ambiente y seguridad industrial. Curso académico: 2019/20.
Profesoras: María Dolores Bovea Edo y Mairena García Ventoso.

2. Libros Técnicos:

- [1] Beer, F.P.; Johnston, E.R. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros. Estática. McGraw-Hill.*
- [2] "Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería". Colección Trabajos de Informática y Tecnología, Núm. 33. Publicaciones UJI.
- [3] "Resistencia de materiales" M. Romero et al. Publicaciones de la UJI.
- [4] Ortiz Berrocal, Luis. (2002). *Resistencia de materiales*. 2a ed. Madrid: Mc Graw-Hill / Interamericana de España. S.A.U.
- [5] Francisco Muñoz Gracia, *Vehículo industrial y automóvil*. Editorial Dossat, S.A.

5.3. Páginas Web

- [6] https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_autom%C3%B3vil
- [7] <https://www.caracteristicas.co/historia-del-automovil/>
- [8] <https://www.transeop.com/blog/Camiones-electricos-son-el-futuro/392/>
- [9] <http://www.anguera.com/galeria/genealogia.htm>
- [10] <https://es.wikipedia.org/wiki/Cami%C3%B3n>
- [11] <https://www.transgesa.com/blog/transporte-terrestre-tipos-camiones/>
- [12] <https://www.academiadeltransportista.com/tipos-camiones/>
- [13] https://www.partesdel.com/partes_de_un_camion.html
- [14] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>
- [15] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn15.html>
- [16] <https://www.serviciositv.es/que-es-itv>

5.4. Programas informáticos empleados

- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Power Point.
- Autodesk: AutoCAD 2019
- Paint
- Sigpac

6. Definiciones y abreviaturas

En este apartado se detallarán las definiciones y abreviaturas más complejas utilizadas en el presente proyecto, con la finalidad de alcanzar una mejor comprensión de todos los documentos.

6.1. Definiciones

A

ACTOS REGLAMENTARIOS: Se trata de una directiva en particular o un reglamento.

ALA: Parte horizontal de un perfil estructural. Suelen haber dos: una arriba y una abajo.

ALMA: Parte central de un perfil estructural que une las alas perpendicularmente.

B

BOCETO: Un boceto es un esquema básico y simple que sirve como fundamento inicial para desarrollar algo con posterioridad, siendo el primer elemento concreto de un proyecto. Puede ser un dibujo sencillo, unos datos generales, un esquema, unas palabras o símbolos que alguien plasma en un soporte con la intención de tener una guía de actuación.

C

CARROZADO: Bastidor o chasis que compone la base de un vehículo industrial o camión.

CONFORMADO EN FRÍO: Procesos de laminado, forjado, extrusión o estirado del acero a una temperatura por debajo de la recristalización del metal, que usualmente suele ser a temperatura ambiente.

D

DIRECTIVA: Disposición legal, establecida por un organismo internacional, que han de cumplir todos los miembros nacionales que pertenezcan a dicho organismo. En este caso, España debe cumplir las directivas impuestas por la Unión Europea, al ser un país miembro de dicho organismo.

DISPOSICIONES: Una disposición normativa es una prescripción adoptada por una institución con autoridad para establecer un tipo de normas. Las disposiciones normativas tienen rango de ley o de carácter reglamentario. Por lo que podemos decir que una ley y un reglamento son tipos de disposiciones normativas.

DEROGADO: Dejar sin efecto una norma jurídica o cambiar parte de ella.

DERRAPE: Movimiento que realiza un vehículo en circulación mientras se desliza con una desviación lateral en la parte trasera del mismo.

E

ESTAMPACIÓN: Formar un relieve sobre una chapa metálica prensándola contra un molde de acero, obteniendo la forma deseada.

ENSAMBLAJE: Consiste en una serie de operaciones en las que los elementos particulares que intervienen en la formación de la carrocería de un vehículo, confluyen según un proceso lógico y ordenado para la formación de subconjuntos y conjuntos cada vez más complejos, hasta la obtención definitiva de la carrocería completa.

H

HOMOLOGACIÓN: La homologación es la acción de homologar, cuya definición consiste en contrastar el cumplimiento de determinadas especificaciones o características de un objeto o de una acción.

L

LÍMITE ELÁSTICO: Tensión máxima que un material elástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.

M

MASA MÁXIMA AUTORIZADA: La masa máxima para la utilización de un vehículo con carga en circulación por las vías públicas. Es decir, la MMA es la masa total de la carga más la tara del vehículo.

MATRICULACIÓN: Conjunto de operaciones necesarias para la obtención del permiso de circulación de un vehículo, por las que se asignan a éste las letras y cifras distintivas que figurarán en su placa correspondiente para su identificación en la circulación vial.

MENSULAS: Elemento estructural que sobresale del perfil para servir de soporte para algún otro elemento.

P

PRODUCCIÓN EN CADENA: También llamada producción en serie o producción en masa, se refiere a la fabricación de un bien a partir del ensamblaje de las diferentes piezas que se irán incorporando a medida que vayan pasando por determinados centros de trabajo, en el que cada trabajador llevará a cabo una tarea específica.

PREÁMBULO: Explicación o advertencia que se incluye antes de un discurso o al comienzo de un escrito acerca de lo que se va a tratar.

PRONTUARIO: Publicación donde se recogen brevemente los aspectos esenciales de algún asunto o tema para proporcionar una fácil consulta y recuerdo.

PERALTE: Pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de una vía férrea o a la calzada de una carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso, la inercia (o fuerza centrípeta) del vehículo, y lograra que la resultante total de la fuerzas se mantenga paralela al plano horizontal, actuando de fuerza centrípeta dirigida en todo momento hacia el centro de la curva. En palabras breves, el objetivo del peralte es contrarrestar la inercia que impide que el vehículo se desplace hacia el exterior de la curva.

R

REFORMA: modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación definitiva en España y en remolques ligeros después de ser autorizados a circular, que o bien cambia alguna de las características del mismo, o es susceptible de alterar los requisitos reglamentariamente aplicables.

RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN: resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente hasta producir la rotura del mismo. Se podría definir, como el cociente entre la carga máxima que ha provocado el fallo a rotura del material sometido a tracción y la superficie de la sección transversal inicial del material.

REGLAMENTO: Conjunto ordenado de reglas o preceptos dictados por la autoridad competente para la ejecución de una ley, para el funcionamiento de una corporación, de un servicio o de cualquier actividad.

REAL DECRETO: En el sistema jurídico español, es una norma jurídica con rango de reglamento que emana del poder ejecutivo (el Gobierno) y en virtud de las competencias prescritas en la Constitución. Es aprobado por el Consejo de Ministros y firmado por el rey.

S

SISTEMA: Conjunto de dispositivos para llevar a cabo una o varias funciones específicas en un vehículo y que está sujeto a los requisitos de cualquier acto reglamentario.

T

TWISTLOCK: Término que en inglés significa “cierre de giro”, el cual define al mecanismo cuya finalidad es la de fijar contenedores durante su transporte mediante un dispositivo giratorio estandarizado. Asegura el contenedor en su sitio ya sea en un buque, en un camión o en un tren portacontenedores; así como facilitar su manejo a la hora de ser elevado por una grúa o puente grúa.

6.2. Abreviaturas

A

AR Actos Reglamentarios

Art. Artículo

B

BOE Boletín Oficial del Estado

C

COC Certificado de Conformidad

CE Conformidad Europea

CR Código de Reforma

C.D.G Centro de Gravedad

D

DOUE Diario Oficial de la Unión Europea

DGT Dirección General de Tráfico

E

EEE Espacio Económico Europeo

I

ITV Inspección Técnica de Vehículos

M

MMA Masa Máxima Autorizada

MMTA Masa Máxima Técnicamente Admisible

MOM Masa en Orden de Marcha

M(x) Momento flector en función de la distancia “x”

N

N(x) Axil en función de la distancia “x”

P

P Peso Pasajeros

Q

Q Carga Útil

R

RD Real Decreto

V

V(x) Cortante en función de la distancia “x”

7. Análisis del procedimiento del legalización

7.1. Introducción

Cualquier proyecto incorporado dentro del ámbito de la industria del transporte por carretera, está controlado mediante diferentes entidades, organismos, instalaciones y reglamentaciones, todas ellas esenciales para poder asegurar la seguridad activa y pasiva de cualquier transformación realizada a un vehículo, así como asegurarse de disponer de un comportamiento adecuado en lo que concierne a la protección del medio ambiente y colaborar en la defensa de los derechos de los consumidores.

Primeramente, para poder entender el alcance de dichos proyectos, es necesario conocer el marco normativo y el procedimiento que compone la fabricación de vehículos de transporte por carretera en España y en Europa, ya que influye directamente en el proceso de reformas de los vehículos.



Figura 29. Esquema del proceso de producción de vehículos automóviles en España

El Sistema de Gestión de cualquier empresa destinada a la fabricación de vehículos, es el denominado “*Sistema de Gestión de Conformidad de Producción*” basado en el cumplimiento de la Directiva 2007/46/CE. Este sistema de gestión es obligatorio para todas las empresas del sector de la carrocería, fabricación de remolques, maquinaria, etc. y permite disponer el Certificado de Conformidad (COC).

El COC es un Certificado de Conformidad Europeo que permite la identificación europea del tipo CE de un vehículo cuando sale de la fábrica. Dicho certificado es proporcionado por el servicio de homologación del fabricante y certifica que el vehículo fabricado cumple con toda la legislación en materia de construcción, seguridad y medio ambiente en toda Europa y que dispone de un número de aprobación de la Comunidad Europea que indica que el vehículo está homologado en Europa y por lo tanto se puede vender y registrar en todos los países que forman la Unión Europea.

Una vez el fabricante de vehículos dispone de este Sistema de Gestión, empieza el proceso de producción de un vehículo, formado por diferentes etapas hasta su puesta en marcha en la carretera.

Cada vehículo que sale a la venta y circula por las carreteras Europeas, ha visto la luz después de un determinado proceso que empieza con la etapa del diseño por parte del fabricante que desea poner su producto en el mercado. Este diseño no solo será ingenieril sino que también debe responder a diferentes obligaciones legislativas de la Unión Europea sobre la seguridad y el medio ambiente, y deberá cumplir los requisitos técnicos necesarios para poder comercializar dicho producto por el continente europeo o en un estado miembro particular dedicando numerosos esfuerzos en obtener un diseño óptimo de su producto. De esta forma, cuando un fabricante comienza a diseñar el boceto de su vehículo, no solo tendrá en cuenta las prestaciones del mismo sino cualquier elemento del mismo que pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- **Seguridad activa:** este concepto está formado por aquellos sistemas (frenado, dirección, suspensión, neumáticos, iluminación, estabilidad, etc.) que están relacionados con la forma en la que el vehículo mantiene su eficacia y estabilidad en condiciones de aceleración, marcha, desaceleración y frenada, y en la medida de lo posible, evitan un accidente.



Figura 30. Elementos de seguridad activa

- **Seguridad pasiva:** formada por los elementos que reducen al mínimo los daños del conductor y de los pasajeros del vehículo que se pueden producir cuando el accidente es inevitable o ya se ha producido.



Figura 31. Elementos de seguridad pasiva

- **Medio Ambiente:** lo forman todos aquellos sistemas que tengan alguna influencia en la contaminación atmosférica por emisiones contaminantes, ruidos y reciclaje.



Figura 32. Elementos influyentes en el medio ambiente

- **Otros:** en este apartado se engloban los componentes que influyen en el cumplimiento de los Actos Reglamentarios que no están recogidos en los apartados anteriores, como por ejemplo placas reglamentarias, compatibilidad electromagnética, mercancías peligrosas (en su caso), etc.

Una vez es diseñado el boceto del vehículo que se desea fabricar mediante diferentes pruebas de ensayos y simuladores, se comprobará si cumple con todos los requisitos iniciales. Si el resultado es positivo, se llevará a cabo de forma real y se pasará a la construcción a gran escala y mediante producción en cadena de dicho vehículo. En esta etapa de construcción se llevará a cabo la formación primeramente de la carrocería mediante la estampación sobre chapas para poder obtener las diferentes partes del vehículo. Posteriormente se aplicarán las diferentes medidas para la protección de la carrocería mediante productos anticorrosión y posteriormente la aplicación de la pintura. Una vez pintadas las diferentes piezas, tiene lugar el ensamblaje de las diferentes partes del vehículo, desde las anteriores chapas, hasta los componentes mecánicos, electrónicos, y cualquier componente que forma un vehículo.

Durante el proceso de construcción también se lleva a cabo una acción simultánea; la homologación de las diferentes partes que forman el vehículo.

Una vez finalizada la construcción del vehículo y cumpliendo toda la normativa, la última etapa consiste en la comercialización del mismo, es decir, su venta al público lo que conlleva la posterior matriculación y puesta en marcha.

7.2. Homologación

El concepto de homologación se puede definir como la acción de contrastar el cumplimiento de determinadas especificaciones o características de un objeto o de una acción.

La homologación en el ámbito de la industria del vehículo, es el procedimiento por el cual un Estado miembro del Espacio Económico Europeo (EEE) certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente, cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos pertinentes antes de su matriculación y puesta en marcha. En España, la certificación del cumplimiento de la homologación lo realiza el Ministerio de industria, Turismo y Comercio, quedando recogidas las disposiciones administrativas y los requisitos técnicos generales de cumplimiento, en la Directiva Europea 2007/46/CE.

Dependiendo del número de unidades que se vayan a fabricar en la cadena de producción se deberá usar un tipo de homologación u otro. Las diferentes homologaciones quedan definidas en la Directiva y son las siguientes:

- **Homologación de tipo CE:** fabricación en serie sin límite de unidades, así como de todas las variantes derivadas de este tipo. Esta homologación se puede conseguir a través de diversas vías:
 - **De una sola vez:** Consiste en obtener de una sola vez la homologación de un vehículo completo.
 - **Por etapas:** Consiste en obtener por etapas el conjunto completo de certificados de homologación.
 - **Homologación Multifásica:** Uno o varios Estados miembros certifican que, dependiendo del grado de acabado, un tipo de vehículo incompleto o completado cumple con las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos de la directiva. Cada fabricante de fase asigna una contraseña de homologación con su certificado de conformidad.

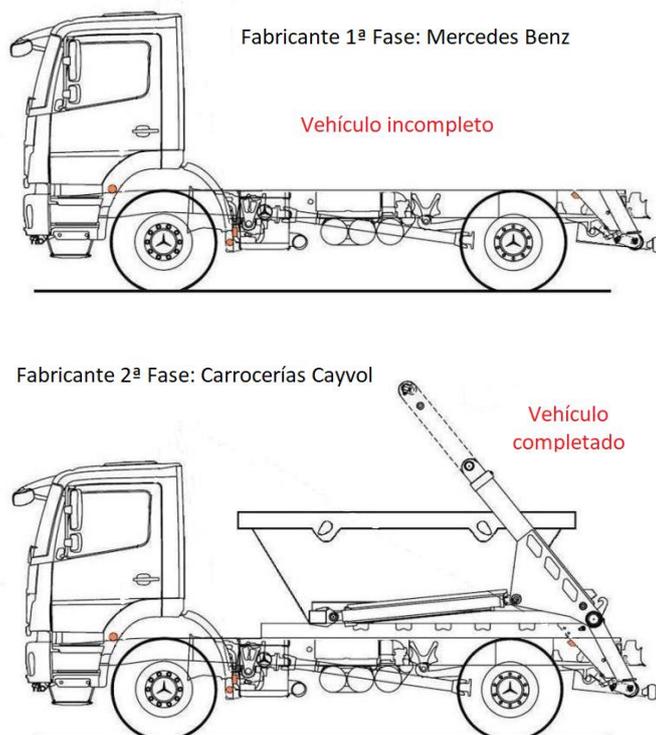


Figura 33. Ejemplo de homologación tipo CE Multifásica

Dentro de la homologación multifásica es necesario conocer las diferentes fases en la que se puede encontrar un vehículo para posteriormente saber asignar la contraseña de homologación dependiendo de la situación en la que se encuentre dicho vehículo. Podemos encontrar cuatro estados o grados de acabado en un vehículo:

- **Vehículo base:** Todo vehículo que se utiliza en la fase inicial de un proceso de homologación multifásico.
- **Vehículo incompleto:** Todo vehículo que deba pasar por lo menos por una fase más para ser completado y cumplir con los requisitos técnicos requeridos por la Directiva aplicable.
- **Vehículo completado:** El vehículo, producto del proceso de homologación de tipo multifásico, cumple con los requisitos técnicos requeridos por la Directiva aplicable.
- **Vehículo completo:** Todo vehículo que no necesita ser completado para que cumpla con los requisitos técnicos requeridos por la Directiva aplicable.



Figura 34. Distintas fases de una homologación multifásica

- **Homologación de serie corta CE:** fabricación de 500 unidades y hasta 1.000, quedando la validez de dicha homologación limitada al territorio de ese estado miembro. Exclusivamente para vehículos de categoría M1.
- **Homologación corta Nacional:** fabricación de 250 unidades dentro de una serie, quedando la validez de dicha homologación limitada al territorio de ese estado miembro. Exclusivamente para vehículos de categoría N2 y N3.
- **Homologación individual:** fabricación de una única unidad particular. Puede ser asignada por el fabricante o por un particular a través de un servicio técnico de homologaciones.



Figura 35. Homologación vehicular

Con la entrada del cumplimiento de la Directiva 2007/46/CE para todas las categorías M, N y O (turismos, furgonetas, camiones, remolques,...) se hace necesaria la homologación de los vehículos para su matriculación y puesta en circulación. Por su parte, el Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, complementa dichas medidas regulando los procedimientos administrativos y de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas para que dichos vehículos puedan recibir la homologación en España.

Para acreditar la homologación, la autoridad competente en esa materia emite un certificado de homologación y debe asignar una contraseña de homologación nacional, con la que se relaciona dicho certificado con los AR que han servido de referencia. Para cada tipo de homologación, y en el caso de vehículos de categoría N, objeto de nuestro proyecto, obtenemos una contraseña diferente a nivel de legislación nacional:

- **Homologación Nacional de Tipo:** La contraseña de homologación tendrá la siguiente estructura para las categorías N1, N2 y N3:

C-XXXX*XX
C1-XXXX*XX

Constará de los caracteres C (vehículo completo) o C1 (vehículo incompleto y las diferentes fases de completado) seguidos de un número de cuatro cifras que indicará el número de homologación, el carácter (*), y un número de dos cifras que indicará el número de extensión.

- **Homologación de serie corta Nacional:** La contraseña de homologación tendrá la siguiente estructura y será asignada por el fabricante para todas las categorías de vehículo completo/completado, incompleto y las diferentes fases de completado:

e9*NKS*XXXX*XX

Constará de los caracteres e9, el carácter (*), los caracteres NKS, seguidos de un número de cuatro cifras que indicará el número de homologación, el carácter (*), y un número de dos cifras que indicará el número de extensión.

- **Homologación individual:** La Directiva no contempla contraseña, pero si la legislación nacional siendo la siguiente para vehículos de categoría N completos o completados:

HIC-XXXXX

Constará de los caracteres HI seguida de la letra identificativa de la categoría (en este caso C) y de un mínimo de cuatro cifras que indicará el número de aprobación individual.

7.3. Reformas

Se puede definir como reforma, toda modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación definitiva en España y en remolques ligeros después de ser autorizados a circular, que o bien cambia alguna de las características del mismo, o es susceptible de alterar los requisitos reglamentariamente aplicables. Este término también incluye cualquier actuación que implique alguna modificación de los datos que figuran en la tarjeta de ITV del vehículo.

La regulación del procedimiento para la realización y tramitación de las reformas efectuadas en los vehículos se efectúa mediante el Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, con el fin de garantizar que tras la reforma se siguen cumpliendo los requisitos técnicos exigidos para su circulación, así como el mantenimiento de las condiciones de seguridad activa y pasiva de los vehículos y su comportamiento en lo que se refiere a la protección del medio ambiente. Este real decreto no se aplicará a los vehículos antes de su matriculación definitiva; las modificaciones efectuadas en los vehículos antes de su matriculación deberán estar incluidas en la homologación de tipo o tramitarse a través del procedimiento de homologación individual.

Una modificación, actuación, incorporación o supresión, efectuada en un vehículo que signifique la incorporación o supresión de elementos o dispositivos cuya instalación o desmontaje, no requiera herramienta alguna o pueda realizarse con las herramientas normales suministradas por el fabricante del vehículo, no deben considerarse reforma y por lo tanto no es necesario homologar. Tampoco afectan a las características mecánicas o estéticas del vehículo por lo que no contradice las preinscripciones contenidas en las siguientes directivas europeas: Directiva 2002/24/CE, Directiva 2003/37/CE y Directiva 2007/46/CE.

En el caso de que se cambie las características mecánicas y estéticas del vehículo y afecte a las directivas anteriormente mencionadas, se deberá considerar una reforma y llevar a cabo un proceso de homologación, propiamente dicho.

7.3.1. Procedimiento

Las reformas de los vehículos podrán ser solicitadas por el titular del vehículo o por una persona autorizada. Para poder obtener la reforma homologada y cumpliendo todos los requisitos exigidos por las diferentes directivas se debe seguir el siguiente procedimiento:

- 1) Identificación de la reforma
- 2) Elaboración y obtención de los siguientes documentos, por parte de un técnico titulado competente, para efectuar la tramitación de dicha reforma. Se requerirá todos o alguno de los documentos, dependiendo de la complejidad de la reforma
 1. **Certificado del taller** en el que se efectuó la reforma
 2. **Informe de Conformidad** emitido por el servicio técnico de reformas designado o alternativamente por el fabricante del vehículo, que determine que las modificaciones se ajustan a las directivas europeas.
 3. **Proyecto técnico** detallado de la reforma a efectuar y certificación final de obra en la se indique que la misma se ha realizado según lo establecido en dicho proyecto, suscritos ambos por un técnico titulado competente.
- 3) Para cada tipo de reforma, la documentación anterior necesaria se presentará ante el órgano de la Administración competente en materia de inspección técnica de vehículos (ITV) por parte del técnico titulado contratado para la elaboración de los documentos anteriores.
- 4) El titular del vehículo, o persona por él autorizada, al que se le haya efectuado la reforma, está obligado a presentar el vehículo a la inspección técnica en el plazo máximo de 15 días, aportando la documentación necesaria.
- 5) El órgano de la Administración competente en materia de ITV efectuará la inspección del vehículo reformando y la correcta ejecución de la reforma y si dicha reforma ha modificado las condiciones exigidas para circular por las vías públicas. Dicha inspección podrá tener dos resultados:
 - **Favorable:** si el resultado de la inspección es favorable, la ITV emitirá una nueva tarjeta de la ITV añadiendo la reforma.
 - **Desfavorable:** si por el contrario, el resultado fuera desfavorable o negativo, la estación ITV concederá a su titular, para subsanar los defectos observados, un plazo inferior a dos meses, cuya extensión concreta se determinará teniendo en cuenta su naturaleza de tales defectos de la reforma. Dicho vehículo quedará inhabilitado para circular por las vías públicas, excepto para su traslado al taller o para la regularización de sus situación y vuelta a la estación ITV para una nueva inspección.

Una vez subsanados los defectos, se deberá presentar el vehículo a una nueva inspección en la misma estación ITV. Si transcurridos los dos meses el vehículo no se ha presentado a inspección, la estación lo comunicará a la Jefatura Provincial o Local de Tráfico, proponiendo la baja del vehículo.

- 6) Periódicamente, el vehículo deberá realizar la inspección técnica correspondiente, y en ese momento en la estación ITV se realizará la inspección habitual y se comprobarán que las anotaciones respecto a las reformas efectuadas que se encuentran en la Tarjeta ITV, siguen siendo las indicadas en ella y que cumplen la reglamentación vigente. Cualquier variación, modificación o inclusión en la/s reforma/s conllevará a obtener una inspección desfavorable.

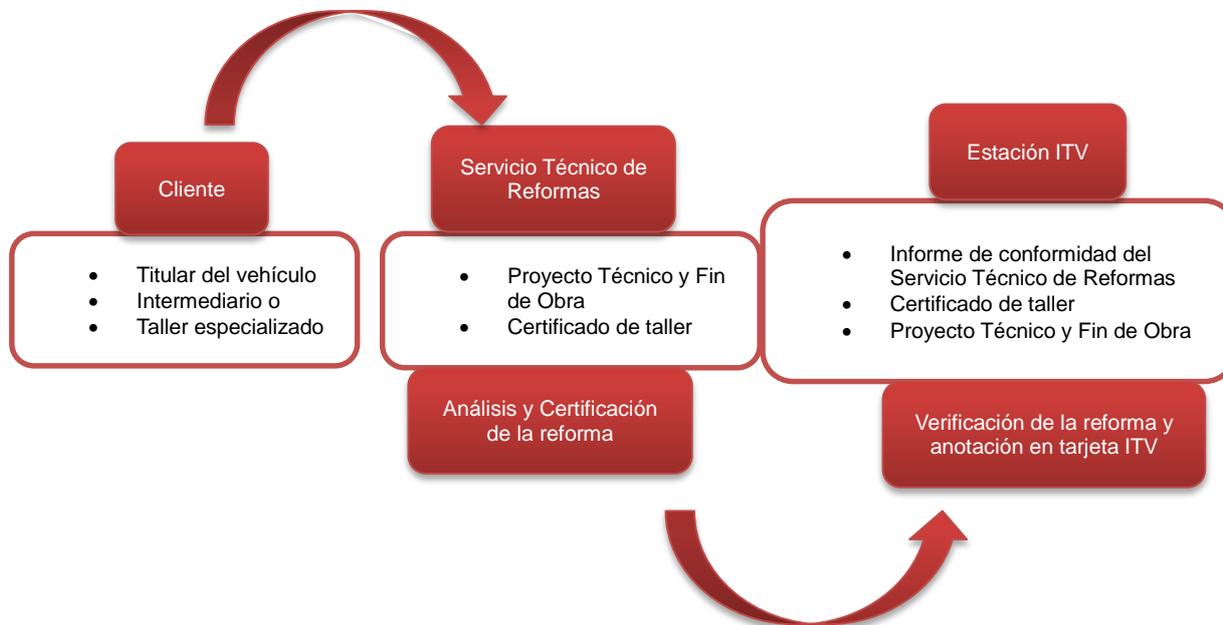


Figura 36. Esquema procedimiento de una reforma

7.3.2. Documentos

La documentación necesaria para la tramitación de la reforma, particularizando para cada una de ellas la información que debe contener, se deberá presentar en papel o en formato electrónico validado, previo al inicio de la tramitación y revisión de la reforma por parte de la estación ITV.

Los diferentes documentos requeridos y redactados, o bien por el técnico titulado competente o por el Servicio Técnico de Reformas, se explican a continuación.

- **Proyecto Técnico**

En dicho documento deberá identificarse el técnico competente, el vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula) y las reformas realizadas. Además debe identificarse en todo su contenido, con todas las páginas numeradas e indicando en todas ellas el número final de páginas, incluyendo los anexos y los planos.

No será necesaria la presentación del proyecto cuando se trate de una restitución/desinstalación de elementos del vehículo si está amparado por una homologación de tipo o bien si el vehículo dispone de una homologación en primera o sucesivas fases.

Para garantizar que tanto el taller transformador que realiza la reforma, como el firmante del informe de conformidad, como la estación ITV tengan la misma versión, debe incluir en el mismo los datos profesionales del titular, incluyendo los relativos a su titulación, el número o código del Proyecto Técnico y el nivel de modificación (versión).

El contenido mínimo del proyecto técnico deberá incluir:

1. **Memoria**

1.1. Objeto: incluyendo los datos que identifiquen al vehículo

1.2. Antecedentes: identificación, de acuerdo con el RD 866/2010, de la reforma a realizar y los motivos que la originan. Así como la normativa aplicable en relación con los AR que puedan verse afectados por la reforma.

1.3. Características del vehículo antes de la reforma: utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas o ficha de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

1.4. Características del vehículo después de la reforma: utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas o ficha de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

1.5. Descripción de la reforma: se deberá recoger los datos necesarios para que el emisor del informe de conformidad pueda evaluar el cumplimiento o no afectación de los AR obligatorios en cada reforma, haciendo mención expresa a cada elemento o sistema modificado o añadido. Se describirá el proceso de la realización de la reforma según los siguientes apartados:

- Desmontajes realizados
- Variaciones y sustituciones
- Materiales empleados
- Montajes realizados

2. **Cálculos justificativos**

En este apartado deberá justificarse el reparto de masas por eje con la reforma efectuada. También deberá justificarse el cálculo del sistema de fijación de cualquier elemento añadido y en el caso de sustituciones sólo cuando no se utilicen los sistemas de fijación originales. En el caso de vehículos con bastidor independiente, es necesario el análisis de esfuerzos sobre el bastidor (cortantes, flectores, etc.) y resistencia del mismo, en el caso de elementos fijados a él.

Cuando el elemento sustituido, añadido o modificado tenga una función específica sobre la seguridad activa o pasiva o un comportamiento sobre la protección al medio ambiente, se deberá analizar de manera integral el resultado de la misma en el vehículo reformado y se deberá comprobar que se mantienen las condiciones exigibles de dicha función con el nuevo elemento.

3. **Pliego de condiciones**

El pliego de condiciones recoge las especificaciones técnicas definida, tanto en los planos como en la memoria del proyecto, especificando las características técnicas de los materiales, de los medios auxiliares o normas a emplear durante la ejecución de la reforma, así como de los equipos necesarios para llevar a cabo la reforma definida en el proyecto.

- Calidad de los materiales empleados
- Normas de ejecución
- Certificados y autorizaciones

4. **Planos**

Se deben incorporar los planos o esquemas de las siguientes partes del vehículo:

- Esquema del vehículo y sus características fundamentales antes de la reforma.
- Esquema del vehículo y sus características fundamentales después de la reforma.
- Detalles constructivos.

- **Certificado de dirección de final de obra**

En el certificado de dirección de final de obra se certificará que se han efectuado la/s reforma/s en el vehículo correspondiente, de acuerdo al proyecto técnico y a la documentación adicional correspondiente.

Deberá identificarse en el: al técnico competente, al vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula y una o varias fotografías del vehículo después de la reforma), reformas realizadas y taller/es donde se ha/n ejecutado la/s reforma/s. Las fotografías deben mostrar el aspecto general del vehículo y los detalles de la reforma realizada. Además las páginas deben estar enumeradas e identificadas de forma inequívoca incluyendo los datos profesionales del titular, incluyendo su titulación, y el número o código del Proyecto Técnico.

- **Informe de Conformidad**

En el informe de conformidad deberán describirse los equipos, sistemas modificados, sustituidos o incorporados indicando las características esenciales de cada uno para que permitan identificarlos durante la inspección y en esencial, lo indicado para cada código de reforma. También deberá identificarse todos los datos del vehículo que varíen de los contenidos en la tarjeta ITV o sea necesario añadir según lo indique el código de reforma afectado.

De este modo cualquier elemento, equipo, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente modificado, sustituido o incorporado, debe ser identificado indicando sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje), si éstas existen, en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado del taller, debiendo coincidir con la modificación, sustitución o incorporación que se haya realizado.

En caso de ser necesario un proyecto, se identificará en el informe incluyendo los datos profesionales del titular y el número o código del Proyecto Técnico. Por otra parte la fecha de dicho documento será siempre igual o posterior a la fecha del Certificado de Taller, y en su caso, de la del Certificado Final de Obra.

El informe de Conformidad dejará de tener validez en el momento en que cualquiera de los AR aplicables a los que se haya referido haya perdido su vigencia.

Dicho Informe de Conformidad se redacta según el Anexo II del Real Decreto 866/2010 (*Figura 37*) y es emitido por el servicio técnico de reformas designado o alternativamente por el fabricante del vehículo.

El firmante del informe verificará que la reglamentación evaluada del conjunto a inspeccionar se encuentra actualizada en la fecha de ejecución de la reforma. En caso contrario, no se autorizará la reforma mientras no se actualice la vigencia de las modificaciones, sustituciones o incorporaciones efectuadas.

ANEXO II

Informe de conformidad

El/los abajo firmante(s) expresamente autorizado/s por:

INFORMA

Que el vehículo, marca, tipo....., variante....., denominación comercial....., contraseñas de homologación (*)....., matrícula, y con número de bastidor....., es técnicamente apto para ser sometido a la(s) reforma(s) consistente(s) en:

Tipificada/s con el/los Código de Reforma/s

Especificaciones técnicas o reglamentarias:

Contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.

Reglamentación aplicable	Contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento.

El vehículo reformado cumple con los actos reglamentarios que son de aplicación a las reformas tipificadas en el anexo I y en el manual de reformas de vehículos y es conforme con las condiciones exigibles de seguridad y de protección al medio ambiente.

Y para que así conste, a los efectos oportunos, firmo el presente en, a de de

(*) Si el vehículo no dispone de contraseña se rellenará este campo con N.P.

Figura 37. Informe de Conformidad

- **Certificado de Taller**

El Certificado del Taller será realizado por aquel taller de vehículos, de equipos y sus componentes contratado o designado por la persona autorizada, en el cual se efectuó la/s reforma/s.

Dicho documento se redactará conforme el Anexo III del Real Decreto 866/2010 (Figura 38) y se deberá identificar la modificación, la sustitución o la incorporación mediante sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje) que coincide con las resta de documentos necesarios.

Podrá incluir como anexo los esquemas o la información adecuada que sirvan al emisor del Informe de Conformidad para poder evaluar los AR afectados por la/s reforma/s.

En caso de ser necesario un proyecto, se identificará en el certificado los datos profesionales del titular y el número o código del Proyecto Técnico. Por otra parte la fecha de dicho documento informe será siempre igual o posterior a la fecha del Proyecto Técnico.

ANEXO III

Certificado del taller

D....., expresamente autorizado por la empresa, domiciliada en, provincia de, calle, n.º, teléfono, dedicada a la actividad de, con n.º de registro industrial y n.º de registro especial (1)

CERTIFICA

Que la mencionada empresa ha realizado la/s reforma/s, y asume la responsabilidad de la ejecución, sobre el vehículo marca....., tipo....., variante....., denominación comercial, matrícula y n.º de bastidor, de acuerdo con:

La normativa vigente en materia de reformas de vehículos.
Las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevadas a cabo en dicho vehículo.
El proyecto técnico de la/s reforma/s, adjunto al expediente.

OBSERVACIONES:

..... a de de.....

Firma y sello

Fdo.:

(1) En el caso de que la reforma sea efectuada por un fabricante se indicará N/A.

Figura 38. Certificado de Taller

7.3.3. Inspección Técnica de Vehículos

La ITV, cuyas siglas significan Inspección Técnica de Vehículos, y su objetivo es garantizar que los vehículos que circulan por la vía pública cuenten con las condiciones de seguridad exigidas. Con esto, se pretenden minimizar los accidentes de tráfico provocados por motivos técnicos, así como contribuir a la protección del medio ambiente reduciendo las emisiones contaminantes. Para ello, la ley establece una periodicidad mínima con la que los vehículos deben pasarla, así como situaciones extraordinarias que obligan a acudir a la revisión. [16]



Figura 39. Estación ITV

Los procedimientos de la Inspección Técnica de Vehículos, así como los diferentes elementos sometidos a revisión, quedan recogidos en el Manual de Procedimiento de Inspecciones de las estaciones de ITV, que es editado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. La obligatoriedad y las frecuencias de inspección, se establecen en el Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos.

Tal y como se indica en el Manual de Procedimientos de Inspecciones de las estaciones de ITV, se revisan los elementos de identificación como el número de bastidor y la matrícula comparados con la documentación del vehículo aportada, y se supervisan también los elementos relativos al estado de conservación del vehículo como por ejemplo la chapa de la carrocería, los limpiaparabrisas, los cristales, el interior del vehículo (especialmente los asientos y los cinturones) y otros elementos. La inspección avanza hacia elementos más técnicos considerando la señalización y el alumbrado del vehículo como las luces e intermitentes y también los frenos. Por supuesto, se revisan la dirección y la suspensión, comprobando también el estado de los ejes, la transmisión, el bastidor y los neumáticos. Por último, se lleva a cabo la prueba relacionada con la emisión de los gases contaminantes, para evitar que se superen las cantidades establecidas por las directivas europeas en función del tipo de combustibles del vehículo.

Todos los criterios y procedimientos de inspección son comunes en cualquier estación de ITV y se basan en el cumplimiento de los siguientes documentos de normativa:

- **Manual de Procedimiento de Inspección de las Estaciones ITV** (Ministerio de Ciencia y Tecnología).
- **Real Decreto 866/2010**, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.
- **Real Decreto 2822/1998**, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.
- **Real Decreto 750/2010**, de 4 junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- **Real Decreto 920/2017**, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos, y se modifica el Reglamento General de Vehículos, aprobado por el Real decreto 711/2006.

La frecuencia de la inspección puede ser de dos tipos:

- **Periódicas:** estas inspecciones deben realizarse a todo tipo de vehículo con una periodicidad establecida por el Real Decreto anteriormente mencionado, que variará en función de su clase, antigüedad o uso al que se destina.
- **No periódicas:** únicamente deben ser realizadas cuando se dan ciertas circunstancias, como es el caso de las matriculaciones, legalización de reformas hechas en vehículos, inspecciones para la emisión de duplicados de tarjetas de ITV, etc.

En el caso de las reformas, que es el objeto de dicho proyecto, se tratará de una inspección no periódica en el cual la estación ITV realizará la comprobación de la correspondencia entre la documentación y el vehículo de acuerdo con lo indicado en el Manual de Procedimiento de Inspección de la estación ITV vigente.

El procedimiento para comprobar la reforma efectuada en el vehículo, contiene los siguientes pasos que deberán realizar cualquier estación ITV:

- 1) **Comprobación de la documentación necesaria:** se comprobará la correcta documentación presentada para dicha reforma (Proyecto Técnico, informe de Conformidad y Certificado del Taller).
- 2) **Comprobación de la correspondencia entre la documentación y el vehículo:** superado el paso anterior, se verificará que el vehículo reformado se corresponde con la documentación aportada. Para ello la estación ITV comprobará con el Informe de Conformidad, los equipos o sistemas modificados, sustituidos o incorporados y los datos dimensionales cuando se produzcan variaciones de datos con los que contiene la tarjeta de la ITV.

En caso de que se detecten no coincidencias con el vehículo presentado a inspección se emitirá un informe donde se dejará constancia de las deficiencias encontradas respecto a lo indicado en la documentación aportada.

- 3) **Inspección técnica unitaria:** además de los dos anteriores pasos, el vehículo será sometido a una inspección técnica unitaria ITV, donde se identificará cada código de reforma que haya sido afectado. Si dicho código requiere de la utilización de algún equipo de la línea de inspección de la estación ITV se realizará la prueba correspondiente para comprobar el correcto funcionamiento y cumplimiento de dicha reforma con la reglamentación vigente y correspondiente.

- 4) **Anotación de la reforma en la Tarjeta ITV:** si el resultado de la inspección técnica fuera favorable, la estación ITV modificará la existente o emitirá una nueva tarjeta de acuerdo con los códigos de reforma (CR) correspondiente a la/s reforma/s efectuada/s para acabar el procedimiento de la legalización de la misma.

En general, cualquier variación de las características técnicas del vehículo (masas, dimensiones, etc.) que como resultado de la ejecución de la reforma se hayan modificado respecto de los datos indicados en la tarjeta ITV o tengan que incluirse en la anotación de la reforma, deberán indicarse en el Informe de Conformidad, siendo este el documento que se utilice en la inspección técnica y su información la que se anote en la Tarjeta ITV.

- 5) **Inspección periódicamente:** en la inspección periódica de los vehículos, se comprobará si la/s reforma/s anotadas en la Tarjeta ITV siguen siendo las indicadas en ella y que cumplen con la reglamentación vigente.

8. Ámbito Reglamentario

Una vez explicado el procedimiento que se debe seguir para realizar una reforma, se pretende sentar las bases reglamentarias que se ven afectadas en el proceso de transformación de vehículos, analizando la diferente legislación europea y española con el fin de poder comprender e interpretar dicha reglamentación que posteriormente será la clave del objeto de dicho proyecto.

Se atenderá primero a la interpretación del R.D. 2028/1986, que fija las fechas de obligatoriedad de determinados AR, entre ellos la Directiva marco 2007/56/CE que crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes, de la que se obtendrá una síntesis de los diferentes elementos de nuestro estudio y cuyas disposiciones han dado lugar a nuestra actual legislación de homologación y de reformas de vehículos.

Posteriormente se analizarán los actos reglamentarios que en nuestro país se definen de forma concreta en Reales Decretos, en función de cada uno de los sistemas que componen el vehículo, en concreto el R.D.750/2010 y el R.D.866/2010, referentes a la tramitación de las reformas y a los procedimientos de homologación con el fin de poder legalizar dicha modificación.

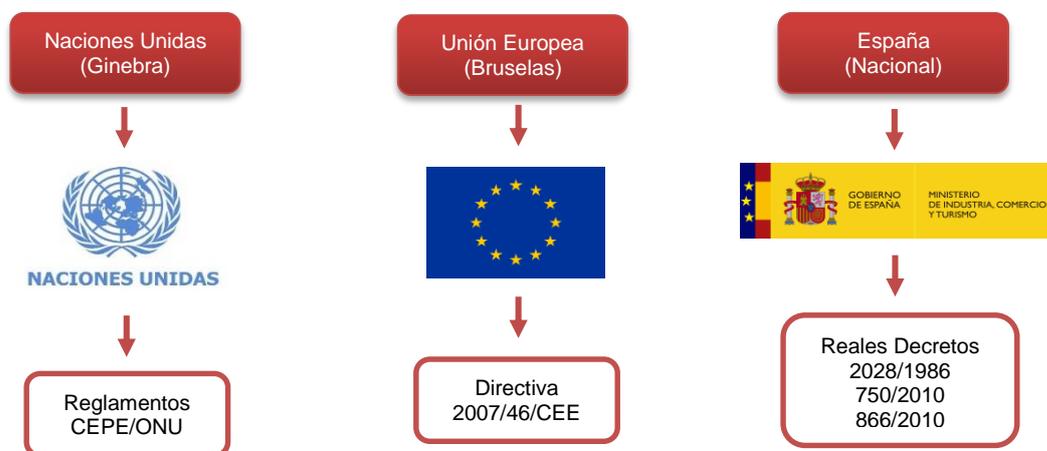


Figura 40. Actos Reglamentarios por espacios legislativos

El Real Decreto 2028/1986, sobre las normas para la aplicación de determinadas directivas de la CE, relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos, nos dicta los diferentes actos reglamentarios que deben cumplir cada uno de los tipos de vehículos.

Este reglamento se actualiza periódicamente por medio de Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobadas a través de órdenes que se publican en el BOE. Los anexos actualizados, son imprescindibles para poder conocer la obligatoriedad de los distintos actos reglamentarios y sus fechas de entrada en vigor. La estructura de estos anexos es la siguiente:

- **ANEXO I:** Consta de cuatro partes diferenciadas una de la otra por el tipo de vehículo:
 - 1) Vehículos automóviles, sus partes y piezas (categorías M,N y O)
 - 2) Tractores agrícolas
 - 3) Vehículos de 2, 3 y cuadríciclos.
 - 4) Varios

La estructura de estas cuatro categorías es la misma, componiéndose de cinco columnas de la siguiente forma:

ANEXO I

1. Vehículos automóviles y sus partes y piezas

1	2	3	4	5
Materia objeto de Reglamentación (H) (D) Disposiciones europeas Art. 3.	Nuevos tipos Art. 4.1	Nueva matrícula Art. 4.2	Reglamentación a que se refiere Art. 4.3 (F) (M)	Observaciones
Homologación de Tipo CE de vehículos a motor				
0	Directiva 70/156	(-)	(-)	Para la obtención de una homologación de Tipo CE será necesario cumplir con toda la reglamentación parcial indicada en el anexo correspondiente de la Directiva 2007/46/CE y sus últimas modificaciones aplicables.
	Directiva 78/315	(-)	(-)	
	Directiva 78/547	(-)	(-)	
	Directiva 80/1267	(-)	(-)	
	Directiva 87/358	(-)	(-)	
	Directiva 87/403	(-)	(-)	
	Directiva 92/53	(-)	(A*)	
	Directiva 93/81	(-)	(A*)	
	Directiva 98/14	(-)	(A*)	
	Directiva 2001/116	(-)	(A*)	
Homologación de Tipo CE de vehículos a motor				
0A	Directiva 2007/46 (*)	(A)	(A)	Para la obtención de una homologación de Tipo CE será necesario cumplir con toda la reglamentación parcial indicada en el anexo correspondiente de la Directiva 2007/46/CE y sus últimas modificaciones aplicables. Para la obtención de una Homologación de Tipo Nacional de Series Cortas será necesario cumplir con toda la reglamentación parcial indicada en el anexo correspondiente de la Directiva 2007/46/CE modificada por el último Reglamento aplicable, con las excepciones establecidas en el artículo 23. (*) Obligatoria para todos los anexos no contemplados en las posteriores modificaciones. (*) Sustituye los anexos I, III, IV, VI, VII, XI y XV de la Directiva 2007/46/CE. (*) Sustituye el anexo IX de la Directiva 2007/46/CE. (*) Reglamento de Seguridad General de los Vehículos. Recoge los Actos Reglamentarios obligatorios para la Homologación de Tipo CE. (*) Sustituye los anexos V, X, XV y XVI de la Directiva 2007/46/CE. (*) Sólo obligatoria para Homologación Individual. (*) Desarrolla la lista de reglamentos CEPE/ONU que se aplican con carácter obligatorio. (*) Sustituye el anexo II y modifica los anexos IV, IX y XI de la Directiva 2007/46/CE. (***) Excepto para extensiones de homologación de Tipo Europea y Series Cortas Nacionales concedidas con anterioridad al 29-10-12. (*) Incorpora Reglamentos CEPE/ONU de carácter obligatorio. (*) Modifica los anexos IV y XII de la Directiva 2007/46/CE. (*) Modifica el anexo IX de la Directiva 2007/46/CE. (*) Modifica los anexos I y IX de la Directiva 2007/46/CE. (*) Sustituye el anexo VIII y modifica los anexos I y IX de la Directiva 2007/46/CE. (*) Modifica los anexos I, III, IV, IX y XI de la Directiva 2007/46/CE. (*) Modifica los anexos I, III, IV y IX de la Directiva 2007/46/CE. (*) Modifica los anexos II, IV, XI y XII y anula el anexo XVIII de la Directiva 2007/46/CE. (***) Obligatoria para vehículos homologados de tipo con anterioridad al 01-11-14 con excepción de los requisitos adicionales relativos a ambulancia y el sistema de anclaje de sillas de ruedas y de retención de ocupantes de vehículos accesibles en silla de ruedas que deberán cumplir con lo especificado en la Directiva 2007/46/CE y en el
	R(CE) 1060/2008 (*)	(A)	(A)	
	R(CE) 385/2009 (*)	(A)	(A)	
	R(CE) 661/2009 (*)	(A)	(A)	
	R(UE) 371/2010 (*)	(A)	(A)	
	R(UE) 183/2011 (*)	(A)	(A)	
	R(UE) 407/2011 (*)	(A)	(A)	
	R(UE) 678/2011 (*)	(A)	(A) (***)	
	R(UE) 523/2012 (*)	(A)	(A)	
	R(UE) 1229/2012 (**)	(A)	(A)	
	R(UE) 1230/2012 (**)	(A)	(A)	
	R(UE) 143/2013 (**)	(A)	(A)	
	R(UE) 195/2013 (**)	(A)	(A)	
	R(UE) 136/2014 (**)	(A)	(A)	
	R(UE) 133/2014 (**)	(A)	(A)	
	R(UE) 214/2014 (**)	(A)	(A) (***)	
R(UE) 540/2014 (**)	(A)	(A1-07-22) (A*)		

Figura 41. Anexo I del Real Decreto 2028/1986

En la anterior imagen (*Figura 41*) se puede observar un ejemplo del Anexo I del real decreto y las diferentes columnas que componen dichas tablas. Esta estructura es la misma para los cuatro apartados anteriores, siguiendo la misma interpretación, pero con actos reglamentarios específicos para cada uno de ellos.

Se explicará el Anexo I del apartado primero, ya que afecta al alcance de nuestro proyecto, sin entrar en demasiado detalle en los tres últimos apartados ya que no son necesarios para la comprensión de nuestro proyecto.

Empezando de izquierda a derecha se pueden observar cinco columnas, cada una de ellas proporcionando información sobre los siguientes datos:

- **Columna 1 (*Materia objeto de Reglamentación (H) (D) Disposiciones europeas Art. 3*):** En esta columna se indican el nombre e identificación numérica de cada directiva base y sus sucesivas directivas correctoras.
- **Columna 2 (*Nuevos tipos Art. 4.1*):** Corresponde a la legislación aplicable a la homologación de “Nuevos Tipos” según se menciona en el Art. 4.1. Es decir, la fecha a partir de la que los nuevos tipos de vehículos que vaya a ser homologados en España deberán cumplir los requisitos técnicos de las correspondientes Directivas establecidas en la columna 1.
- **Columna 3 (*Nueva matrícula Art. 4.2*):** Es la legislación aplicable a “Nuevas Matrículas” según se menciona en el Art. 4.2. Al igual que en la columna 2, está marca las fechas límite, pero esta vez para vehículos que han conseguido la homologación de tipo y aún no se han matriculado.

Es importante conocer y tener en cuenta esta parte de la reglamentación, ya que se puede dar el caso de vehículos que una vez fabricados, no se matriculan en un período largo de tiempo y si en ese intervalo deja de tener validez algún acto reglamentario, el fabricante del vehículo deberá solicitar al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, una autorización para poder matricularlo a través de un “listado fin de serie”.

- **Columna 4 (*Reglamentación a que se refiere Art. 4.3 (F) (M)*):** Esta columna corresponde a la reglamentación alternativa a las directivas, y que corresponde a los Reglamentos de Naciones Unidas o a la reglamentación Nacional (Reales Decretos), según se menciona en el Art. 4.3. Además, no será necesario el cumplimiento de los requisitos de las anteriores columnas correspondiente a los diferentes puntos del Art.4, cuando resulten cumplidas las reglamentaciones vigentes que se indican en la columna 4.
- **Columna 5 (*Observaciones*):** Observaciones a la aplicación de la Legislación reseñada en las anteriores columnas.

Tal y como observamos en la *Figura 41*, en las tablas que firman el Anexo I, encontramos diferentes símbolos que es necesario saber interpretar para su comprensión. Algunos ejemplos y los más importantes son los siguientes:

- (A) → Cumplimiento obligatorio
- (A*) → Aceptada como alternativa
- (-) → No aceptado o no obligatorio
- (D) → Fin de serie
- (H) → Autorización en ciertos casos de la sustitución en el cumplimiento de una directiva o reglamento por un informe favorable de un laboratorio oficial acreditado para dicha regulación

A parte de estas abreviaturas, podemos encontrar otras al final de este Anexo I, en el apartado llamado “Notas” en el que se explica cada uno de los símbolos y letras que aparecen en cada una de las columnas de los cuatro apartados anteriores. Como por ejemplo son: (F), (L), (M), (N), (O), (P), (R), (S) y (T)

- **ANEXO II:** Este anexo proporciona un listado con las directivas que son de aplicación, identificando los títulos respecto a su codificación numérica y fecha y las fechas en las que se publicaron en el DOUE. (Figura 42).

Número y fecha de la Disposición europea	Título (*)	Fecha publicación DOUE
Directiva 70/156, de 6 de febrero de 1970.	Homologación de Tipo CE de Vehículos a motor.	23/02/1970
Directiva 70/157, de 6 de febrero de 1970.	Nivel sonoro admisible.	23/02/1970
Directiva 70/220, de 20 de marzo de 1970.	Emisiones de vehículos.	06/04/1970
Directiva 70/221, de 20 de marzo de 1970.	Depósitos de combustible líquido / Protección trasera.	06/04/1970
Directiva 70/222, de 20 de marzo de 1970.	Emplazamiento y montaje de placas traseras de matrícula.	06/04/1970
Directiva 70/311, de 8 de junio de 1970.	Equipo de dirección.	18/06/1970
Directiva 70/387, de 27 de julio de 1970.	Cerraduras y bisagras de las puertas.	10/08/1970
Directiva 70/388, de 27 de julio de 1970.	Avisadores acústicos.	10/08/1970
Directiva 71/127, de 1 de marzo de 1971.	Retrovisores.	22/03/1971
Directiva 71/320, de 26 de julio de 1971.	Frenado.	06/09/1971
Directiva 72/245, de 20 de junio de 1972.	Antiparasitado.	06/07/1972
Directiva 72/306, de 2 de agosto de 1972.	Humos motores diésel.	20/08/1972

Figura 42. Ejemplo de listado de Directivas (Anexo II del R.D. 2028/1986)

Tanto este Real Decreto, como las diferentes directivas y reglamentos, tratan a los vehículos por categorías, como se puede observar en las siguientes tablas:

Categoría por criterio de homologación	Descripción
CATEGORÍA M	Vehículos de motor destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos 4 ruedas (Directiva 70/156/CEE)
Categoría M1	≤ 9 plazas incluido el conductor
Categoría M2	>9 plazas incluido el conductor y una MMTA ≤ 5.000 kg
Categoría M3	>9 plazas incluido el conductor y una MMTA > 5.000 kg

Tabla 1. Categorías de vehículos dedicados al transporte de personas

Categoría por criterio de homologación	Descripción
CATEGORÍA N	Vehículos de motor destinados al transporte de mercancías y que tengan por lo menos 4 ruedas (Directiva 70/156/CEE)
Categoría N1	MMTA ≤ 3.500 kg
Categoría N2	MMTA > 3.500 kg y ≤ 12.000 kg
Categoría N3	MMTA > 12.000 kg

Tabla 2. Categorías de vehículos dedicados al transporte de mercancías

Categoría por criterio de homologación	Descripción
CATEGORÍA O	Remolques, (incluidos los semirremolques), (Directiva 70/156/CEE)
Categoría O1	MMTA \leq 750 kg
Categoría O2	MMTA $>$ 750 kg y \leq 3.500 kg
Categoría O3	MMTA $>$ 3.500 kg y \leq 10.000 kg
Categoría O4	MMTA $>$ 10.000 kg

Tabla 3. Clasificación de remolques y semirremolques por categorías

Categoría por criterio de homologación	Descripción
CATEGORÍA L	Vehículos de motor de dos o tres ruedas, gemelas o no, y cuadriciclos destinados a circular por carretera, (Directiva 2002/24/CEE)
Categoría L1e	Ciclomotores: <ul style="list-style-type: none"> • Vehículos de 2 ruedas • Velocidad máxima de 45 km/h • Cilindrada \leq 50 cm³ • Potencia nominal máx. \leq 4 KW (motores eléctricos)
Categoría L2e	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos de 3 ruedas • Velocidad máxima de 45 km/h • Cilindrada \leq 50 cm³ • Potencia nominal máx. \leq 4 KW (motores eléctricos)
Categoría L3e	Motocicletas: <ul style="list-style-type: none"> • Vehículos de 2 ruedas sin sidecar • Velocidad máxima $>$ 45 km/h • Cilindrada $>$ 50 cm³
Categoría L4e	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos de 2 ruedas con sidecar • Velocidad máxima $>$ 45 km/h • Cilindrada $>$ 50 cm³
Categoría L5e	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos de 3 ruedas simétricas • Velocidad máxima $>$ 45 km/h • Cilindrada $>$ 50 cm³
Categoría L6e	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadriciclos ligeros con Tara \leq 350 kg • Velocidad máxima $>$ 45 km/h • Cilindrada $>$ 50 cm³ • Potencia Máx. \leq 4 KW
Categoría L7e	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadriciclos ligeros con Tara \leq 400 kg (\leq 550 kg para vehículos destinados al transporte de mercancías) • Potencia Máx. \leq 4 KW

Tabla 4. Clasificación ciclomotores, motos, triciclos y cuadriciclos por categorías.

Categoría por criterio de homologación	Descripción
CATEGORÍA T	Vehículos especiales de 2 o más ejes concebidos y contruidos para arrastrar, empujar, llevar o accionar aperos, maquinaria o remolques agrícolas (Directiva 2001/3/CE)
Categoría T1	Tractores de ruedas: <ul style="list-style-type: none">• Velocidad máx. ≤ 40 km/h• Ancho vía ≥ 1150 mm al menos en un eje• Tara > 600 kg• Altura libre sobre el suelo ≤ 1000 mm
Categoría T2	Tractores de ruedas: <ul style="list-style-type: none">• Velocidad máx. ≤ 40 km/h• Ancho vía < 1150 mm al menos en un eje• Tara > 600 kg• Altura libre sobre el suelo ≤ 600 mm
Categoría T3	Tractores de ruedas: <ul style="list-style-type: none">• Velocidad máx. ≤ 40 km/h• Tara ≤ 600 kg
Categoría T4	Otros tractores: <ul style="list-style-type: none">• Velocidad máx. ≤ 40 km/h

Tabla 5. Clasificación de vehículos agrícolas por categorías

El 21 de Octubre de 2009 se actualizó el presente Real Decreto, aplicando la nueva Directiva 2007/46, por la que se modificó el marco legal de la homologación en vehículos en Europa y provocó el inicio de una nueva reglamentación del Real Decreto 750/2010, que agrupa las disposiciones de dicha directiva dentro del marco legal español.

También provocó la modificación de la reglamentación referente a reformas de importancia por ser incompatible con las disposiciones que en ella se recogen, quedando derogado el R.D. 736/1988 y dando lugar al R.D. 866/2010 de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas.

8.2. Directiva 2007/46/CE

La Directiva 2007/46/CE del parlamento europeo y del consejo del 5 de septiembre de 2007, crea un marco junto con los requisitos técnicos generales y las disposiciones administrativas para la homologación de vehículos de motor y de los remolques nuevos incluidos en su ámbito de aplicación, así como la de los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes, destinados a dichos vehículos, con el fin de facilitar su matriculación, venta y puesta en servicio dentro de la Comunidad.

La Directiva se aplicará a la homologación de tipo diseñados y fabricados en una o varias fases para circular por carretera y a los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes diseñados y fabricados para dichos vehículos. También se aplicará a la homologación individual de dichos vehículos, incluyendo todas las categorías mencionadas anteriormente, excepto motos y tractores agrícolas.



Figura 43. Países que forman la Comunidad Económica Europea

La Directiva se aplicará a la homologación de tipo diseñados y fabricados en una o varias fases para circular por carretera y a los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes diseñados y fabricados para dichos vehículos. También se aplicará a la homologación individual de dichos vehículos, incluyendo todas las categorías mencionadas anteriormente, excepto motos y tractores agrícolas.

Además de los diferentes tipos de homologación que trata dicha Directiva (Homologación tipo CE, serie corta CE y Nacional e Individual), el Artículo 26 de la presente Directiva autoriza a los Estados miembros a poder ser capaces de matricular, vender o poner en puesta en servicio de los vehículos sólo si van acompañados de un certificado de conformidad válido expedido según el artículo 18. Esto quiere decir que cualquier vehículo que se vaya a matricular debe cumplir los siguientes requisitos:

- Esté legalmente homologado
- Cumpla los requisitos técnicos de la homologación en el momento de su matriculación. Es decir, que los requisitos técnicos que cumplía cuando fue concedida la homologación sean los mismos en el momento que se vaya a matricular.
- Si se rompiera la homologación inicial por una transformación posterior a la matriculación, se debe asegurar que se cumplen todos los AR necesarios exigidos en el momento de la homologación.

Estos requisitos impiden realizar reformas de importancia previas a su matriculación, por lo que se obtiene a partir de esta directiva, dos reglamentos diferenciando entre la acción de homologación y de reformar.

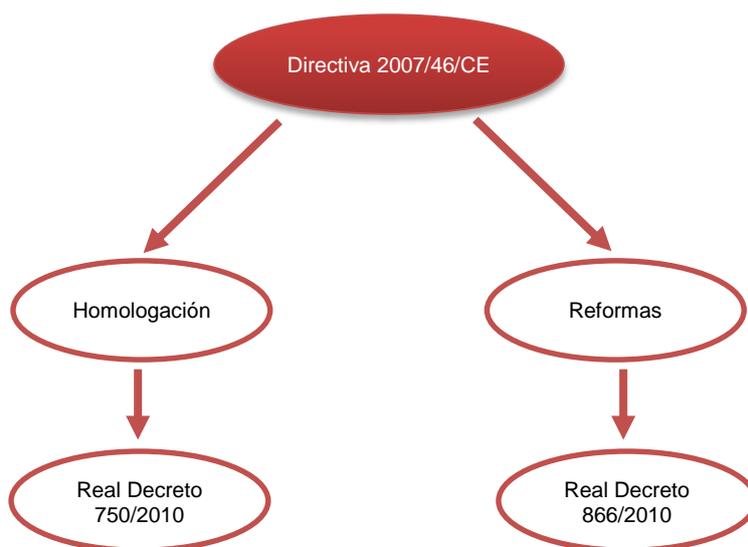


Figura 44. Legislación derivada de la Directiva 2007/46/CE

La entrada en vigor de dicha Directiva, se aplicaría según un calendario que encontramos en el Anexo XIX, para cada categoría de vehículo. No obstante, en nuestro caso, al tratarse de un reforma de este año y fijándonos en las fechas de dicho calendario, hay que tener consideración de él desde el año 2009 hasta el 2014, siendo en ese año ya el aplicación total de toda la Directiva para todos los tipos de vehículos, por lo que en nuestro caso ya no nos influye dicho calendario.

ANEXO XIX

CALENDARIO PARA LA APLICACIÓN DE LA PRESENTE DIRECTIVA RESPECTO A LA HOMOLOGACIÓN DE TIPO

Categorías	Fechas de aplicación		
	Nuevos tipos de vehículos (opcional)	Nuevos tipos de vehículos (obligatorio)	Tipos de vehículos ya existentes (obligatorio)
M ₁	N.A. (†)	29 de abril de 2009	N.A. (†)
Vehículos especiales de la categoría M ₁	29 de abril de 2009	29 de abril de 2011	29 de abril de 2012
Vehículos incompletos y completos de la categoría N ₁	29 de abril de 2009	29 de octubre de 2010	29 de octubre de 2011
Vehículos completados de la categoría N ₁	29 de abril de 2009	29 de octubre de 2011	29 de abril de 2013
Vehículos incompletos y completos de las categorías N ₂ , N ₃ , O ₁ , O ₂ , O ₃ y O ₄	29 de abril de 2009	29 de octubre de 2010	29 de octubre de 2012
Vehículos incompletos y completos de las categorías M ₂ y M ₃	29 de abril de 2009	29 de abril de 2009 (†)	29 de octubre de 2010
Vehículos especiales de las categorías N ₁ , N ₂ , N ₃ , M ₂ , M ₃ , O ₁ , O ₂ , O ₃ y O ₄	29 de abril de 2009	29 de octubre de 2012	29 de octubre de 2014
Vehículos completados de las categorías N ₂ y N ₃	29 de abril de 2009	29 de octubre de 2012	29 de octubre de 2014
Vehículos completados de las categorías M ₂ y M ₃	29 de abril de 2009	29 de abril de 2010 (†)	29 de octubre de 2011
Vehículos completados de las categorías O ₁ , O ₂ , O ₃ y O ₄	29 de abril de 2009	29 de octubre de 2011	29 de octubre de 2013

(†) No procede.
 (‡) A los efectos de la aplicación del artículo 45, apartado 4, estos plazos se prolongarán en 12 meses.

Figura 45. Calendario de aplicación de la Directiva 2007/46/CE

8.3. Real Decreto 750/2010

Hasta el 24 de julio del 2010, la homologación de tipo de vehículos se regulaba a través del R.D. 2140/1985. Actualmente este Real Decreto fue derogado por el vigente R.D. 750/2010.

Este reglamento abarca todas las categorías de vehículos, y nace con la intención de recoger las nuevas disposiciones de la Directiva Marco 2007/46/CE y así evitar contradicciones entre las disposiciones reglamentarias técnicas impuestas por Europa y las nacionales.

Constituye el objeto de dicho Real decreto, la regulación de los procedimientos administrativos para que los vehículos incluidos en su ámbito de aplicación puedan recibir la homologación de tipo como condición previa a su matriculación o puesta en circulación en España, así como los procedimientos administrativos para que las partes y piezas, destinadas a dichos vehículos, matriculados o no, y que requieran una homologación, puedan ser comercializadas en el mercado español.

Contiene los diferentes procedimientos, documentos, sanciones, etc. que componen la homologación, pero principalmente, la parte del reglamento de mayor importancia en el objeto de nuestro proyecto son los anexos, donde encontramos para cada tipo de vehículo según su uso (L, M, N, O y T) los diferentes números de homologación, listas con los actos reglamentarios aplicables en cada caso, plantillas de fichas reducidas, de tarjetas de ITV, etc. así como otros documentos para cada tipo de homologación (de tipo, de serie corta o individual) que es necesario utilizar en el procedimiento de homologación por las entidades autorizadas.

Por lo que definitiva los Anexos, serían los documentos necesarios conocer y que se deben seguir a lo largo del estudio de un proyecto. Este anexo se estructura en cinco apéndices dependiendo del tipo de homologación a efectuar y cada uno de ellos está formado por los mismos documentos y plantillas a usar, como se muestra a continuación:

- Apéndice 1: Generalidades
- Apéndice 2: Homologación Nacional de Tipo
- Apéndice 3: Serie Corta Nacional
- Apéndice 4: Homologación Individual
- Apéndice 5: Lista de actos reglamentarios para la homologación de vehículos en series cortas nacionales y homologación individual.

Todos estos apéndices poseen diferentes documentos y plantillas, con algunas diferencias entre unas y otras dependiendo de cada tipo de homologación, pero con la misma estructura. A continuación, se presentan los documentos más importantes a tener en cuenta (vamos a céntranos solo en los anexos que corresponde a la categoría N, ya que en nuestro proyecto tenemos un vehículo N3 y las otras categorías no nos interesan):

- **Ficha de Características:** Se aportará información (*Figura 46*) en forma de lista, de los diferentes elementos incluidos en la homologación, junto con los planos a escala adecuada y detallados y las fotografías necesarias suficientemente detalladas.

Epígrafe	Ficha de características. Categoría M y N	Completos /	
		Completados	Incompletos
0.	GENERALIDADES		
0.1.	Marca del vehículo incompleto/completo/completado	X	X
0.2.	Tipo		
0.2.0.1	Chasis (vehículo de base):		X
	Número de homologación (si procede) del vehículo de base:		X
0.2.0.2	Carrocería/Vehículo completo/completado (en caso de vehículo completado, indicar la fase de fabricación):	X	
0.2.1.	Denominación o denominaciones comerciales (si están disponibles):	X	X
0.2.2	Descripción del vehículo incompleto/completo/completado p.e. camión sistema 4x2, furgón cerrado, camión capitoné, tractora 6x4 con 5ª rueda, (según anexo 2 parte C de la Directiva 2007/46/CE)	X	X
0.3.	Medio de identificación del tipo de vehículo, si está marcado en él (*)		
0.3.0.1	Chasis (vehículo de base):		X
0.3.0.2	Carrocería/Vehículo completo/completado	X	
0.3.1.	Emplazamiento de estas marcas		
0.3.1.1	Chasis (vehículo de base):		X
0.3.1.2	Carrocería/Vehículo completo/completado:	X	
0.4.	Categoría de vehículo(*):	X	X

Figura 46. Ejemplo de epígrafes categoría de vehículo M y N (Homologación Nacional de Tipo)

- **Modelo de Ficha Reducida:** Ficha de las características (Figura 47) del tipo de vehículo introduciendo los nuevos datos que modifica dicha transformación, necesaria para la legalización de la reforma.

Ficha Reducida Vehículos de categoría N			
Datos	Incompleto	Completado	Completo
Marca	X	X	X
Tipo / variante / versión	X	X	X
Denominación comercial	X	X	X
Categoría del vehículo	X	X	X
Nombre y dirección del fabricante del vehículo de base:	X	X	X
Nombre y dirección del fabricante de la última fase de fabricación del vehículo		X	X
Emplazamiento de la placa del fabricante	X	X	X
Parte fija VIN	X	X	X
Emplazamiento del número de identificación del vehículo	X	X	X
Vehículo de base:	X	X	
Número de homologación (incluyendo la extensión correspondiente):	X	X	
Fecha:	X	X	
Vehículo completo/completado		X	X
Número de homologación (incluyendo la extensión correspondiente)		X	X
Fecha		X	X
CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO			
Nº de ejes y ruedas	X	X	X
Número y emplazamiento de ejes con ruedas gemelas	X	X	X

Figura 47. Ejemplo de formato de ficha reducida categoría N (Homologación Nacional de Tipo)

- **Lista de Actos Reglamentarios:** Para cada categoría de tipo de vehículo se introduce una lista (Figura 48) con los diferentes requisitos técnicos (Actos Reglamentarios) exigidos para la homologación de los diferentes componentes que forman un vehículo.

Categoría: N1, N2 y N3					
	Asunto	Número AR (*)	Serie Corta Nacional (H)	Homologación Individual (H)	
				Completo	Completados y transformados
1	Nivel sonoro	70/157/CEE	A	A	A
2	Emisiones	70/220/CEE	X	A	X
3	Depósitos de combustible / dispositivos de protección trasera	70/221/CEE	X(2) A	A(6)	X(2) A
4	Espacio placa de matrícula posterior	70/222/CEE	B	A	B
5	Mecanismos de dirección	70/311/CEE	C	A	C
6	Cerraduras y bisagras de las puertas	70/387/CEE	C	C	C
7	Avisador acústico	70/388/CEE	X(2) B(4)	A(6)	X(2) B(4)
8	Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE	X(2) B(4)	A(6)	X(2) B(4)
9	Frenado	71/320/CEE	A	A	A
10	Supresión de parásitos radioléctricos	72/245/CEE	A(1) C(3)	A(6)	A(1) C(3)
11	Emisiones diesel	72/306/CEE	A	A	A
12	Acondicionamiento interior	74/60/CEE	NA	NA	NA

Figura 48. Ejemplo de actos Reglamentarios aplicables a vehículos de categoría N (Serie Corta Nacional y Homologación Individual)

- **Tarjeta de Inspección Técnica de Vehículos (ITV):** Documento que describe a una unidad del vehículo que se pretende poner en circulación, por lo tanto, en ella deberán figurar exclusivamente las características que corresponden al vehículo documentado incluyendo los equipos opcionales de que disponen por haber sido equipados con ellos por el fabricante del mismo, y que están incluidos en su homologación de tipo.

Nombre y anagrama de la Comunidad Autónoma

Matrícula		Certificado N°	A. N° de Serie:			
			Código	Descripción	Código	Descripción
			Z		L	
			G		L.0	
			F.1		L.1	
			F.1.1		L.2	
			F.1.5		P.5.1	
			F.2		P.5	
CL			F.2.1		P.3	
A.1			F.3		P.1	
A.2			F.3.1		P.1.1	
B.1			O.1		P.2	
B.2			O.1.1		P.2.1	
D.1			O.1.2		S.1	
D.2			O.1.3		S.2	
D.3			O.1.4		U.1	
E			F.4		U.2	
J			F.5		V.7	
J.1			F.6		V.9	
J.2			F.7			
J.3			F.7.1			
R			F.8			
D.6			M.1			
K			M.4			
K.1						
K.2						
El organismo inspector		Observaciones:		Opciones incluidas en la homologación de tipo		
Certifica que el vehículo cuyas características se reseñan es apto para su matriculación o puesta en circulación.						
Fecha emisión:						
(1) Espacio para los códigos PDF 417 de los datos del documento						

Figura 49. Tarjeta de Inspección Técnica de Vehículos (ITV)

En todas las tarjetas se utilizarán los códigos armonizados indicados en la Directiva 1999/37/CE, relativa a los documentos de matriculación de los vehículos, así como los propios añadidos y desarrollados en este anexo. Se añadirá el dato de la MOM (Masa en Orden de Marcha) y recogerá las contraseñas de homologación del vehículo base y del vehículo completado.

Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas anotarán en la tarjeta ITV las indicaciones correspondientes a las reformas de vehículos realizadas en los mismos, así como en el Registro de Vehículos de la Dirección General de Tráfico (DGT).

Constará de una copia original (para el usuario) y dos copias para los servicios de industria de la provincia en la que se matricula el vehículo y para la Jefatura Provincial de Tráfico.

8.4. Real Decreto 866/2010

El Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, quedo derogado por el R.D. 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de vehículos. Este reglamento cambia el término “reformas de importancia” por “reformas de vehículos”.

El objeto de este reglamento es la regulación del procedimiento para la realización y tramitación de reformas efectuadas en vehículos después de su matriculación definitiva en España, con el fin de garantizar que tras la reforma se siguen cumpliendo los requisitos técnicos exigidos para su circulación y adaptando el marco europeo mediante la Directiva 2007/46/CE al marco nacional.

Se aplicará a todos los vehículos matriculados definitivamente y remolques ligeros autorizados a circular. No se aplicará antes de su matriculación definitiva, ya que todas las modificaciones efectuadas en los vehículos anteriormente deberán estar incluidas en la homologación de tipo o tramitarse a través del procedimiento de homologación individual.

8.4.1. Entidades

Es necesario conocer dos entidades para poder llevar a cabo la reforma, ya que son las encargadas de realizar la documentación necesaria para la legalización de dichas reformas en un vehículo. Las dos principales entidades son las siguientes:

- **El Servicio Técnico de Reformas:** Anteriormente denominados, laboratorios de reformas, es la entidad designada por la autoridad de homologación española como laboratorio para llevar a cabo informes de las reformas tipificadas en el presente Real Decreto y, en su caso, los ensayos previstos en los actos reglamentarios afectados por la/s reforma/s.

Dichos Servicios Técnicos emitirán un informe de conformidad en el que se harán constar que el vehículo reformado cumple los requisitos de los actos reglamentarios que son de aplicación conforme a las reformas tipificadas en el Manual de Reformas de los Vehículos. El informe se redactará según el modelo del Anexo II del R.D. 866/2010, tal y como se muestra en la *Figura 37* presentada anteriormente en el punto 7.3.2. *Documentos*.



Figura 50. Ejemplos de servicios técnicos de reformas

- **Taller:** Entidad debidamente inscrita en el registro oficial de talleres de reparación de vehículos correspondiente. En España, registro especial de talleres de reparación de vehículos automóviles y de sus equipos y componentes, regulado por la reglamentación aplicable. A los efectos del presente reglamento también tendrán la consideración de taller las instalaciones de los fabricantes de vehículos cuando intervengan en la ejecución de las reformas en el ámbito que se determine en el registro de fabricantes y formas autorizadas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Dicho taller emitirá un certificado de taller en el que constará la reforma efectuada. El certificado se redactará según el modelo del Anexo III del R.D. 866/2010, tal y como se muestra en la *Figura 38* presentada anteriormente en el punto 7.3.2. *Documentos*.

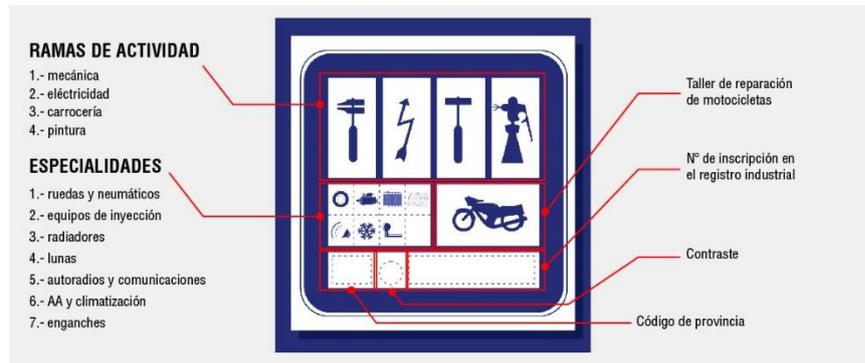


Figura 51. Placa distintiva de los talleres de reparación

8.4.2. Manual de Reformas

Por otra parte, junto a estas dos entidades, es necesario conocer un documento necesario para poder llevar a cabo cualquier reforma, este es el Manual de Reformas de Vehículos. Se trata de un documento elaborado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las comunidades autónomas, que establece las descripciones de las reformas tipificadas, su codificación y la documentación precisa para su tramitación.

Tiene carácter de “ley”, ya que su definición está contemplada en el Real Decreto 866/2010 y se indicará en él, la reglamentación cuyo cumplimiento es exigible al vehículo reformado para cada reforma efectuada, siendo necesario el cumplimiento de los diferentes actos reglamentarios asociados a cada modificación.

Este manual estará disponible para consulta de los solicitantes de una reforma en todas las estaciones de ITV y se actualizará cuando se modifique la tipificación de las reformas o los criterios reglamentarios en materia de vehículos, tanto de carácter nacional como de la Unión Europea.

Para poder entender la comprensión de dicho documento, se va a analizar las diferentes partes y la estructura que componen el manual, ya que este manual es la principal herramienta de uso para poder llevar a cabo la legalización de cualquier reforma en un vehículo. En un primer lugar se estructura de la siguiente manera:



Figura 52. Estructura general del Manual de Reformas de Vehículos

Primeramente disponemos de un preámbulo donde se explica la estructura del manual, los tipos de documentos necesarios para la tramitación de la reforma a lo largo de su procedimiento y la interpretación de cada una de las fichas correspondiente a cada reforma.

A continuación consta de cuatro secciones que abarcan todas las categorías de vehículos, estando definida y especificada cada reforma posible para cada tipo de vehículo. Estas secciones del manual se dividen todas en once grupos, que abarcan todas las partes o sistemas que puedan verse afectados por las posibles transformaciones.



Figura 53. Grupos de partes o sistemas que puedan verse afectados por reformas

Cada grupo se compone de un conjunto de códigos de reforma (CR) que describen el tipo de transformación que se realiza en el vehículo.

En cada CR se define una ficha formada por los siguientes apartados:

- **Descripción** de cada tipo de reforma posible de efectuar junto al código que identifica la reforma.
- **Campo de aplicación** para las diferentes categorías de vehículos.
- **Actos Reglamentarios (AR)** que afectan a dicha reforma y que se deben justificar para el cumplimiento del vehículo transformado.

Tal y como se puede observar en la *Figura 54* para cada sistema afectado, tenemos una referencia de una directiva que nos afecta y las categorías de vehículos a los que es aplicable. En estas columnas de las categorías, observamos diferentes anotaciones que nos indicarán los criterios de aplicación para cada tipo y que es necesario conocer su significado para una correcta interpretación. Disponemos de los siguientes criterios:

- **(1)** → El AR se aplica en su última actualización en vigor, a fecha de tramitación de la reforma.
- **(2)** → El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla.
- **(3)** → El AR se aplica en la actualización previa a la entrada en vigor de los reglamentos Delegados y de Ejecución que desarrollan los reglamentos (UE) N° 167/2013 o 168/2013.
- **(-)** → El AR no es aplicable a la categoría del vehículo.
- **(X)** → No es posible realizar la reforma al vehículo, coincidiendo en este caso con un NO en el campo de aplicación para esa categoría.

El emisor del informe de conformidad analizará únicamente los puntos del R que se vean afectados por la reforma, y en el caso de que la transformación afecte al cumplimiento de varios CR, se aplicará siempre el nivel más restrictivo de los AR implicados en la reforma.

- **Documentación** necesaria para la tramitación de la reforma.
- **Puntos** que se van a verificar e inspeccionar en la estación ITV según el Manual de Procedimiento de Inspección Técnica de los Vehículos.
- **Normalización** de la anotación de la reforma en la Tarjeta ITV.
- **Información adicional** en algunos casos.

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O Grupo Nº 2. Unidad Motriz (2.1)											
DESCRIPCIÓN: Modificaciones sobre la configuración de la unidad motriz del vehículo											
2.1.- Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del combustible											
CAMPO DE APLICACIÓN Categorías:											
M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄		
SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO		
ACTOS REGLAMENTARIOS											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a:									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Nivel sonoro admisible	70/167/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Emissiones	70/220/CEE	(2)	(2)	-	(2)	(2)	-	x	x	x	x
Emissiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/acceso a la información	Reglamento (CE) Nº 715/2007	(2)	(2)	-	(2)	(2)	-	x	x	x	x
Humos diésel	72/308/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Salientes exteriores	74/483/CEE	(2)	-	-	-	-	-	x	x	x	x
Campo de visión delantera	77/648/CEE	(2)	-	-	-	-	-	x	x	x	x
Emissiones diésel	88/77/CEE	-	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Emissiones (Euro 4 y 5) vehículos pesados	Reglamento (CE) Nº 686/2008	-	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Ver Apartado 4 del preámbulo.											
DOCUMENTACIÓN NECESARIA											
Proyecto Técnico	Certificación final de obra	Informe de Conformidad	Certificado del Taller	Documentación adicional							
NO	NO	SI	SI	NO							
 MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO		REVISIÓN: 4ª Fecha: marzo 2018			SECCIÓN: 1 GRUPO: 2 (2.1) Unidad Motriz Página 1 de 2						

Figura 54. Ficha del código de reforma 2.1 para la Sección I.

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O Grupo Nº 2. Unidad Motriz (2.1)			
<ul style="list-style-type: none"> • Informe de conformidad • Certificado del Taller 			
CONJUNTO FUNCIONAL			
El titular del vehículo o la persona por él autorizada aportará: - Copia de la Resolución de la Autoridad de homologación. - Informe según Anexo II. - Certificado del taller según Anexo III.			
INSPECCIÓN ESPECÍFICA. PUNTOS A VERIFICAR SEGÚN MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LAS ESTACIONES ITV (SECCIÓN II)			
Capítulo 2. - Acondicionamiento Exterior, Carrocería y Chasis Capítulo 5. - Emisiones Capítulo 9. - Motor y Transmisión			
NORMALIZACIÓN DE LA ANOTACIÓN DE LA REFORMA EN LA TARJETA ITV			
/ / / Incorpora/modifica sistema de admisión del combustible consistente en _____ (Firma y sello) ITV Nº NNNN			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
En esta reforma se contemplarán las modificaciones del sistema de la admisión, tales como: Instalación de un turbocompresor, refrigerador de aire de admisión (Intercooler), toma elevada de admisión (snorkel), entre otras. Si esta reforma supone modificación de la potencia máxima, se tramitará además la reforma 2.9.			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; border: none; vertical-align: top;">  MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO </td> <td style="width: 33%; border: none; vertical-align: top;"> REVISIÓN: 4ª Fecha: marzo 2018 </td> <td style="width: 33%; border: none; vertical-align: top;"> SECCIÓN: I GRUPO: 2 (2.1) Unidad Motriz Página 2 de 2 </td> </tr> </table>	 MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	REVISIÓN: 4ª Fecha: marzo 2018	SECCIÓN: I GRUPO: 2 (2.1) Unidad Motriz Página 2 de 2
 MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	REVISIÓN: 4ª Fecha: marzo 2018	SECCIÓN: I GRUPO: 2 (2.1) Unidad Motriz Página 2 de 2	

Figura 55. Ficha del código de reforma 2.1 para la Sección I.

9. Proyecto técnico de la reforma

9.1. Objeto de la reforma

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la reforma, objeto de dicho proyecto, consiste en la modificación del carrozado de un vehículo de tipología N3, mediante la instalación de una caja abierta con laterales abatibles y lonas. Tal y como se comprobará a continuación, esto conllevará un cambio en la clasificación del vehículo y una reducción de la MMTA/MMA al comprobar la distribución de los esfuerzos cortantes y flectores en sobre el bastidor.

Para garantizar la fiabilidad de la reforma ante posibles fallos estructurales o de estabilidad, se le dotará al bastidor original del vehículo de un sobre bastidor auxiliar o falso bastidor colocado sobre el primero, de manera que el conjunto se verá reforzado. Por lo tanto, los elementos a añadir, en este caso la caja abierta, irá colocada sobre el bastidor secundario, el cual se fijará al original mediante tornillos de alta resistencia con tuercas de seguridad, siguiendo los diferentes soportes que vienen de serie a lo largo del auto bastidor, de esta manera se conseguirá que las cargas se distribuyan a lo largo del chasis del vehículo.

A lo largo del proyecto los datos identificativos del vehículo así como los del propietario, se omitirán debido a la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

9.2. Características técnicas del vehículo

En el mercado actual existe una gran diversidad de vehículos con características y especificaciones muy concretas y a la vez muy variables. En dicho proyecto, el vehículo, proviene directamente de un cliente de un taller mecánico registrado, con la necesidad de realizar dicha modificación en el carrozado.

Este vehículo dispone de unas características técnicas generales que dependen del tipo de vehículo, de la marca, de la variante, etc. se detallan a continuación:

MARCA	RENAULT
MODELO	24CPAL
DENOMINACIÓN COMERCIAL	PREMIUM LANDER 450.26
CONTRASEÑA DE HOMOLOGACIÓN	C1-XXXX
TIPOLOGÍA DEL VEHÍCULO	N3
MARCA / FABRICANTE DEL MOTOR	RENAULT
TIPO DE MOTOR	DXI 11.450 – ECO6 B
Nº DE CILINDROS	6
COMBUSTIBLE	GASÓLEO (DIÉSEL)
CILINDRADAS (CM³)	10.837 cm³
POTENCI MÁXIMA (KW)	332 KW
Nº EJES / RUEDAS	3 6
NEUMÁTICOS	315/80 R22.05 154/150 M
CAJA DE CAMBIOS	MANUAL

Tabla 6. Características técnicas del vehículo

Estas características son proporcionadas por la ficha reducida de características (2. Anexo II. Documentación) directamente de Renault Trucks, fabricante de dicho vehículo.

9.3. Características antes de la reforma

A continuación se detallan aquellos datos del vehículo justo antes de realizar la reforma y que serán necesarios para poder realizar las comprobaciones y los cálculos pertinentes para obtener la legalización de la modificación.

TIPOLOGIA DEL VEHÍCULO	N3	TARA 2º-3º EJE (kg)	5.194
CATEGORÍA DEL VEHICULO	2212 (Portacontenedores)	M.O.M (kg)	8.755
LONGITUD TOTAL (mm)	9.960	MMTA (kg)	26.000
ALTURA TOTAL (mm)	3.900	MMTA 1º EJE (kg)	7.500
ANCHURA TOTAL (mm)	2.500	MMTA 2º EJE (kg)	11.500
VOLADIZO TRASERO (mm)	2.430	MMTA 3º EJE (kg)	7.500
TARA (kg)	8.680	DISTANCIA ENTRE EJES 1º/2º (mm)	4.750
TARA 1º EJE (kg)	3.486	DISTANCIA ENTRE EJES 2º/3º (mm)	1.350

Tabla 7. Características antes de la reforma

Nuestro vehículo, antes de efectuar la reforma, corresponde a un vehículo de categoría N3 con una masa máxima admisible superior a 12.000 kg, cuya categoría es la de portacontenedores. Dicho vehículo transporta contenedores de mercancías que se incorporan directamente en el bastidor mediante una serie de anclajes que incorpora el contenedor. Estos contenedores serán recogidos de cualquier puerto marítimo/terrestre o estación de mercancías y transportados a su destino.



Figura 56. Vehículo antes de la reforma

9.4. Características después de la reforma

A continuación se especifican las características del vehículo una vez efectuada la reforma y después de haber realizado los cálculos correspondientes para que este correctamente legalizado. Aunque los cálculos se realizarán posteriormente, la tabla siguiente muestra un resumen de los diferentes datos que obtendremos legalizados (en rojo se observan los datos modificados en comparación con la *Tabla 7*).

TIPOLOGIA DEL VEHÍCULO	N3	TARA 2º-3º EJE (kg)	6.625
CATEGORÍA DEL VEHICULO	2211 (Caja Abierta)	M.O.M (kg)	11.145
LONGITUD TOTAL (mm)	9.670	MMTA (kg)	25.720
ALTURA TOTAL (mm)	3.910	MMTA 1º EJE (kg)	7.500
ANCHURA TOTAL (mm)	2.500	MMTA 2º EJE (kg)	11.500
VOLADIZO TRASERO (mm)	2.140	MMTA 3º EJE (kg)	7.500
TARA (kg)	11.070	DISTANCIA ENTRE EJES 1º/2º (mm)	4.750
TARA 1º EJE (kg)	4.445	DISTANCIA ENTRE EJES 2º/3º (mm)	1.350

Tabla 8. Características después de la reforma

Una vez efectuada la reforma, seguimos teniendo un vehículo de tipo N3, pero ahora se le ha incorporado una caja fija abierta en los laterales con lonas abatibles, modificando dicha reforma, la categoría del vehículo. Esta reforma conllevará también la necesidad de montar un bastidor auxiliar al auto bastidor, para poder reforzar la resistencia del mismo.

A parte de la modificación de la categoría, tal y como vemos en la anterior *Tabla 8*, se obtendrán diferentes masas admisibles en cada eje y totales para poder cumplir de una forma legal y de parte de la seguridad en cuanto a la resistencia del bastidor. Esta modificación se comprobará en los siguientes apartados, donde se realizaran los cálculos necesarios para comprobar que dicha reforma efectuada es posible legalizar.



Figura 57. Vehículo después de la reforma

9.5. Descripción de la reforma

En el siguiente apartado se detallarán en forma resumida la reforma efectuada en dicho vehículo, recogiendo los datos necesarios para que el emisor del informe de conformidad pueda evaluar el cumplimiento o la afectación o no de los AR obligatorios en cada reforma, haciendo mención expresa a cada elemento o sistema modificado o añadido. Los diferentes AR afectados se analizarán posteriormente.

Por otra parte la reforma que se ha efectuado se ha comprobado mediante los cálculos justificativos del siguiente apartado, que cumple con los requisitos de resistencia y de seguridad ante el fallo, con una correcta distribución de la carga correcta para su transporte.

El proceso de la reforma resumido se recoge en los siguientes apartados:

9.5.1. Desmontajes realizados

Puesto que el vehículo se basa en un vehículo cuya categoría es la de portacontenedores, su estructura base es la misma que se utilizará en la instalación de la nueva reforma.

El único elemento desmontado de la misma, son los cuatro anclajes destinados a la sujeción del contenedor sobre el bastidor, también conocido como twistlock. Su localización se encuentra en los cuatro extremos del bastidor, correspondiente a los cuatro extremos del contenedor.



Figura 58. Ejemplos y posición de twistlock

9.5.2. Variaciones, sustituciones y montajes realizados

Al vehículo se le someterá a las siguientes variaciones y sustituciones:

- **Refuerzo del bastidor original del vehículo colocando sobre este un bastidor auxiliar de refuerzo para aumentar la resistencia del mismo y la seguridad frente al fallo.**

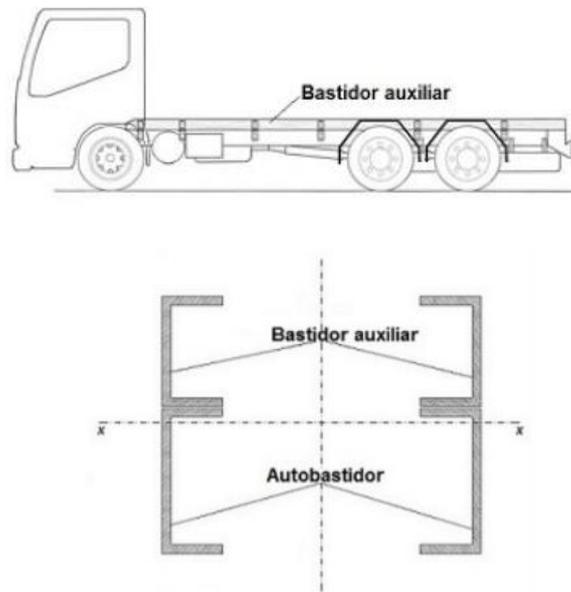


Figura 59. Bastidor auxiliar instalado

- **Instalación de los diferentes anclajes del bastidor auxiliar al bastidor original o auto bastidor del vehículo.**

Se instalarán dos uniones elásticas a cada lado al principio del bastidor, posteriormente a la cabina y uniones rígidas en el resto, en forma de placas planas. En total se instalarán 4 uniones elásticas y 14 uniones rígidas mediante placas planas.

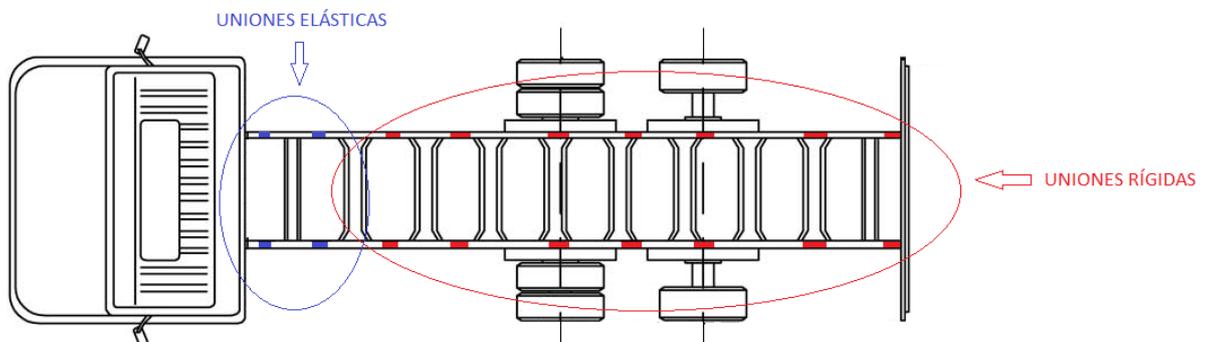


Figura 60. Distribución de las uniones en el bastidor

- **Instalación de una caja abierta con laterales abatibles y lonas para el transporte de mercancía.**

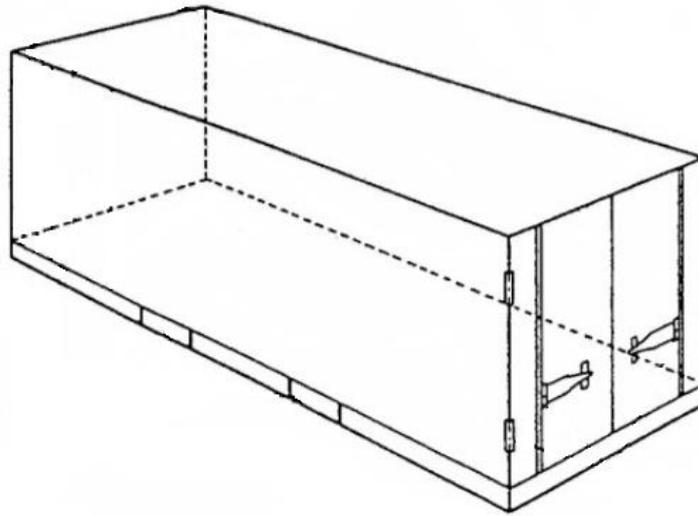


Figura 61. Caja abierta con laterales abatibles de lonas

9.5.3. Materiales empleados

A continuación se exponen las características mecánicas de los materiales empleados en los trabajos que conforman la reforma y de aquellos elementos en los que es necesario determinar el grado de seguridad para su correcto funcionamiento. En nuestro caso comprende los materiales del bastidor auxiliar y del tipo de anclaje utilizado.

A) Bastidor auxiliar o falso bastidor

Como anteriormente se ha mencionado en el punto 4.5. *Bastidor*, el objetivo de este refuerzo es el de garantizar una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor original del vehículo y de garantizar una unión perfecta entre el bastidor del vehículo y la caja instalada.

Con el montaje de la caja abierta, se introduce un nuevo peso que debe soportar el bastidor aumentado las cargas a las que está sometido. Por lo que los largueros del nuevo bastidor deberán montarse perfectamente sobre los largueros del bastidor original en toda su longitud, así como montar tanto travesaños en el falso bastidor como tenga el original. No es aconsejable montar listones de madera entre ambos.

Para su ejecución es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- El material
- La configuración de los largueros
- Los travesaños
- La fijación

Como norma general se deberán utilizar materiales de características iguales o superiores a los materiales empleados en el bastidor original del vehículo y con buenas propiedades para la soldadura, ya que la caja instalada irá directamente soldada al bastidor auxiliar.

La calidad del material recomendado según todos los fabricantes, será como mínimo el Acero ST-52:

Material	Denominación	Resistencia a tracción (kg/mm ²)	Límite de elasticidad (kg/mm ²)	Alargamiento a la rotura
Acero A-52	ST-52-3 (DIN-17100)	52-62	36	≥ 22%

Tabla 9. Propiedades mecánicas del Acero-52

En nuestro caso se utiliza este mismo material en el bastidor auxiliar, primeramente por recomendación del fabricante y por el carrocerero encargado de la instalación de la caja y del bastidor; y segundo, porque es del mismo material que el bastidor original del vehículo.

Puesto que la reforma se efectúa sobre un camión portacontenedores ya existente, se omite el procedimiento de dimensionar un perfil que cumpla con los requerimientos de esfuerzos y directamente se comprueba que el perfil existente junto con el bastidor de refuerzo que se añade, cumple con las características necesarias para soportar los esfuerzos producidos en el mismo, ya que se supone que el perfil existente cumple con los requerimientos de esfuerzo y con ello los de resistencia y seguridad.

B) Fijación y Anclajes

El sistema de fijación del falso bastidor se realiza por medio de unas fijaciones soldadas al bastidor auxiliar y sujetas con tornillos al bastidor original del vehículo, ya que según las directrices marcadas por el fabricante no está permitido soldar en el chasis original del camión.

Para la fijación de los tornillos en el bastidor original se utilizarán una serie de orificios preinstalados de fábrica situados a lo largo de toda la longitud del bastidor original. Estos orificios son creados por el fabricante con la finalidad de evitar soldaduras en el chasis y acciones de taladrado en el momento de que el cliente desee instalar algo en el bastidor.

En general se utilizarán uniones elásticas en la parte delantera, justo inmediatamente después de la cabina (dos a cada lado) y fijaciones rígidas por placas en la parte posterior del vehículo y en los lugares recomendados por el fabricante.

Para la unión se utilizarán tornillos de alta resistencia con las siguientes propiedades mecánicas, extraídas y de la norma *UNE-EN ISO 898-1:2015* y que encontramos en el apartado *Anexo II: Documentos* del documento 2. *Anexos*:

Calidad	Diámetro nominal (mm)	Paso de rosca (mm)	Tensión de rotura (σ_r) (N/mm ²)	Límite de elasticidad (N/mm ²)	Área de esfuerzo nominal (mm ²)
M 8.8	16	2	800	640	157

Tabla 10. Propiedades mecánicas de los tornillos

Estos tornillos deberán colocarse con las siguientes características de montaje:

- 1) Montados sin holguras
- 2) Con tuercas autoblocantes de seguridad y de calidad 10
- 3) Arandelas planas en ambos lados con una dureza mínima de 200 HB usadas debajo de las cabezas de los tornillos y de las tuercas

9.6. Cálculos Justificativos

9.6.1. Análisis del reparto de cargas

Una vez efectuada la reforma que consiste en el montaje de una caja con laterales abiertos y abatibles mediante lonas, es necesario realizar un análisis de la carga total del vehículo sobre cada uno de los ejes del vehículo para poder determinar los esfuerzos que se ejercen sobre ellos y si la masa que soporta es inferior a los límites establecidos por la ficha técnica del vehículo y por el fabricante. Estos límites se obtienen de la ficha técnica que se encuentra en el apartado 2. *Anexo II: Documentación.*

Nuestro camión, consiste en un vehículo del tipo N3, con una MMTA superior a los 12.000 kg y con la finalidad de transportar mercancía. Está formado por tres ejes, dos ellos traseros, formando un eje tándem que reparte el peso por igual en ambos ejes.



Figura 62. Vehículo objeto de nuestro proyecto

El peso a considerar sobre los ejes será el del propio bastidor que forma el vehículo base, el peso de la caja instalada, el de los pasajeros y el de la mercancía que se puede cargar en dicha caja. El peso del vehículo base en cada eje, es decir bastidor y caja vacía, obtienen tarando el vehículo en una báscula, donde se obtiene el peso en el 1º eje y en el punto medio del 2º y 3º eje, ya que al tratarse de un eje tándem como hemos mencionado anteriormente y no disponer de una distancia entre ambos que exceda los 1,4 metros, se considera que la carga que recae en el punto medio es la misma que la suma de cada uno de los ejes, que tendrá el mismo valor.

Los datos de las taras obtenidas en la báscula son las siguientes:

Tara (kg)	
Total (vehículo base + caja)	11.070
1º eje	4.445
2º- 3º eje	6.625

Tabla 11. Datos de las taras del vehículo

Los límites de peso que no se deben sobrepasar para cada eje por sus características técnicas vienen incluidos en la ficha técnica del vehículo y son los siguientes:

	Masa (kg)
MMA 1º eje	7.500
MMA 2º eje	11.500
MMA 3º eje	7.500
MMTA	26.000

Tabla 12. Masas máximas autorizadas por eje

Estos pesos no se deben sobrepasar en ningún caso ya que incurriríamos en un delito por superar la masa máxima autorizada para dicho vehículo, según determina el fabricante, pudiendo quedar inmovilizado ya que supondría un riesgo en la capacidad estructural de los elementos y en el bastidor del vehículo y un peligro en el momento de circulación, para el resto de vehículos.

9.6.2. Reparto de carga debido a la carga y a los pasajeros

Para poder analizar el reparto de cargas en cada eje, es necesario conocer el peso de la carga que es posible llevar en la caja, que sería la reacción denominada Q y el peso propio de los pasajeros que se denominará la reacción P.

Del cálculo realizado en el apartado 1.1.4. *Reparto de carga debido a la carga y los pasajeros* del documento de 2.Anexo I. *Cálculos justificativos* obtenemos el valor de la carga máxima que podemos transportar:

- Carga Q debido a la carga de la caja: **14.780 kg**
- Carga P debido a los pasajeros: **150 kg** (peso medio de 75 kg por ocupante según el número de plazas del vehículo, queda definido en la Directiva 97/27/CEE)

Esta carga Q se localizará en el centro de masas de la caja del vehículo a partir de los cálculos realizados en el apartado 1.1.2. *Cálculo del centro de gravedad* del documento de 2.Anexo I. *Cálculos justificativos*:

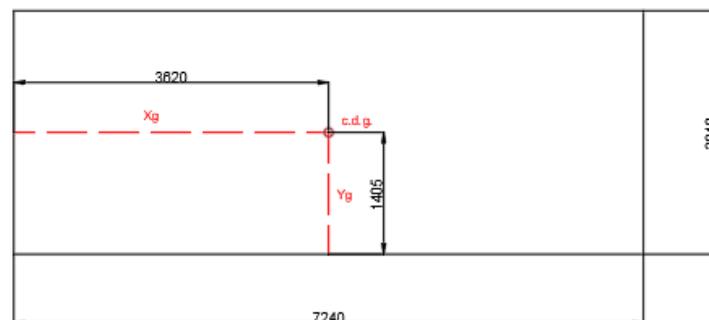


Figura 63. Centro de masas de la caja del vehículo

Una vez tenemos los datos de los pesos, es necesario analizar la parte del peso de las cargas Q y P que recae sobre cada eje para comprobar que no se supere la MMTA de cada eje y del todo el conjunto. Para ello se realizará un análisis del equilibrio estático del bastidor que se aproximará a una viga isostática simple apoyada en tres apoyos, siendo estos las ruedas, desde el 1º eje hasta el voladizo posterior del vehículo.

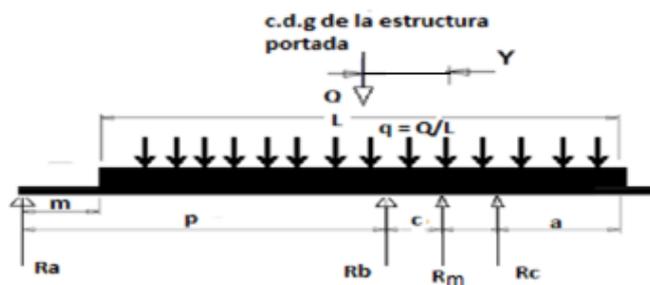


Figura 64. Descomposición en un caso de viga isostática simple

Los valores de longitud, extraídos de la ficha técnica del vehículo y utilizados en los cálculos de las reacciones son recopilados en el siguiente esquema y tabla:

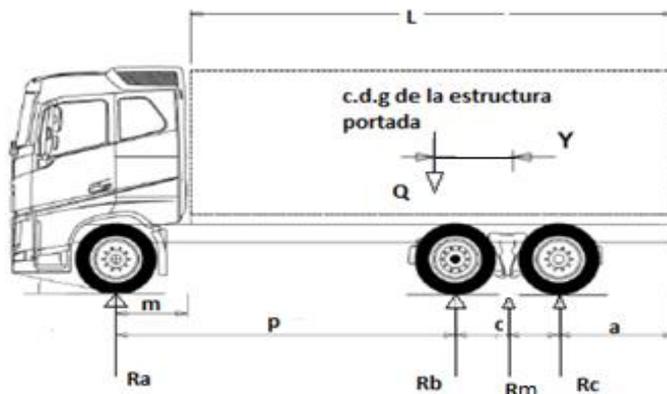


Figura 65. Esquema de distancias

Variables	Valor	Significado
L (mm)	7.240	Longitud de la caja abierta
p (mm)	4.750	Paso entre ejes 1º y 2º
m (mm)	1.000	Distancia entre el final de la cabina e inicio de la caja
Y (mm)	805	Distancia del centro de gravedad al eje posterior
c (mm)	1.350	Distancia entre ejes 2º y 3º
a (mm)	2.140	Distancia del voladizo posterior

Tabla 13. Longitudes referidas a la Figura 64

Como se muestra en la Figura 65, se produce una reacción en cada apoyo de la estructura, que es el caso de la localización de las ruedas en cada eje. En el primer eje, el delantero obtenemos la reacción Ra y en los ejes traseros las reacciones Rb y Rc, siendo la suma de ambas reacciones la reacción Rm que se produce en el punto medio del 2º y 3º eje.

De los cálculos realizados en el apartado 1.1.4.1. *Reacciones debida a la carga. Primer cálculo* del documento de 2.Anexo I. *Cálculos justificativos* obtenemos los valores de cada reacción que actúa en la estructura debida al peso de la carga (Q):

Reacción	Valor (kg)
Ra	2.193,161
Rm	12.586,838
Rb	6.293,419
Rc	6.293,419

Tabla 14. Reacciones debido a la carga

Por otra parte, de los cálculos realizados en el apartado 1.1.4.2. *Reacciones debida a los pasajeros. Primer cálculo* del documento de 2.Anexo I. *Cálculos justificativos* obtenemos los valores de cada reacción que actúa en la estructura debida al peso de los pasajeros en la cabina (P):

Reacción	Valor (kg)
Ra	155,529
Rm	5,529
Rb	2,764
Rc	2,764

Tabla 15. Reacciones debido al peso de los pasajeros

Una vez tenemos las reacciones ejercidas por los pesos en cada uno de los ejes, es necesario comprobar cómo hemos mencionado anteriormente que no se sobrepasan los límites de la masa máxima autorizada en cada eje y en el total.

Carga debida a:	1º eje (kg)	2º y 3º eje (kg)	TOTAL (kg)
Tara (vehículo base + caja)	4.445	6.625	11.070
Carga	2.193,161	12.586,838	14.780
Pasajeros	155,529	5,529	161,059
TOTAL (kg)	6.793,691	19.217,368	26.011,059
MMTA (kg)	7.500	19.000	26.000
COMPROBACIÓN	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Tabla 16. Comprobación de las reacciones sobre los ejes

Como se observa en la *Tabla 16* se comprueba que la suma de los pesos en cada eje y en el total, no sobrepasa el límite. Se observa que en el 1º eje se cumple el límite, pero que en el punto medio entre el 2º y 3º eje el peso sobrepasa el límite, produciendo que no se cumpla tampoco la masa máxima autorizada total del vehículo.

Por lo tanto, se deberá bajar el total de esa masa reduciendo el único valor que es posible modificar: la carga máxima que se podrá transportar en el vehículo.

Según los cálculos realizados en el apartado 1.1.4.4. *Reacciones debida a la carga. Segundo cálculo* del documento de 2. Anexo I. *Cálculos justificativos* obtenemos el peso en exceso que sobrepasamos del límite para obtener un nuevo peso de la carga (Q*) para poder realizar nuevamente los cálculos de las reacciones debidas a la carga de la caja.

Referente a la carga del peso de los pasajeros, al ser un dato establecido por una directiva no puede sufrir modificaciones por lo que las reacciones serán las mismas que las de la *Tabla 15*.

- Nueva carga Q* debido a la carga de la caja: **14.500 kg**

Reacción	Valor (kg)
Ra	2.151,612
Rm	12.348,387
Rb	6.174,193
Rc	6.174,193

Tabla 17. Reacciones debido a la carga Q*

Una vez obtenidas las nuevas reacciones es necesario volver a comprobar si con la nueva carga (Q*) no se sobrepasan los límites de las masas máximas autorizadas para cada eje y para el total del vehículo.

Carga debida a:	1º eje (kg)	2º y 3º eje (kg)	TOTAL (kg)
Tara (vehículo base + caja)	4.445	6.625	11.070
Carga	2.151,612	12.348,387	14.500
Pasajeros	155,529	5,529	161,059
TOTAL (kg)	6.752,142	18.978,917	25.731,059
MMTA (kg)	7.500	19.000	26.000
COMPROBACIÓN	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 18. Comprobación de las reacciones sobre los ejes con Q*

En este caso ahora se cumple con todas las MMTA límite de cada eje y del conjunto total del vehículo, por lo que concluimos que con una carga (Q*) de 14.500 kg nos encontramos ante una situación viable, siempre que no se supere dicha carga en el transporte de mercancía en la carga.

9.6.3. Distribución de los esfuerzos cortantes y momentos flectores

En este apartado se va a estudiar cómo está trabajando la estructura, en nuestro caso el bastidor del vehículo, desde el punto de vista interno, estudiando los diferentes esfuerzos internos que se producen a consecuencia del equilibrio interno que debe disponer la estructura isostática.

Dicho bastidor, se va a fraccionar en cuatro secciones o tramos, como consecuencia de cada acción y reacción que se produce en la estructura. Estos tramos nos ayudarán a analizar los diferentes esfuerzos internos, axil, cortante y momento flector, que se producen en la estructura, en función de la distancia y de los valores límite de cada tramo.

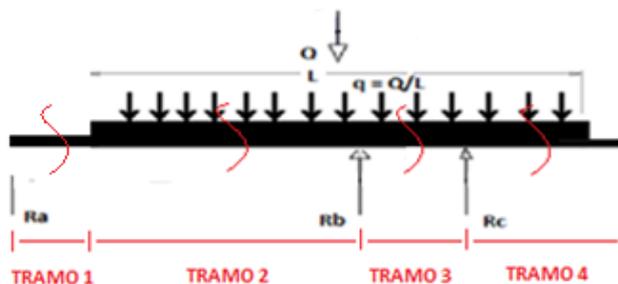


Figura 66. Estructura dividida por secciones o tramos

Según los cálculos realizados en el apartado 1.1.5.2. *Calculo de ecuaciones $N(x)$, $V(x)$ y $M(x)$* del documento de 2. *Anexo I. Cálculos justificativos* obtenemos las diferentes ecuaciones en función de la distancia (x) y los valores de cada tramo para posteriormente obtener una representación de los esfuerzos. En la siguiente tabla se resume los esfuerzos obtenidos para cada tramo:

Esfuerzo Interno	Tramo 1 $0 \leq x \leq m$		Tramo 2 $m \leq x \leq p$	
	Axil (kg)	0	0	0
Cortante (kg)	2.151,612	2.151,612	2.151,612	-5.358,746
Momento Flector (kg·mm)	0	2,15E+06	2,15E+06	-3,86E+06

Tabla 19. Esfuerzos internos en tramo 1 y 2 de la estructura

Esfuerzo Interno	Tramo 3 $p \leq x \leq (c + p)$		Tramo 4 $(c + p) \leq x \leq (s + d)$	
	Axil (kg)	0	0	0
Cortante (kg)	815,447	4.285,911	4.285,911	-5.358,746
Momento Flector (kg·mm)	-3,86E+06	-4,59E+06	-4,59E+06	-3,86E+06

Tabla 20. Esfuerzos internos en tramo 3 y 4 de la estructura

Una vez obtenidos los esfuerzos en cada tramo obtenemos el diagrama de cada esfuerzo, para obtener una representación rápida de cómo se transmiten y se distribuyen internamente las cargas y como trabaja y se comporta la estructura en todo su conjunto. Además permiten localizar las secciones más solicitadas o más desfavorables, en las que se realizarán más adelante las comprobaciones tensionales correspondientes de dicho bastidor.

Los diagramas que hemos obtenido a partir de los cálculos y el procedimiento detallado en el apartado 1.1.5.3. *Diagramas de esfuerzos* del documento de 2. Anexo I. *Cálculos justificativos* son los siguientes:

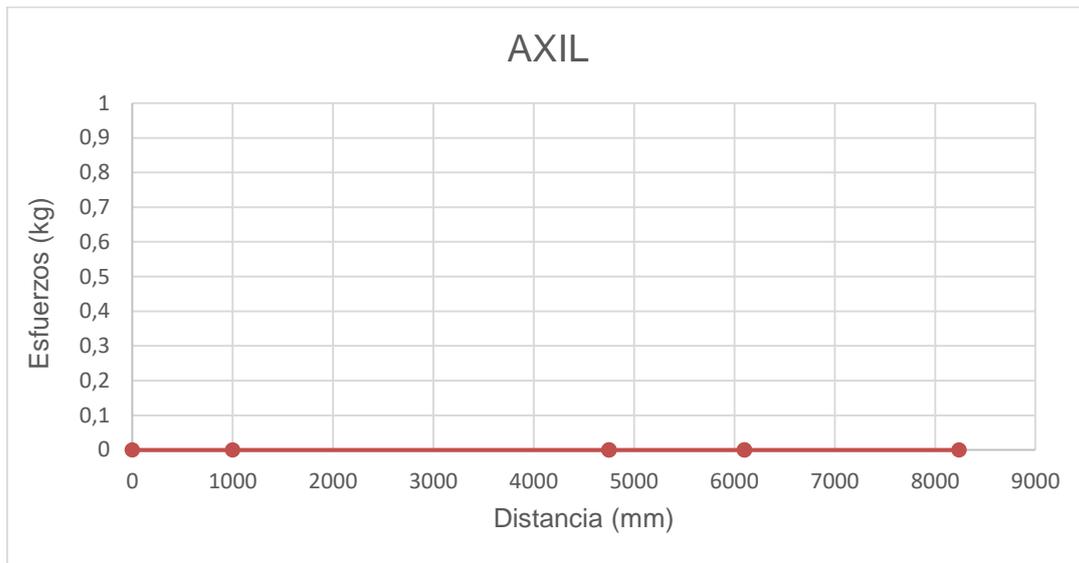


Figura 67. Gráfico distribución de esfuerzos (Axil)

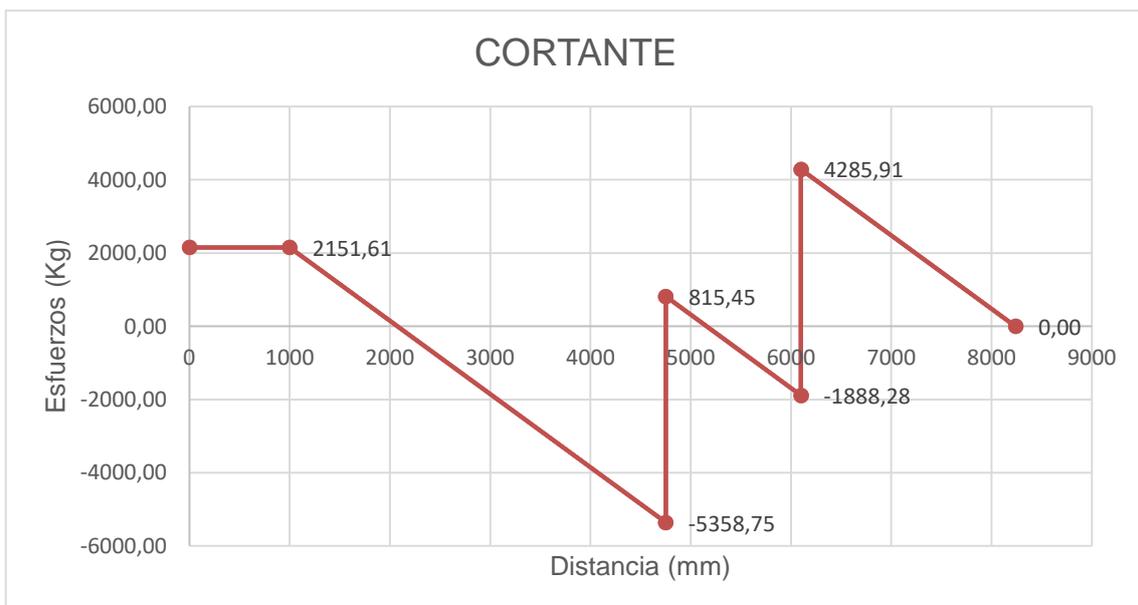


Figura 68. Gráfico distribución de esfuerzos (Cortante)

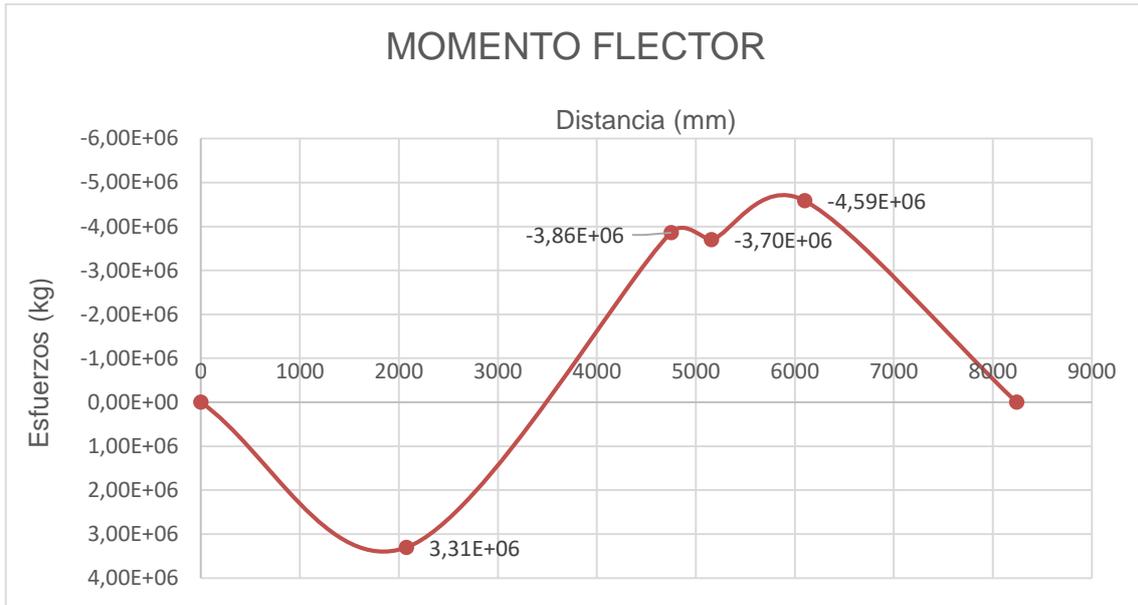


Figura 69. Gráfico distribución de esfuerzos (Momento Flector)

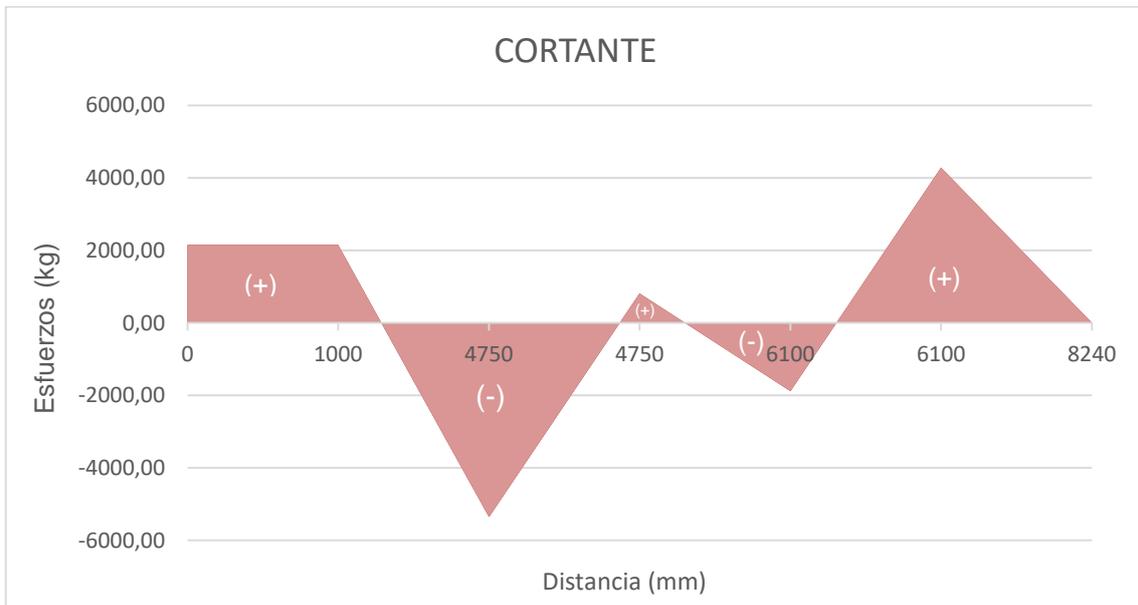


Figura 70. Signos del esfuerzo cortante en la estructura

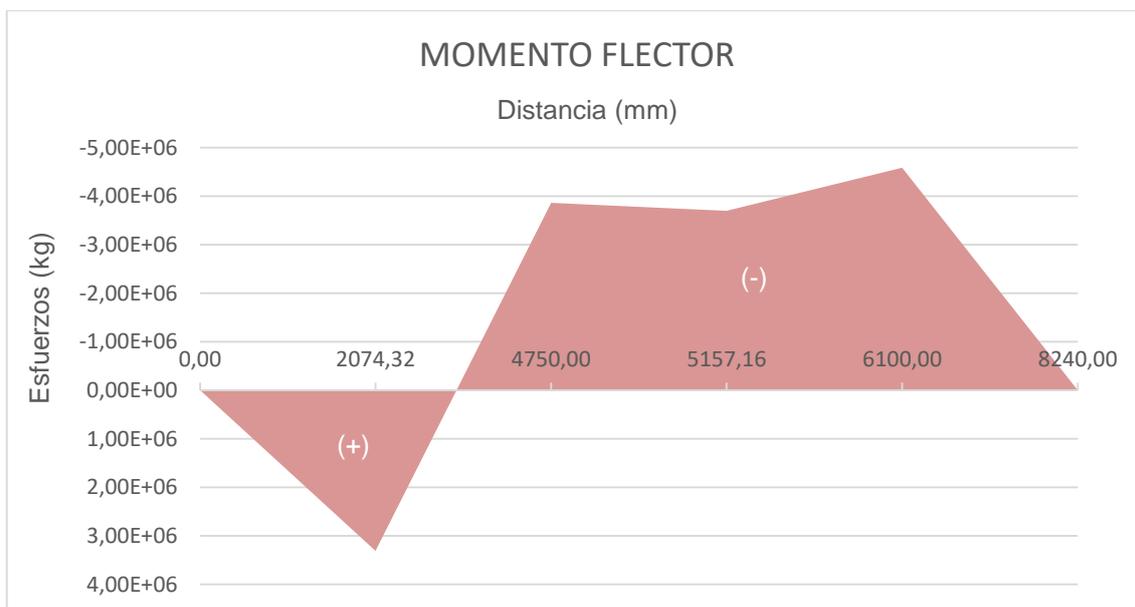


Figura 71. Signos del momento flector en la estructura

Como se puede observar en la *Figura 67* sobre el gráfico de la distribución de esfuerzo del axil, obtenemos un axil nulo al no estar sometido el bastidor del vehículo a cargas paralelas al mismo. Este axil dejaría de ser nulo, si dicho bastidor soportaría la carga de un remolque, cuyo peso provocaría una carga horizontal.

En el caso del esfuerzo cortante (*Figura 68*), observamos que entre el 1º eje y el 2º eje se produce un esfuerzo negativo que flexiona dicho bastidor negativamente hacia abajo, produciéndose los esfuerzos más desfavorables en los dos puntos que corresponden con el 2º y 3º eje. Aun así en el 2º eje se obtiene el mayor cortante, con un valor absoluto de **5.358,746 kg** a una distancia de **4.750 mm**, valor que será necesario a continuación para comprobar el comportamiento del perfil del bastidor en dicho punto.

Y por último, en el gráfico del momento flector (*Figura 69*), se vuelve a observar que en la posición de cada eje se produce los máximos esfuerzos, siendo el punto más desfavorable el que corresponde al 3º eje, a una distancia de **6.100 mm** se produce un momento flector en valor absoluto de **4.590.000 kg-mm**, cuyo valor será también utilizado a continuación para comprobar la resistencia del bastidor.

Por otra parte, en los diagramas de las *Figuras 70 y 71* se observan las áreas positivas y negativas que generan cada esfuerzo interno sobre el bastidor.

9.6.4. Obtención del momento resistente del bastidor

Cuando se realiza la modificación o instalación de una nueva carga en el bastidor, es necesario reforzar dicho bastidor para aumentar su resistencia y evitar posibles fallos estructurales o de estabilidad provocados por el aumento de peso que supone esa reforma. Como se ha mencionado anteriormente en el apartado 4.5. *Bastidores* hay diferentes tipos de bastidores y con ello diferentes formas de reforzarlos, en nuestro caso se dotará al bastidor original del vehículo de un sobre bastidor auxiliar o falso bastidor colocado sobre el primero, de manera que el conjunto se verá reforzado. Los dos bastidores están formados por perfiles en forma de “U” colocados tal y como se muestra a continuación:

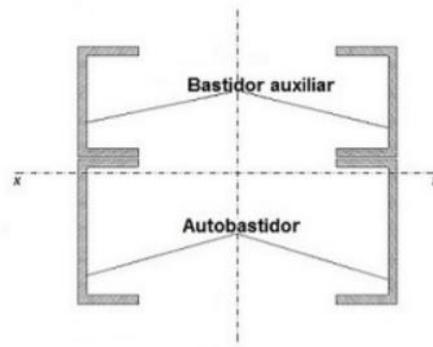


Figura 72. Esquema del refuerzo del bastidor

Por lo que la caja a añadir irá colocada sobre el bastidor secundario, el cual se fijará al original a lo largo de toda su longitud para conseguir de esta manera que las cargas se distribuyan a lo largo de todo el chasis uniformemente y se garantice una unión perfecta entre el bastidor del vehículo y la caja añadida.

En este apartado y en los siguientes se pretende comprobar que el conjunto del bastidor original y el sobre bastidor auxiliar cumple las condiciones de seguridad necesarias para resistir a los esfuerzos a los que está sometido. Primeramente es necesario conocer el momento resistente del conjunto de los dos perfiles que forman el bastidor. Este dependerá exclusivamente de la forma y de las dimensiones que tenga la sección transversal del perfil estructural.

$$W_x = \left(\frac{I_{xx}}{y_{\max}} \right) \quad (\text{M.1})$$

Para ello es necesario conocer el momento de inercia del perfil en su conjunto, es decir perfil del bastidor original y del falso bastidor y la distancia del eje neutro del perfil al ala más alejada. Para la obtención de los cálculos es necesario definir los diferentes ejes que componen los dos perfiles, ya que son necesarios para la obtención de distancias y momentos de inercia:

- Eje x'-x' → eje superior de referencia
- Eje y-y → eje neutro y de referencia en el eje de coordenadas
- Eje g-g → eje neutro en el eje de abscisas

Disponemos del siguiente esquema donde se sitúan los diferentes ejes que componen los perfiles y valores necesarios para la comprensión de los cálculos:

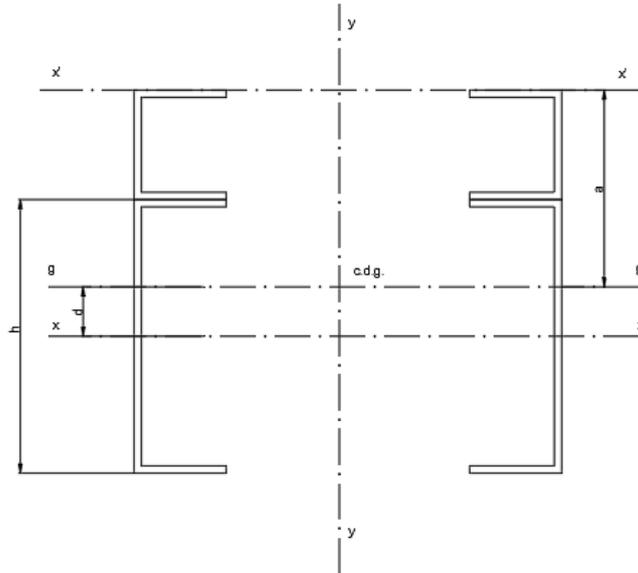


Figura 73. Esquema de eje y valores del perfil

Ahora es necesario calcular el momento de inercia del perfil de la estructura formada por el auto bastidor y el bastidor auxiliar. Este cálculo se realizará de forma manual, ya que la medida del perfil añadido no corresponde con las medidas estándar que se recogen en los prontuarios de los perfiles, como se ha comprobado en el apartado 1.2.2. *Cálculo del momento de inercia* del documento de 2. Anexo I. *Cálculos Justificativos*.

Se descompondrá la sección de ambos perfiles en áreas formando rectángulos, numeradas del 1 al 6 como muestra la siguiente figura, junto con las dimensiones:

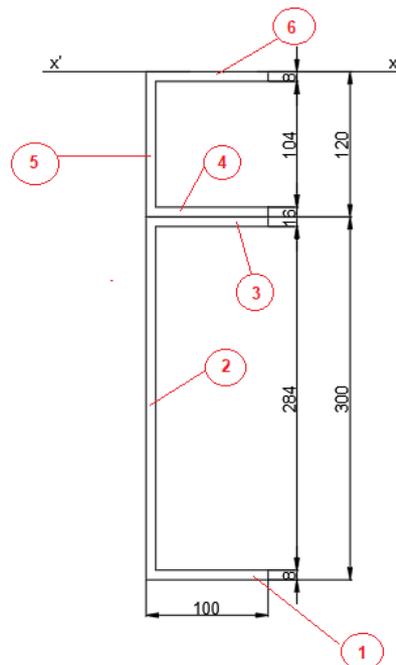


Figura 74. Dimensiones de los dos perfiles que forman la estructura

Perfil Autobastidor	Medida (mm)	Perfil Bastidor Auxiliar	Medida (mm)
Base (b)	100	Base (b)	100
Altura (h)	300	Altura (h)	120
Espesor (e)	8	Espesor (e)	8

Tabla 21. Dimensiones del perfil de cada bastidor

Para obtener el momento de inercia de cada rectángulo se utilizará el Teorema de Steiner, donde se calculará el momento de inercia de cada área respecto ($I_{x_i x_i}$) del eje neutro g-g. Según los cálculos realizados y el procedimiento detallado en el apartado 1.2.2. *Cálculo del momento de inercia* del documento de 2. Anexo I. *Cálculos justificativos* obtenemos el momento de inercia para cada área o rectángulo, el momento a partir del Teorema de Steiner para cada uno, y el momento de inercia total de la sección

Rectángulo/ Área	Área (mm^2)	Momento de Inercia (I_x) (mm^4)	Momento de inercia Steiner (I_{sx}) (mm^4)
1	800	4.266,67	41.232.997,82
2	2.272	15.270.869,30	30.183.066,90
3	800	4.266,67	3.382.683,09
4	800	4.266,67	4.265.688,17
5	832	749.909,33	14.591.952,65
6	800	4.266,67	27.379.759,24
TOTAL PERFIL	6.304	16.037.845,30	121.036.147,90

Tabla 22. Momentos de inercia de los rectángulos formados en el perfil

El momento de inercia (I_x) corresponde al momento de cada rectángulo respecto de su centro de gravedad y el momento de inercia según Steiner (I_{sx}) corresponde al momento de cada rectángulo respecto al eje neutro del conjunto de los dos perfiles. Así se obtiene un momento de inercia total del perfil en conjunto de $121.036.147,90 mm^4$.

Una vez obtenido el momento de inercia del perfil completo es necesario obtener la distancia del eje neutro del conjunto a la fibra o a la más alejada de la sección completa (y_{max}). Según los cálculos obtenidos y el procedimiento realizado en el apartado 1.2.2. *Cálculo del momento de inercia* del documento 2. Anexo I. *Cálculos justificativos* se obtiene:

$$y_{max} = 231,015 mm$$

Con el dato anterior del momento de inercia y el valor de la distancia de la sección más alejada, se obtiene el momento resistente, dando un valor de:

$$W_x = 523.931,468 mm^3$$

Con este valor, se comprobará en los siguientes apartados que dicho bastidor resiste los esfuerzos internos de la estructura tanto a flexión pura como a cortante, para poder obtener a continuación el coeficiente de seguridad del mismo.

9.6.5. Comprobación a flexión pura

Como hemos observado anteriormente, una vez obtenidos los esfuerzos internos a cortante y a momento flector, hay ciertos puntos más desfavorables donde dichos esfuerzos toman el mayor valor. Es necesario comprobar en estos puntos el comportamiento de dicho bastidor a los esfuerzos interno del momento cortante y a la flexión producida por el mismo. Estas tensiones generan zonas de tracción y de compresión a lo largo del perfil, cuyos valores no deberán superar en ningún momento el límite elástico del material, en cuyo caso se produciría una rotura del bastidor.

Primeramente es necesario sacar la tensión a flexión que se produce en el bastidor producida por el momento flector en el punto más desfavorable. De la Figura 55, sacamos el máximo momento en valor absoluto siendo de:

$$M(x = 6100 \text{ mm}) = 4,59 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Una vez tenemos el valor y según los cálculos obtenidos en el apartado 1.1.3. *Comprobación a flexión de la sección más solicitada* del documento 2. *Anexo I. Cálculos justificativos* se obtiene una tensión a flexión con un valor de:

	Valor (kg/mm ²)	Valor (MPa)
Tensión de Flexión (σ_f)	4,376	42,889

Tabla 23. Valores a tensión a flexión

Ahora es necesario comprobar si dicha tensión es inferior al valor límite del material del que está fabricado los dos perfiles que forman el bastidor, para que no se produzca fallo del mismo. Dicho valor del límite elástico depende del material y normalmente se suele utilizar como mínimo el Acero 52. En nuestro caso dicho material fue recomendado por el fabricante y por el carrocer, encargado de instalar dicho bastidor falso y montar la caja en el vehículo.

Por lo tanto el valor del límite elástico se obtiene de la *Tabla 9* donde se recogen las características técnicas de dicho acero y este valor será el mínimo a utilizar en la construcción del mismo.

Material	Denominación	Límite de elasticidad (kg/mm ²)
Acero A-52	ST-52-3 (DIN-17100)	36

Tabla 24. Límite elástico del material empleado en el perfil

A parte del límite elástico, es necesario conocer el coeficiente de seguridad mínimo que es necesario disponer en los bastidores de vehículos para un correcto funcionamiento. Este factor debe de ser como mínimo de 3, teniendo que ser siempre superior el obtenido, considerado en *“Vehículo industrial y automóvil” de Muñoz García [5]*.

Una vez conocidos los datos, se realiza la comprobación:

$$\sigma_f = 4,376 \text{ kg/mm}^2 \leq \frac{36}{3} \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{M.2})$$

$$\sigma_f = 4,376 \text{ kg/mm}^2 \leq 12 \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{M.3})$$

Una vez realizada la comprobación, obtenemos que cumple la condición a flexión pura por lo que dicho bastidor es correcto y no hay fallo ni rotura del mismo.

9.6.6. Comprobación a cortadura y flexión

Una vez comprobada la sección a flexión, es necesario analizar el esfuerzo interno cortante (V_z), donde también se encuentran puntos desfavorables donde se produce una tensión de cortadura o tangencial (τ). Esta tensión será máxima en el eje neutro de la sección y nula en los extremos superior e inferior. En nuestro caso, en perfiles abiertos en forma de “[“, el esfuerzo cortante es absorbido en casi toda su totalidad por el alma que constituye la pared vertical y siendo prácticamente nula en las alas horizontales.

Primeramente es necesario sacar la tensión a cortadura máxima que se produce en el bastidor producida por el esfuerzo cortante en el punto más desfavorable. De la Figura 54, sacamos el máximo esfuerzo en valor absoluto siendo de:

$$V(x = 4.750 \text{ mm}) = 5.358,746 \text{ kg}$$

Según los cálculos y el procedimiento realizado en el apartado 1.1.4. *Comprobación a cortadura y flexión de la sección más solicitada* del documento 2. *Anexo 1. Cálculos justificativos* se obtiene una tensión a flexión con un valor de:

	Valor (kg/mm ²)	Valor (MPa)
Tensión a Cortadura ($\tau_{m\acute{a}x}$)	1,196	11,722

Tabla 25. Valores a tensión de cortadura

Una vez calculados los valores de las tensiones normales debida a flexión (σ_f) y las tangenciales máximas debido a cortadura ($\tau_{m\acute{a}x}$), se obtendrá la tensión equivalente (σ_{eq}) o tensión de Von Mises para el caso de flexión simple. Dicha tensión, al igual que en flexión pura, debe de ser inferior o igual al límite elástico del material para evitar cualquier fallo o rotura frente a los esfuerzos a los que está sometido.

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt[3]{\sigma_f^2 + 3 \cdot \tau_{m\acute{a}x}^2} \leq \frac{\sigma_e}{n} \quad (\text{M.4})$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt[3]{4,376^2 + 3 \cdot 1,196^2} = 2,861 \text{ kg/mm}^2 \leq \frac{36}{3} \quad (\text{M.5})$$

$$\sigma_{equivalente} = 2,861 \text{ kg/mm}^2 \leq 12 \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{M.6})$$

Una vez realizada la comprobación, obtenemos que cumple la condición a cortadura y a flexión definida por Von Mises, por lo que dicho bastidor es correcto y no hay fallo ni rotura del mismo.

9.6.7. Coeficiente de seguridad del bastidor

Por último es necesario obtener el coeficiente del bastidor completo para poder comprobar que es mayor que tres, lo que supone que posee una configuración correcta para un buen funcionamiento a lo largo de la vida del mismo.

Según los cálculos y el procedimiento realizado en el apartado 1.1.5. *Coeficiente de seguridad del bastidor* del documento 2. *Anexo I. Cálculos justificativos* se obtiene un coeficiente de seguridad de:

$$n = \frac{\sigma_e}{\sigma_{equivalente}} \geq 3 \quad (\text{M.7})$$

$$n = \frac{36}{2,861} = 12,579 \geq 3 \quad (\text{M.8})$$

Obtenemos un valor de 12, superior al recomendado para las cargas dinámicas según la referencia de "Vehículo industrial y automóvil" de Muñoz García [5]. Este valor cuanto más elevado sea, indicará una mayor seguridad frente al fallo y rotura del material de bastidor. Mientras que si su valor es inferior a uno como norma general, no siendo este el caso, supondría inseguridad o probabilidad alta de que se produzca fallo y que conlleve una rotura del mismo. No obstante, en el caso del bastidor de un vehículo, ese valor de uno mínimo se elevará hasta tres, siendo por debajo de este el rango de inseguridad y fallo.

Como conclusión, podemos observar que en el caso de no disponer del acero que se ha utilizado, se podría usar otro material o acero con propiedades similares o superiores, nunca siendo menores en ningún caso. Ya que al realizar los cálculos con él, que es el mínimo a poder usar, se ha comprobado que cumple tanto a tensiones como a coeficiente de seguridad, y por lo tanto usando otro material superior o similar, también cumpliría. No obstante, en el caso de que se quiera un perfil de una altura más reducida a la usada en nuestro proyecto, se pueden utilizar materiales con características mecánicas superiores, pero hay que tener en cuenta que la reducción del momento de inercia del perfil del bastidor auxiliar implica flexiones y esfuerzos más elevados. Por otro lado, en el caso de usarse un material distinto al recomendado por los fabricantes, este ha de poseer unas buenas condiciones de soldabilidad.

9.6.8. Cálculo de los anclajes de la caja al bastidor

Como hemos comentado anteriormente, disponemos de dos bastidores que necesitan un método de unión para que se produzca el correcto funcionamiento del conjunto que estamos tratando a lo largo del proyecto.

El bastidor auxiliar se deberá colocar en la parte superior del bastidor original, dejándose apoyar sobre este directamente. A este falso bastidor, le irá instalado a su vez la caja abierta que se desea incorporar y las uniones pertinentes para unir ambos bastidores. Estas uniones se colocarán en la posición determinada por el fabricante y en este caso, también como consejo del carroceros, según se muestra en la *Figura 60*, cuyas uniones se soldarán al bastidor auxiliar y se sujetará con tornillos de alta resistencia al bastidor original del vehículo, ya que como hemos comentado anteriormente, no está permitido soldar en el chasis del camión.

Para la colocación de las fijaciones en el bastidor auxiliar se utilizarán las perforaciones ya preparadas por el fabricante en los laterales del bastidor original, cuya métrica es de 14 mm. Así pues, siguiendo el manual del carrozado del fabricante, las uniones se realizarán mediante tornillos de acero a alta resistencia con una calidad del 8.8, debiendo estar templados para su colocación, que posee las siguientes características mecánicas:

Calidad	Diámetro nominal (mm)	Paso de rosca (mm)	Resistencia última a tracción (σ_r) (N/mm ²)	Límite de elasticidad (N/mm ²)	Área de esfuerzo nominal (mm ²)
M 8.8	14	1,75	800	640	115

Tabla 26. Características mecánicas de los tornillos

Estas características mecánicas son obtenidas también mediante la norma UNE-EN ISO 898-1:2015, donde se observan las diferentes tablas para cada tipo de métrica, obteniendo para cada tipo sus propiedades mecánicas, entre las que se encuentra el área de esfuerzo nominal necesaria a continuación para realizar los cálculos pertinentes a las fijaciones.

Para la unión de ambos bastidores usaremos uniones elásticas en la parte posterior de la cabina, justo al empuje del bastidor, y uniones rígidas mediante placas planas en el resto, tal y como muestra la *Figura 60*.

El material empleado para la colocación de las fijaciones, así como para la unión de ambos bastidores es el siguiente:

Cantidad	Material
4	Uniones elásticas
14	Uniones rígidas (Placa plana)
54	Tornillos M14

Tabla 27. Materiales que forman las uniones

Para el caso de los tornillos, se usarán tres tornillos por cada anclaje de placa plana, por lo que en 14 placas que tenemos, se necesitarán 42 tornillos. Para el caso de las uniones rígidas se usarán dos tornillos para fijar las fijaciones al bastidor en las perforaciones ya prefabricadas y un tornillo para la unión de la misma, usando en total 12 tornillos, sumando junto con los anteriores los 54 tornillos necesarios.

Se han colocado cuatro fijaciones elásticas, posteriormente a la cabina, tal y como se puede ver en la siguiente figura:

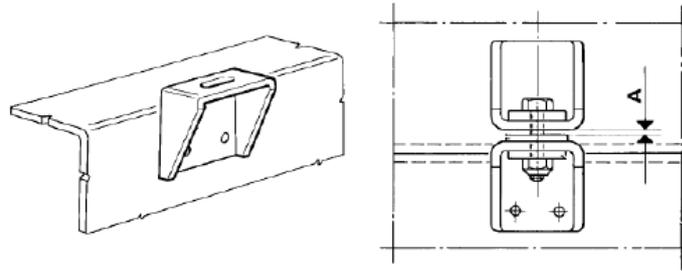


Figura 75. Unión elástica

Como se observa, el nervio superior irá directamente soldado al bastidor auxiliar, mientras que como se ha mencionado anteriormente, el nervio inferior irá atornillado al bastidor original usando las perforaciones que hay en el mismo.

Para que la conexión sea elástica, antes del apriete de los tornillos, hay que comprobar que la distancia entre las ménsulas del chasis, es decir las dos partes del mecanismo de fijación, sea de 1-2 mm (Cota A). Dicha unión está formada por un tornillo M14 x 1,75 (Calidad 8.8), junto con una tuerca autobloqueante M14 x 1.75 (Calidad 10) y dos arandelas de dureza 200 HB.

Por otra parte, el resto de uniones se realizarán mediante fijaciones rígidas, en este caso mediante placas planas, recomendadas principalmente para uso de vehículos de transporte en carretera.

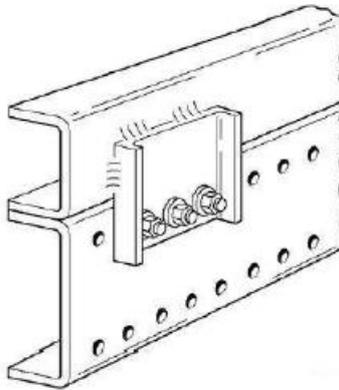


Figura 76. Unión rígida (Placa plana)

Se colocarán 14 uniones rígidas mediante placas planas en las localizaciones donde recomienda el fabricante, según muestra la *Figura 60*.

En el anclaje de la caja de carga junto con el bastidor auxiliar al vehículo, el esfuerzo más desfavorable que se produce sobre los tornillos es durante la frenada del vehículo, por lo tanto es necesario calcular la resistencia de los tornillos en caso de frenada. En ese momento, dicho tornillo ejerce un esfuerzo cortante en sentido contrario. Este esfuerzo es el que es necesario que dichos tornillos resistan, ya que si dicha resistencia fuera menor que el esfuerzo, se produciría su rotura en el momento de cualquier frenada brusca.

Durante la frenada se produce una fuerza de inercia o fuerza de frenada (I), en función de la deceleración (a_r) y de la carga o peso de la caja llena de mercancía (Q).

Usando la segunda ley de Newton sobre la definición de aquella fuerza capaz de modificar la velocidad de movimiento, desplazamiento y/o estructura (deformación) de un cuerpo según el punto de aplicación dirección e intensidad, obtenemos la ecuación de la fuerza de inercia que se produce en el momento de frenado del vehículo:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (\text{M.9})$$

$$I = Q \cdot a_r \quad (\text{M.10})$$

Sustituyendo los valores de $Q = 14.500 \text{ kg}$ (anteriormente utilizada) y a_r (supondremos un valor de 20 m/s^2 de frenada), obtendremos una fuerza de inercia de:

$$I = 14.500 \cdot 20 = \mathbf{290.000 \text{ N}} \quad (\text{M.11})$$

Por otro lado, la resistencia máxima a cortante debido al anclaje de los tornillos al bastidor del vehículo se obtiene mediante la siguiente expresión, según la calidad de los tornillos empleados. Para tornillos de grado 4.6, 5.6 y 8.8. es la siguiente:

$$R_m = \frac{0,6 \cdot \sigma_r \cdot N \cdot A_r}{\gamma_{Mb}} \quad (\text{M.12})$$

Donde:

- σ_r es la tensión última a tracción del tornillo (Ver Tabla 26)
- A_r es el área resistente a tracción del tornillo (Ver Tabla 26)
- N número de tornillos utilizados en la fijación del bastidor. En nuestro caso serán 42 tornillos referentes a las uniones de placas planas y 4 de las fijaciones elásticas, sin tener en cuenta los utilizados en estas para su fijación a las perforaciones del bastidor. Por lo que en total disponemos de 46 tornillos.
- γ_{Mb} coeficiente parcial de seguridad a la resistencia de los tornillos ($\gamma_{Mb}=1.25$)

Con estos datos podemos calcular la resistencia máxima a cortante de los tornillos usados en el anclaje:

$$R_m = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 46 \cdot 115}{1,25} = \frac{2.539.200}{1,25} = \mathbf{2.031.360 \text{ N}} \quad (\text{M.13})$$

Esta resistencia máxima debe de ser mayor que la fuerza de inercia debida a la frenada, quedando comprobada la resistencia de los tornillos:

$$R_m = 2.031.360 N > 290.000 N = I \quad (M.14)$$

Ahora es necesario calcular el coeficiente de seguridad del anclaje de la caja con la carga para comprobar la seguridad ante el fallo y la rotura:

$$n = \frac{R_m}{I} = \frac{2.031.360}{290.000} = 7 > 3 \quad (M.15)$$

Obteniendo un coeficiente de 7, valor por encima del mínimo necesario, queda demostrado que los tornillos junto a sus anclajes aguantan el esfuerzo de inercia debido a la frenada del vehículo.

9.5.1. Estudio de la estabilidad estática

Una vez que la seguridad estructural del sistema que compone el vehículo es la aceptable, se pasará a estudiar si en la situación de en marcha y en ciertas circunstancias, como trazar curvas, subir pendientes o atravesar zonas con cierto peralte en la carretera, realmente el vehículo reformado es estable en su totalidad, no produciéndose ningún fenómeno como el vuelco o el derrape.

Primeramente para realizar los cálculos pertinentes, es necesario obtener la posición, en concreto la altura respecto al suelo, del centro de gravedad del sistema. Este c.d.g. se consigue, obteniendo primeramente, el centro de cada elemento que compone el sistema, en nuestro caso, por una parte el del vehículo y el de la caja abierta.

Según los cálculos realizados en el apartado 1.3. *Estudio de estabilidad* del documento 2. *Anexo I. Cálculos justificativos* obtenemos los siguientes valores respecto a la posición del c.d.g. de cada elemento que compone el vehículo:

Lectura	X _G (mm)	h _g (mm)	M (kg)
Camión	3.246,25	1.008,82	8.680
Caja	3.620	1.405	2.390
Caja + carga	3.620	1.405	16.890

Tabla 28. Valores de los c.d.g del sistema

Una vez obtenido estos valores, se obtiene el centro de masas del vehículo junto a la caja y la carga, es decir, del sistema al completo, obteniendo los siguientes valores de coordenadas donde se sitúa el c.d.g.:

$$h_G = 1.270,51 \text{ mm}$$

$$X_G = 3.493,12 \text{ mm}$$

- Estabilidad longitudinal estática

Primeramente es necesario analizar la estabilidad longitudinal del vehículo. Para que sea aceptable, se deberá cumplir una serie de condiciones desde un punto de vista matemático. La primera de ellas es que:

$$R_{AT\alpha} > 0 \quad (M.16)$$

Siendo $R_{AT\alpha}$ el reparto de carga sobre el eje delantero en un plano de carretera con una inclinación de la propia carretera α

Por otro lado, también ha de verificarse que el vehículo no deslice mediante la siguiente condición:

$$F_a > R_p \quad (M.17)$$

Siendo F_a la fuerza total de adherencia:

$$F_a = Q_T \cdot \cos \alpha \cdot \mu_a \quad (M.18)$$

Donde μ_a es el coeficiente de adherencia, el cual en la práctica, y en el caso que nos ocupa, suele tomar el valor de 0.6. Por otro lado, R_p es la resistencia al movimiento del vehículo debida a la pendiente:

$$R_p = Q_T \cdot \sen \alpha \quad (M.19)$$

Estas dos condiciones, son necesarias su cumplimiento y pueden combinarse conjuntamente mediante la siguiente expresión:

$$Q_T \cdot \cos \alpha \cdot \mu_a > Q_T \cdot \sen \alpha \quad (M.20)$$

$$\mu_a > \tan \alpha < \frac{C_g}{h} \quad (M.21)$$

Donde C_g es la distancia del centro de masas del sistema total que compone el vehículo y h es la altura del c.d.g. respecto del suelo. Además, como pendiente máxima de utilización se suele tomar en la práctica $\tan \alpha = 0.3$ (30%) con vehículo parado y $\tan \alpha = 0.4$ (40%) con vehículo en movimiento. Normalmente la carretera no suele tener una pendiente mayor del 10%, pero cogemos estos datos con el objetivo de tener un margen de seguridad alto.

$$\mu_a = 0,6 > \tan \alpha = 0,4 \quad (M.22)$$

$$\tan \alpha = 0,4 < \frac{C_g}{h} = \frac{(4.750 + 675 - 3.493,12)}{1.270,51} = 1,52 \quad (\text{M.23})$$

$$\mu_a = 0,6 > \tan \alpha = 0,4 < 1,52 \quad (\text{M.24})$$

Observamos que cumple la condición de estabilidad longitudinal, teniendo una correcta fuerza de adherencia y resistencia al movimiento del vehículo debida a una pendiente.

- **Estabilidad transversal estática**

De la misma forma que se ha visto anteriormente, es necesario comprobar que el vehículo colocado trasversalmente no bascule ni se deslice. Para ello es necesario que cumpla la siguiente condición:

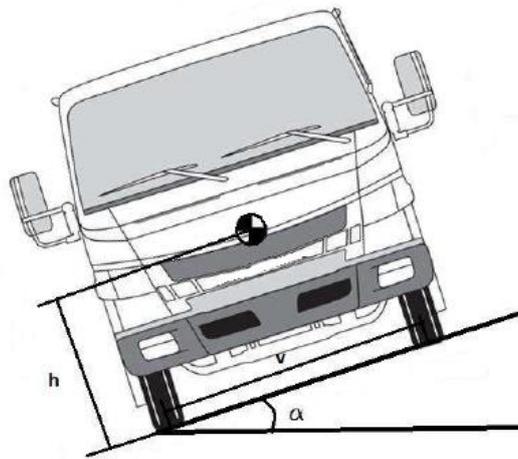


Figura 77. Esquema de estabilidad transversal

$$\mu_a > \tan \alpha < \frac{A_v}{2 \cdot h} \quad (\text{M.25})$$

Siendo A_v la vía media del vehículo. Este dato lo obtenemos de la ficha técnica que nos proporciona el fabricante, adjunta en el documento 2. *Anexo II. Documentación*. Tenemos la distancia de neumático a neumático exterior, por lo que para obtener el valor de v , restaremos la anchura de los dos neumáticos.

$$A_v = 2.500 \text{ mm} - (2 \cdot 315 \text{ mm}) = 1.870 \text{ mm} \quad (\text{M.26})$$

Por otra parte, h será la altura del c.d.g. del sistema en todo su conjunto, es decir, vehículo más la caja instalada más la carga, que anteriormente hemos calculado obteniendo un valor de 1.270,51 mm.

Como hemos mencionado en la anterior condición, aunque en la carretera no haya peraltes de mayor de 10%, se toma un valor del 30% en reposo para tener un margen de seguridad alto.

$$\mu_a = 0,6 > \tan \alpha = 0,3 \quad (\text{M.27})$$

$$\frac{A_v}{2 \cdot h} = \frac{1.870}{2 \cdot 1.270,51} = 0,736 \quad (M.28)$$

$$\mu_a = 0,6 > \tan \alpha = 0,3 < 0,736 \quad (M.29)$$

Como se puede comprobar se cumple también el requisito de estabilidad transversal cumpliéndose todos los requisitos de estabilidad del conjunto.

9.5.2. Estudio de la estabilidad dinámica

Para el estudio de la estabilidad dinámica, se comprobará ahora el comportamiento del vehículo cuando está en movimiento a ciertas velocidades. Para ello, es necesario analizar las velocidades máximas de vuelco y de derrape para cuando un vehículo atraviesa recorridos con un determinado radio de curvatura, a la vez que se encuentre sobre un cierto peralte en el recorrido.

Para poder comprender este apartado, primeramente es necesario aclarar que al describirse una trayectoria con cierta curvatura, aparece aplicada en su centro de gravedad, una fuerza centrífuga que tiende a empujar el vehículo hacia el exterior de dicha curva. Esta fuerza produce un esfuerzo lateral que deberá ser compensado por el vehículo mediante las fuerzas de adherencia producidas entre los neumáticos y el suelo, y un momento de vuelco.

Si se aumenta la velocidad del vehículo, siempre y cuando el sistema no derrape, se incrementará la fuerza centrífuga, llegando hasta cierto punto donde se produce la situación en la que las fuerzas ya no compensan este esfuerzo lateral, y el vehículo podría perder su trayectoria, produciendo la inestabilidad del mismo, generando un vuelco.

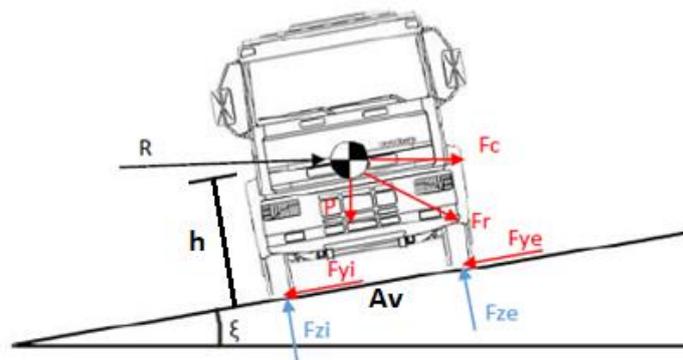


Figura 78. Esquema de la estabilidad dinámica

Primeramente se calcularán las diferentes velocidades máximas de vuelco para cada radio y peralte. Para obtener los valores de radio y de peralte necesarios a utilizar en los cálculos, se tendrá en cuenta la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. «BOE» núm. 55, de 4 de marzo de 2016. En esta orden, se especifican los criterios, parámetros y valores que deben satisfacer la totalidad de las carreteras integrantes de cualquier red viaria española.

Por lo tanto, según los cálculos realizados en el apartado 1.4.1. *Cálculo de la velocidad límite de vuelco* del documento de 2. Anexo I. *Cálculos justificativos*, obtenemos las diferentes velocidades máximas de vuelco para cada velocidad que corresponde un grupo de carretas, junto con su radio y peralte correspondiente:

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	ξ Máximo (%)	Velocidad límite de vuelco (km/h)	
GRUPO 1	140	1.050	8,00	340,025	Correcto
	130	850	8,00	305,933	Correcto
GRUPO 2	120	700	8,00	277,629	Correcto
	110	550	8,00	246,092	Correcto
	100	450	8,00	222,599	Correcto
	90	350	8,00	196,314	Correcto
	80	250	8,00	194,348	Correcto
GRUPO 3	90	350	7,00	165,915	Correcto
	80	265	7,00	169,110	Correcto
	70	190	7,00	143,194	Correcto
	60	130	7,00	118,446	Correcto
	50	85	7,00	95,776	Correcto
	40	50	7,00	73,457	Correcto

Figura 79. Verificación de los límites de vuelco con peralte

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	Velocidad límite de vuelco (km/h)	
GRUPO 1	140	1.050	313,276	Correcto
	130	850	281,865	Correcto
GRUPO 2	120	700	255,788	Correcto
	110	550	226,732	Correcto
	100	450	205,087	Correcto
	90	350	180,870	Correcto
	80	250	152,863	Correcto
	70	190	133,263	Correcto
	60	130	110,231	Correcto
	50	85	89,134	Correcto
	40	50	68,362	Correcto

Tabla 29. Verificación de los límites de vuelco sin peralte

Como se puede observar, todas las exigencias son cumplidas con un amplio margen, tanto para carretas con o sin peralte, siendo siempre la velocidad límite de vuelco por encima de la velocidad límite de carretera, ya que si fueran inferiores no podríamos circular por ellas. Este margen es mayor para curvas con un radio mayor e inferior cuando este es menor, provocando que el vehículo se encuentre en una curva más cerrada donde la velocidad se debe reducir.

El siguiente paso, es calcular las velocidades de derrape también para cada radio de curvatura con o sin peralte, debiendo ser éstas siempre superior que las velocidades límite de carretera. En este caso se analizan tres estados de carretera dependiendo de las situaciones climatológicas de ese momento, situación que modificará el valor del coeficiente de rozamiento de la carretera que se utiliza. Tenemos tres situaciones: asfalto seco, asfalto húmedo y asfalto con hielo.

En este caso también se utilizará la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. «BOE» núm. 55, de 4 de marzo de 2016, para obtener las velocidades máximas para cada situación climatológica y el tipo de peralte.

Por lo tanto, según los cálculos realizados en el apartado 1.4.2. *Cálculo de la velocidad límite de derrape* del documento de 2. *Anexo I. Cálculos justificativos*, obtenemos las diferentes velocidades máximas de derrape para cada velocidad y situación de la carretera, con o sin peralte:

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	ξ Máximo (%)	Velocidad máxima ($V_{máx}$) (km/h)			Velocidad límite de derrape (V_d) (km/h)		
				Seco	Húmedo	Hielo	Seco	Húmedo	Hielo
GRUPO 1	140	1.050	8,00	283	140	102	354,090	283,850	155,557
	130	850	8,00	244	130	95	318,587	255,390	139,960
GRUPO 2	120	700	8,00	217	122	89	289,113	231,762	127,012
	110	550	8,00	193	111	79	256,271	205,435	112,584
	100	450	8,00	174	103	72	253,729	203,128	109,357
	90	350	8,00	154	93	63	231,806	185,823	101,836
GRUPO 3	80	250	8,00	130	80	53	230,822	183,737	98,917
	110	550	7,00	206	110	69	204,434	163,881	89,811
	100	450	7,00	177	100	65	202,406	162,040	87,237
	90	350	7,00	152	90	60	172,778	138,505	75,904
	80	265	7,00	132	80	52	171,064	136,949	73,728
	70	190	7,00	112	71	44	149,130	119,389	64,275
	60	130	7,00	93	60	36	123,356	98,755	53,166
	50	85	7,00	75	51	29	99,747	79,854	42,991
	40	50	7,00	57	40	23	76,502	61,246	32,972

Tabla 30. Verificación de los límites de derrape con peralte

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	Velocidad máxima ($V_{máx}$) (km/h)			Velocidad límite de derrape (V_d) (km/h)		
			Seco	Húmedo	Hielo	Seco	Húmedo	Hielo
GRUPO 1	140	1.050	283	140	102	326,629	258,223	115,481
	130	850	244	130	95	293,880	232,333	103,902
GRUPO 2	120	700	217	122	89	266,692	210,838	94,290
	110	550	193	111	79	236,397	186,888	83,579
	100	450	174	103	72	236,397	186,888	83,579
	90	350	154	93	63	213,829	169,047	75,600
GRUPO 3	80	250	130	80	53	213,829	169,047	75,600
	110	550	206	110	69	188,580	149,085	66,673
	100	450	177	100	65	188,580	149,085	66,673
	90	350	152	90	60	159,379	126,000	56,349
	80	265	132	80	52	159,379	126,000	56,349
	70	190	112	71	44	138,943	109,844	49,124
	60	130	93	60	36	114,930	90,860	40,634
	50	85	75	51	29	92,933	73,470	32,857
	40	50	57	40	23	71,276	56,349	25,200

Tabla 31. Verificación de los límites de derrape sin peralte

Como se puede observar, para la situación de derrape, también todas las exigencias son cumplidas con un amplio margen, tanto para carretas con o sin peralte, siendo siempre la velocidad límite de derrape superior a la velocidad límite de carretera, ya que si fueran inferiores no podríamos circular por ellas siendo un peligro para la circulación.

Comparando los resultados de las velocidades límite de derrape con las de cada situación climatológica, se puede apreciar que en asfalto seco hay un gran margen antes de que el vehículo derrape, en cambio en asfalto con hielo, la velocidad se reducen siendo mínima ya que hay un peligro considerable. Por otra parte, todos los valores de velocidad límite del vehículo, son aceptables, ya que están por encima de los valores de referencia que marca la Instrucción de Carreteras, en su Norma 3.1-IC, ya que si tuviéramos velocidades por debajo de las de referencia nos indicaría que no podríamos circular por dicha carretera.,

Como conclusión general, comparando las velocidades de vuelco y de derrape, observamos que el vehículo se deslizará antes de volcar si sobrepasamos las velocidades límite que hemos calculado.

No obstante, hay que tener en cuenta que la máxima velocidad a la que puede circular este tipo de vehículo es de 90 km/h, tal y como indica la Directiva 92/6/CEE del consejo de 10 de febrero de 1992 relativa a la instalación y a la utilización de limitador de velocidad en determinadas categorías de vehículos de motor. Por lo que debido a la restricción de velocidad, las situaciones más críticas de deslizamiento se producirían en los tramos de carretera cuya velocidad máxima es menor de 90 km/h, sobre todo en aquellos casos en que las condiciones meteorológicas sean muy adversas, como en el caso del asfalto con hielo.

9.7. Códigos de reformas afectados

En este apartado se incluyen los diferentes códigos de reforma afectados por la reforma efectuada. No es un apartado "obligatorio", en el momento de redactar el proyecto técnico, pero si conveniente, ya que en la realidad, muchos vehículos después de la reforma se presentan a la inspección técnica incumpliendo algunos puntos de la directiva que se va a comprobar.

Una vez efectuada la reforma, y haber realizado en el apartado anterior los cálculos necesarios y justificativos que nos proporciona la información necesaria teóricamente de su correcto funcionamiento, podemos definir las diferentes modificaciones que se van a realizar y que son necesarias analizar legalmente.

Como se ha mencionado a lo largo de todo el proyecto, la modificación consiste en la instalación de una caja abierta con laterales abatibles y lonas, situación que provoca el cambio de clasificación de dicho vehículo al que está destinado. Además como se ha comprobado en el apartado 9.6.2. *Reparto de carga debido a la carga y los pasajeros* es necesario reducir la MMTA del vehículo para cumplir con la masa máxima admisible que marca el fabricante, por ello es necesario modificar la ficha técnica reduciendo la MMTA a 25.720 kg, valor que corresponde a la suma de la tara actual con la reforma (11.070 kg), el peso de los dos pasajeros (150 kg) y el peso de la cara obtenida para que cumpla legalmente dicha reforma y obtenida anteriormente (14.500 kg).

Por lo que las modificaciones efectuadas consisten en:

- **Modificación del carrozado del vehículo mediante la instalación de una caja abierta con laterales abatibles y lonas.**
- **Cambio en la clasificación del vehículo pasando de Camión MMA > 12.000 kg Portacontenedores (2212) a Camión MMA > 12.000 kg Caja Abierta (2211).**
- **Reducción de la MMTA/MMA a 25.720 kg.**

Una vez obtenidas las modificaciones que son necesario analizar, según la Directiva 2007/46/CE, traspuesta al estado español mediante el Real Decreto 866/2010 define el Manual de Reformas, donde se establecen los procedimientos y requisitos que se deben cumplir para la tramitación de reformas en vehículos.

Primeramente es necesario determinar el grupo al que pertenece nuestro vehículo:

- I. **VEHÍCULOS DE LAS CATEGORÍAS M, N y O.**
- II. VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV
- III. VEHÍCULOS AGRÍCOLAS
- IV. VEHÍCULOS DE OBRAS Y/O SERVICIOS

En nuestro caso nos encontramos en la primera sección (I) ya que nuestro vehículo se trata de un camión de categoría N3.

Por otra parte cada una de estas secciones está dividida en las siguientes funciones o grupos:

- 1. Identificación
- 2. Unidad motriz
- 3. Transmisión
- 4. Ejes
- 5. Suspensión
- 6. Dirección
- 7. Frenos
- 8. Carrocería**
- 9. Dispositivos de alumbrado y señalización
- 10. Uniones entre vehículos tractores y sus remolques o semirremolques
- 11. Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta de ITV**

Aquellos grupos que son necesarios analizar porque afecta a nuestra reforma son el grupo 8 referente a la carrocería, y el grupo 11, a través de modificación en los datos de la tarjeta ITV.

Una vez analizados estos puntos en el Manual de reforma, observamos que afectan directamente a nuestras modificaciones del vehículo, los siguientes códigos de reforma (CR):

8.50. Transformaciones que modifiquen la longitud del voladizo delantero y/o trasero

8.60. Sustitución o modificación del carrozado de un vehículo

11.1. Cambio de clasificación

11.2. Variaciones de Masas Máximas Admisibles

11.3. Variación de cualquiera de las masas Máximas Técnicas Admisibles del vehículo

Una vez disponemos de los diferentes códigos de reforma, es necesario comprobar cada uno de los actos reglamentarios (AR) aplicables en cada CR, teniendo en cuenta el campo de aplicación y la categoría del vehículo al que se realiza la transformación, en nuestro caso un N3.

A continuación se van a adjutor las diferentes tablas correspondientes a cada código de reforma donde se observa los actos reglamentarios que afectan dependiendo de la categoría (N3 en nuestro caso):

8.50. Transformaciones que modifiquen la longitud del voladizo delantero y/o trasero

ACTOS REGLAMENTARIOS											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	70/222/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Mecanismos de dirección	70/311/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	-	-	-	-
Salientes exteriores	74/483/CEE	(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	76/756/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Masas y dimensiones (automóviles)	92/21/CEE	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	-	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Salientes exteriores de las cabinas	92/114/CEE	-	-	-	(2)	(2)	(2)	-	-	-	-
Protección delantera contra el empotramiento	2000/40/CE	-	-	-	-	(2)	(2)	-	-	-	-
Protección de los peatones	2003/102/CE	(2)	-	-	(2)	-	-	-	-	-	-
Ver Apartado 4 del preámbulo.											

Figura 80. Actos reglamentarios del CR 8.50

8.60. Sustitución o modificación del carrozado de un vehículo

ACTOS REGLAMENTARIOS											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE	x	x	x	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	70/222/CEE	x	x	x	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE	x	x	x	(2)	(2)	(2)	-	-	-	-
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE	x	x	x	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	76/756/CEE	x	x	x	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Protección lateral	89/297/CEE	x	x	x	-	(2)	(2)	-	-	(2)	(2)
Sistemas antiproyección	91/226/CEE	x	x	x	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	x	x	x	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas	Reglamento CEPE/ONU 111R	x	x	x	-	(2)	(2)	-	-	(2)	(2)
Ver Apartado 4 del preámbulo.											

Figura 81. Actos reglamentarios del CR 8.60

11.1. Cambio de clasificación

ACTOS REGLAMENTARIOS											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Ver Información adicional de esta ficha											
Ver Apartado 4 del preámbulo.											

Figura 82. Actos reglamentarios del CR 11.1

11.2. Variaciones de Masas Máximas Admisibles

ACTOS REGLAMENTARIOS											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Ver Información adicional de esta ficha											
Masas y dimensiones (automóviles)	92/21/CEE	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	-	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Ver Apartado 4 del preámbulo.											

Figura 83. Actos reglamentarios del CR 11.2

11.3. Variación de cualquiera de las masas Máximas Técnicas Admisibles del vehículo

ACTOS REGLAMENTARIOS											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Mecanismos de dirección	70/311/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Frenado	71/320/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Masas y dimensiones (automóviles)	92/21/CEE	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neumáticos	92/23/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	-	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Dispositivos de acoplamiento	94/20/CE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Autobuses y autocares	Reglamento CEPE/ONU 107R	-	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia mecánica a la estructura	Reglamento CEPE/ONU 66R	-	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-	-
Ver Apartado 4 del preámbulo.											

Figura 84. Actos reglamentarios del CR 11.3

Para cada código de reforma disponemos de los siguientes actos reglamentarios, donde para la categoría N3, afectan aquellos marcados por un recuadro en rojo. Para comprender la aplicación de cada directiva en dicha categoría es necesario comprender las citaciones que incluye el recuadro rojo:

- (1) El AR se aplica en su última actualización en vigor a fecha de la tramitación de la reforma.
- (2) El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla. En caso que el AR no fuera exigido para la homologación del vehículo en la fecha de su primera matriculación, se deberá aplicar al menos el AR en la primera versión incluida en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, como obligatoria (A).
- (-) El AR no es aplicable a la categoría del vehículo.

Cada uno de estos códigos de reforma será analizado y justificado por el emisor del informe de conformidad, que revisará únicamente aquellos AR que se ven afectados por la reforma ((1) y (2)).

10. Viabilidad técnica

La realización de este proyecto desde una visión técnica, supone el correcto funcionamiento de la reforma efectuada en el vehículo. Dicha reforma, que como hemos visto a lo largo de todo el proyecto, consiste en la instalación de una caja abierta junto con un bastidor de refuerzo.

Una vez analizado todo el proyecto técnico asociado a dicha reforma, se puede observar que cumple correctamente todos los estudios técnicos realizados para comprobar que dicha modificación puede operar correctamente en cuanto a términos de resistencia y estabilidad, obteniendo un amplio margen de seguridad ante el fallo.

Por otra parte, dicha reforma es efectuada por un carrocerista especialista en dichas actividades, siendo todo supervisado por el mismo y siendo sus instalaciones, operaciones y recursos óptimos para la correcta instalación de las partes instaladas.

No cabe por lo tanto tratar la viabilidad técnica de dicho proyecto con más extensión, ya que dicho proyecto se basa en eso mismo; en un estudio técnico y legal de un vehículo reformado. Durante la elaboración del proyecto se ha analizado, estudiado y determinado aquellas características técnicas que son necesarias comprobar para el correcto funcionamiento, así como también las diferentes disposiciones legales vigentes que afectan al proyecto técnico, pudiendo afirmar que dicho vehículo junto con la modificación efectuada, cumple y posee una viabilidad técnica de los diferentes componentes instalados, disponiendo de una resistencia y seguridad ante el fallo, dotando al vehículo de un correcto funcionamiento durante su circulación por las vías públicas, a la misma vez que es respetuoso con el medio ambiente.

11. Viabilidad económica

En lo que a viabilidad económica se refiere, este proyecto supone para el cliente un coste total de 5.905€, detallado en el apartado 5. *Presupuesto*. Este coste será asumido por el cliente, propietario del vehículo al que se le efectúa la reforma.

Al tratarse de un proyecto de certificación y análisis, con el objetivo de realizar una comprobación técnica y legal necesaria para la legalización de dicha reforma, no se puede extender la viabilidad económica más allá del coste de la realización de dicho proyecto técnico, y por parte del taller que ejecuta la reforma, el coste de la instalación de la caja. Deberá ser el cliente, el que dependiendo de la función final del camión reformado, compruebe si dicha modificación de su vehículo ha sido viable económicamente para su oficio o para el fin que el considere oportuno.

12. Conclusiones

En este apartado se resumirán las diferentes conclusiones obtenidas de dicho proyecto, tanto técnicas como académicas, obtenidas en su redacción, ya que a lo largo del proyecto ya se han ido estudiando los diferentes aspectos necesarios a cumplir y obtenido los resultados.

- Como conclusión de proyecto, se puede afirmar que dicha reforma queda analizada y certificada para su correcto funcionamiento y posterior análisis por parte de la estación de la ITV. Cumple con todos los requisitos técnicos estudiados a lo largo del proyecto, cumpliendo los requisitos de resistencia tanto de los diferentes ejes que componen el cambi6n como del bastidor y en definitiva de todo el conjunto. A la vez, se puede efectuar su circulaci6n de una forma segura, sin probabilidad de vuelco ni de derrape en diferentes situaciones climatol6gicas y a diferentes velocidades.
- Por otra parte, cumple con toda la normativa vigente y legal, pudiendo afirmar que dicha reforma es correctamente legal en la Uni6n europea y en concreto en Espa1a. Por lo tanto, dicho cliente, propietario del veh6culo, ya puede ir a la estaci6n de la ITV donde se efectuara el 6ltimo paso para poder circular con el veh6culo por las v6as p6blicas.
- En cuanto a la conclusi6n, acad6micamente obtenida a lo largo de la redacci6n de dicho proyecto, se puede observar que es necesario primeramente obtener un conocimiento b6sico en la lectura de directivas, as6 como de reales decretos, invirtiendo bastante tiempo en su compresi6n y lectura, ya que sin la informaci6n legal entendida, es imposible llegar a analizar la caracter6stica t6cnicas necesarias para la redacci6n de dicho proyecto.
- Desde un punto de vista personal, primeramente se puede afirmar que en dicho proyecto se han tratado muchos de los conocimientos b6sicos aprendidos a lo largo de la carrera de Ingenier6a Mec6nica, como es el estudio de la mec6nica y resistencia de estructuras, aplicando todos esos conocimientos vistos en casos pr6cticos a un caso real y de grande magnitud. As6 como plasmar en la pr6ctica, la revisi6n y certificaci6n de un caso pr6ctico, utilizando diferentes leyes, reales decretos, normas, etc., necesario cumplir en dichos proyectos.
- Adem6s, el mundo del autom6vil es muy extenso y se puede observar que la Ingenier6a Mec6nica esta extremadamente ligado a ello, ya que para efectuar cualquier cambio, modificaci6n, instalaci6n, etc. es necesario un ingeniero y efectuar diferentes c6lculos ingenieriles, siendo un mundo un poco desconocido y habitual en el campo de la ingenier6a actualmente.
- Por otra parte, el realizar dicho proyecto en una empresa como C.A.P.E, S.L. dedicada a tales proyectos en su d6a a d6a y aprovechar el per6odo de pr6cticas para realizar yo misma dichos proyectos con ayuda del supervisor, ha sido de gran ayuda para poder comprender y llevar a cabo dicho proyecto.

2. Anexos

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1.	Anexo I. Cálculos justificativos	116
1.1.	Análisis del reparto de cargas	116
1.1.1.	Introducción	116
1.1.2.	Cálculo del centro de gravedad	117
1.1.3.	Peso y límites de carga en cada eje	118
1.1.4.	Reparto de carga debido a la carga y a los pasajeros	120
1.1.5.	Distribución de los esfuerzos cortantes y momentos flectores	128
1.2.	Coefficiente de seguridad del bastidor	138
1.2.1.	Conceptos previos	138
1.2.2.	Cálculo del momento de inercia	142
1.1.2.	Cálculo del momento resistente	148
1.1.3.	Comprobación a flexión de la sección más solicitada	148
1.1.4.	Comprobación a cortadura y flexión de la sección más solicitada	150
1.1.5.	Coefficiente de seguridad del bastidor	152
1.3.	Estudio de la estabilidad estática	153
1.4.	Estudio de la estabilidad dinámica	157
1.4.1.	Cálculo de la velocidad límite de vuelco	158
1.4.2.	Cálculo de la velocidad límite de derrape	164
2.	Anexo II. Documentación	170
2.1.	Permiso de circulación del vehículo	170
2.2.	Tarjeta ITV del vehículo antes de la reforma	170
2.3.	Ticket tara vehículo reformado	171
2.4.	Ficha reducida de características del fabricante	172
2.5.	Certificado de taller	177
2.6.	Informe de conformidad	178
2.7.	Catálogo de tornillos	181
2.8.	Norma UNE-EN ISO 898-1:2015	183

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reforma efectuada en el vehículo	117
Figura 2. Centro de gravedad de un rectángulo.....	117
Figura 3. Centro de masas de la caja del vehículo	118
Figura 4. Báscula para camiones	118
Figura 5. Ejemplo de mediciones para cada eje	119
Figura 6. Esquema de distancias y reacciones.....	120
Figura 7. Descomposición en un caso de viga isostática simple	121
Figura 8. Ejes en un plano 3D	122
Figura 9. Representación del valor "b" en el eje de coordenadas	124
Figura 10. Estructura dividida por secciones o tramos	128
Figura 11. Tipos de esfuerzos en una estructura	128
Figura 12. Ejes de coordenadas en una estructura	129
Figura 13. Signos de los diagramas de esfuerzos	129
Figura 14. Parámetros del bastidor del vehículo.....	130
Figura 15. Solicitaciones internas en tramo 1	131
Figura 16. Solicitaciones internas en tramo 2	132
Figura 17. Solicitaciones internas en tramo 3	133
Figura 18. Solicitaciones internas en tramo 4	133
Figura 19. Gráfico distribución de esfuerzos (Axil).....	134
Figura 20. Gráfico distribución de esfuerzos (Cortante).....	135
Figura 21. Gráfico distribución de esfuerzos (Momento Flector)	136
Figura 22. Signos del esfuerzo cortante en la estructura.....	137
Figura 23. Signos del momento flector en la estructura.....	137
Figura 24. Estructura portante del vehículo	138
Figura 25. Distribución de esfuerzos tensionales internos en un perfil.....	139
Figura 26. Perfiles estructurales con simetría	140
Figura 27. Perfiles estructurales reforzados.....	140
Figura 28. Representación del momento de orden "n".....	141
Figura 29. Representación del Teorema de Steiner	141
Figura 30. Dimensiones del autobastidor y del bastidor auxiliar	142
Figura 31. Prontuario de perfiles UPN.....	143
Figura 32. Momento de inercia de un rectángulo.....	145
Figura 33. Valor de tensiones de cortadura para diferentes perfiles.....	150
Figura 34. Esquema de distribución de masas	153
Figura 35. Esquema de distribución de masas en pendiente	154
Figura 36. Componentes de la pendiente	154
Figura 37. Interpretación nomenclatura neumático.....	155
Figura 38. Esquema de estabilidad dinámica	157

Figura 39. Criterios en función de la velocidad	159
Figura 40. Velocidad en función de la situación climatológica	166
Figura 41. Permiso de circulación del vehículo	170
Figura 42. Tarjeta ITV del vehículo	170
Figura 43. Tarjeta ITV del vehículo	171
Figura 44. Ticket tara vehículo reformado	171
Figura 45. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 1)	172
Figura 46. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 2)	173
Figura 47. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 3)	174
Figura 48. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 4)	175
Figura 49. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 5)	176
Figura 50. Certificado del taller	177
Figura 51. Informe de conformidad (Hoja 1)	178
Figura 52. Informe de conformidad (Hoja 2)	179
Figura 53. Informe de conformidad (Hoja 3)	180
Figura 54. Catálogo de tornillos (Hoja 1)	181
Figura 55. Catálogo de tornillos (Hoja 2)	182
Figura 56. Norma UNE -EN ISO 898-1:2015 (Pernos, bulones y tonillos) (Hoja 11)	183
Figura 57. Norma UNE -EN ISO 898-1:2015 (Pernos, bulones y tonillos) (Hoja 14)	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de la longitud y anchura de la caja.....	117
Tabla 2. Datos de las taras del vehículo.....	119
Tabla 3. Datos de taras del vehículo.....	119
Tabla 4. Masas máximas autorizadas por eje.....	120
Tabla 5. Datos referidos a la Figura 5.....	121
Tabla 6. Reacciones debido a la carga.....	123
Tabla 7. Reacciones debido al peso de los pasajeros.....	124
Tabla 8. Comprobación de la reacciones sobre los ejes.....	125
Tabla 9. Reacciones debido a la carga con Q^*	126
Tabla 10. Reacciones debido al peso de los pasajeros con Q^*	126
Tabla 11. Comprobación de la reacciones sobre los ejes con Q^*	127
Tabla 12. Valores de los parámetros del bastidor.....	130
Tabla 13. Dimensiones del conjunto autobastidor-bastidor auxiliar.....	142
Tabla 14. Dimensiones rectángulos.....	143
Tabla 15. Valores de tensión a flexión.....	149
Tabla 16. Calidad del acero empleado para el perfil.....	149
Tabla 17. Valores a tensión de cortadura.....	151
Tabla 18. Valores del neumático.....	155
Tabla 19. Valores de los c.d.g del sistema.....	156
Tabla 20. Significado valores de la Figura 37.....	157
Tabla 21. Verificación de los límites de vuelco con peralte.....	162
Tabla 22. Verificación de los límites de vuelco sin peralte.....	164
Tabla 23. Coeficiente de rozamiento en función de la climatología.....	165
Tabla 24. Verificación de los límites de derrape con peralte.....	168
Tabla 25. Verificación de los límites de derrape sin peralte.....	169

1. Anexo I. Cálculos justificativos

El anexo de los cálculos comprende la justificación de cada una de las modificaciones realizadas para poder comprobar la reforma efectuada en el vehículo, en este caso un camión de categoría N3. Todos los cálculos efectuados tendrán una parte analítica y otra numérica, proporcionando la solución efectiva.

Todos los cálculos realizados a lo largo del documento *1. Anexo I: Cálculos Justificativos* han sido realizados en el programa informático Microsoft Excel mediante tablas de cálculo.

1.1. Análisis del reparto de cargas

1.1.1. Introducción

En los siguientes puntos se estudiarán de forma numérica, como afecta al sistema entero el reparto de las cargas en la situación de funcionamiento, concretamente, cuando se encuentre en posición estática y sobre cada eje del vehículo una vez efectuada la reforma.

Antes de realizar los cálculos se deberán definir algunos conceptos básicos y nomenclaturas relacionados con las cargas que soportan los ejes de un vehículo en estático. Según la Directiva 97/27/CEE del parlamento europeo y del consejo, del 22 de julio de 1997, relativa a las masas y a las dimensiones de determinadas categorías de vehículos de motor y de sus remolques, define los siguientes conceptos que se utilizarán en los cálculos posteriores y facilitarán la comprensión del contenido:

- **Masa del vehículo en Orden de Marcha (MOM):** Masa del vehículo sin carga con carrocería y cabina, en orden de marcha, o la masa del batidor con cabina cuando el fabricante no suministre a carrocería, incluyendo el líquido refrigerante, los lubricantes, un 90% del combustible, el 100% de los demás líquidos con excepción de las aguas usadas, las herramientas, la rueda de repuesto y la masa del conductor y del acompañante (75 kg) si el vehículo cuenta con un asiento para acompañante.
- **Masa Máxima en carga Técnicamente Admisible (MMTA):** Masa máxima del vehículo determinada por el fabricante, basada en el tipo de vehículo, en sus prestaciones y en la capacidad de carga máxima permitida.
- **Masa en vacío o Tara:** Masa del vehículo en orden de marcha descontando el peso del conductor (75 kg).
- **Vehículo incompleto:** Masa en vacío o tara del vehículo sin instalación de reforma o modificación.
- **Vehículo completado:** Masa en vacío o tara del vehículo con la instalación o modificación efectuada.

Nuestro vehículo, consiste en un vehículo del tipo N3, formado por tres ejes, dos de ellos secundarios formando un eje tándem. Este conjunto está formado por dos ejes cuya separación no excede de 2,4 metros, con una suspensión neumática regulada mediante centralita. Esto significa que la suspensión reparte el peso por igual entre los dos ejes, aproximación que será utilizada en los siguientes cálculos.

La reforma efectuada en dicho vehículo consiste en el montaje de una caja con los laterales abiertos con la incorporación de lonas abatibles, como se muestra a continuación:



Figura 1. Reforma efectuada en el vehículo

1.1.2. Cálculo del centro de gravedad

Para poder buscar el peso total que recae sobre los ejes, se debe conocer el centro de gravedad (c.d.g) de la carga total que puede soportar el vehículo (zona de carga) y el de los pasajeros. El centro de gravedad de un cuerpo es el punto donde se encuentra aplicada la resultante de la suma de todas las fuerzas gravitatorias que actúan sobre cada una de las partículas del mismo. Si el cuerpo es simétrico y homogéneo, la resultante de todas las fuerzas gravitatorias se localizará en el centro geométrico.

En nuestro caso, para obtener el c.d.g, aproximaremos la caja del camión a un rectángulo:

Representación	x_c	y_c
	$\frac{b}{2}$	$\frac{h}{2}$

Figura 2. Centro de gravedad de un rectángulo

Sabiendo la longitud de la caja y la altura, calcularemos el centro de gravedad usando las fórmulas de las coordenadas de la Figura 2:

Datos	
h (mm)	2.810
b (mm)	7.240

Tabla 1. Datos de la longitud y anchura de la caja.

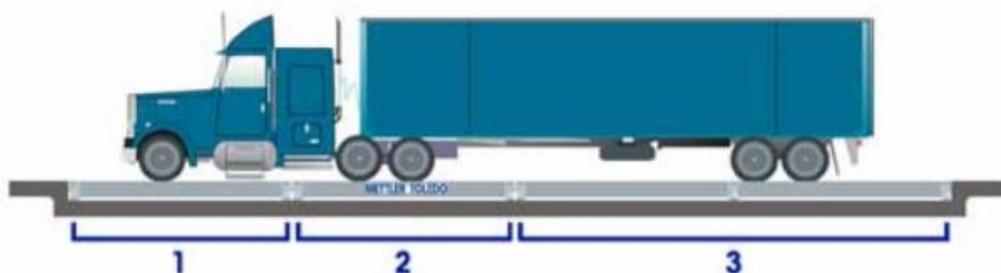


Figura 5. Ejemplo de mediciones para cada eje

Los datos de las diferentes taras obtenidas después del peso en la báscula son las siguientes, con el porcentaje del peso de cada eje respecto del total:

Tara (kg)		
Total (vehículo base + caja)	11.070	100 %
1º eje	4.445	40,16 %
2º- 3º eje	6.625	59,84 %

Tabla 2. Datos de las taras del vehículo

Más adelante, en el apartado 2. *Anexo II: Documentación* se adjuntará el documento proporcionado por la empresa que realizó el pesaje y donde se encuentran estos datos.

Una vez obtenido el peso total del camión base con la caja, y sabiendo el peso del camión sin la caja, es decir, la tara, se puede obtener el peso de la caja vacía, dato que es necesario conocer para posibles cálculos.

Tara (kg)	
Vehículo base	8.680
Caja vacía	2.390
Total (vehículo base + caja)	11.070

Tabla 3. Datos de taras del vehículo

Antes de realizar los cálculos es necesario conocer los límites de peso que no se deben sobrepasar para cada eje por sus características técnicas y que vienen incluidos en la ficha técnica del vehículo, adjunta en el 2. *Anexo II: Documentación*.

	Masa (kg)
MMA 1º eje	7.500
MMA 2º eje	11.500
MMA 3º eje	7.500
MMTA	26.000

Tabla 4. Masas máximas autorizadas por eje

Estos pesos no deben ser superados en ningún caso ya que incurriríamos en un delito por superar la masa máxima autorizada para dicho vehículo, según determina el fabricante del mismo, pudiendo ser inmovilizado ya que supondría un riesgo en la capacidad estructural de los elementos y del bastidor del vehículo.

A efectos de cálculos se considera que la carga está repartida uniformemente tanto longitudinalmente como transversalmente a lo largo del bastidor respecto al plano de simetría del vehículo.

1.1.4. Reparto de carga debido a la carga y a los pasajeros

Primeramente, recopilaremos los diferentes valores de longitudes necesarias y de las reacciones ejercidas por cada punto de apoyo, en este caso las ruedas, basándonos en el siguiente esquema. Estos datos son extraídos tanto de la ficha técnica del vehículo como de la ficha reducida de características proporcionada en este caso por el fabricante Renault adjuntadas en el 2. *Anexo II: Documentación* y los datos que se recogen en la *Tabla 7* del documento 1. *Memoria*.

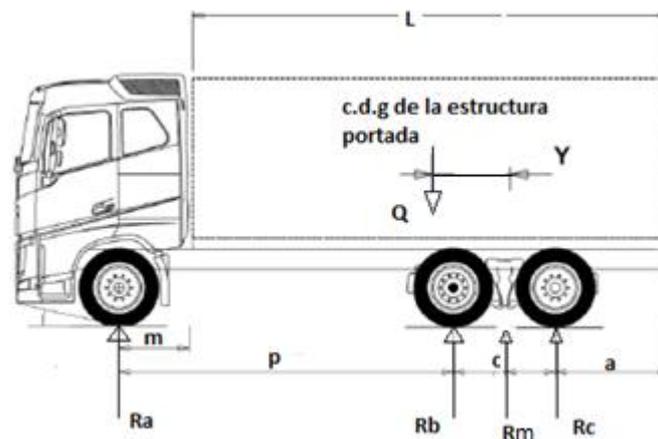


Figura 6. Esquema de distancias y reacciones

Variables	Valor	Significado
L (mm)	7.240	Longitud de la caja abierta
p (mm)	4.750	Paso entre ejes 1º y 2º
m (mm)	1.000	Distancia entre el final de la cabina e inicio de la caja
Y (mm)	805	Distancia del centro de gravedad al eje posterior
c (mm)	1.350	Distancia entre ejes 2º y 3º
a (mm)	2.140	Distancia del voladizo posterior

Tabla 5. Datos referidos a la Figura 6

La carga Q será la carga que puede ser transportada por el camión sin superar la MMTA anteriormente mencionada de 26.000 kg. Este valor nunca debe superarse, y está formado por el peso del bastidor del vehículo base, la cabina, el peso de los pasajeros (P) (75 kg cada pasajero), de la mercancía, etc. es decir de todo el que forma el vehículo en el momento de circulación.

Efectuada la reforma y obteniendo anteriormente de la báscula la tara del vehículo base más la cabina sin la carga, obtenemos los kilos que puede transportar el vehículo legalmente y que soportarían sus ejes.

$$Q = MMTA - P - TARA \quad (A.3)$$

$$Q = 26.000 - (75 \times 2) - 11.070 = 14.780 \text{ kg} \quad (A.4)$$

Una vez tenemos los datos, es necesario analizar la parte del peso de las cargas Q y P que recae sobre cada eje para comprobar que no supera la MMTA de cada eje. Para ello es necesario realizar un análisis del equilibrio estático del bastidor que se aproximará a una viga isostática simple desde el 1º eje hasta el voladizo posterior apoyada mediante 3 apoyos.

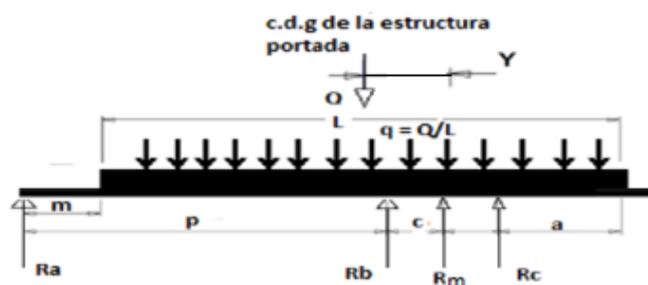


Figura 7. Descomposición en un caso de viga isostática simple

Este análisis se basa en los conceptos básicos de equilibrio, siendo necesario que todas las fuerzas (acciones y reacciones) que actúen sobre dicha estructura estén en equilibrio estático. Esto significa que deben formar un sistema de fuerzas resultantes nulas y de momento resultante nulo, y por lo tanto, deben de cumplir las ecuaciones que se conocen con el nombre de "ecuaciones de la estática o de equilibrio".

En el caso de estructuras planas cargadas en su plano, tenemos dos ecuaciones que representan el sumatorio de cada una de las fuerzas que actúan sobre la estructura en los ejes x e y que están sobre el plano y una tercera ecuación sobre el eje z perpendicular con la suma de todos los momentos de cada fuerza que actúan sobre un punto concreto (A) de la estructura.

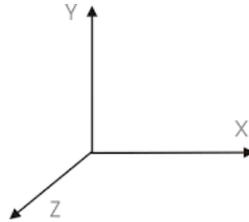


Figura 8. Ejes en un plano 3D

$$\sum_x F_x = 0 \quad (A.5)$$

$$\sum_y F_y = 0 \quad (A.6)$$

$$\sum_z M_z^o = 0 \quad (A.7)$$

Cuando es posible determinar totalmente las leyes de esfuerzos que actúan sobre las barras que forman la estructura utilizando solamente las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos, la estructura está estáticamente determinada y se llama isostática.

Primeramente debemos calcular todas las reacciones que se producen sobre los ejes del vehículo (delantero Ra y trasero Rb y Rc) debido al peso por una parte de la carga y por otra, por los pasajeros. Para ello se toma sumatorio de momentos en el 1º eje y en el formado por el 2º y 3º eje. No obstante, en el eje trasero al estar formado por un eje tándem y no haber una distancia mayor de 1,4m se admite que Rb = Rc al considerarse que la carga se reparte por igual en ambos ejes, por lo que se tomará el sumatorio de momentos en un punto situado en medio de los dos ejes (Rm).

1.1.4.1. Reacciones debida a la carga. Primer cálculo.

Tomando momentos en el 1º eje y en el punto medio entre el 2º y 3º eje obtenemos las siguientes expresiones:

$$\sum M_{2^o-3^o eje} = (Q \cdot Y) - \left(Ra \cdot \left(p + \frac{c}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.8)$$

$$\sum M_{1^o eje} = - \left(Q \cdot \left(\frac{L}{2} + m \right) \right) + \left(Rm \cdot \left(p + \frac{c}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.9)$$

El momento de una fuerza aplicada en un punto (P) con respecto de un origen (O) viene dada por el producto de la fuerza por la distancia desde el origen (O) hasta el punto de aplicación (P).

Sustituyendo los valores y despejando Ra y Rm de la ecuación A.8 y A.9 obtenemos las reacciones debidas a la carga máxima transportada por la caja. Como se observa, despreciamos la reacción del peso de los pasajeros que se calculará en el siguiente apartado:

$$(14.780 \cdot 805) - \left(Ra \cdot \left(4.750 + \frac{1350}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.10)$$

$$-\left(14.780 \cdot \left(\frac{7.240}{2} + 1.000 \right) \right) + \left(Rm \cdot \left(4.750 + \frac{1.350}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.11)$$

También habrá que tener en cuenta que Rm es la suma de Rb y Rc:

$$Rb = Rc = \frac{Rm}{2} \quad (A.12)$$

Reacción	Valor (kg)
Ra	2.193,161
Rm	12.586,838
Rb	6.293,419
Rc	6.293,419

Tabla 6. Reacciones debido a la carga

1.1.4.2. Reacciones debida a los pasajeros. Primer cálculo.

Tomando momentos en el 1º eje y en el punto medio entre el 2º y 3º eje obtenemos las siguientes expresiones:

$$\sum M_{2^{\circ}-3^{\circ}eje} = \left(P \cdot \left(b + p + \frac{c}{2} \right) \right) - \left(Ra \cdot \left(p + \frac{c}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.13)$$

$$\sum M_{1^{\circ}eje} = \left(P \cdot (-b) \right) + \left(Rm \cdot \left(p + \frac{c}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.14)$$

En este caso, la variable “b” indica la distancia que existe entre la reacción ejercida por el peso de los pasajeros en la cabina hasta el 1º eje. En los momentos tomados en el punto del 1º eje, dicha distancia será negativa ya que al coger como referencia dicho punto, se encuentra situado a la izquierda de un eje de coordenadas siendo negativo.

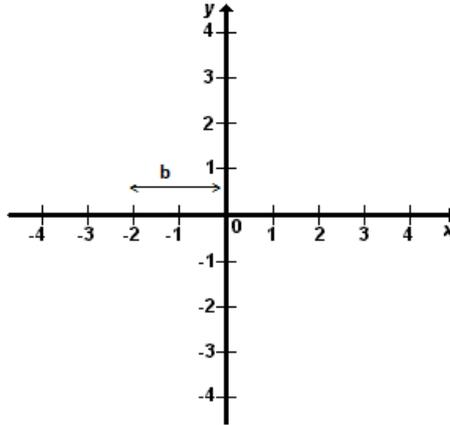


Figura 9. Representación del valor "b" en el eje de coordenadas

Por otra parte, el peso (P) de los pasajeros corresponde según queda definido en la directiva 97/27/CEE, como un peso medio de 75 kg por ocupante, según el número de plazas disponibles en el vehículo. En nuestro vehículo se consideran solo dos plazas con un peso (P) de 150 kg.

Sustituyendo los valores y despejando Ra y Rm de la ecuación A.13 y A.14 obtenemos las reacciones debidas al peso de los pasajeros. Como se observa, despreciamos la reacción de la carga máxima (Q) transportada en la caja, calculada anteriormente:

$$\left(150 \cdot \left(200 + 4.750 + \frac{1.350}{2}\right)\right) - \left(Ra \cdot \left(4.750 + \frac{1.350}{2}\right)\right) = 0 \quad (\text{A.15})$$

$$\left(150 \cdot (-200)\right) + \left(Rm \cdot \left(4.750 + \frac{1.350}{2}\right)\right) = 0 \quad (\text{A.16})$$

Teniendo en cuenta que Rm es la suma de Rb y Rc según la ecuación A.12, obtenemos las siguientes reacciones:

Reacción	Valor (kg)
Ra	155,529
Rm	5,529
Rb	2,764
Rc	2,764

Tabla 7. Reacciones debido al peso de los pasajeros

1.1.4.3. Comprobaciones. Primer cálculo.

En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes y se comprueba que no se supere los límites legales establecidos para cada eje:

Carga debida a:	1º eje (kg)	2º y 3º eje (kg)	TOTAL (kg)
Tara (vehículo base + caja)	4.445	6625	11.070
Carga	2.193,161	12.586,838	14.780
Pasajeros	155,529	5,529	161,059
TOTAL (kg)	6.793,691	19.217,368	26.011,059
MMTA (kg)	7.500	19.000	26.000
COMPROBACIÓN	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Tabla 8. Comprobación de la reacciones sobre los ejes

Como se observa obtenemos la carga total que soporta cada eje sumando la tara del vehículo, el peso de los pasajeros y de la carga (color verde en la *Tabla 8*). Luego se comprueba con las masas límites legales (color azul en la *Tabla 8*) y observamos que en el 1º eje el peso total no supera el límite, pero en el 2º y 3º eje sí que se supera dicho límite, por lo que también se superara la masa máxima admitida del vehículo. Como consecuencia, se deberá bajar la MMTA total del vehículo, reduciendo así la carga máxima que se puede transportar, para poder cumplir con el límite en el eje posterior.

1.1.4.4. Reacciones debida a la carga. Segundo cálculo.

Una vez hemos comprobado que nos hemos excedido del peso, debemos calcular la nueva carga (Q) que cumplirá la masa máxima admitida del 2º y 3º eje y la total del vehículo.

Averiguaremos cuantos kilos en exceso tenemos, restando a la masa máxima admisible del 2º y 3º eje el peso obtenido con la carga anterior:

$$\text{Exceso} = 19.217,368 - 19.000 = 217,368 \text{ kg} \quad (\text{A.17})$$

Este exceso, lo restaremos a la carga (Q) para obtener la nueva carga con la que realizaremos otra vez los cálculos anteriores:

$$Q^* = Q - \text{exceso} \quad (\text{A.18})$$

$$Q^* = 14.780 - 217,368 = 14.562,631 \quad (\text{A.19})$$

Obtenemos una nueva carga Q^* de 14.562,631 kg. Este valor será rebajado un poco y redondeado a 14.500 kg para poder tener un poco de margen respecto de la masa máxima admisible y no estar en límite del peso, ya que así sabemos que siempre podemos tener unos kilos de error a la hora de cargar el camión.

Ahora se vuelven a calcular otra vez las reacciones mediante las ecuaciones A.8 y A.9. Sustituyendo los nuevos valores y manteniendo los mismos de antes obtenemos las siguientes expresiones de donde despejaremos R_a y R_m :

$$(14.500 \cdot 805) - \left(R_a \cdot \left(4.750 + \frac{1.350}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.20)$$

$$-\left(14.500 \cdot \left(\frac{7.240}{2} + 1.000 \right) \right) + \left(R_m \cdot \left(4.750 + \frac{1.350}{2} \right) \right) = 0 \quad (A.21)$$

Teniendo en cuenta que R_m es la suma de R_b y R_c según la ecuación A.12, obtenemos las siguientes reacciones:

Reacción	Valor (kg)
R_a	2.151,612
R_m	12.348,387
R_b	6.174,193
R_c	6.174,193

Tabla 9. Reacciones debido a la carga con Q^*

1.1.4.5. Reacciones debida a los pasajeros. Segundo cálculo.

En el caso de los pasajeros, la carga viene definida por una directiva, por lo que no se puede realizar modificaciones en su valor de 75 kg, por lo que las reacciones R_a y R_m serán las mismas que las de la Tabla 6 del apartado anterior.

Reacción	Valor (kg)
R_a	155,529
R_m	5,529
R_b	2,764
R_c	2,764

Tabla 10. Reacciones debido al peso de los pasajeros con Q^*

1.1.4.6. Comprobaciones. Segundo cálculo.

En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes y se comprueba que no se supere los límites legales establecidos para cada eje:

Carga debida a:	1º eje (kg)	2º y 3º eje (kg)	TOTAL (kg)
Tara (vehículo base + caja)	4445	6.625	11.070
Carga	2.151,612	12.348,387	14.500
Pasajeros	155,529	5,529	161,059
TOTAL (kg)	6.752,142	18.978,917	25.731,059
MMTA (kg)	7.500	19.000	26.000
COMPROBACIÓN	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 11. Comprobación de la reacciones sobre los ejes con Q*

Como se observa, con la carga Q* obtenemos unas segundas reacciones, que concluimos que respecto al 1º eje, sumando la tara del conjunto, la parte de la carga y el peso de los pasajeros que recae sobre dicho eje, obtenemos un resultado de 6.752,142 kg, no superándose los 7.500 kg de la MMTA del 1º eje indicado en la ficha técnica.

Respecto al conjunto de los ejes 2º y 3º, sumando la tara del conjunto, la parte de la carga y el peso de los pasajeros que recae sobre dicho eje, obtenemos un resultado de 18.978,917 kg no superándose los 19.000 kg de MMTA de dicho eje indicado en la ficha técnica. Por lo que, concluimos, que con una carga (Q*) de 14.500 kg nos encontramos ante una situación viable, siempre que no se supere dicha carga.

1.1.5. Distribución de los esfuerzos cortantes y momentos flectores

1.1.5.1. Introducción

Para poder saber cómo está trabajando la estructura, en nuestro caso el bastidor del vehículo, se va a estudiar ahora los diferentes esfuerzos internos que se producen a lo largo de dicha estructura. [1]

La suma de las acciones y reacciones que actúan sobre dicha estructura, deben proporcionar también un equilibrio interno, para ello se estudiará dicho bastidor, tomándolo por secciones o tramos, en concreto cuatro. Estas secciones se forman por cada cambio de reacción que se produce en la estructura.

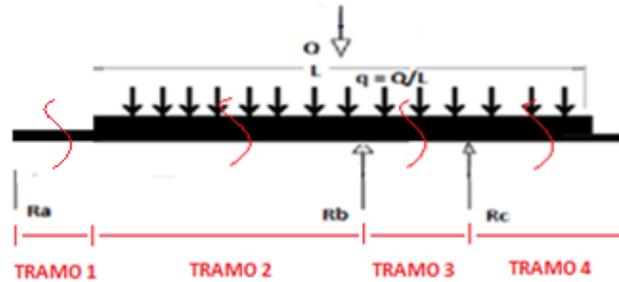


Figura 10. Estructura dividida por secciones o tramos

Los esfuerzos internos que actúan sobre cada una de estas secciones, son parejas de fuerzas (o momentos), de sentido igual o contrario, dependiendo del lado que tomemos como referencia. Según la dirección de estas fuerzas (o momentos), los esfuerzos se clasifican en cuatro tipos:

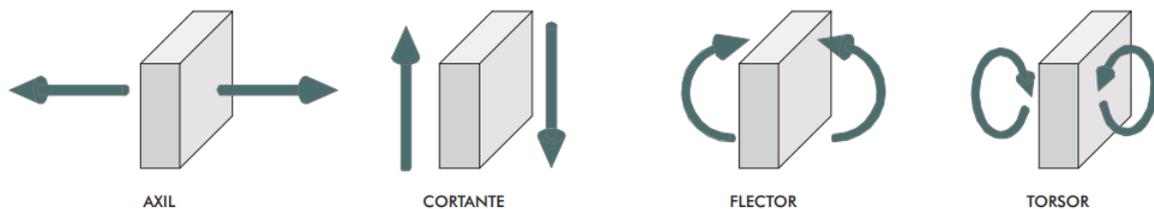


Figura 11. Tipos de esfuerzos en una estructura

Para calcular los valores de los esfuerzos en cualquier punto de la estructura, debemos colocar el origen de los ejes de coordenadas siempre en el extremo izquierdo de esta, de donde tomaremos la distancia desde esta al extremo de cada sección.



Figura 12. Ejes de coordenadas en una estructura

Primeramente se calcularán los esfuerzos en función de la distancia “x”, obteniendo el valor de $N(x)$, $V(x)$, $M(x)$ y $T(x)$, que llamaremos las leyes de los esfuerzos. Esta nomenclatura será usada a lo largo de los cálculos que vamos a realizar y tiene como significado:

- $N(x)$ → Axil en función de la distancia “x”.
- $V(x)$ → Cortante en función de la distancia “x”.
- $M(x)$ → Momento flector en función de la distancia “x”.
- $T(x)$ → Momento torsor en función de la distancia “x”.

Una vez tendremos calculados los esfuerzos, deberemos darle valores a “x”. Estos valores serán la distancia inicial y final de cada tramo o sección, para obtener los esfuerzos en esos puntos.

Una vez obtenidos estos valores, serán representados los esfuerzos internos en un diagrama de esfuerzos. Estos diagramas representan los valores de los esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores en cada punto de la estructura. Nos indican como está trabajando la estructura mostrando como se transmiten y se distribuyen internamente las cargas a través de ella. Además constituyen un método gráfico de lectura inmediata, donde se representa la distribución de los esfuerzos internos y permite localizar las secciones más solicitadas o más desfavorables, en las que será necesario realizar las comprobaciones tensionales.

Tendrán el origen del eje de coordenadas en el extremo izquierdo de la estructura (O), el eje de abscisas (eje x) en la misma estructura y el eje coordenadas (eje y) será el esfuerzo que queremos representar.

Lo habitual es que el eje de coordenadas se coloque en sentido positivo hacia arriba, salvo para momentos flectores que se colocará en sentido positivo hacia abajo.

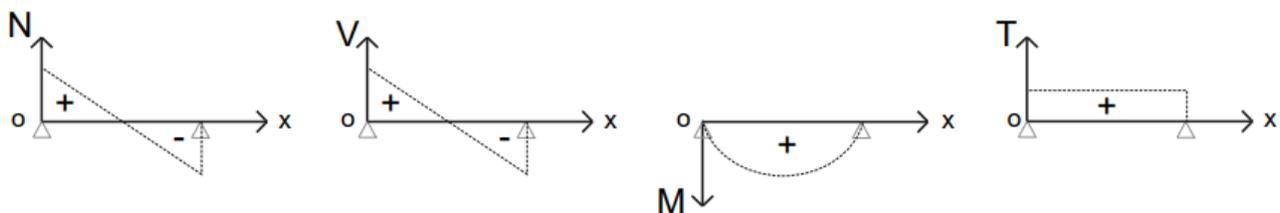


Figura 13. Signos de los diagramas de esfuerzos

1.1.5.2. Cálculo de ecuaciones $N(x)$, $V(x)$ y $M(x)$

Una vez visto como se analiza una la estructura internamente y descrito el procedimiento para obtener el diagrama de esfuerzos, calcularemos cada uno de los esfuerzos internos (axil, cortante y momento flector) en cada una de las secciones obtenidas por cada esfuerzo aplicado. Analizaremos cada tramo y obtendremos la ecuación resultante de cada esfuerzo.

Primeramente definiremos los parámetros que vamos a usar, es decir cada una de las longitudes que vamos a necesitar para posteriormente sustituir en las ecuaciones de cada tramo.

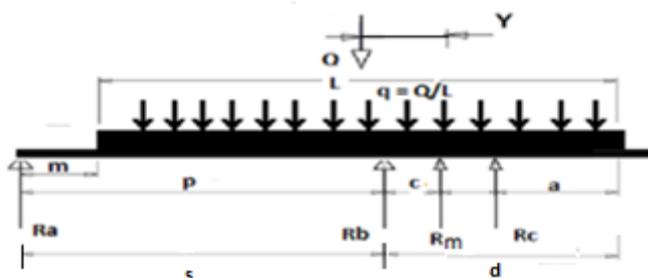


Figura 14. Parámetros del bastidor del vehículo

Variables	Valor
L (mm)	7.240
p (mm)	4.750
m (mm)	1.000
Y (mm)	805
c (mm)	1.350
a (mm)	2.140
s (mm)	5.425
d (mm)	2.815
Q (kg)	14.500
Ra (kg)	2.151,612
Rm (kg)	12.348,387
Rb (kg)	6.174,193
Rc (kg)	6.174,193

Tabla 12. Valores de los parámetros del bastidor

Como se observa en la *Figura 13* solo consideramos el peso de la carga, en cambio el peso de los pasajeros lo despreciamos, ya que la fuerza ejercida por ellos no se encuentra sobre el bastidor principal, sino desplazada a la izquierda 200 mm del primer eje y ese peso ya se encuentra considerado en las reacciones de los ejes calculadas anteriormente.

Anteriormente en la *Figura 10* hemos determinado que existen cuatro secciones o tramos que componen dicho bastidor. Estos tramos quedan acotados por las coordenadas de longitud que forman la estructura, según los valores que encontramos en la *Tabla 12*, quedando acotada cada sección de la siguiente forma:

- Tramo 1: $0 \leq x \leq m$
- Tramo 2: $m \leq x \leq p$
- Tramo 3: $p \leq x \leq (c + p)$
- Tramo 4: $(c + p) \leq x \leq (s + d)$

Cada valor corresponde con una longitud determinada en la *Tabla 12*.

Por otra parte, para poder realizar los cálculos en los tramos donde actúa la carga, es necesario saber la carga lineal que actúa uniformemente en los tramos o secciones 2, 3 y 4. Para ello es necesario saber los kg de carga que soporta dicho bastidor por la longitud que afecta, a partir de la carga (Q) puntual que existe. Utilizaremos la siguiente ecuación:

$$q \left(\frac{kg}{mm} \right) = \frac{Q}{L} \quad (A.22)$$

$$q = \frac{14.500}{7.240} = 2,002 \text{ kg/mm} \simeq 2 \text{ kg/mm} \quad (A.23)$$

Obtenemos una carga lineal aproximada a 2 kilos por milímetro de distancia.

A continuación vamos a obtener las reacciones internas para cada tramo o sección en función de "x" y luego obtendremos los esfuerzos producidos en los límites del tramo sustituyendo por los valores de la *Tabla 12*:

- TRAMO 1: $0 \leq x \leq m$

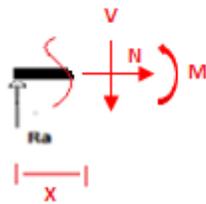


Figura 15. Solicitaciones internas en tramo 1

- **AXIL** ($0 \text{ mm} \leq x \leq 1.000 \text{ mm}$)

$$N(x) = 0 \quad (A.24)$$

- **CORTANTE** ($0 \text{ mm} \leq x \leq 1.000 \text{ mm}$)

$$V(x) = Ra \quad (\text{A.25})$$

$$V(x = 0) = 2.151,612 \text{ kg} \quad (\text{A.26})$$

$$V(x = m = 1.000) = 2.151,612 \text{ kg} \quad (\text{A.27})$$

- **MOMENTO FLECTOR** ($0 \text{ mm} \leq x \leq 1.000 \text{ mm}$)

$$M(x) = Ra \cdot x \quad (\text{A.28})$$

$$M(x = 0) = 0 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.29})$$

$$M(x = m = 1.000) = 2,15 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.30})$$

- TRAMO 2: $m \leq x \leq p$

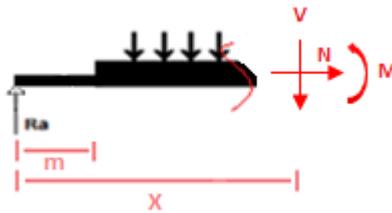


Figura 16. Solicitaciones internas en tramo 2

- **AXIL** ($1.000 \text{ mm} \leq x \leq 4.750 \text{ mm}$)

$$N(x) = 0 \quad (\text{A.31})$$

- **CORTANTE** ($1.000 \text{ mm} \leq x \leq 4.750 \text{ mm}$)

$$V(x) = Ra - q \cdot (x - m) \quad (\text{A.32})$$

$$V(x = m = 1.000) = 2.151,612 \text{ kg} \quad (\text{A.33})$$

$$V(x = p = 4.750) = -5.358,746 \text{ kg} \quad (\text{A.34})$$

- **MOMENTO FLECTOR** ($1.000 \text{ mm} \leq x \leq 4.750 \text{ mm}$)

$$M(x) = (Ra \cdot x) - \left(q \cdot \left(\frac{(x-m)^2}{2} \right) \right) \quad (\text{A.35})$$

$$M(x = m = 1.000) = 2,15 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.36})$$

$$M(x = p = 4.750) = -3,86 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.37})$$

- TRAMO 3: $p \leq x \leq (c + p)$

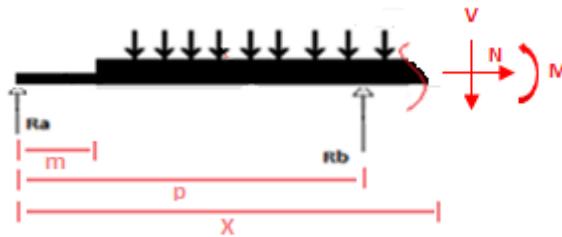


Figura 17. Solicitaciones internas en tramo 3

- **AXIL** ($4.750 \text{ mm} \leq x \leq 6.100 \text{ mm}$)

$$N(x) = 0 \quad (\text{A.38})$$

- **CORTANTE** ($4.750 \text{ mm} \leq x \leq 6.100 \text{ mm}$)

$$V(x) = Ra + Rb - (q \cdot (x - m)) \quad (\text{A.39})$$

$$V(x = p = 4.750) = \mathbf{815,447 \text{ kg}} \quad (\text{A.40})$$

$$V(x = p + c = 6.100) = \mathbf{-1.888 \text{ kg}} \quad (\text{A.41})$$

- **MOMENTO FLECTOR** ($4.750 \text{ mm} \leq x \leq 6.100 \text{ mm}$)

$$M(x) = (Ra \cdot x) - \left(q \cdot \left(\frac{(x - m)^2}{2} \right) \right) + (Rb \cdot (x - p)) \quad (\text{A.42})$$

$$M(x = p = 4.750) = \mathbf{-3,86 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm}} \quad (\text{A.43})$$

$$M(x = p + c = 6.100) = \mathbf{-4,59 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm}} \quad (\text{A.44})$$

- TRAMO 4: $(c + p) \leq x \leq (s + d)$

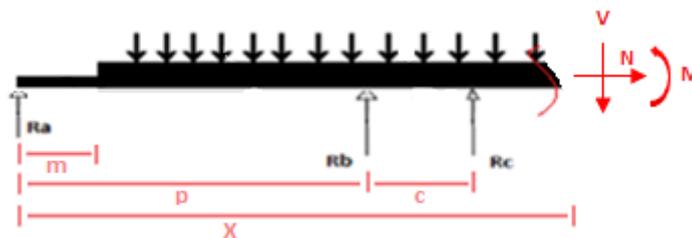


Figura 18. Solicitaciones internas en tramo 4

- **AXIL** ($6.100 \text{ mm} \leq x \leq 8.240 \text{ mm}$)

$$N(x) = 0 \quad (\text{A.45})$$

- **CORTANTE** ($6.100 \text{ mm} \leq x \leq 8.240 \text{ mm}$)

$$V(x) = Ra + Rb + Rc - (q \cdot (x - m)) \quad (\text{A.46})$$

$$V(x = p + c = 6.100) = 4.285,911 \text{ kg} \quad (\text{A.47})$$

$$V(x = s + d = 8.240) = 0 \text{ kg} \quad (\text{A.48})$$

- **MOMENTO FLECTOR** ($6.100 \text{ mm} \leq x \leq 8.240 \text{ mm}$)

$$M(x) = (Ra \cdot x) - \left(q \cdot \left(\frac{(x - m)^2}{2} \right) \right) + (Rb \cdot (x - p)) + (Rc \cdot (x - p - c)) \quad (\text{A.49})$$

$$M(x = p + c = 6.100) = -4,59 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.50})$$

$$M(x = s + d = 8.240) = 0 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.51})$$

1.1.5.3. Diagramas de esfuerzos

Una vez obtenidos los esfuerzos internos en forma de ecuación en función de la distancia "X" para cada tramo o sección y los valores para los límites de esos tramos, obtenemos los diagramas de esfuerzos para obtener una representación rápida de cómo se comporta la estructura sometida a dichos esfuerzos.

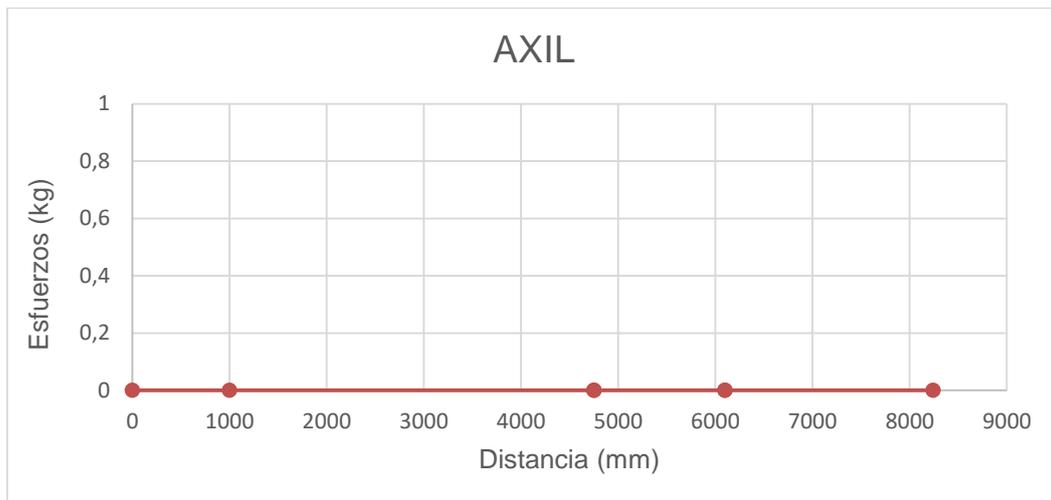


Figura 19. Gráfico distribución de esfuerzos (Axil)

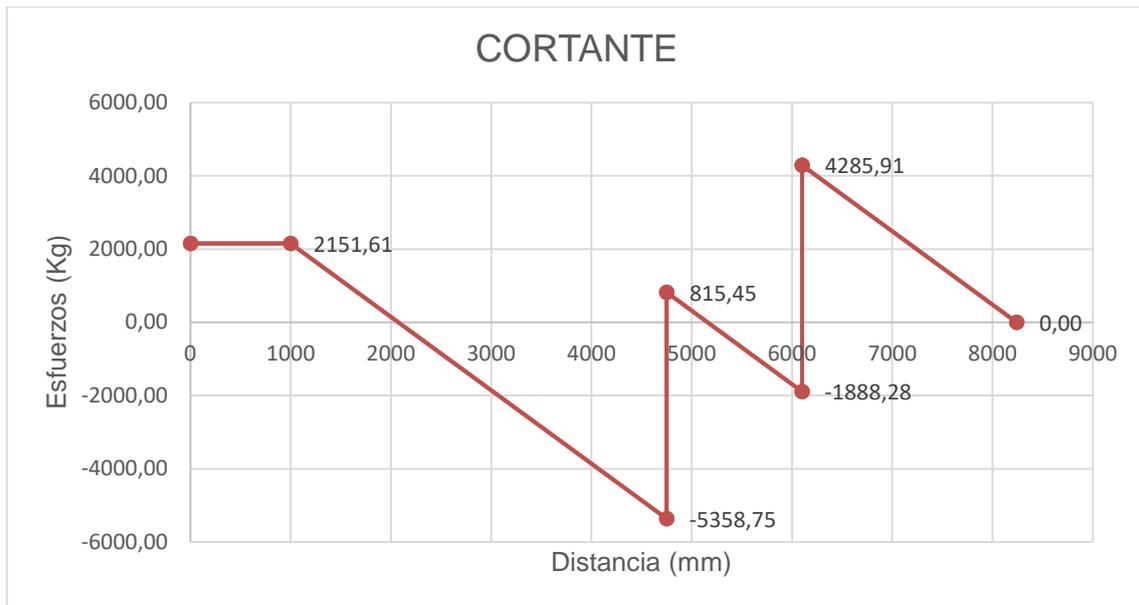


Figura 20. Gráfico distribución de esfuerzos (Cortante)

Es necesario conocer los puntos donde el cortante es cero, ya que eso supone que el momento flector en ese punto es el máximo. Para ello igualaremos a cero las ecuaciones de los tramos donde en el gráfico observamos que el cortante toma el valor cero y despejaremos "X" para obtener el punto donde calcular posteriormente el máximo flector en él.

Observamos que el cortante toma valor de cero en el tramo 2 y en el tramo 3, por lo que tomaremos las ecuaciones A.32 y A.39 que igualaremos a cero y despejaremos "X":

TRAMO 2:

$$V(x) = Ra - q \cdot (x - m) = 0 \tag{A.52}$$

$$x = \frac{Ra}{q} + m \tag{A.53}$$

TRAMO 3:

$$V(x) = Ra + Rb - (q \cdot (x - m)) = 0 \tag{A.54}$$

$$x = \frac{Ra + Rb}{q} + m \tag{A.55}$$

Sustituimos los valores en las ecuaciones A.53 y A.55 y obtenemos los puntos en donde el cortante es cero:

$$x = \frac{2.151,612}{2} + 1.000 = \mathbf{2.074,322 \text{ mm}} \tag{A.56}$$

$$x = \frac{2.151,612 + 6.174,193}{2} + 1.000 = \mathbf{5.157,161 \text{ mm}} \tag{A.57}$$

Una vez obtenidos esos puntos, necesitaremos las ecuaciones del momento flector en esos tramos, que son las ecuaciones A.35 y A.42, para poder sustituir "X" por los anteriores valores y obtener los máximos momentos flectores.

$$M(x) = (Ra \cdot 2.074,322) - \left(q \cdot \left(\frac{(2.074,322 - m)^2}{2} \right) \right) \quad (\text{A.58})$$

$$M(x) = 3,31 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.59})$$

$$M(x) = (Ra \cdot 5.157,161) - \left(q \cdot \left(\frac{(5.157,161 - m)^2}{2} \right) \right) + (Rb \cdot (5.157,161 - p)) \quad (\text{A.60})$$

$$M(x) = -3,70 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (\text{A.61})$$

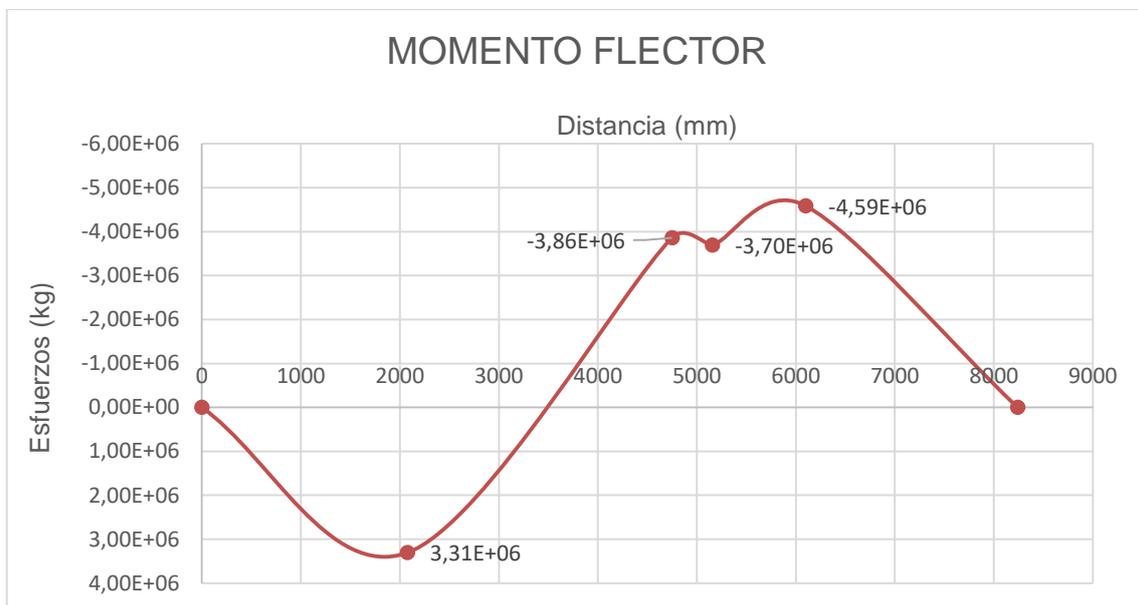


Figura 21. Gráfico distribución de esfuerzos (Momento Flector)

Como observamos en la Figura 21 los signos de los ejes se consideran al revés que el diagrama de axil y de cortante.

En los siguientes diagramas que se realizan, se observa las áreas positivas y negativas de cada esfuerzo interno. En el caso del axil al tener un valor de cero no podemos realizar el siguiente diagrama, solo se mostrará el axil y cortante.

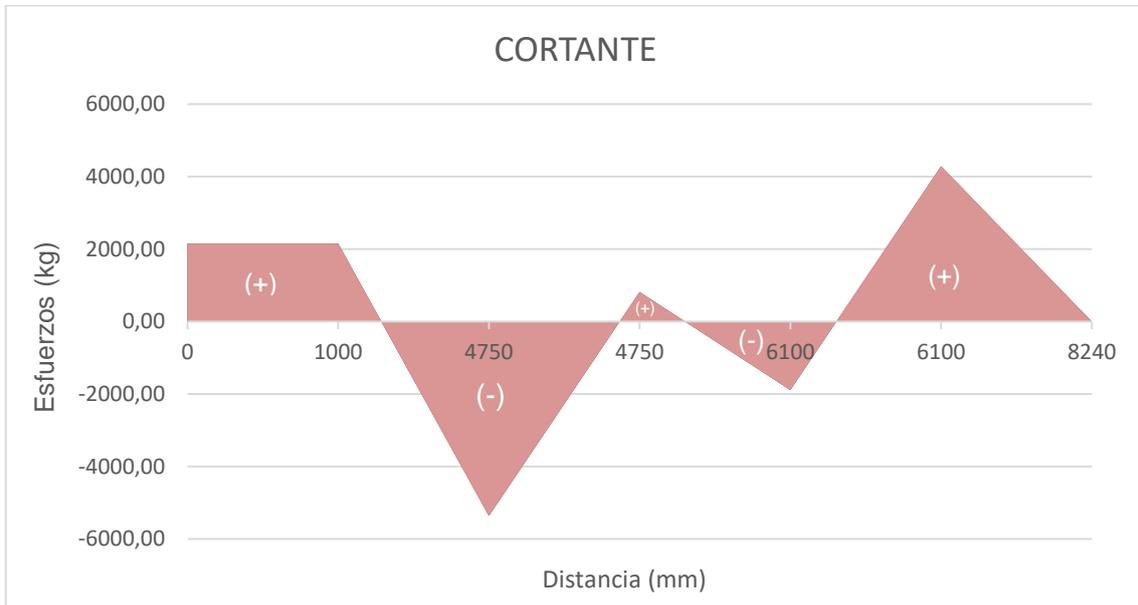


Figura 22. Signos del esfuerzo cortante en la estructura

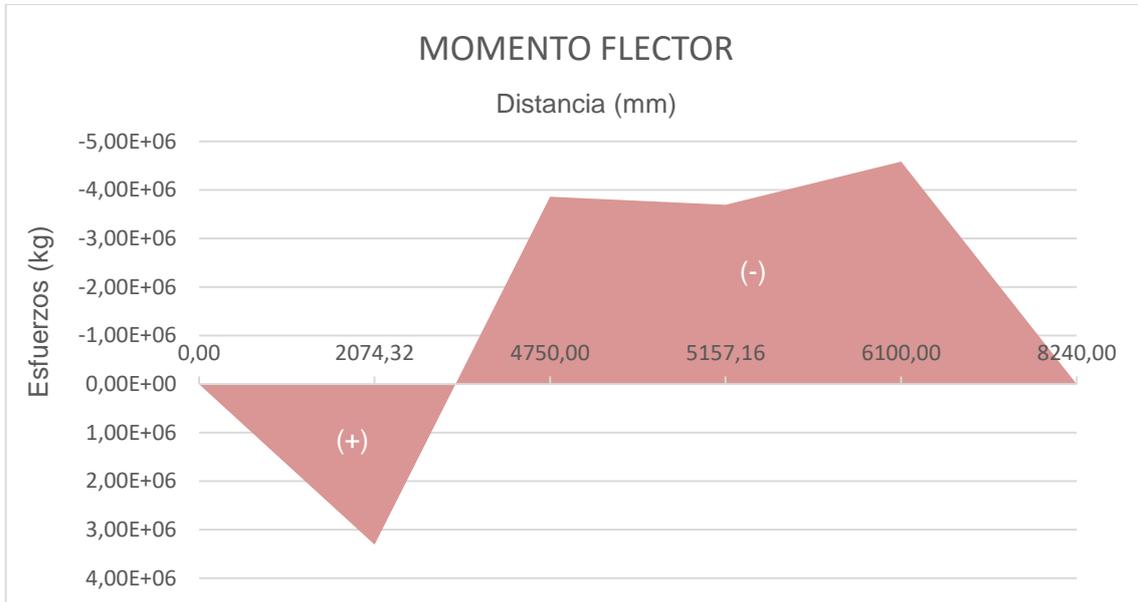


Figura 23. Signos del momento flector en la estructura

Como se observa en los diagramas (Figura 22 y 23) se interpreta con el signo (+) tanto el cortante como el momento flector que actúa en sentido positivo hacia la estructura y con el signo (-) el esfuerzo que actúa en sentido negativo hacia la estructura.

1.2. Coeficiente de seguridad del bastidor

1.2.1. Conceptos previos [3]

Cuando se realiza la reforma de un vehículo y en el caso de nuestro proyecto, la instalación de una caja de carga al vehículo, se realiza superponiendo la nueva carrocería al bastidor ya existente. Este bastidor se suele reforzar con otro perfil adicional (sobrebastidor o falso bastidor) para poder obtener un coeficiente de seguridad óptimo que asegure la vida del chasis del vehículo. Este bastidor está formado principalmente por dos largueros de acero situados longitudinalmente a lo largo del vehículo con una perfil de sección transversal en forma de “U”, y sobre el bastidor auxiliar se colocará la caja de carga instalada en la reforma.

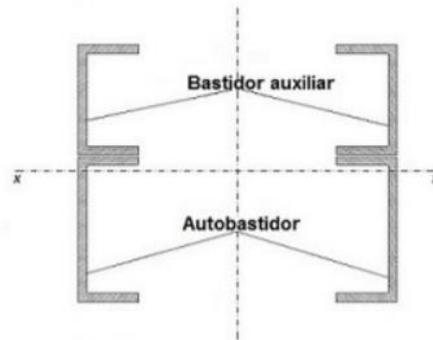


Figura 24. Estructura portante del vehículo

Para la comprobación por resistencia de la sección de la estructura portante que conforman tanto el autobastidor y por el sobrebastidor auxiliar, es necesario conocer el comportamiento del mismo a flexión pura y al cortante, para luego comprobar que cumple con un coeficiente de seguridad adecuado para su circulación.

Primeramente es necesario conocer el *Módulo Resistente a Flexión* (W_x). Este momento resistente o módulo resistente es una característica puramente geométrica que depende exclusivamente de la forma y dimensiones que tenga la sección transversal del perfil estructural que se esté estudiando.

- Ecuación de resistencia a flexión

El peso de la caja instalada flexionará todo el perfil del bastidor del vehículo al estar éste sometido a fuerzas perpendiculares a su eje longitudinal, debido al peso propio de la caja instalada como a la del resto de carga o mercancía que pueda transportar. Este peso va a originar a lo largo del bastidor una distribución de esfuerzos flectores, también llamado momento flector (M), que va a hacer que flexiones el perfil que forma la estructura del vehículo. Esta flexión va a generar unos niveles de tensiones internas en la sección del perfil que van a ser tensiones de tracción en la parte superior y de compresión en la parte inferior, existiendo una zona del perfil donde las tensiones serán nulas y corresponde al denominado “eje neutro” de la sección del perfil.

El valor de esta tensión normal de trabajo o tensión de flexión (σ_f) debida al momento flector (M), viene calculada por la siguiente ecuación de resistencia a flexión:

$$\sigma_f = \left(\frac{M}{W_x} \right) \tag{A.62}$$

donde:

- M es el valor del momento flector en el punto del bastidor que se esté considerando
- W_x es el módulo o momento resistente a flexión de la sección transversal del perfil que conforma el bastidor

Por lo tanto, para conocer el nivel de tensiones (σ_f) que se está generando en la sección del perfil, es necesario calcular previamente el valor del momento resistente respecto al eje x-x neutro de la sección, que es el eje de flexión del perfil que conforma el bastidor del vehículo.

- **Fórmula del momento resistente**

Este momento resistente se determina mediante la siguiente fórmula que permite calcular el módulo resistente a flexión de la sección de cualquier perfil estructural: [15]

$$W_x = \left(\frac{I_{xx}}{y_{m\acute{a}x}} \right) \quad (\text{A.63})$$

donde:

- I_{xx} es el momento de inercia del perfil respecto al eje x-x o eje neutro de la sección
- $y_{m\acute{a}x}$ es la distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma

Por lo tanto para conocer el momento resistente (W_x) es necesario conocer previamente la posición del eje neutro en la sección del perfil.

- **Eje neutro de la sección**

Como se ha mencionado anteriormente, para el cálculo del módulo resistente es necesario determinar la posición del *eje neutro*, zona donde se anula el nivel tensional, separando la parte inferior sometida a tracción de la parte superior comprimida.

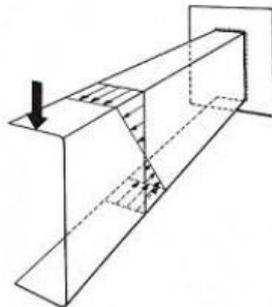


Figura 25. Distribución de esfuerzos tensionales internos en un perfil

Esta parte nula se puede definir como la zona de transición entre la tracción y la compresión, donde las tensiones van a ser nulas.

La determinación de la posición del eje neutro, del cual obtendremos el valor de $y_{m\acute{a}x}$, y del momento de inercia (I_{xx}) es sencillo cuando los perfiles guardan cierta simetría en su forma respecto a sus ejes principales. En un bastidor donde los perfiles principales sean en forma de "C", su eje neutro x-x sería el eje que divide la altura del perfil en dos partes iguales.

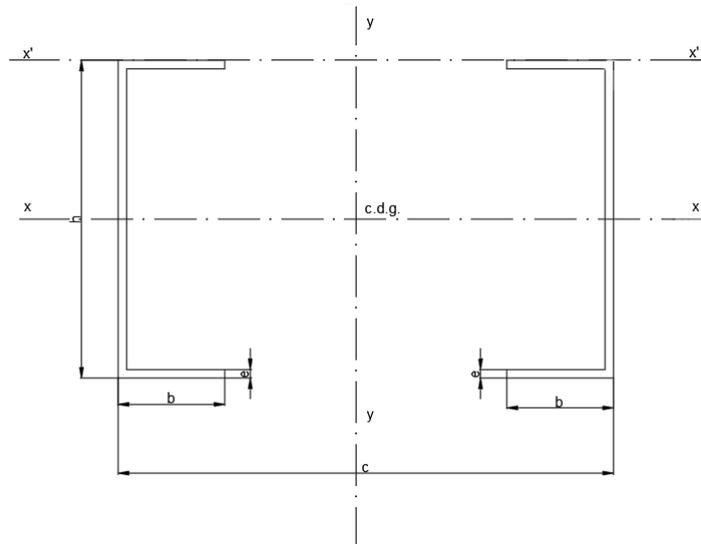


Figura 26. Perfiles estructurales con simetría

Siendo en este caso $y_{m\acute{a}x} = h/2$ siendo h la altura total del perfil. En ese caso existe la simetría anteriormente mencionada, por lo que la fibra más alejada de la sección se encuentra a una altura $h/2$ del eje neutro del perfil, coincidiendo con la posición del centro de gravedad.

No obstante, en la mayoría de casos, y en el caso de nuestra reforma, los bastidores utilizados se refuerzan de manera que se modifica el eje neutro $y-y$ vertical, modificando la posición del eje neutro $x-x$ horizontal.

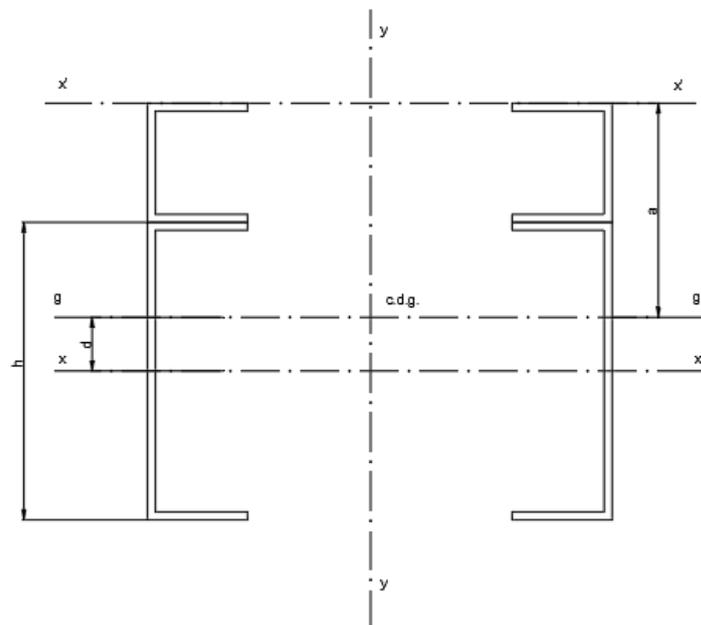


Figura 27. Perfiles estructurales reforzados

En nuestro caso se trata de un bastidor reforzado con un perfil de menor tamaño en el ala superior. En esta situación se observa que el vertical $y-y$ sigue siendo el eje neutro, pero el eje $x-x$ anterior, dejaría de ser el eje neutro y en este caso sería el eje $g-g$, que quedaría separado por una distancia " d " del eje $x-x$ anterior.

- Momento de inercia de la sección. Teorema de Steiner

Para la determinación del eje neutro de una sección, es necesario conocer previamente la definición de *momento estático* de una figura plana, y como caso general, la teoría de momento de orden "n". En este sentido, se define el momento de orden "n" de una figura plana, respecto de un punto, de un eje o de un plano, a la suma de los productos elementales de superficie por la distancia al punto, al eje o al plano, elevada a la potencia "n". [4]

$$M_n = \sum dA \cdot y^n \tag{A.64}$$

- Cuando n=1, recibe el nombre de momento estático (ME)

$$ME = \sum dA \cdot y \tag{A.65}$$

- Cuando n=2, recibe el nombre de momento de inercia (I)

$$I = \sum dA \cdot y^2 \tag{A.66}$$

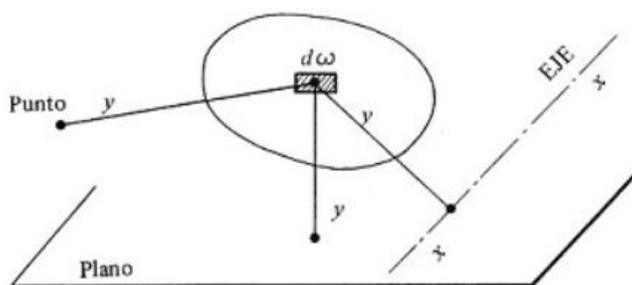


Figura 28. Representación del momento de orden "n"

Por otra parte, tenemos el *Teorema de Steiner*. Este teorema supone que conocido el momento de inercia de una figura plana respecto de un eje que pasa por su centro de gravedad (I_{xx}), entonces se tiene que el momento de inercia respecto de otro eje cualquiera paralelo al primero ($I_{x'x'}$), es igual al momento de inercia respecto al eje que pasa por el centro de gravedad, más el producto del área de la figura por el cuadrado de la distancia entre dichos ejes, quedando la siguiente fórmula:

$$I_{x'x'} = I_{xx} + A \cdot d^2 \tag{A.67}$$

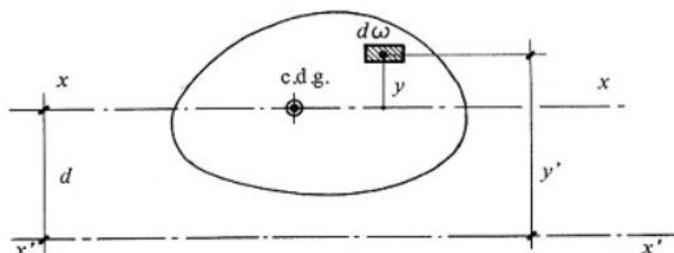


Figura 29. Representación del Teorema de Steiner

Y por lo tanto, se tiene que el momento estático del área total de una figura plana respecto de un eje distinto y paralelo al eje neutro, es igual a la suma de los momentos de cada una de las áreas elementales que componen a la figura considerada respecto al citado eje, es decir:

$$a \cdot A = \sum dA \cdot y \quad (\text{A.68})$$

donde:

- a es la distancia del eje de referencia $x'-x'$ al eje neutro
- A es el área total de la figura plana
- dA es cada área elemental que compone a la figura plana
- y es la distancia del c.d.g. de cada área elemental al eje $x'-x'$ de referencia

Como se verá en los cálculos posteriores, resulta conveniente para el cálculo del eje neutro del perfil de un bastidor considerar como eje de referencia el que coincide con la cota más alta y paralelo al eje $x-x$ del perfil, es decir, a su fibra más alejada de la sección del perfil.

1.2.2. Cálculo del momento de inercia

En este siguiente apartado se va a proceder a calcular el momento de inercia del perfil de la estructura formado por el autobastidor y el bastidor auxiliar, para en el siguiente apartado calcular el momento resiste del mismo y con ello realizar las comprobaciones necesarias a flexión pura y a cortante y obtener el coeficiente de seguridad de la estructura.

Las dimensiones necesarias para realizar los cálculos se muestran en la siguiente figura:

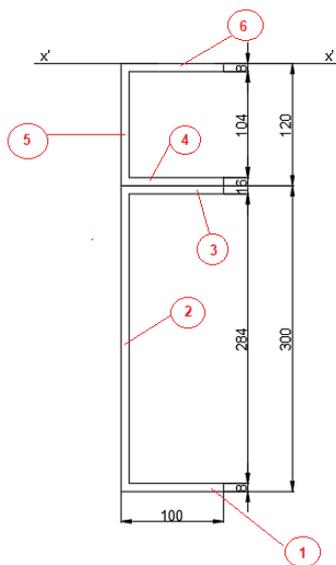


Figura 30. Dimensiones del autobastidor y del bastidor auxiliar

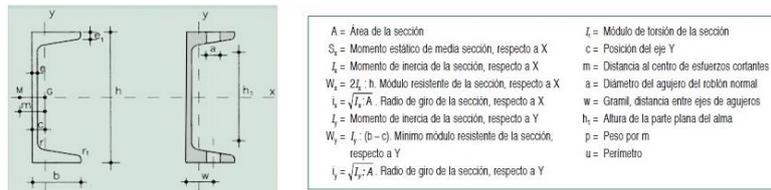
Perfil Autobastidor	Medida (mm)
Base (b)	100
Altura (h)	300
Espesor (e)	8

Perfil Bastidor Auxiliar	Medida (mm)
Base (b)	100
Altura (h)	120
Espesor (e)	8

Tabla 13. Dimensiones del conjunto autobastidor-bastidor auxiliar

El cálculo del momento de inercia de cada perfil se va a realizar de manera manual, ya que las medidas de los perfiles no corresponden con medidas estándar recogidas en prontuarios de perfiles como se ha comprobado.

Como se observa en la Figura 30, para un perfil UPN (perfil con la forma “[“), si tomamos un UPN120 y UPN300, ya que disponemos de estos dos perfiles, las dimensiones de nuestra estructura no corresponde con el espesor y la base de esos perfiles normalizados, por lo que no podemos tomar los datos del prontuario de perfiles UPN. Por lo tanto, para facilitar el cálculo, se va a descomponer la sección transversal de ambos perfiles en distintas áreas formando rectángulos, numeradas con el 1, 2, 3, 4, 5 y 6, según se muestra en la Figura 29.



Perfil	Dimensiones								Términos de sección										Agujeros		Peso	
	h	b	e	e ₁ =f	r ₁	r ₂	h ₁	u	A	S _x	I _x	W _x	i _x	I _y	W _y	i _y	I _z	c	m	w		a
UPN 80	80	45	6.0	8.0	4.0	46	312	11.0	15.9	106	26.5	3.10	19.4	6.36	1.33	2.24	1.45	2.67	25	13	8.64	C
UPN 100	100	50	6.0	8.5	4.5	64	372	13.5	24.5	206	41.2	3.91	29.3	8.49	1.47	2.96	1.55	2.93	30	17	10.60	P
UPN 120	120	55	7.0	9.0	4.5	82	434	17.0	36.3	364	60.7	4.62	43.2	11.10	1.59	4.30	1.60	3.03	30	17	13.40	P
UPN 140	140	60	7.0	10.0	5.0	98	489	20.4	51.4	605	86.4	5.45	82.7	14.80	1.75	6.02	1.75	3.37	35	17	16.00	P
UPN 160	160	65	7.5	10.5	5.5	115	546	24.0	68.8	925	116.0	6.21	85.3	18.30	1.89	7.81	1.84	3.56	35	21	18.80	P
UPN 180	180	70	8.0	11.0	5.5	133	611	28.0	89.6	1350	150.0	6.95	114.0	22.40	2.02	9.98	1.92	3.75	40	21	22.00	P
UPN 200	200	75	8.5	11.5	6.0	151	661	32.2	114.0	1910	191.0	7.70	148.0	27.00	2.14	12.60	2.01	3.94	40	23	25.30	P
UPN 220	220	80	9.0	12.5	6.5	167	718	37.4	146.0	2690	245.0	8.48	197.0	33.60	2.30	17.00	2.14	4.20	45	23	29.40	P
UPN 240	240	85	9.5	13.0	6.5	184	775	42.3	179.0	3600	300.0	9.22	248.0	39.60	2.42	20.80	2.23	4.39	45	25	33.20	P
UPN 260	260	90	10.0	14.0	7.0	200	834	48.3	221.0	4820	371.0	9.99	317.0	47.70	2.56	23.70	2.36	4.66	50	25	37.90	P
UPN 280	280	95	10.0	15.0	7.5	216	890	53.3	266.0	6280	448.0	10.90	399.0	57.20	2.74	33.20	2.53	5.02	50	25	41.80	P
UPN 300	300	100	10.0	16.0	8.0	232	950	58.8	316.0	8030	535.0	11.70	495.0	67.80	2.90	40.60	2.70	5.41	55	25	46.20	P

Figura 31. Prontuario de perfiles UPN

Para facilitar el cálculo, se va a descomponer la sección transversal de ambos perfiles en distintas áreas formando rectángulos, numeradas con el 1, 2, 3, 4, 5 y 6, según se muestra en la Figura 29 y con las siguientes dimensiones:

Rectángulo/ Área	Medidas (mm)
1	100 x 8
2	284 x 8
3	100 x 8
4	100 x 8
5	104 x 8
6	100 x 8

Tabla 14. Dimensiones rectángulos

En primer lugar se va a determinar la posición del eje neutro de la sección de la estructura con respecto al eje de referencia x'-x'. Para ello, se calculan los momentos estáticos respecto a dicho eje de cada una de las áreas, rectángulos, que componen la sección total. Para ello se utilizará la ecuación A.65 anteriormente mencionada para el cálculo de los momentos estáticos, multiplicando para cada rectángulo su área por la distancia de su centro de gravedad al eje x'-x':

$$ME = A \cdot y \tag{A.69}$$

- ÁREA 1:

$$ME_1 = 100 \cdot 8 \cdot \left(300 + 120 - \left(\frac{8}{2} \right) \right) = 332.800 \text{ mm}^3 \quad (\text{A.70})$$

- ÁREA 2:

$$ME_2 = 284 \cdot 8 \cdot \left(120 + \left(\frac{300}{2} \right) \right) = 613.440 \text{ mm}^3 \quad (\text{A.71})$$

- ÁREA 3:

$$ME_3 = 100 \cdot 8 \cdot \left(120 + \left(\frac{8}{2} \right) \right) = 99.200 \text{ mm}^3 \quad (\text{A.72})$$

- ÁREA 4:

$$ME_4 = 100 \cdot 8 \cdot \left(120 - \left(\frac{8}{2} \right) \right) = 92.800 \text{ mm}^3 \quad (\text{A.73})$$

- ÁREA 5:

$$ME_5 = 104 \cdot 8 \cdot \frac{120}{2} = 49.920 \text{ mm}^3 \quad (\text{A.74})$$

- ÁREA 6:

$$ME_6 = 100 \cdot 8 \cdot \frac{8}{2} = 3.200 \text{ mm}^3 \quad (\text{A.74})$$

Por lo tanto el momento estático total de la sección del perfil, es decir la estructura formada por los dos perfiles es la siguiente:

$$ME_T = ME_1 + ME_2 + ME_3 + ME_4 + ME_5 + ME_6 \quad (\text{A.75})$$

$$ME_T = 332.800 + 613.440 + 99.200 + 92.800 + 49.920 + 3.200 = 1.191.360 \text{ mm}^3 \quad (\text{A.76})$$

Por otro lado los valores de las áreas utilizados y en las que se ha dividido el perfil son los siguientes:

$$A_1 = b \cdot h = 100 \cdot 8 = 800 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.77})$$

$$A_2 = b \cdot h = 284 \cdot 8 = 2.272 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.78})$$

$$A_3 = b \cdot h = 100 \cdot 8 = 800 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.79})$$

$$A_4 = b \cdot h = 100 \cdot 8 = 800 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.80})$$

$$A_5 = b \cdot h = 104 \cdot 8 = 832 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.81})$$

$$A_6 = b \cdot h = 100 \cdot 8 = 800 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.82})$$

Y por lo tanto el área total de la sección del perfil que forma la estructura de los dos bastidores será:

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.83})$$

$$A_T = 800 + 2.272 + 800 + 800 + 832 + 800 = 6.304 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.84})$$

Una vez calculados los valores del momento estático y del área de la sección total del perfil completo, es necesario conocer la distancia (a) desde el eje de referencia x'-x' al eje neutro. Se calculará dividiendo el momento estático por el área total de la sección del perfil:

$$a = \frac{ME_T}{A_T} \quad (\text{A.85})$$

$$a = \frac{1.191.360}{6.304} = 188,984 \text{ mm} \quad (\text{A.86})$$

Por lo tanto la distancia del eje neutro a la fibra más alejada de la sección completa, formada por los dos perfiles valdrá:

$$y_{max} = (300 + 120) - 188,984 = 231,015 \text{ mm} \quad (\text{A.87})$$

Una vez determinados estos datos, es necesario calcular el momento de inercia (I_{xx}) de la sección completa respecto de su eje neutro. Para ello se va a calcular por separado, para cada una de las secciones o áreas que componen la sección completa de los dos perfiles. Estos momentos de inercia se calcularán respecto al eje que pasa por cada c.d.g. de cada rectángulo y posteriormente mediante el Teorema de Steiner, se obtendrá el momento respecto del eje neutro de la sección completa.

El momento de inercia para un rectángulo queda definido mediante las siguientes ecuaciones respecto de cada eje de referencia:

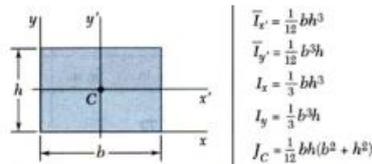


Figura 32. Momento de inercia de un rectángulo

En nuestro caso utilizaremos respecto del eje x y del eje y, dependiendo de la posición de nuestro rectángulo. Por otro lado, para calcular el momento de inercia respecto del eje neutro (Teorema de Steiner) se utilizará la ecuación A.67 anteriormente mencionada.

Para cada área obtenemos los siguientes resultados:

- ÁREA 1:

Distancia del c.d.g. respecto al eje neutro:

$$d_1 = (300 + 120) - \left(\frac{8}{2}\right) - 188,984 = 227,015 \text{ mm} \quad (\text{A.88})$$

Momento de inercia respecto del eje que pasa por el c.d.g.

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 8^3 = 4.266,67 \text{ mm}^4 \quad (\text{A.89})$$

Momento de inercia respecto al eje neutro (Steiner)

$$I_{S1} = I_1 + A_1 * d_1^2 \quad (\text{A.90})$$

$$I_{S1} = 4.266,67 + 800 \cdot 227,015^2 = \mathbf{41.232.997,82 \text{ mm}^4} \quad (\text{A.91})$$

- ÁREA 2:

Distancia del c.d.g. respecto al eje neutro:

$$d_2 = 300 + 120 - 188,984 - 8 - \left(\frac{284}{2}\right) = 81,015 \text{ mm} \quad (\text{A.92})$$

Momento de inercia respecto del eje que pasa por el c.d.g.

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot 8 \cdot 284^3 = 15.270.869,3 \text{ mm}^4 \quad (\text{A.93})$$

Momento de inercia respecto al eje neutro (Steiner)

$$I_{S2} = I_2 + A_2 * d_2^2 \quad (\text{A.94})$$

$$I_{S1} = 15.270.869,3 + 2272 \cdot 81,015^2 = \mathbf{30.183.066,9 \text{ mm}^4} \quad (\text{A.95})$$

- ÁREA 3:

Distancia del c.d.g. respecto al eje neutro:

$$d_3 = 188,94 - 120 - \left(\frac{8}{2}\right) = 64,984 \text{ mm} \quad (\text{A.96})$$

Momento de inercia respecto del eje que pasa por el c.d.g.

$$I_3 = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 8^3 = 4.266,67 \text{ mm}^4 \quad (\text{A.97})$$

Momento de inercia respecto al eje neutro (Steiner)

$$I_{S3} = I_3 + A_3 * d_3^2 \quad (\text{A.98})$$

$$I_{S3} = 4.266,67 + 800 \cdot 64,984^2 = \mathbf{3.382.683,096 \text{ mm}^4} \quad (\text{A.99})$$

- ÁREA 4:

Distancia del c.d.g. respecto al eje neutro:

$$d_4 = 188,94 - 120 + \left(\frac{8}{2}\right) = 72,984 \text{ mm} \quad (\text{A.100})$$

Momento de inercia respecto del eje que pasa por el c.d.g.

$$I_4 = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 8^3 = 4.266,67 \text{ mm}^4 \quad (\text{A.101})$$

Momento de inercia respecto al eje neutro (Steiner)

$$I_{S4} = I_4 + A_4 \cdot d_4^2 \quad (\text{A.102})$$

$$I_{S4} = 4.266,67 + 800 \cdot 72,984^2 = \mathbf{4.265.688,172 \text{ mm}^4} \quad (\text{A.103})$$

- ÁREA 5:

Distancia del c.d.g. respecto al eje neutro:

$$d_5 = 188,94 - \left(\frac{120}{2}\right) = 128,984 \text{ mm} \quad (\text{A.104})$$

Momento de inercia respecto del eje que pasa por el c.d.g.

$$I_4 = \frac{1}{12} \cdot 8 \cdot 104^3 = 749.909,333 \text{ mm}^4 \quad (\text{A.105})$$

Momento de inercia respecto al eje neutro (Steiner)

$$I_{S5} = I_5 + A_5 \cdot d_5^2 \quad (\text{A.106})$$

$$I_{S5} = 749.909,333 + 832 \cdot 128,984^2 = \mathbf{14.591.952,65 \text{ mm}^4} \quad (\text{A.107})$$

- ÁREA 6:

Distancia del c.d.g. respecto al eje neutro:

$$d_6 = 188,94 - \left(\frac{8}{2}\right) = 184,984 \text{ mm} \quad (\text{A.108})$$

Momento de inercia respecto del eje que pasa por el c.d.g.

$$I_6 = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 8^3 = 4.266,67 \text{ mm}^4 \quad (\text{A.109})$$

Momento de inercia respecto al eje neutro (Steiner)

$$I_{S6} = I_6 + A_6 \cdot d_6^2 \quad (\text{A.110})$$

$$I_{S6} = 4.266,67 + 800 \cdot 184,984^2 = \mathbf{27.379.759,24 \text{ mm}^4} \quad (\text{A.111})$$

El momento de inercia total del perfil completo sería la suma de todos los momentos de inercia de los rectángulos o áreas que forman dicho perfil.

$$I_T = I_{S1} + I_{S2} + I_{S3} + I_{S4} + I_{S5} + I_{S6} \quad (\text{A.112})$$

$$I_T = 41.232.997,82 + 30.183.066,9 + 3.382.683,096 + 4.265.688,172 + 14.591.952,65 + 27.379.759,24 = \mathbf{121.036.147,9 \text{ mm}^4} \quad (\text{A.113})$$

1.1.2. Cálculo del momento resistente

Una vez tenemos el momento de inercia de todo el perfil completo, mediante la *ecuación A.63* anteriormente mencionada, determinaremos el momento resistente del perfil (W_x) con el que determinar posteriormente el cálculo a flexión de la sección más solicitada y así obtener el coeficiente de seguridad.

Tomaremos el momento de inercia anteriormente calculado y la distancia al eje neutro de la sección más alejada de el:

$$W_x = \left(\frac{121.036.147,9}{231,015} \right) = \mathbf{523.931,468 \text{ mm}^3} \quad (\text{A.114})$$

1.1.3. Comprobación a flexión de la sección más solicitada

En los siguientes apartados, comprobaremos que realmente el conjunto del bastidor original con el bastidor auxiliar cumple las condiciones de seguridad necesarias. Para ello es necesario comprobar aquellos puntos desfavorables donde se producen los momentos flectores máximos. En el caso de la flexión, según se muestra en la *Figura 21. Gráfico distribución de esfuerzos (Momento Flector)*, el momento máximo siendo el más desfavorable corresponde con el siguiente:

- Momento flector máximo: $-4,59 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ situado a una distancia de 6.100 mm, que corresponde con el 3º eje trasero.

Este valor deberá considerarse en valor absoluto, siendo positivo.

Una vez identificado el esfuerzo a flexión máximo, es necesario calcular el valor de la tensión normal que se genera en la sección del bastidor debida al momento flector, mediante la *ecuación A.62*, pero con una modificación en el denominador, multiplicando por dos el modulo resistente ya que el esfuerzo a flexión es resistido por los dos largueros que forman el bastidor del vehículo y sobre el que se apoya la caja de carga

$$\sigma_f = \frac{M}{2 \cdot W_x} \quad (\text{A.115})$$

Siendo los valores W_x y M calculados anteriormente:

$$\sigma_f = \frac{4,59 \times 10^6}{2 \cdot 523.931,468} = \mathbf{4,376 \text{ kg/mm}^2} \quad (\text{A.116})$$

Obteniendo una tensión a flexión pura de:

	Valor (kg/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Valor (MPa)
Tensión de Flexión (σ_f)	4,376	42,889	42,889

Tabla 15. Valores de tensión a flexión

Una vez calculada a tensión para el esfuerzo de flexión es necesario obtener el coeficiente de seguridad para comprobar que con una carga determinada y uniformemente repartida, la vida del chasis es correcta trabajando en estas condiciones.

Generalmente en los bastidores de vehículos se suele considerar un coeficiente de seguridad de 3 o mayor a este para las cargas dinámicas, factor considerado a partir de “Vehículo industrial y automóvil” de Muñoz García [5].

Para realizar dichas comprobaciones es necesario conocer el límite elástico de los perfiles de acero empleados en el bastidor, que dependerá del material que se ha empleado. En nuestro caso por recomendación del fabricante se ha empleado un acero con las siguientes propiedades:

Material	Denominación	Resistencia a tracción (kg/mm ²)	Límite de elasticidad (kg/mm ²)	Alargamiento a la rotura
Acero A-52	ST-52-3 (DIN-17100)	52-62	36	≥ 22%

Tabla 16. Calidad del acero empleado para el perfil

Una vez conocidos dichos datos se realizará la comprobación en la que el esfuerzo a flexión debe de ser siempre inferior que el límite elástico del material empleado, dividido por el coeficiente de seguridad mínimo que queremos obtener:

$$\sigma_f = \frac{M}{2 \cdot W_x} \leq \frac{\sigma_e}{n} \quad (\text{A.117})$$

$$\sigma_f = 4,376 \text{ kg/mm}^2 \leq \frac{36}{3} \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{A.118})$$

$$\sigma_f = 4,376 \text{ kg/mm}^2 \leq 12 \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{A.119})$$

Como se observa se cumple la condición de flexión pura, cumpliendo perfectamente.

1.1.4. Comprobación a cortadura y flexión de la sección más solicitada

Una vez comprobado la sección a flexión, es necesario analizar el esfuerzo cortante (V_z). Este genera una tensión de cortadura o tensión tangencial (τ) en la sección del perfil, que viene determinada por la siguiente expresión, conocida como *Distribución de Tensiones Tangenciales de Jourawski*:

$$\tau = \frac{V_z \cdot S_x}{e \cdot I_{xx}} \quad (\text{A.123})$$

donde:

- V_z es el esfuerzo cortante que actúa en la sección del perfil
- S_x es el momento estático de media sección respecto al eje x de flexión
- e es el espesor de pared del perfil que constituye la sección del perfil
- I_{xx} es el momento de inercia de la sección del perfil respecto al eje x de flexión

Esta tensión de cortadura será máxima en el eje x-x neutro de la sección, y nula en los extremos superior e inferior de la sección. En la siguiente figura se muestra el valor de las tensiones de cortadura máxima ($\tau_{m\acute{a}x}$) para los tipos de secciones de bastidor más comúnmente empleadas en las aplicaciones de reformas de vehículos. En todos estos casos, el esfuerzo cortante (V_z) actúa siempre paralelamente al eje z vertical y pasa por la línea que contiene el centro de los esfuerzos cortantes de la sección.

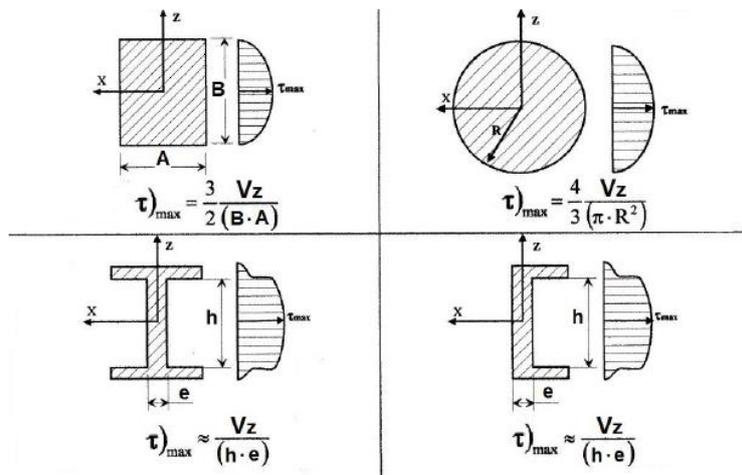


Figura 33. Valor de tensiones de cortadura para diferentes perfiles

En nuestro caso, perfiles estructurales abiertos de pared delgada en forma de “[”, el esfuerzo cortante es absorbido casi en su totalidad por el alma que constituye la pared vertical del perfil, siendo prácticamente nula la aportación de las alas horizontales del perfil en resistir la acción del esfuerzo cortante.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el esfuerzo cortante (V) actuante tiene que ser absorbido por los dos largueros que conforman el bastidor del vehículo, la tensión de cortadura (τ) máxima que se genera en cada larguero del bastidor, se puede expresar como:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{V}{2 \cdot A_c} \quad (\text{A.124})$$

Donde A_c es la denominada área de cortadura de la sección del bastidor, que es la que absorbe todo el esfuerzo cortante, siendo para perfiles con pared delgada de sección “[“ la siguiente:

$$A_c = \frac{2}{3} \cdot h \cdot e \quad (\text{A.125})$$

donde:

- h es la altura del alma del perfil
- e es el espesor de la pared del perfil

En este caso, como se ha mencionado a lo largo de todo el proyecto, la altura total del alma del bastidor será la suma de la altura del alma del autobastidor más la del bastidor auxiliar como se observa en la *Figura 30*, es decir $h = h_1 + h_2$. En definitiva, sustituyendo las anteriores expresiones a la ecuación A.124 se obtiene la siguiente expresión:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{V}{2 \cdot \frac{2}{3} \cdot h \cdot e} \quad (\text{A.126})$$

Para ello es necesario comprobar aquellos puntos desfavorables donde se producen los esfuerzos cortantes máximos. En el caso de la flexión, según se muestra en la *Figura 20. Gráfico distribución de esfuerzos (Cortante)*, el cortante máximo siendo el más desfavorable corresponde con el siguiente:

- Esfuerzo cortante: **-5.358,746 Kg** situado a una distancia de 4.750 mm, que corresponde con el 2º eje trasero.

Este valor deberá considerarse en valor absoluto, siendo positivo.

Una vez tenemos los datos, se obtendrá la tensión a cortadura:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{5.358,746}{2 \cdot \frac{2}{3} \cdot (300 + 120) \cdot 8} = 1,196 \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{A.127})$$

	Valor (kg/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Valor (MPa)
Tensión a Cortadura ($\tau_{m\acute{a}x}$)	1,196	11,722	11,722

Tabla 17. Valores a tensión de cortadura

Una vez calculados los valores de las tensiones normales debida a flexión (σ_f) y las tangenciales máximas debido a cortadura ($\tau_{m\acute{a}x}$), se obtendrá la tensión equivalente (σ_{eq}) o tensión de Von Mises para el caso de flexión simple, mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt[3]{\sigma_f^2 + 3\tau_{m\acute{a}x}^2} \quad (\text{A.128})$$

Dicha tensión tendrá que ser inferior o igual a la tensión límite del acero empleado en los perfiles dividido por el coeficiente de seguridad mínimo, que en el caso de los perfiles es de 3:

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt[3]{\sigma_f^2 + 3 \cdot \tau_{m\acute{a}x}^2} \leq \frac{\sigma_e}{n} \quad (\text{A.129})$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt[3]{4,376^2 + 3 \cdot 1,196^2} = 2,861 \text{ kg/mm}^2 \leq \frac{36}{3} \quad (\text{A.130})$$

$$\sigma_{equivalente} = 2,861 \text{ kg/mm}^2 \leq 12 \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{A.131})$$

Con estos resultados se puede decir que el perfil del bastidor original y del falso bastidor cumple perfectamente con todas las solicitudes requeridas para dicha estructura.

1.1.5. Coeficiente de seguridad del bastidor

Una vez comprobado la sección del perfil a flexión y a cortadura, es necesario calcular el coeficiente de seguridad de la estructura en su conjunto para comprobar que dicho chasis del vehículo posee una configuración correcta a lo largo de la vida del mismo.

Tomaremos como referencia el límite elástico del material (σ_e) del que se ha fabricado el bastidor y el refuerzo, cumpliendo que:

$$\sigma_{equivalente} \leq \sigma_e \quad (\text{A.132})$$

Tomando el dato que se proporciona en la *Tabla 16. Calidad del acero empleado para el perfil* del límite elástico se cumple que:

$$\sigma_{equivalente} = 2,861 \text{ kg/mm}^2 < \sigma_e = 36 \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{A.133})$$

Por último, el coeficiente de seguridad para el trabajo conjunto del bastidor reforzado viene dado por:

$$n = \frac{\sigma_e}{\sigma_{equivalente}} \geq 3 \quad (\text{A.134})$$

$$n = \frac{36}{2,861} = 12,579 \geq 3 \quad (\text{A.135})$$

Como se observa, se obtiene un coeficiente de seguridad de 12, superior al recomendado para las cargas dinámicas, según la referencia del "Vehículo industrial y automóvil" de Muñoz García [5]. Este valor cuanto más elevado sea, indicará una mayor seguridad ante al fallo. Mientras que si su valor es inferior a uno, no siendo este el caso, supondría inseguridad o probabilidad elevada de que ocurra el fallo.

1.3. Estudio de la estabilidad estática

Para realizar los cálculos pertinentes a la estabilidad del vehículo, tanto longitudinal como transversal, es necesario obtener la posición, en concreto la altura respecto al suelo, del centro de gravedad del sistema. Este c.d.g. se consigue, obteniendo el centro de cada elemento que compone el sistema, en nuestro caso el vehículo más la caja abierta.

Conocemos el centro de gravedad de la caja, obtenido según los cálculos realizados en el apartado 1.1.2. *Cálculo del centro de gravedad*, por lo tanto, necesitamos conocer también la del propio vehículo.

El primer paso, será conocer la posición en la que se encuentra el c.d.g. a lo largo del eje longitudinal del vehículo. Para ello, es necesario realizar un sumatorio de momentos de las diferentes fuerzas ejercidas, respecto del eje delantero tal y como se muestra a continuación.

Los datos respecto a las masas, se observan en la *tabla 7* del documento *1.Memoria* y el valor de la distancia entre el 1º eje y el punto medio del 2º y 3º eje se obtienen de la *tabla 5*.

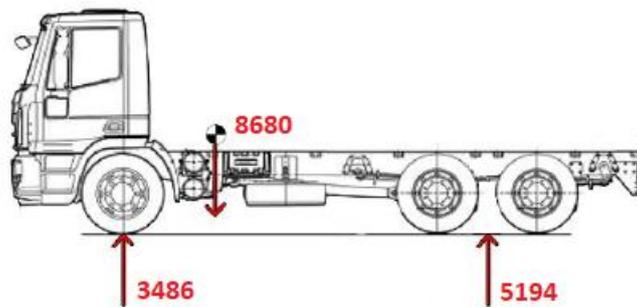


Figura 34. Esquema de distribución de masas

$$\sum M_{1^{\circ} eje} = 0 \quad (\text{A.136})$$

$$\sum M_{1^{\circ} eje} = (5194 \cdot (p + \frac{c}{2})) - (8.680 \cdot X_G) = 0 \quad (\text{A.137})$$

$$(5.194 \cdot (4.750 + 675)) - (8.680 \cdot X_G) = 0 \quad (\text{A.138})$$

$$X_G = 3.246,25 \text{ mm} \quad (\text{A.139})$$

Una vez obtenido el valor en el que se encuentra el c.d.g respecto del eje de coordenadas, es necesario averiguar la altura respecto al suelo a la que se encuentra. Este dato se obtiene de forma similar, pero ahora situando el vehículo en un plano inclinado (Figura 35), con una pendiente máxima del 30%, siendo esta la situación típica en la que se sitúa a los vehículos en parado.

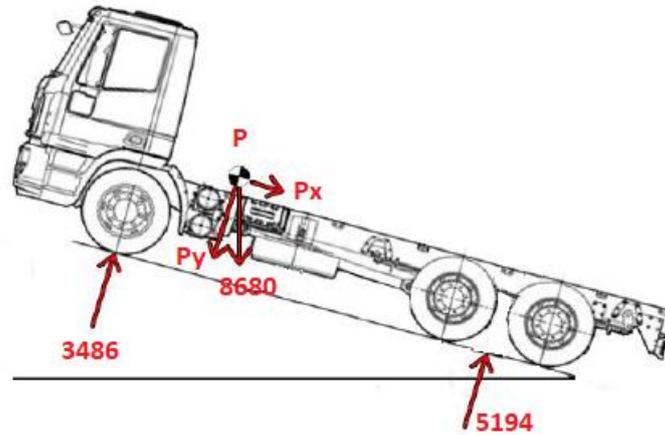


Figura 35. Esquema de distribución de masas en pendiente

Este porcentaje de inclinación, corresponde a un triángulo con una altura de 30 mm respecto de 100 mm de longitud, obteniendo un ángulo de pendiente:

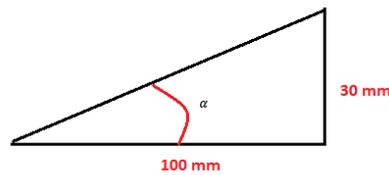


Figura 36. Componentes de la pendiente

$$\text{sen } \alpha = \frac{30}{h} \quad (\text{A.140})$$

$$\text{cos } \alpha = \frac{100}{h} \quad (\text{A.141})$$

$$\text{tan } \alpha = \frac{\text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha} = \frac{30/h}{100/h} \quad (\text{A.142})$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{30}{100} \right) = 16,7^\circ \quad (\text{A.143})$$

De esta manera, si volvemos a realizar el sumatorio de momentos respecto del 1º eje delantero, forzaremos a que la componente horizontal del peso del camión produzca un momento con respecto a la altura a la que se encuentre, tal y como se muestra en la figura 35.

$$\sum M_{1^{\circ} eje} = \left(5.194 \cdot \left(p + \frac{c}{2} \right) \right) - (8.680 \cdot X_G \cdot \cos \alpha) - (8.680 \cdot Y_G \cdot \sin \alpha) = 0 \quad (\text{A.144})$$

$$(5.194 \cdot (4.750 + 675)) - (8.680 \cdot 3.246,25 \cdot \cos 16,7) - (8.680 \cdot Y_G \cdot \sin 16,7) = 0 \quad (\text{A.145})$$

$$Y_G = 476,47 \text{ mm} \quad (\text{A.146})$$

Esta altura, representa en la realidad, la altura a la que se encuentra el centro de gravedad respecto a los ejes del vehículo. Por ello, es necesario saber la altura respecto del suelo, sumándole el radio del neumático del vehículo. Los neumáticos que disponemos en todos los ejes son del tipo 315/80 R22.05 154/150M. Esta nomenclatura nos indica los siguientes valores mediante la siguiente ayuda para la interpretación:

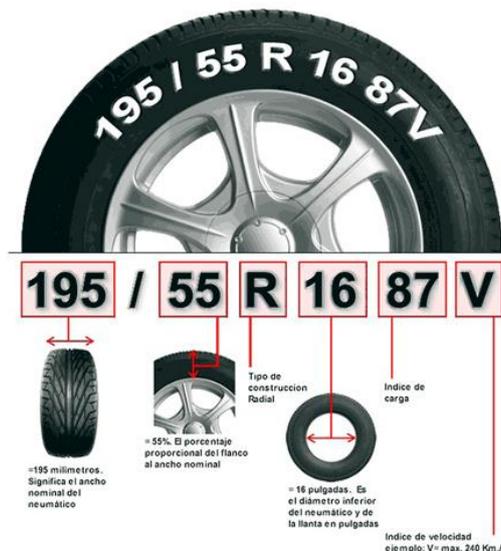


Figura 37. Interpretación nomenclatura neumático

Lectura	Significado	Valor
315	Ancho nominal de la rueda	315 mm
80	Porcentaje del flanco al ancho nominal	$315 \cdot 80\% = 252 \text{ mm}$
R	Construcción radial	-
22.05	Diámetro inferior del neumático y de la llanta en pulgadas (1" = 25,4 mm)	$22,05" \cdot 25,4 \text{ mm} = 560,07 \text{ mm}$
154/150	Índice de carga	Peso máximo = 3.350/3.750 kg
M	Índice de velocidad	Velocidad máximo = 130 km/h

Tabla 18. Valores del neumático

Por lo tanto el valor del radio del neumático será:

$$h_r = \frac{560,07 + 2 \cdot 252}{2} = 532,35 \text{ mm} \quad (\text{A.147})$$

Que sumado a la altura anterior del c.d.g. respecto al eje, queda una altura total de:

$$h_g = Y_G + h_r = 476,47 + 532,35 = 1.008,82 \text{ mm} \quad (\text{A.148})$$

Una vez tenemos los datos del centro de gravedad del vehículo sin la caja y de la caja, es necesario conocer el c.d.g. del sistema en su conjunto. Los valores de la caja, tanto de la localización del c.d.g. como del peso, se obtienen de los cálculos realizados en el apartado 1.1.3. *Peso y límites de carga en cada eje.*

Lectura	X_G (mm)	h_g (mm)	M (kg)
Camión	3.246,25	1.008,82	8.680
Caja	3.620	1.405	2.390
Carga	3.620	1.405	14.500

Tabla 19. Valores de los c.d.g del sistema

Ahora se calcula el c.d.g. del vehículo base más la caja instala junto a la carga, es decir, del sistema al completo, mediante las siguientes ecuaciones donde se realizan sumatorios de centros de masas tanto para el eje de coordenadas como para el eje de abscisas:

$$\sum h_i \cdot m_i = h_G \cdot M \quad (\text{A.149})$$

$$\sum x_i \cdot m_i = X_G \cdot M \quad (\text{A.150})$$

Obteniendo así:

$$(1.008,82 \cdot 8.680) + (1.405 \cdot (2.390 + 14.500)) = h_G \cdot (8.680 + 2.390 + 14.500) \quad (\text{A.151})$$

$$(3.246,25 \cdot 8.680) + (3.620 \cdot (2.390 + 14.500)) = X_G \cdot (8.680 + 2.390 + 14.500) \quad (\text{A.152})$$

$$h_G = \frac{1.008,82 \cdot 8.680 + 1.405 \cdot 16.890}{25.570} = 1.270,51 \text{ mm} \quad (\text{A.153})$$

$$X_G = \frac{3.246,25 \cdot 8.680 + 3.620 \cdot 16.890}{25.570} = 3.493,12 \text{ mm} \quad (\text{A.154})$$

1.4. Estudio de la estabilidad dinámica

Para el estudio de la estabilidad dinámica se realizará en las condiciones más desfavorables de carga, donde se comprobará las velocidades máximas de vuelco y de derrape para los diferentes radios de curvatura y para diferentes peraltes.

Para poder comprender este apartado, primeramente es necesario aclarar que al describirse una trayectoria con cierta curvatura, aparece aplicada en su centro de gravedad, una fuerza centrífuga que tiende a empujar el vehículo hacia el exterior de dicha curva. Esta fuerza produce un esfuerzo lateral que deberá ser compensado por el vehículo mediante las fuerzas de adherencia producidas entre los neumáticos y el suelo, y un momento de vuelco.

Si se aumenta la velocidad del vehículo, siempre y cuando el sistema no derrape, se incrementará la fuerza centrífuga, llegando hasta cierto punto donde se produce la situación en la que las fuerzas ya no compensan este esfuerzo lateral, y el vehículo podría perder su trayectoria, produciendo la inestabilidad del mismo, generando un vuelco.

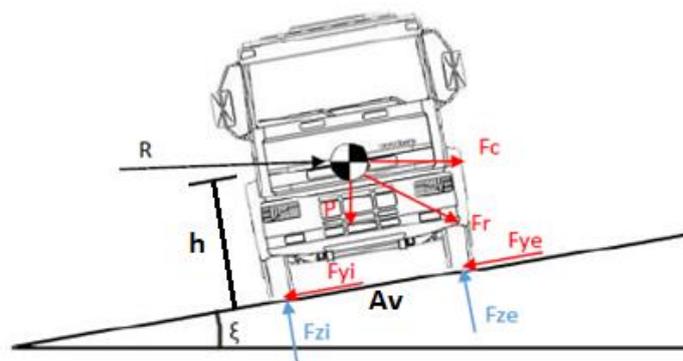


Figura 38. Esquema de estabilidad dinámica

Valor	Significado
R	Radio de la curva
ξ	Peralte de la curva
Fc	Fuerza centrífuga
Fzi	Fuerza normal de adherencia entre el suelo y los neumáticos interiores
Fyi	Fuerza tangencial de adherencia entre el suelo y los neumáticos interiores
Fye	Fuerza tangencial de adherencia entre el suelo y los neumáticos exteriores
Fze	Fuerza normal de adherencia entre el suelo y los neumáticos exteriores
P	Masa del vehículo
Av	Ancho de vía del vehículo
h	Altura del centro de gravedad del vehículo

Tabla 20. Significado valores de la Figura 37

1.4.1. Cálculo de la velocidad límite de vuelco

Si nos fijamos en el esquema de la *figura 37*, las fuerzas que aparecen sobre el vehículo podemos descomponerlas mediante sumatorios de fuerzas en cada uno de los ejes:

$$F_y = F_c \cdot \cos \xi - P \cdot \operatorname{sen} \xi \quad (\text{A.155})$$

$$F_z = P \cdot \cos \xi - F_c \cdot \operatorname{sen} \xi \quad (\text{A.156})$$

Por tanto, la ecuación para que no se produzca la condición de vuelco, puede escribirse como:

$$\frac{F_y}{F_z} = \frac{F_c \cdot \cos \xi - P \cdot \operatorname{sen} \xi}{P \cdot \cos \xi - F_c \cdot \operatorname{sen} \xi} = \frac{\frac{A_v}{2}}{h} \quad (\text{A.157})$$

Por otra parte, tenemos que la fuerza centrífuga se calcula como:

$$F_c = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot R} \quad (\text{A.158})$$

Donde:

- V es la velocidad del camión
- g es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)

Si sustituimos la *ecuación A.158* en la *ecuación A.157* y despejamos la variable de la velocidad, obtenemos la expresión para obtener la velocidad límite al vuelco:

$$V = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot \left(\frac{A_v}{2 \cdot h} + \tan \xi \right)}{1 - \frac{A_v}{2 \cdot h} \cdot \tan \xi}} \quad (\text{A.159})$$

Esta ecuación sería para el caso de que existiría un peralte. Pero en el caso de que no lo hubiera, la expresión anterior se reduciría a:

$$V = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot A_v}{2 \cdot h}} \quad (\text{A.160})$$

En esta expresión, el valor de la velocidad dependerá del radio de curvatura al que sometamos el vehículo.

Para los valores de radio y de peralte necesarios a utilizar en la ecuación, se tendrá en cuenta la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. «BOE» núm. 55, de 4 de marzo de 2016. En esta orden, se especifican los criterios, parámetros y valores que deben satisfacer la totalidad de las carreteras integrantes de cualquier red viaria española.

Será útil para los próximos cálculos la norma acerca de los radios mínimos a adoptar en función de la velocidad, así como los valores a adoptar en función de los peraltes máximos. Estos valores se encuentran en el Capítulo 4. Trazado en planta en el apartado 4.4. Curvas de acuerdo en la Tabla 4.4. donde se especifica la velocidad en función del radio mínimo y del peralte máximo para tres distintos grupos de carreteras (A = Autovía y C = carretera).

TABLA 4.4.

RELACIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO - RADIO MÍNIMO - PERALTE MÁXIMO.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Figura 39. Criterios en función de la velocidad

Por otra parte, el valor del ancho de vía (A_v) y la altura respecto del centro de masas (h), se obtiene de la ecuación A.153 del documento de 2. Anexo I. Cálculos justificativos y en la ecuación M.26 del documento 1.Memoria.

$$h_G = 1.270,51 \text{ mm} = 1,27051 \text{ m}$$

$$A_v = 1.870 \text{ mm} = 1,87 \text{ m}$$

Una vez obtenidos los parámetros necesarios, se calcula la velocidad límite de vuelco mediante la ecuación A.159 para cada velocidad junto a su radio de curvatura con su peralte correspondiente, comprobando si el camión puede circular en todas las carretas sin problema de velocidad.

- VELOCIDAD 140 km/h (Peralte 8%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1.050 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{8}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 94,451 \text{ m/s} = \mathbf{340,025 \text{ km/h}} \quad (\text{A.161})$$

- VELOCIDAD 130 km/h (Peralte 8%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 850 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{8}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 84,981 \text{ m/s} = \mathbf{305,933 \text{ km/h}} \quad (\text{A.162})$$

- VELOCIDAD 120 km/h (Peralte 8%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 700 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{8}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 77,119 \text{ m/s} = \mathbf{277,629 \text{ km/h}} \quad (\text{A.163})$$

- VELOCIDAD 110 km/h (Peralte 8%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 550 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{8}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 68,359 \text{ m/s} = \mathbf{246,092 \text{ km/h}} \quad (\text{A.164})$$

- VELOCIDAD 100 km/h (Peralte 8%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 450 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{8}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 61,833 \text{ m/s} = \mathbf{222,599 \text{ km/h}} \quad (\text{A.165})$$

- VELOCIDAD 90 km/h (Peralte 8%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 350 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{8}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 54,532 \text{ m/s} = \mathbf{196,314 \text{ km/h}} \quad (\text{A.166})$$

- VELOCIDAD 90 km/h (Peralte 7%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 350 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{7}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{7}{100}\right)}} = 53,986 \text{ m/s} = \mathbf{194,348 \text{ km/h}} \quad (\text{A.167})$$

- VELOCIDAD 80 km/h (Peralte 8%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 250 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{8}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 46,088 \text{ m/s} = \mathbf{165,915 \text{ km/h}} \quad (\text{A.168})$$

- VELOCIDAD 80 km/h (Peralte 7%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 265 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{7}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{7}{100}\right)}} = 46,975 \text{ m/s} = \mathbf{168,110 \text{ km/h}} \quad (\text{A.169})$$

- VELOCIDAD 70 km/h (Peralte 7%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 190 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{7}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{7}{100}\right)}} = 39,776 \text{ m/s} = \mathbf{143,194 \text{ km/h}} \quad (\text{A.170})$$

- VELOCIDAD 60 km/h (Peralte 7%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 130 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{7}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{7}{100}\right)}} = 32,902 \text{ m/s} = \mathbf{118,446 \text{ km/h}} \quad (\text{A.171})$$

- VELOCIDAD 50 km/h (Peralte 7%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 85 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{7}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{7}{100}\right)}} = 26,604 \text{ m/s} = \mathbf{95,776 \text{ km/h}} \quad (\text{A.172})$$

- VELOCIDAD 40 km/h (Peralte 7%)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 50 \cdot \left(\frac{1,87}{2 \cdot 1,27} + \tan\left(\frac{7}{100}\right)\right)}{1 - \frac{1,87}{2 \cdot 1,27} \cdot \tan\left(\frac{7}{100}\right)}} = 20,405 \text{ m/s} = \mathbf{73,457 \text{ km/h}} \quad (\text{A.173})$$

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	ξ Máximo (%)	Velocidad límite de vuelco (km/h)
GRUPO 1	140	1.050	8,00	340,025
	130	850	8,00	305,933
GRUPO 2	120	700	8,00	277,629
	110	550	8,00	246,092
	100	450	8,00	222,599
	90	350	8,00	196,314
GRUPO 3	80	250	8,00	194,348
	90	350	7,00	165,915
	80	265	7,00	169,110
	70	190	7,00	143,194
	60	130	7,00	118,446
	50	85	7,00	95,776
	40	50	7,00	73,457

Tabla 21. Verificación de los límites de vuelco con peralte

De igual manera es interesante aplicar esto mismo, a la ecuación A.160 para el caso de que no existiría peralte para diferentes radios mínimos que se pueden alcanzar:

- VELOCIDAD 140 km/h (Radio mínimo 1.050m)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1.050 \cdot 1,87}{2 \cdot 1,27}} = 87,021 \text{ m/s} = \mathbf{313,276 \text{ km/h}} \quad (\text{A.174})$$

- VELOCIDAD 130 km/h (Radio mínimo 850m)

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 850 \cdot 1,87}{2 \cdot 1,27}} = 78,296 \text{ m/s} = \mathbf{281,865 \text{ km/h}} \quad (\text{A.175})$$

- VELOCIDAD 120 km/h (Radio mínimo 700 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 700 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 71,052 \text{ m/s} = \mathbf{255,788 \text{ km/h}} \quad (\text{A.176})$$

- VELOCIDAD 110 km/h (Radio mínimo 550 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 550 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 62,981 \text{ m/s} = \mathbf{226,732 \text{ km/h}} \quad (\text{A.177})$$

- VELOCIDAD 100 km/h (Radio mínimo 450 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 450 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 56,969 \text{ m/s} = \mathbf{205,087 \text{ km/h}} \quad (\text{A.178})$$

- VELOCIDAD 90 km/h (Radio mínimo 350 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 350 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 50,242 \text{ m/s} = \mathbf{180,870 \text{ km/h}} \quad (\text{A.179})$$

- VELOCIDAD 80 km/h (Radio mínimo 250 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 250 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 42,462 \text{ m/s} = \mathbf{152,863 \text{ km/h}} \quad (\text{A.180})$$

- VELOCIDAD 70 km/h (Radio mínimo 190 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 190 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 37,017 \text{ m/s} = \mathbf{133,263 \text{ km/h}} \quad (\text{A.181})$$

- VELOCIDAD 60 km/h (Radio mínimo 130 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 130 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 30,620 \text{ m/s} = \mathbf{110,231 \text{ km/h}} \quad (\text{A.182})$$

- VELOCIDAD 50 km/h (Radio mínimo 85 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 85 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 24,759 \text{ m/s} = \mathbf{89,134 \text{ km/h}} \quad (\text{A.183})$$

- VELOCIDAD 40 km/h (Radio mínimo 50 m)

$$V = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 50 \cdot 1.87}{2 \cdot 1.27}} = 18,990 \text{ m/s} = \mathbf{68,362 \text{ km/h}} \quad (\text{A.184})$$

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	Velocidad límite de vuelco (km/h)
GRUPO 1	140	1.050	313,276
	130	850	281,865
GRUPO 2	120	700	255,788
	110	550	226,732
	100	450	205,087
	90	350	180,870
	80	250	152,863
	70	190	133,263
	60	130	110,231
	50	85	89,134
	40	50	68,362

Tabla 22. Verificación de los límites de vuelco sin peralte

1.4.2. Cálculo de la velocidad límite de derrape

Fijándonos otra vez en el diagrama de fuerzas generadas en la *figura 37*, se puede obtener:

$$F_{zi} + F_{ze} = P \cdot \cos \xi + F_c \cdot \sen \xi \quad (\text{A.185})$$

$$F_{yi} + F_{ye} = -P \cdot \sen \xi + F_c \cdot \cos \xi \quad (\text{A.186})$$

Teniendo en cuenta el coeficiente de adherencia:

$$(F_{zi} + F_{ze}) \cdot \mu_y = F_{yi} + F_{ye} \quad (\text{A.187})$$

Sustituyendo esta expresión en la *ecuación A.185* y *ecuación A.186* obtenemos:

$$\mu_y \cdot (P \cdot \cos \xi + F_c \cdot \sen \xi) = -P \cdot \sen \xi + F_c \cdot \cos \xi \quad (\text{A.188})$$

Teniendo en cuenta la fuerza centrífuga mencionada anteriormente en la *ecuación A.158* y sustituyendo está en la *ecuación A.188*, se puede despejar la velocidad obteniendo:

$$V = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot \mu_y \cdot \tan \xi}{1 - \mu_y \cdot \tan \xi}} \quad (\text{A.189})$$

En el caso de que $\mu_y = \mu_{y\max}$, se obtiene la velocidad de derrape (V_d):

$$V_d = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot \mu_{y\max} \cdot \tan \xi}{1 - \mu_{y\max} \cdot \tan \xi}} \quad (\text{A.190})$$

Y al igual que en el caso anterior de la velocidad de vuelco, para el caso de que dicha curva no este peraltada ($\xi = 0$) obtenemos:

$$V_d = \sqrt{g \cdot R \cdot \mu_{y\max}} \quad (\text{A.191})$$

En este apartado también se tendrá en cuenta la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. «BOE» núm. 55, de 4 de marzo de 2016. En dicha orden se evalúan las condiciones de seguridad de las curvas, estableciendo la velocidad máxima a la que se puede circular dependiendo de las condiciones climatológicas.

Para los cálculos se tendrán en cuenta valores medios del coeficiente de rozamiento en función de las diferentes condiciones climáticas que se pueden producir, diferenciando tres situaciones en las que podemos encontrar el asfalto: seco, húmedo y hielo.

Superficie	Valor máximo de $\mu_{y\max}$
Asfalto seco	0,8
Asfalto húmedo	0,5
Asfalto con hielo	0,1

Tabla 23. Coeficiente de rozamiento en función de la climatología

Los valores máximos de velocidad vienen dados por la siguiente tabla que encontramos en la Norma 3.1- IC:

RELACIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO - SITUACIONES CLIMATOLÓGICAS

VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
	A-140 y A-130			A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100			C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40		
	Seco	Húmedo	Hielo	Seco	Húmedo	Hielo	Seco	Húmedo	Hielo
140	-	-	-	283	140	102	-	-	-
130	-	-	-	244	130	95	-	-	-
120	-	-	-	217	122	89	-	-	-
110	-	-	-	193	111	79	206	110	69
100	-	-	-	174	103	72	177	100	65
90	-	-	-	154	93	63	152	90	60
80	-	-	-	130	80	53	132	80	52
70	-	-	-	-	-	-	112	71	44
60	-	-	-	-	-	-	93	60	36
50	-	-	-	-	-	-	75	51	29
40	-	-	-	-	-	-	57	40	23

Figura 40. Velocidad en función de la situación climatológica

A continuación se calculan las velocidades límite que es capaz de que llegue el camión en la curva sin que derrape para las diferentes condiciones climatológicas, usando los datos de la tabla anterior, junto con los coeficientes de rozamiento de la *Tabla 23* y los peraltes de la *figura 39*, correspondiente a cada velocidad.

Por otra parte también se calcularán las velocidades límite de derrape en el caso de que no hubiera peralte, también para cada tipo de situación climatológica.

Se van a realizar los cálculos visualmente con dos velocidades y luego se recogerán las demás velocidades en las siguientes tablas, ya que el procedimiento es el mismo para cada velocidad y para cada situación climatológica.

- VELOCIDAD SECO 140 km/h (Con peralte)

$$V_d = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1.050 \cdot 0,8 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}{1 - 0,8 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 98,358 \text{ m/s} = \mathbf{354,090 \text{ km/h}} \quad (\text{A.192})$$

- VELOCIDAD SECO 140 km/h (Sin peralte)

$$V_d = \sqrt{9,8 \cdot 1.050 \cdot 0,8} = 90,73 \text{ m/s} = \mathbf{326,629 \text{ km/h}} \quad (\text{A.193})$$

- VELOCIDAD HÚMEDO 140 km/h (Con peralte)

$$V_d = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1.050 \cdot 0,5 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}{1 - 0,5 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 78,847 \text{ m/s} = \mathbf{283,850 \text{ km/h}} \quad (\text{A.194})$$

- VELOCIDAD HÚMEDO 140 km/h (Sin peralte)

$$V_d = \sqrt{9,8 \cdot 1.050 \cdot 0,5} = 71,729 \text{ m/s} = \mathbf{258,223 \text{ km/h}} \quad (\text{A.195})$$

- VELOCIDAD CON HIELO 140 km/h (Con peralte)

$$V_d = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1.050 \cdot 0,1 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}{1 - 0,1 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 43,210 \text{ m/s} = \mathbf{155,557 \text{ km/h}} \quad (\text{A.196})$$

- VELOCIDAD CON HIELO 140 km/h (Sin peralte)

$$V_d = \sqrt{9,8 \cdot 1.050 \cdot 0,1} = 32,078 \text{ m/s} = \mathbf{115,481 \text{ km/h}} \quad (\text{A.197})$$

- VELOCIDAD SECO 130 km/h (Con peralte)

$$V_d = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 850 \cdot 0,8 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}{1 - 0,8 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 88,496 \text{ m/s} = \mathbf{318,587 \text{ km/h}} \quad (\text{A.198})$$

- VELOCIDAD SECO 130 km/h (Sin peralte)

$$V_d = \sqrt{9,8 \cdot 850 \cdot 0,8} = 81,633 \text{ m/s} = \mathbf{293,880 \text{ km/h}} \quad (\text{A.199})$$

- VELOCIDAD HÚMEDO 130 km/h (Con peralte)

$$V_d = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 850 \cdot 0,5 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}{1 - 0,5 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 70,942 \text{ m/s} = \mathbf{255,390 \text{ km/h}} \quad (\text{A.200})$$

- VELOCIDAD HÚMEDO 130 km/h (Sin peralte)

$$V_d = \sqrt{9,8 \cdot 850 \cdot 0,5} = 64,537 \text{ m/s} = \mathbf{232,333 \text{ km/h}} \quad (\text{A.201})$$

- VELOCIDAD CON HIELO 130 km/h (Con peralte)

$$V_d = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 850 \cdot 0,1 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}{1 - 0,1 \cdot \tan\left(\frac{8}{100}\right)}} = 38,878 \text{ m/s} = \mathbf{139,960 \text{ km/h}} \quad (\text{A.202})$$

- VELOCIDAD CON HIELO 130 km/h (Sin peralte)

$$V_d = \sqrt{9,8 \cdot 850 \cdot 0,1} = 28,862 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \mathbf{103,902 \text{ km/h}} \quad (\text{A.203})$$

A continuación se recogen todos los resultados para las distintas velocidades en la siguiente tabla:

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	ξ Máximo (%)	Velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) (km/h)			Velocidad límite de derrape (V_d) (km/h)		
				Seco	Húmedo	Hielo	Seco	Húmedo	Hielo
GRUPO 1	140	1.050	8,00	283	140	102	354,090	283,850	155,557
	130	850	8,00	244	130	95	318,587	255,390	139,960
GRUPO 2	120	700	8,00	217	122	89	289,113	231,762	127,012
	110	550	8,00	193	111	79	256,271	205,435	112,584
	100	450	8,00	174	103	72	253,729	203,128	109,357
	90	350	8,00	154	93	63	231,806	185,823	101,836
GRUPO 3	80	250	8,00	130	80	53	230,822	183,737	98,917
	110	550	7,00	206	110	69	204,434	163,881	89,811
	100	450	7,00	177	100	65	202,406	162,040	87,237
	90	350	7,00	152	90	60	172,778	138,505	75,904
	80	265	7,00	132	80	52	171,064	136,949	73,728
	70	190	7,00	112	71	44	149,130	119,389	64,275
	60	130	7,00	93	60	36	123,356	98,755	53,166
	50	85	7,00	75	51	29	99,747	79,854	42,991
	40	50	7,00	57	40	23	76,502	61,246	32,972

Tabla 24. Verificación de los límites de derrape con peralte

Análisis y certificación del carrozado de un vehículo a través de los diferentes códigos de reformas, para el cumplimiento de los requisitos técnicos exigidos para su circulación

	V (km/h)	Radio mínimo (m)	Velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) (km/h)			Velocidad límite de derrape (V_d) (km/h)		
			Seco	Húmedo	Hielo	Seco	Húmedo	Hielo
GRUPO 1	140	1.050	283	140	102	326,629	258,223	115,481
	130	850	244	130	95	293,880	232,333	103,902
GRUPO 2	120	700	217	122	89	266,692	210,838	94,290
	110	550	193	111	79	236,397	186,888	83,579
	100	450	174	103	72	236,397	186,888	83,579
	90	350	154	93	63	213,829	169,047	75,600
	80	250	130	80	53	213,829	169,047	75,600
GRUPO 3	110	550	206	110	69	188,580	149,085	66,673
	100	450	177	100	65	188,580	149,085	66,673
	90	350	152	90	60	159,379	126,000	56,349
	80	265	132	80	52	159,379	126,000	56,349
	70	190	112	71	44	138,943	109,844	49,124
	60	130	93	60	36	114,930	90,860	40,634
	50	85	75	51	29	92,933	73,470	32,857
40	50	57	40	23	71,276	56,349	25,200	

Tabla 25. Verificación de los límites de derrape sin peralte

2. Anexo II. Documentación

2.1. Permiso de circulación del vehículo

A		E	VF624CPA000002049
B	02-09-2008	F.1	26000
H	-----	F.2	26000
I	29-03-2018	G	8755
(I.1)	29-03-2018	K	HIC-48311
(I.2)	VALENCIA/VALÈNCIA	P.1	10837
C.1.1		P.2	332.0
C.1.2		P.3	DIESEL
C.1.3		Q	-----
C.4	c	S.1	2
D.1	RENAULT	S.2	-----
D.2	24C / DXI 11.450 / ECO6 B	OBSERVACIONES: Documento válido si acompaña ITV en vigor Próxima ITV: 29-09-2018	
D.3	PREMIUM 450.26		
(D.4)	PARTICULAR - SIN ESPECIFICAR		
V.1			

Figura 41. Permiso de circulación del vehículo

2.2. Tarjeta ITV del vehículo antes de la reforma

Matrícula		Certificat núm.	Codi	Descripció	Codi	Descripció
Matrícula		Certificado nº:	Código	Descripción	Código	Descripción
		4608012040	Z	---	L	3/6
			G	8755	L.0	1/2º
			F.1	26000	L.1	1/2º
			F.1.1	7500/11500/7500	L.2	8 (*)
			F.1.5	930	P.5.1	RENAULT
			F.2	26000	P.5	DXI 450-ECO6B
			F.2.1	7500/11500/7500	P.3	D
			F.3	44000	P.1	10837
			F.3.1	40000	P.1.1	6/LINEA
			O.1	---	P.2	332.00
			O.1.1	24000	P.2.1	43.17
			O.1.2	---	S.1	2
			O.1.3	24000	S.2	---
			O.1.4	750	88	88
			F.4	3900	1425	1425
			F.5	2500	V.7	---
			F.6	9960	V.9	EURO 5
			F.7	---		
			F.7.1	---		
			F.8	2430		
			M.1	4750/1350		
			M.4	---		
L'organisme inspector: El organismo inspector 4608 - ASEG, TEC. DE CALIDAD S.L. Certifica que el vehículo las características del cual es reserven es apto por a la seva matriculació o posada en circulació. Certifica que el vehículo cumple características se reserven es apto para su matriculación o puesta en circulación.		Observacions: Emisión de tarjeta en cumplimiento del Art. 5.3 b) del Real Decreto 750/2010. Fecha de primera matriculación: 02/09/08. (*) Eje 1º: 2-315/8/R22.5 154/150M; 2º y 3er eje: 6- 315/80R22.05 154/150M. Equipado con Set eje elevable. 2 depósitos de combustible de 730 y 530 litros y enganche marca ROKINGER, contraseña de homologación e1*00-1468. Inspección válida hasta: 24/02/19.		Opcions incloses en l'homologació de tipus Opciones incluidas en la homologación de tipo		
Data d'emissió: Fecha de emisión: 28/02/2018						

Figura 42. Tarjeta ITV del vehículo

Análisis y certificación del carrozado de un vehículo a través de los diferentes códigos de reformas, para el cumplimiento de los requisitos técnicos exigidos para su circulación

INSPECCIONES TÉCNICAS / INSPECCIONES TÉCNICAS		
Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:
Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:
Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:
Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:	Data/Fecha: Validesa/Validez: Firma i segell / Firma y sello:
Reformes en el vehicle / Diligencia de venda / Reformas en el vehículo / Diligencia de venta 03/04/18, Desmuntaje de el capó de ROKINGER, contrasena de homologación e1*00-1468. ITV Nº: 4608. Fdo. Responsable Técnico:		

A.1. Nom del fabricant del vehicle base	F.1. Amplitud màxima canceable	O.1.4. Remolc sense fre
A.2. Adreça del fabricant del vehicle base	F.6. Longitud total	O.2.1. Massa màxima renovable
B.1. Nom del fabricant del vehicle complet	F.6.1. Longitud màxima canceable	Massa màxima renovable
B.2. Adreça del fabricant del vehicle complet	F.7. Via anterior	Massa màxima renovable
C.1. Codi ITV	F.7.1. Via posterior	Massa màxima renovable
CL. Classificació del vehicle	F.7.1. Via posterior	Massa màxima renovable
CV. Control VIN	F.8. Valsada posterior	Massa màxima renovable
D.1. Marca	F.8.1. Valsada màxima posterior	Massa màxima renovable
D.2. Tipus / Variant / Versió	F.8.1.1. Valsada màxima posterior canceable	Massa màxima renovable
D.3. Denominació comercial del vehicle	G. Massa en ordre de marxa (MOM)	Massa màxima renovable
D.4. Precedència	G.1. Massa en buit (inclou el pes de la categoria L)	Massa màxima renovable
E. Número d'identificació del vehicle	G.2. Massa màxima admissible del vehicle complet	Massa màxima renovable
EP. Estructura de protecció	J. Categoria del vehicle	Massa màxima renovable
EP.1. Marca de l'estructura de protecció	J.1. Categoria del vehicle	Massa màxima renovable
EP.2. Model de l'estructura de protecció	J.2. Classe	Massa màxima renovable
EP.3. Número d'homologació de l'estructura de protecció	J.3. Volum de botargent	Massa màxima renovable
EP.4. Número d'identificació de l'estructura de protecció	K. Nombre d'homologació del vehicle base	Massa màxima renovable
F.1. Massa màxima en càrrega	K.1. Nombre d'homologació del vehicle complet	Massa màxima renovable
F.1.1. Massa màxima en càrrega	K.2. Nombre d'homologació del vehicle complet	Massa màxima renovable
F.1.2. Massa màxima en càrrega	L. Nombre d'identificació	Massa màxima renovable
F.1.3. Massa màxima en càrrega	L.1. Emissió de CO ₂	Massa màxima renovable
F.1.4. Massa màxima en càrrega	L.2. Dimensions dels pneumàtics	Massa màxima renovable
F.2. Massa màxima autoritzada en cada eix	M.1. Distància entre eixos	Massa màxima renovable
F.2.1. Massa màxima autoritzada en cada eix	M.4. Distància entre eixos	Massa màxima renovable
F.3. Massa màxima autoritzada en cada eix	O.1. Massa renovable amb fre	Massa màxima renovable
F.3.1. Massa màxima autoritzada en cada eix	O.1.1. Massa renovable amb fre	Massa màxima renovable
F.4. Alçada total	O.1.2. Sèrie de marxa	Massa màxima renovable
F.5. Amplitud total	O.1.3. Remolc eix central	Massa màxima renovable
		O.1.4. Remolc sense fre
		O.2.1. Massa màxima renovable
		O.2.2. Massa màxima renovable
		O.2.3. Massa màxima renovable
		O.3. Tipus de fre de servei
		O.3.1. Tipus de fre de servei
		O.3.2. Tipus de fre de servei
		O.3.3. Tipus de fre de servei
		O.3.4. Tipus de fre de servei
		O.3.5. Tipus de fre de servei
		O.3.6. Tipus de fre de servei
		O.3.7. Tipus de fre de servei
		O.3.8. Tipus de fre de servei
		O.3.9. Tipus de fre de servei
		O.3.10. Tipus de fre de servei
		O.3.11. Tipus de fre de servei
		O.3.12. Tipus de fre de servei
		O.3.13. Tipus de fre de servei
		O.3.14. Tipus de fre de servei
		O.3.15. Tipus de fre de servei
		O.3.16. Tipus de fre de servei
		O.3.17. Tipus de fre de servei
		O.3.18. Tipus de fre de servei
		O.3.19. Tipus de fre de servei
		O.3.20. Tipus de fre de servei
		O.3.21. Tipus de fre de servei
		O.3.22. Tipus de fre de servei
		O.3.23. Tipus de fre de servei
		O.3.24. Tipus de fre de servei
		O.3.25. Tipus de fre de servei
		O.3.26. Tipus de fre de servei
		O.3.27. Tipus de fre de servei
		O.3.28. Tipus de fre de servei
		O.3.29. Tipus de fre de servei
		O.3.30. Tipus de fre de servei
		O.3.31. Tipus de fre de servei
		O.3.32. Tipus de fre de servei
		O.3.33. Tipus de fre de servei
		O.3.34. Tipus de fre de servei
		O.3.35. Tipus de fre de servei
		O.3.36. Tipus de fre de servei
		O.3.37. Tipus de fre de servei
		O.3.38. Tipus de fre de servei
		O.3.39. Tipus de fre de servei
		O.3.40. Tipus de fre de servei
		O.3.41. Tipus de fre de servei
		O.3.42. Tipus de fre de servei
		O.3.43. Tipus de fre de servei
		O.3.44. Tipus de fre de servei
		O.3.45. Tipus de fre de servei
		O.3.46. Tipus de fre de servei
		O.3.47. Tipus de fre de servei
		O.3.48. Tipus de fre de servei
		O.3.49. Tipus de fre de servei
		O.3.50. Tipus de fre de servei
		O.3.51. Tipus de fre de servei
		O.3.52. Tipus de fre de servei
		O.3.53. Tipus de fre de servei
		O.3.54. Tipus de fre de servei
		O.3.55. Tipus de fre de servei
		O.3.56. Tipus de fre de servei
		O.3.57. Tipus de fre de servei
		O.3.58. Tipus de fre de servei
		O.3.59. Tipus de fre de servei
		O.3.60. Tipus de fre de servei
		O.3.61. Tipus de fre de servei
		O.3.62. Tipus de fre de servei
		O.3.63. Tipus de fre de servei
		O.3.64. Tipus de fre de servei
		O.3.65. Tipus de fre de servei
		O.3.66. Tipus de fre de servei
		O.3.67. Tipus de fre de servei
		O.3.68. Tipus de fre de servei
		O.3.69. Tipus de fre de servei
		O.3.70. Tipus de fre de servei
		O.3.71. Tipus de fre de servei
		O.3.72. Tipus de fre de servei
		O.3.73. Tipus de fre de servei
		O.3.74. Tipus de fre de servei
		O.3.75. Tipus de fre de servei
		O.3.76. Tipus de fre de servei
		O.3.77. Tipus de fre de servei
		O.3.78. Tipus de fre de servei
		O.3.79. Tipus de fre de servei
		O.3.80. Tipus de fre de servei
		O.3.81. Tipus de fre de servei
		O.3.82. Tipus de fre de servei
		O.3.83. Tipus de fre de servei
		O.3.84. Tipus de fre de servei
		O.3.85. Tipus de fre de servei
		O.3.86. Tipus de fre de servei
		O.3.87. Tipus de fre de servei
		O.3.88. Tipus de fre de servei
		O.3.89. Tipus de fre de servei
		O.3.90. Tipus de fre de servei
		O.3.91. Tipus de fre de servei
		O.3.92. Tipus de fre de servei
		O.3.93. Tipus de fre de servei
		O.3.94. Tipus de fre de servei
		O.3.95. Tipus de fre de servei
		O.3.96. Tipus de fre de servei
		O.3.97. Tipus de fre de servei
		O.3.98. Tipus de fre de servei
		O.3.99. Tipus de fre de servei
		O.3.100. Tipus de fre de servei

Figura 43. Tarjeta ITV del vehículo

2.3. Ticket tara vehículo reformado

ASEGURAMIENTO TÉCNICO DE CALIDAD S.L.
 P.D.L. IND. L. ESTRETE XATIVA 44800

Fecha: 05/09/18 Hora: 17:01 Tck. y. 3361

Oper.	Bruto	Tara	Neto
Operacion 1	4445	0	4445 kg
Operacion 2	6625	0	6625 kg
Total Bruto:	11070 kg		
Total Tara:	0 kg		
Total Neto:	11070 kg		
Total Operaciones:	2		
Oper. Max: -2 Bajos: 0 Altos: 0			
Peso mínimo:	4445 kg		
Peso máximo:	6625 kg		
Peso medio:	5535 kg		

Figura 44. Ticket tara vehículo reformado

2.4. Ficha reducida de características del fabricante

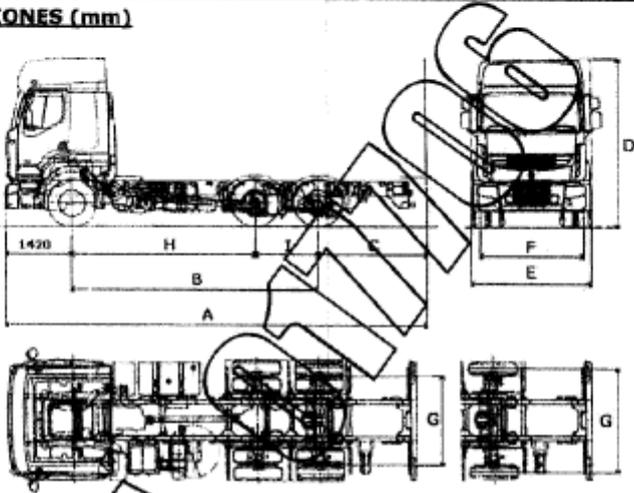
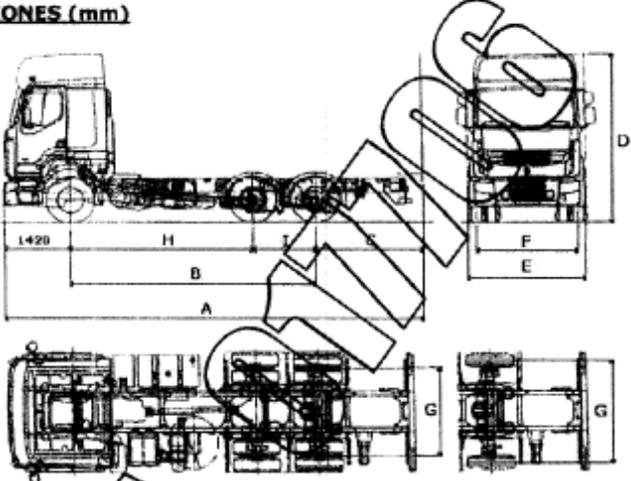
	MARCA: RENAULT	FICHA REDUCIDA DE CARACTERÍSTICAS	CATEGORÍA DEL VEHÍCULO: N ₃	HOJA: 1 de 5				
			CONTRASEÑA DE HOMOLOGACIÓN: C1- xxxx C1-2221-0					
TIPO:	VARIANTES:	DENOMINACIÓN COMERCIAL:	PARTE FIJA VIN:	OBSERV.:				
24CPAL	Por MTMA: 24CPA8, 24CPA9, 24CPA10 Por d.e.e: I a VII Por motor: DXi 11 370/410/450 Cabinas CO, MI, LO, PPH, Voladizo, Suspensión, Neumáticos.	PREMIUM LANDER 370.26 PREMIUM LANDER 410.26 PREMIUM LANDER 450.26	VF624CPA0	Vehículo 6x2 no carrozado Opcional: 6x2+4 3º eje direccional Opcional 3º eje elevable; montaje gemelo o sencillo EURO 4/5				
ESQUEMA Y DIMENSIONES (mm)								
								
(+) Emplazamiento de la placa fabricante: Bajo el marco de la puerta izquierda. (++) Emplazamiento del número de identificación del vehículo: Larguero derecho del bastidor, tras la rueda delantera.								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VARIANTES
A	8680	8980	9330	9630	9980	10280	10680	Longitud máxima (1)
B	4850	5050	5450	5450	5650	5850	6100	Dist. entre ejes extremos
C	2410	2510	2660	2780	2910	3010	3160	Voladizo trasero (1)
D	4000							Altura total (1)
E	2550 ó 2600 para superestructuras de vehículos acondicionados							Anchura máxima (1)
F	De 2000 a 2109 según neumáticos							Vía anterior
G	De 1834 a 1880 montaje gemelo, de 2000 a 2061 montaje sencillo (en 24CPA8) De 2000 a 2026 con eje 3º direcciz							Vía posterior
H	3500	3780	3900	4100	4300	4500	4750	Distancia 1º eje - 2º eje
I	1350							Distancia 2º eje - 3º eje
MASAS TÉCNICAS MÁXIMAS ADMISIBLES/MASAS MÁXIMAS AUTORIZADAS (kg)								
VARIANTES	24CPA8		24CPA9		24CPA10			
Total	27000/26000		27000/26000		27000/26000			
Primer eje	8000	9000	8000	9000	7100	8000	9000	
Segundo eje	11500		11500		10500/9500			
Tercer eje	7500		7500		10500/9500			
Tara nominal (2):	6702							
MMR c/F (neumático):	38500 / 24000							
c/F (Inercia):	29500 / 24000 con tercer eje elevado							
s/F:	3500							
s/F:	750							
MMC (3)	60000/40000		60000/40000		60000/40000			
(1) En vehículos no carrozados el valor máximo para el vehículo carrozado. Longitud y voladizo máximo carrozable variable en función del dispositivo de protección trasera: ver tabla 1 en página 5. (2) En vehículos no carrozados, tara mínima admisible del vehículo una vez carrozado. (3) Con tercer eje elevado MMTc = 50000 kg								

Figura 45. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 1)

	MARCA: RENAULT	FICHA REDUCIDA DE CARACTERÍSTICAS	CATEGORÍA DEL VEHÍCULO: N₃	HOJA: 2 de 5
			CONTRASEÑA DE HOMOLOGACIÓN: C1- xxxx	
TIPO:	VARIANTES:	DENOMINACIÓN COMERCIAL:	PARTE FIJA VIN:	OBSERV.:
24CPAL	Por MTMA: 24CPA8, 24CPA9, 24CPA10 Por d.e.e: VIII a XIII Por motor: DXi 11 370/410/450 Cabinas CO, MI, LO, PPH Voladizo, Suspensión, Neumáticos.	PREMIUM LANDER 370.26 PREMIUM LANDER 410.26 PREMIUM LANDER 450.26	VF624CPA0	Vehículo 6x2 no carrozado Opcional: 6x2+4 3º eje direccional Opcional 3º eje elevable; montaje gemelo o sencillo EURO 4/5

ESQUEMA Y DIMENSIONES (mm)



(+) Emplazamiento de la placa fabricante: Bajo el marco de la puerta izquierda.
(++) Emplazamiento del número de identificación del vehículo: Larguero derecho del bastidor, tras la rueda delantera.

	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	VARIANTES
A	11080	11480	11880	12000	12000	12000	Longitud máxima (1)
B	6350	6600	6850	7150	7450	7800	Dist. entre ejes extremos
C	3310	3460	3610	3710	3410	3060	Voladizo trasero (1)
D	4000						Altura total (1)
E	2550 ó 2600 para superestructuras de vehículos acondicionados						Anchura máxima (1)
F	De 2000 a 2109 según neumáticos						Vía anterior
G	De 1834 a 1860 montaje gemelo, de 2000 a 2061 montaje sencillo (en 24CPA8) De 2000 a 2026 con eje 3º directriz						Vía posterior
H	5000	5250	5500	5800	6100	6450	Distancia 1º eje - 2º eje
I	1350						Distancia 2º eje - 3º eje

MASAS TÉCNICAS MÁXIMAS ADMISIBLES/MASAS MÁXIMAS AUTORIZADAS (kg)

VARIANTES	24CPA8		24CPA9		24CPA10		
Total	27000/26000		27000/26000		27000/26000		
Primer eje	8000	9000	8000	9000	7100	8000	9000
Segundo eje	11500		11500		10500/9500		
Tercer eje	7500		7500		10500/9500		
Tara nominal (2):	6702						
MMR c/F (neumático):	38500 / 24000 29500 / 24000 con tercer eje elevado						
c/F (Inercia):	3500						
s/F:	750						
MMC (3)	60000/40000		60000/40000		60000/40000		

(1) En vehículos no carrozados el valor máximo para el vehículo carrozado. Longitud y voladizo máximo carrozable variable en función del dispositivo de protección trasera: ver tabla 1 en página 5.
(2) En vehículos no carrozados, tara mínima admisible del vehículo una vez carrozado.
(3) Con tercer eje elevado MMTTC = 50000 kg

Figura 46. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 2)

 RENAULT TRUCKS ESPAÑA, S.L.	Denominación comercial: PREMIUM LANDER 370.26 PREMIUM LANDER 410.26 PREMIUM LANDER 450.26	FICHA REDUCIDA DE CARACTERÍSTICAS	CONTRASEÑA DE HOMOLOGACIÓN: C1-XXXX	
			CATEGORÍA DEL VEHÍCULO: N3	HOJA 3/5

BASTIDOR Tipo: De largueros y travesaños.		CAJA DE CAMBIOS	
---	--	------------------------	--

Variantes	Longitud bastidor
I	7720
II	8020
III	8370
IV	8670
V	9020
VI	9320
VII	9720
VIII	10120
IX	10520
X	10920
XI	11320
XII	11320
XIII	11320

Marca y modelo:	ZF
VOLVO	16S 151 DD
	16S 1620/1/2 TD
	16S 1920/1/2 TD
VT 2412B	16S 221 DD
AT 2412C	16S 2220/1/2 TD
AT 2512C	16S 151 OD
ATO 2512C	16S 181 OD
	16S 1820/1/2 TO
	16S 2220/1/2 TO

Tipo:	Automática sincronizada	Mecánica
Mando:	Automático	Manual de palanca con asistencia neumática
Nº de relaciones:	ZF : 16+2R VOLVO: 12+4R	

Sección: perfil en U [mm]	
266x90x7 ó 266x90x8 ó 300x90x7 ó 300x90x8 (con refuerzo interior de 5 mm)	

SUSPENSIÓN
 Delantera: Mecánica (ballestas) ó neumática en opción.
 Trasera: Neumática.
 Amortiguadores: Sí.
 Barra estabilizadora: Sí. Opcional.

TRANSMISIÓN
 Tipo: Mecánica 6x2.

MOTOR

Marca o fabricante:	RENAULT	
	("EURO 4")	("EURO 5")
Tipo (siglas):	DXI 11 370-EC06	DXI 11 370-EC06B
	DXI 11 410-EC06	DXI 11 410-EC06B
	DXI 11 450-EC06	DXI 11 450-EC06B
Pot. Ef(kW) / Fiscal (CVF):	270 kW/43,17 CVF en DXI 370	
	302 kW/43,17 CVF en DXI 410	
	332 kW/43,17 CVF en DXI 450	
Combustible:	Gasóleo	
Nº cilindros:	6	
Cilindrada:	10837 cm ³	
Diámetro:	123 mm	
Carrera:	152 mm	

PROTECCIÓN TRASERA
 Fija: e6*0005
 e2*05022
 Abatible: e6*0020
 U otros al carrozar, debidamente homologados y compatibles con los vehículos. En determinadas aplicaciones exento por incompatibilidad con su uso.

EJES
 Número: 3
 Tipo (*)/Capacidad:
 - 1º eje :
 FA71A, FA71B, FA72A, FA72B, FA73A, FA73B (7100 kg) ó
 FA81A, FA81B (8000 kg) ó FA93A, FA93B (9000 kg)
 - 2º eje : MS13170, P1395 (13000 kg)
 - 3º eje : TAG (10500 kg)
 (*) La referencia del eje puede ir seguida de otros dígitos que no influyen en sus características técnicas

DIRECCIÓN
 Tipo: Hidráulica asistida

Marca / Modelo	ZF-8098
Diámetro volante:	mínimo 450 mm
Relación:	22,2:1 a 26,2:1

Figura 47. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 3)

 RENAULT TRUCKS ESPAÑA, S.L.	Denominación comercial: PREMIUM LANDER 370.26 PREMIUM LANDER 410.26 PREMIUM LANDER 450.26	FICHA REDUCIDA DE CARACTERÍSTICAS	CONTRASEÑA DE HOMOLOGACIÓN C1-xxxx		
			CATEGORÍA DEL VEHÍCULO: N3	HOJA 4/5	

NEUMÁTICOS Número: 8 (2+4+2) ó 10 (2+4+4) Sencillo: Eje 1º ó Eje 1º y Eje 3º en 24CPA8 Gemelo: Eje 2º en 24CPA8 ó Eje 2º y Eje 3º			GANCHO DE REMOLQUE																																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DIMENSIONES</th> <th>INDICE DE CARGA MÍNIMO (**)</th> <th>CATEGORÍA DE VELOCIDAD MÍNIMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12 R 22,5</td><td>152/146</td><td>G</td></tr> <tr><td>295/80 R 22,5</td><td>152/146</td><td>G</td></tr> <tr><td>13 R 22,5</td><td>154/150</td><td>G</td></tr> <tr><td>305/70 R 22,5</td><td>152/146</td><td>G</td></tr> <tr><td>315/60 R 22,5</td><td>152/148</td><td>G</td></tr> <tr><td>315/70 R 22,5</td><td>152/145</td><td>G</td></tr> <tr><td>315/80 R 22,5</td><td>154/150</td><td>G</td></tr> <tr><td>385/55 R 22,5 (*)</td><td>158 / ---</td><td>G</td></tr> <tr><td>385/65 R 22,5 (*)</td><td>158 / ---</td><td>G</td></tr> </tbody> </table>	DIMENSIONES	INDICE DE CARGA MÍNIMO (**)	CATEGORÍA DE VELOCIDAD MÍNIMA	12 R 22,5	152/146	G	295/80 R 22,5	152/146	G	13 R 22,5	154/150	G	305/70 R 22,5	152/146	G	315/60 R 22,5	152/148	G	315/70 R 22,5	152/145	G	315/80 R 22,5	154/150	G	385/55 R 22,5 (*)	158 / ---	G	385/65 R 22,5 (*)	158 / ---	G	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CONTRAS. HOMOLOG.</th> <th rowspan="2">MARCA</th> <th rowspan="2">TIPO</th> <th colspan="2">Carga arrastre (kN)</th> <th rowspan="2">Carga vert. (kg) S</th> </tr> <tr> <th>D</th> <th>Dc</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>e1*0350</td><td>ROCKINGER</td><td>400 G 150</td><td>130</td><td>90</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e1*0012</td><td>ROCKINGER</td><td>500 G 6</td><td>190</td><td>135</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e4*0062</td><td>VBG</td><td>8500 LS</td><td>190</td><td>---</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e1*0336</td><td>RINGFEDER</td><td>95G/150</td><td>130</td><td>---</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e4*1698</td><td>VBG</td><td>750v</td><td>190</td><td>120</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e11*3445</td><td>RINGFEDER</td><td>RF2040</td><td>136</td><td>92</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e11*2833</td><td>RINGFEDER</td><td>RF2050</td><td>190</td><td>130</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e2*5001</td><td>POMMER INTEGRAL</td><td>G260</td><td>180</td><td>125</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e1*0405</td><td>ROCKINGER</td><td>430 G 150</td><td>130</td><td>91,5</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e11*3446</td><td>RINGFEDER</td><td>2045/G145</td><td>100</td><td>---</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e11*3443</td><td>RINGFEDER</td><td>2045/G150</td><td>136</td><td>---</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e1*0351</td><td>ROCKINGER</td><td>400 G 145</td><td>100</td><td>91,5</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e1*0406</td><td>ROCKINGER</td><td>430 G 145</td><td>100</td><td>91,5</td><td>1000</td></tr> <tr><td>e11*3444</td><td>RINGFEDER</td><td>2040G145</td><td>100</td><td>92</td><td>1000</td></tr> </tbody> </table>					CONTRAS. HOMOLOG.	MARCA	TIPO	Carga arrastre (kN)		Carga vert. (kg) S	D	Dc	e1*0350	ROCKINGER	400 G 150	130	90	1000	e1*0012	ROCKINGER	500 G 6	190	135	1000	e4*0062	VBG	8500 LS	190	---	1000	e1*0336	RINGFEDER	95G/150	130	---	1000	e4*1698	VBG	750v	190	120	1000	e11*3445	RINGFEDER	RF2040	136	92	1000	e11*2833	RINGFEDER	RF2050	190	130	1000	e2*5001	POMMER INTEGRAL	G260	180	125	1000	e1*0405	ROCKINGER	430 G 150	130	91,5	1000	e11*3446	RINGFEDER	2045/G145	100	---	1000	e11*3443	RINGFEDER	2045/G150	136	---	1000	e1*0351	ROCKINGER	400 G 145	100	91,5	1000	e1*0406	ROCKINGER	430 G 145	100	91,5	1000	e11*3444	RINGFEDER	2040G145	100	92	1000
DIMENSIONES	INDICE DE CARGA MÍNIMO (**)	CATEGORÍA DE VELOCIDAD MÍNIMA																																																																																																																													
12 R 22,5	152/146	G																																																																																																																													
295/80 R 22,5	152/146	G																																																																																																																													
13 R 22,5	154/150	G																																																																																																																													
305/70 R 22,5	152/146	G																																																																																																																													
315/60 R 22,5	152/148	G																																																																																																																													
315/70 R 22,5	152/145	G																																																																																																																													
315/80 R 22,5	154/150	G																																																																																																																													
385/55 R 22,5 (*)	158 / ---	G																																																																																																																													
385/65 R 22,5 (*)	158 / ---	G																																																																																																																													
CONTRAS. HOMOLOG.	MARCA	TIPO	Carga arrastre (kN)		Carga vert. (kg) S																																																																																																																										
			D	Dc																																																																																																																											
e1*0350	ROCKINGER	400 G 150	130	90	1000																																																																																																																										
e1*0012	ROCKINGER	500 G 6	190	135	1000																																																																																																																										
e4*0062	VBG	8500 LS	190	---	1000																																																																																																																										
e1*0336	RINGFEDER	95G/150	130	---	1000																																																																																																																										
e4*1698	VBG	750v	190	120	1000																																																																																																																										
e11*3445	RINGFEDER	RF2040	136	92	1000																																																																																																																										
e11*2833	RINGFEDER	RF2050	190	130	1000																																																																																																																										
e2*5001	POMMER INTEGRAL	G260	180	125	1000																																																																																																																										
e1*0405	ROCKINGER	430 G 150	130	91,5	1000																																																																																																																										
e11*3446	RINGFEDER	2045/G145	100	---	1000																																																																																																																										
e11*3443	RINGFEDER	2045/G150	136	---	1000																																																																																																																										
e1*0351	ROCKINGER	400 G 145	100	91,5	1000																																																																																																																										
e1*0406	ROCKINGER	430 G 145	100	91,5	1000																																																																																																																										
e11*3444	RINGFEDER	2040G145	100	92	1000																																																																																																																										
(*) Neumático no gemelable, por tanto sólo podrá montarse en el eje delantero. (**) En función de la masa técnica autorizada para cada eje, sólo es admisible el montaje de neumáticos que igualen o superen el índice de carga mínimo indicado en las tablas siguientes:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TRAVESAÑO</th> <th>CONTRASEÑA CEE DE HOMOLOGACIÓN</th> <th>D [kN]</th> <th>Dc [kN]</th> <th>V [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TM 190</td><td>e11*3000</td><td>190</td><td>120</td><td>50</td></tr> <tr><td>TM 190/63</td><td>e11*4617</td><td>190</td><td>141</td><td>63</td></tr> <tr><td>TM 138/38</td><td>e11*5507</td><td>138</td><td>92</td><td>38</td></tr> <tr><td>VBG DBI 150</td><td>e11*3140</td><td>147</td><td>128</td><td>67</td></tr> </tbody> </table>					TRAVESAÑO	CONTRASEÑA CEE DE HOMOLOGACIÓN	D [kN]	Dc [kN]	V [kN]	TM 190	e11*3000	190	120	50	TM 190/63	e11*4617	190	141	63	TM 138/38	e11*5507	138	92	38	VBG DBI 150	e11*3140	147	128	67																																																																																																	
TRAVESAÑO	CONTRASEÑA CEE DE HOMOLOGACIÓN	D [kN]	Dc [kN]	V [kN]																																																																																																																											
TM 190	e11*3000	190	120	50																																																																																																																											
TM 190/63	e11*4617	190	141	63																																																																																																																											
TM 138/38	e11*5507	138	92	38																																																																																																																											
VBG DBI 150	e11*3140	147	128	67																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MTMA EJE 1º (kg)</th> <th>INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE SENCILLO)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7100</td><td>152</td></tr> <tr><td>8000</td><td>156</td></tr> <tr><td>9000</td><td>160</td></tr> </tbody> </table>	MTMA EJE 1º (kg)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE SENCILLO)	7100	152	8000	156	9000	160	DISPOSITIVO DE FRENADO Servicio: Neumático. Mando pedal. Dos circuitos independientes. Discos en todos los ejes. EBS. Estacionamiento: Mecánico, por actuadores de muelle, sobre las ruedas de los ejes 2º y 3º. Mando neumático manual. Socorro: Asegurado por independencia circuitos. Asistencia: Sí. Electroneumática. Superficie total de frenado: 2283,2 cm². Calderines, capacidad (lts): Frenos: 3x40 litros Servicios: 40 litros opcional con suspensión neumática delantera Retardador: Freno escape EPG Opcional freno escape y de compresión VEB Opcional ralentizador hidráulico VOITH ó ZF INTARDER. Dispositivo antibloqueo: Marca y tipo: KNORR-BREMSE. Categoría: 1. ASR: Opcional.																																																																																																																						
MTMA EJE 1º (kg)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE SENCILLO)																																																																																																																														
7100	152																																																																																																																														
8000	156																																																																																																																														
9000	160																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MTMA EJE 2º (kg)</th> <th>INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE GEMELO)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10500</td><td>145</td></tr> <tr><td>11500</td><td>145</td></tr> </tbody> </table>	MTMA EJE 2º (kg)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE GEMELO)	10500	145	11500	145	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Baterías: 2 de 12 V. De 185 a 230 Ah. Alternador: 90 a 110 A																																																																																																																								
MTMA EJE 2º (kg)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE GEMELO)																																																																																																																														
10500	145																																																																																																																														
11500	145																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MTMA EJE 3º (kg)</th> <th>INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE GEMELO)</th> <th>INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE SENCILLO)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7500</td><td>154</td><td>145</td></tr> <tr><td>10500</td><td>---</td><td>145</td></tr> </tbody> </table>	MTMA EJE 3º (kg)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE GEMELO)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE SENCILLO)	7500	154	145	10500	---	145	QUINTA RUEDA No procede.																																																																																																																					
MTMA EJE 3º (kg)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE GEMELO)	INDICE DE CARGA MÍNIMO (MONTAJE SENCILLO)																																																																																																																													
7500	154	145																																																																																																																													
10500	---	145																																																																																																																													
Montajes mixtos autorizados:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eje 1º</th> <th>Eje 2º</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>315/80 R 22,5</td><td>295/80 R 22,5</td></tr> <tr><td>315/60 R 22,5</td><td>295/60 R 22,5</td></tr> <tr><td>385/65 R 22,5</td><td>13 R 22,5</td></tr> <tr><td>385/65 R 22,5</td><td>315/80 R 22,5</td></tr> <tr><td>385/65 R 22,5</td><td>385/80 R 22,5</td></tr> <tr><td>385/55 R 22,5</td><td>315/70 R 22,5</td></tr> <tr><td>385/55 R 22,5</td><td>315/80 R 22,5</td></tr> <tr><td>385/55 R 22,5</td><td>295/80 R 22,5</td></tr> </tbody> </table>					Eje 1º	Eje 2º	315/80 R 22,5	295/80 R 22,5	315/60 R 22,5	295/60 R 22,5	385/65 R 22,5	13 R 22,5	385/65 R 22,5	315/80 R 22,5	385/65 R 22,5	385/80 R 22,5	385/55 R 22,5	315/70 R 22,5	385/55 R 22,5	315/80 R 22,5	385/55 R 22,5	295/80 R 22,5																																																																																																								
Eje 1º	Eje 2º																																																																																																																														
315/80 R 22,5	295/80 R 22,5																																																																																																																														
315/60 R 22,5	295/60 R 22,5																																																																																																																														
385/65 R 22,5	13 R 22,5																																																																																																																														
385/65 R 22,5	315/80 R 22,5																																																																																																																														
385/65 R 22,5	385/80 R 22,5																																																																																																																														
385/55 R 22,5	315/70 R 22,5																																																																																																																														
385/55 R 22,5	315/80 R 22,5																																																																																																																														
385/55 R 22,5	295/80 R 22,5																																																																																																																														

Figura 48. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 4)

 RENAULT TRUCKS ESPAÑA, S.L.	Denominación comercial: PREMIUM LANDER 370.26 PREMIUM LANDER 410.26 PREMIUM LANDER 450.26	FICHA REDUCIDA DE CARACTERÍSTICAS	CONTRASEÑA DE HOMOLOGACIÓN: C1-30CKX	
			CATEGORÍA DEL VEHÍCULO: N3	HOJA 5/5

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Por líquido.		INDICADORES Velocímetro: Digital SIEMENS-VDO Tacógrafo (Nº de homologación): e1-84 Testigo presión de aire: Sí.																																																																																																																																		
DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE Número: 1 ó 2 (metálicos) 1 (plástico)		DISPOSITIVOS ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN Número de proyectores: Corto alcance: 2. Largo alcance: 2. Marcha atrás: 2. Antiniebla delantero: 0 ó 2. Antiniebla trasera: 2. Gálibo																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Capacidad (litros)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero</td> <td>120, 160, 170, 200, 210, 220, 255, 285, 300, 315, 330, 350, 365, 380, 400, 405, 415, 445, 450, 490, 505, 510, 530, 570, 610 y 630 litros.</td> </tr> <tr> <td>Aluminio</td> <td>120, 160, 170, 180, 210, 220, 255, 285, 290, 310, 315, 330, 350, 355, 365, 380, 405, 410, 415, 425, 445, 450, 480, 490, 500, 505, 510, 520, 530, 535, 540, 550, 570, 600, 610, 625, 630, 650, 690, 710, 715, 730, 750, 770, 790, 805, 810 litros.</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>215 litros</td> </tr> </tbody> </table>		Material	Capacidad (litros)	Acero	120, 160, 170, 200, 210, 220, 255, 285, 300, 315, 330, 350, 365, 380, 400, 405, 415, 445, 450, 490, 505, 510, 530, 570, 610 y 630 litros.	Aluminio	120, 160, 170, 180, 210, 220, 255, 285, 290, 310, 315, 330, 350, 355, 365, 380, 405, 410, 415, 425, 445, 450, 480, 490, 500, 505, 510, 520, 530, 535, 540, 550, 570, 600, 610, 625, 630, 650, 690, 710, 715, 730, 750, 770, 790, 805, 810 litros.	Plástico	215 litros	OPCIONES Y ACCESORIOS ----- Renault Trucks España S.L. Fecha: Junio 2006																																																																																																																										
Material	Capacidad (litros)																																																																																																																																			
Acero	120, 160, 170, 200, 210, 220, 255, 285, 300, 315, 330, 350, 365, 380, 400, 405, 415, 445, 450, 490, 505, 510, 530, 570, 610 y 630 litros.																																																																																																																																			
Aluminio	120, 160, 170, 180, 210, 220, 255, 285, 290, 310, 315, 330, 350, 355, 365, 380, 405, 410, 415, 425, 445, 450, 480, 490, 500, 505, 510, 520, 530, 535, 540, 550, 570, 600, 610, 625, 630, 650, 690, 710, 715, 730, 750, 770, 790, 805, 810 litros.																																																																																																																																			
Plástico	215 litros																																																																																																																																			
Configuraciones posibles: Los depósitos de combustible pueden estar montados a la derecha y/o izquierda del vehículo, entre ejes. En ningún caso la capacidad total podrá exceder de 1500 litros.																																																																																																																																				
REFERENCIA SILENCIOSO DXI 11 370/410/450 - EC06 ("EURO 4")		TABLA 1 Longitud máxima carrozable (mm) (*) (**)																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SILENCIOSO PRINCIPAL</th> <th>SILENCIOSO SECUNDARIO</th> <th>SALIDA ESCAPE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">7420579350 7420894956</td> <td>7420564105</td> <td rowspan="3">Lateral</td> </tr> <tr> <td>7420534879</td> </tr> <tr> <td>5010626142</td> </tr> <tr> <td>7420564016</td> <td rowspan="3">Central</td> </tr> <tr> <td>7320783228</td> </tr> <tr> <td>7420564258</td> </tr> <tr> <td>7420534879</td> <td rowspan="2">Lateral y Central</td> </tr> <tr> <td>---</td> </tr> <tr> <td>7420579351 7420899867 7420579352 7420899868</td> <td>7420441700 (resonador)</td> <td>Vertical</td> </tr> </tbody> </table>		SILENCIOSO PRINCIPAL	SILENCIOSO SECUNDARIO	SALIDA ESCAPE	7420579350 7420894956	7420564105	Lateral	7420534879	5010626142	7420564016	Central	7320783228	7420564258	7420534879	Lateral y Central	---	7420579351 7420899867 7420579352 7420899868	7420441700 (resonador)	Vertical	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variantes</th> <th>BAE e6*0005</th> <th>BAE e2*05022</th> <th>BAE e6*0020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>I</td><td>8457</td><td>8409</td><td>8680</td></tr> <tr><td>II</td><td>8757</td><td>8709</td><td>8980</td></tr> <tr><td>III</td><td>9107</td><td>9059</td><td>9330</td></tr> <tr><td>IV</td><td>9407</td><td>9359</td><td>9630</td></tr> <tr><td>V</td><td>9757</td><td>9709</td><td>9980</td></tr> <tr><td>VI</td><td>10057</td><td>10009</td><td>10280</td></tr> <tr><td>VII</td><td>10457</td><td>10409</td><td>10680</td></tr> <tr><td>VIII</td><td>10857</td><td>10809</td><td>11080</td></tr> <tr><td>IX</td><td>11257</td><td>11209</td><td>11480</td></tr> <tr><td>X</td><td>11657</td><td>11609</td><td>11880</td></tr> <tr><td>XI</td><td>12000</td><td>12000</td><td>12000</td></tr> <tr><td>XII</td><td>12000</td><td>12000</td><td>12000</td></tr> <tr><td>XIII</td><td>12000</td><td>12000</td><td>12000</td></tr> </tbody> </table>		Variantes	BAE e6*0005	BAE e2*05022	BAE e6*0020	I	8457	8409	8680	II	8757	8709	8980	III	9107	9059	9330	IV	9407	9359	9630	V	9757	9709	9980	VI	10057	10009	10280	VII	10457	10409	10680	VIII	10857	10809	11080	IX	11257	11209	11480	X	11657	11609	11880	XI	12000	12000	12000	XII	12000	12000	12000	XIII	12000	12000	12000																																																							
SILENCIOSO PRINCIPAL	SILENCIOSO SECUNDARIO	SALIDA ESCAPE																																																																																																																																		
7420579350 7420894956	7420564105	Lateral																																																																																																																																		
	7420534879																																																																																																																																			
	5010626142																																																																																																																																			
	7420564016	Central																																																																																																																																		
	7320783228																																																																																																																																			
	7420564258																																																																																																																																			
7420534879	Lateral y Central																																																																																																																																			

7420579351 7420899867 7420579352 7420899868	7420441700 (resonador)	Vertical																																																																																																																																		
Variantes	BAE e6*0005	BAE e2*05022	BAE e6*0020																																																																																																																																	
I	8457	8409	8680																																																																																																																																	
II	8757	8709	8980																																																																																																																																	
III	9107	9059	9330																																																																																																																																	
IV	9407	9359	9630																																																																																																																																	
V	9757	9709	9980																																																																																																																																	
VI	10057	10009	10280																																																																																																																																	
VII	10457	10409	10680																																																																																																																																	
VIII	10857	10809	11080																																																																																																																																	
IX	11257	11209	11480																																																																																																																																	
X	11657	11609	11880																																																																																																																																	
XI	12000	12000	12000																																																																																																																																	
XII	12000	12000	12000																																																																																																																																	
XIII	12000	12000	12000																																																																																																																																	
DXI 11 370/410/450 - EC06b ("EURO 5")		(*) Longitud variable en función del dispositivo de protección trasera (BAE) instalado. (**) Longitud total del vehículo una vez carrozado, incluyendo cabina y herrajes y accesorios no carrozables.																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SILENCIOSO PRINCIPAL</th> <th>SILENCIOSO SECUNDARIO</th> <th>SALIDA ESCAPE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">7420579353 7420894957</td> <td>7420564105</td> <td rowspan="3">Lateral</td> </tr> <tr> <td>7420534879</td> </tr> <tr> <td>5010626142</td> </tr> <tr> <td>7420564016</td> <td rowspan="3">Central</td> </tr> <tr> <td>7320783228</td> </tr> <tr> <td>7420564258</td> </tr> <tr> <td>7420534879</td> <td rowspan="2">Lateral y Central</td> </tr> <tr> <td>---</td> </tr> <tr> <td>7420579354 7420899870 7420579355 7420899871</td> <td>7420441700 (resonador)</td> <td>Vertical</td> </tr> </tbody> </table>		SILENCIOSO PRINCIPAL	SILENCIOSO SECUNDARIO	SALIDA ESCAPE	7420579353 7420894957	7420564105	Lateral	7420534879	5010626142	7420564016	Central	7320783228	7420564258	7420534879	Lateral y Central	---	7420579354 7420899870 7420579355 7420899871	7420441700 (resonador)	Vertical	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variantes</th> <th colspan="3">Voladizo máximo posterior carrozable (mm) (*) (**) <table border="1"> <thead> <tr> <th>BAE e6*0005</th> <th>BAE e2*05022</th> <th>BAE e6*0020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>I</td><td>2187</td><td>2139</td><td>2410</td></tr> <tr><td>II</td><td>2287</td><td>2239</td><td>2510</td></tr> <tr><td>III</td><td>2437</td><td>2389</td><td>2660</td></tr> <tr><td>IV</td><td>2537</td><td>2489</td><td>2760</td></tr> <tr><td>V</td><td>2687</td><td>2639</td><td>2910</td></tr> <tr><td>VI</td><td>2787</td><td>2739</td><td>3010</td></tr> <tr><td>VII</td><td>2937</td><td>2889</td><td>3160</td></tr> <tr><td>VIII</td><td>3087</td><td>3039</td><td>3310</td></tr> <tr><td>IX</td><td>3237</td><td>3189</td><td>3460</td></tr> <tr><td>X</td><td>3387</td><td>3339</td><td>3610</td></tr> <tr><td>XI</td><td>3487</td><td>3439</td><td>3710</td></tr> <tr><td>XII</td><td>3187</td><td>3139</td><td>3410</td></tr> <tr><td>XIII</td><td>2837</td><td>2789</td><td>3060</td></tr> </tbody> </table> </th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>I</td><td>2187</td><td>2139</td><td>2410</td></tr> <tr><td>II</td><td>2287</td><td>2239</td><td>2510</td></tr> <tr><td>III</td><td>2437</td><td>2389</td><td>2660</td></tr> <tr><td>IV</td><td>2537</td><td>2489</td><td>2760</td></tr> <tr><td>V</td><td>2687</td><td>2639</td><td>2910</td></tr> <tr><td>VI</td><td>2787</td><td>2739</td><td>3010</td></tr> <tr><td>VII</td><td>2937</td><td>2889</td><td>3160</td></tr> <tr><td>VIII</td><td>3087</td><td>3039</td><td>3310</td></tr> <tr><td>IX</td><td>3237</td><td>3189</td><td>3460</td></tr> <tr><td>X</td><td>3387</td><td>3339</td><td>3610</td></tr> <tr><td>XI</td><td>3487</td><td>3439</td><td>3710</td></tr> <tr><td>XII</td><td>3187</td><td>3139</td><td>3410</td></tr> <tr><td>XIII</td><td>2837</td><td>2789</td><td>3060</td></tr> </tbody> </table>		Variantes	Voladizo máximo posterior carrozable (mm) (*) (**) <table border="1"> <thead> <tr> <th>BAE e6*0005</th> <th>BAE e2*05022</th> <th>BAE e6*0020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>I</td><td>2187</td><td>2139</td><td>2410</td></tr> <tr><td>II</td><td>2287</td><td>2239</td><td>2510</td></tr> <tr><td>III</td><td>2437</td><td>2389</td><td>2660</td></tr> <tr><td>IV</td><td>2537</td><td>2489</td><td>2760</td></tr> <tr><td>V</td><td>2687</td><td>2639</td><td>2910</td></tr> <tr><td>VI</td><td>2787</td><td>2739</td><td>3010</td></tr> <tr><td>VII</td><td>2937</td><td>2889</td><td>3160</td></tr> <tr><td>VIII</td><td>3087</td><td>3039</td><td>3310</td></tr> <tr><td>IX</td><td>3237</td><td>3189</td><td>3460</td></tr> <tr><td>X</td><td>3387</td><td>3339</td><td>3610</td></tr> <tr><td>XI</td><td>3487</td><td>3439</td><td>3710</td></tr> <tr><td>XII</td><td>3187</td><td>3139</td><td>3410</td></tr> <tr><td>XIII</td><td>2837</td><td>2789</td><td>3060</td></tr> </tbody> </table>			BAE e6*0005	BAE e2*05022	BAE e6*0020	I	2187	2139	2410	II	2287	2239	2510	III	2437	2389	2660	IV	2537	2489	2760	V	2687	2639	2910	VI	2787	2739	3010	VII	2937	2889	3160	VIII	3087	3039	3310	IX	3237	3189	3460	X	3387	3339	3610	XI	3487	3439	3710	XII	3187	3139	3410	XIII	2837	2789	3060	I	2187	2139	2410	II	2287	2239	2510	III	2437	2389	2660	IV	2537	2489	2760	V	2687	2639	2910	VI	2787	2739	3010	VII	2937	2889	3160	VIII	3087	3039	3310	IX	3237	3189	3460	X	3387	3339	3610	XI	3487	3439	3710	XII	3187	3139	3410	XIII	2837	2789	3060
SILENCIOSO PRINCIPAL	SILENCIOSO SECUNDARIO	SALIDA ESCAPE																																																																																																																																		
7420579353 7420894957	7420564105	Lateral																																																																																																																																		
	7420534879																																																																																																																																			
	5010626142																																																																																																																																			
	7420564016	Central																																																																																																																																		
	7320783228																																																																																																																																			
	7420564258																																																																																																																																			
7420534879	Lateral y Central																																																																																																																																			

7420579354 7420899870 7420579355 7420899871	7420441700 (resonador)	Vertical																																																																																																																																		
Variantes	Voladizo máximo posterior carrozable (mm) (*) (**) <table border="1"> <thead> <tr> <th>BAE e6*0005</th> <th>BAE e2*05022</th> <th>BAE e6*0020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>I</td><td>2187</td><td>2139</td><td>2410</td></tr> <tr><td>II</td><td>2287</td><td>2239</td><td>2510</td></tr> <tr><td>III</td><td>2437</td><td>2389</td><td>2660</td></tr> <tr><td>IV</td><td>2537</td><td>2489</td><td>2760</td></tr> <tr><td>V</td><td>2687</td><td>2639</td><td>2910</td></tr> <tr><td>VI</td><td>2787</td><td>2739</td><td>3010</td></tr> <tr><td>VII</td><td>2937</td><td>2889</td><td>3160</td></tr> <tr><td>VIII</td><td>3087</td><td>3039</td><td>3310</td></tr> <tr><td>IX</td><td>3237</td><td>3189</td><td>3460</td></tr> <tr><td>X</td><td>3387</td><td>3339</td><td>3610</td></tr> <tr><td>XI</td><td>3487</td><td>3439</td><td>3710</td></tr> <tr><td>XII</td><td>3187</td><td>3139</td><td>3410</td></tr> <tr><td>XIII</td><td>2837</td><td>2789</td><td>3060</td></tr> </tbody> </table>			BAE e6*0005	BAE e2*05022	BAE e6*0020	I	2187	2139	2410	II	2287	2239	2510	III	2437	2389	2660	IV	2537	2489	2760	V	2687	2639	2910	VI	2787	2739	3010	VII	2937	2889	3160	VIII	3087	3039	3310	IX	3237	3189	3460	X	3387	3339	3610	XI	3487	3439	3710	XII	3187	3139	3410	XIII	2837	2789	3060																																																																										
BAE e6*0005	BAE e2*05022	BAE e6*0020																																																																																																																																		
I	2187	2139	2410																																																																																																																																	
II	2287	2239	2510																																																																																																																																	
III	2437	2389	2660																																																																																																																																	
IV	2537	2489	2760																																																																																																																																	
V	2687	2639	2910																																																																																																																																	
VI	2787	2739	3010																																																																																																																																	
VII	2937	2889	3160																																																																																																																																	
VIII	3087	3039	3310																																																																																																																																	
IX	3237	3189	3460																																																																																																																																	
X	3387	3339	3610																																																																																																																																	
XI	3487	3439	3710																																																																																																																																	
XII	3187	3139	3410																																																																																																																																	
XIII	2837	2789	3060																																																																																																																																	
I	2187	2139	2410																																																																																																																																	
II	2287	2239	2510																																																																																																																																	
III	2437	2389	2660																																																																																																																																	
IV	2537	2489	2760																																																																																																																																	
V	2687	2639	2910																																																																																																																																	
VI	2787	2739	3010																																																																																																																																	
VII	2937	2889	3160																																																																																																																																	
VIII	3087	3039	3310																																																																																																																																	
IX	3237	3189	3460																																																																																																																																	
X	3387	3339	3610																																																																																																																																	
XI	3487	3439	3710																																																																																																																																	
XII	3187	3139	3410																																																																																																																																	
XIII	2837	2789	3060																																																																																																																																	
EQUIPAMIENTO CABINA Espejos retrovisores exteriores: 2 (II) + 2(IV) + 1(V). Nº asientos: 2 ó 3. Opción 6 (sólo cabina LO). Nº plazas: 2 ó 3. Opción 6 (sólo cabina LO). Tipo: Avanzada basculante. Nº literas: 0 ó 1 ó 2 (cabina LO y PPH). Cinturones de seguridad: Opcionales.		(*) Variable en función del dispositivo de protección trasera (BAE) instalado. (**) Incluye herrajes y accesorios no carrozables.																																																																																																																																		

Figura 49. Ficha reducida de características del fabricante (Hoja 5)

2.5. Certificado de taller

CERTIFICADO DE TALLER
(según anexo III del R.D. 866/2010 de 2 de julio)

D/D^a. [REDACTED], expresamente autorizado por la empresa BP Lorries, S.L., domiciliada en Alzira, provincia de Valencia, Pol. Ind. 1 - C/Teixidors, 6, teléfono 962405814, dedicada a la actividad de reparación de vehículos con nº de Registro Industrial 46/73332 y nº de Registro Especial V-3925.

CERTIFICA

Que la mencionada empresa ha realizado la/s Reforma/s nº 8.50 / 8.60 / 11.1 / 11.2 / 11.3 y asume la responsabilidad de la ejecución sobre el vehículo marca RENAULT, tipo 24C, variante DXI 11.450, denominación comercial PREMIUM 450.26, matrícula 6921KJV y nº de bastidor VF624CPA000002049 de acuerdo con:

- La normativa vigente en materia de reformas de vehículos.
- Las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevadas a cabo en dicho vehículo.
- El proyecto técnico de la/s reforma/s, adjunto al expediente.

OBSERVACIONES:

- Modificación del carrozado del vehículo mediante la instalación de una caja abierta con laterales abatibles y lonas.
- Cambio de clasificación del vehículo pasando de Camión MMA>12000Kg Portacontenedores (22 12) a Camión MMA>12000Kg Caja Abierta (22 11)
- Reducción de la MTMA/MMA a 25320 Kg

Se garantiza que los equipos o sistemas modificados cumplen lo previsto en el artículo 6 del Reglamento General de vehículos y, en su caso, en el artículo 5 del Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regula la actividad industrial en talleres de vehículos automóviles, de equipos y sus componentes, modificado por 455/2010, de 16 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regulan la actividad industrial y la prestación de servicios en los talleres de reparación de vehículos automóviles, de sus equipos y componentes

En Alzira, a 25 de Febrero de 2020

Firma y sello
Fdo.: D/D^a. [REDACTED]

Figura 50. Certificado del taller



Laboratorio Técnico de Reformas

INFORME DE CONFORMIDAD

Nº Informe: IC-RE-188187-00



ENAC
INSPECCIÓN
N.º 314/19922

Pág. 2 de 3

Reglamentación aplicable		Afectación	Contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE Protec. trasera.	CUMPLE	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	70/222/CEE	CUMPLE	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Mecanismos de dirección	70/311/CEE	NO AFECTA	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE	NO AFECTA	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Frenado.	71/320/CEE	NO AFECTA	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE	NO AFECTA	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Salientes exteriores	74/483/CEE	NO APLICA	--
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa.	76/756/CEE	CUMPLE	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Protección lateral.	89/297/CEE	CUMPLE	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Sistemas antiproyección.	91/226/CEE	CUMPLE	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Masas y dimensiones (automóviles)	92/21/CEE	NO APLICA	--
Neumáticos.	92/23/CEE	NO AFECTA	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Masas y dimensiones (resto de vehículos)	97/27/CE	CUMPLE	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Salientes exteriores de las cabinas.	92/114/CEE	NO AFECTA	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Protección delantera contra el empotramiento.	2000/40/CE	NO AFECTA	Informe Inspección Servicio Técnico Nº II-RE-188187-00
Protección de los peatones	2003/102/CE	NO APLICA	--

Observaciones: Según proyecto referencia PT-1036/2018 realizado por técnico competente D/D^a FELIPE ADELL GARZÓN

El vehículo reformado según Real Decreto 866/2010, cumple con los actos reglamentarios que son de aplicación a las reformas tipificadas en el anexo I y en el manual de reformas de vehículos y es conforme con las condiciones exigibles de seguridad y de protección al medio ambiente.

* Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada

* Queda terminantemente prohibido la reproducción parcial de este informe sin permiso expreso de LTR

Ctra. Alicante. Nº 31-Bajo 30.007
Zarandona (Murcia)

Tel: +34 968 40 43 09

info@ltrglobal.com
www.ltrglobal.com

Figura 52. Informe de conformidad (Hoja 2)



LTR
Laboratorio Técnico de Reformas

INFORME DE CONFORMIDAD

Nº Informe: IC-RE-188187-00



ENAC
INSPECCIÓN
Nº 3338/E1822

Pág. 3 de 3

Y para que así conste, a los efectos oportunos, firmamos el presente en **Murcia**, con fecha: **VER FECHA**
EN LA FIRMA DEL DOCUMENTO

Realizado por 

Documento firmado electrónicamente.
Validación de la firma electrónica en: <https://valide.redsara.es/valide/>, opción **Validar Firma**
Descarga de justificante en: <https://valide.redsara.es/valide/>, opción **Visualizar Firma**

* Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada
* Queda terminantemente prohibido la reproducción parcial de este informe sin permiso expreso de LTR

Figura 53. Informe de conformidad (Hoja 3)

2.7. Catálogo de tornillos

TORMETAL		PROPIEDADES MECÁNICAS										
2.1 BULONES, TORNILLOS Y ESPÁRRAGOS												
<p>NORMA DIN ISO: 898 Parte 1 ISO: 898 Parte 1 NF: E 25 - 100</p>												
Propiedades mecánicas de bulones, tornillos y espárragos en acero.												
<p>Las siguientes clases de calidad y sus características mecánicas, se aplican a los bulones, tornillos y espárragos con rosca métrica ISO, de diámetro nominal $d \leq 39\text{mm}$., construidos en acero al carbono y ensayados a temperatura ambiente. Éstas no se aplican a los tornillos sin cabeza y similares, ni con requisitos especiales como: la soldabilidad, la resistencia a la corrosión (ver DIN-267 Parte II y ISO-3506), la resistencia a temperaturas superiores a $+300^\circ\text{C}$ o inferiores a -50°C (ver DIN-267 Parte 13). Este sistema de designación de calidades puede ser utilizado para los diámetros $d > 39\text{mm}$. dando por hecho que, todas las exigencias mecánicas prescritas por las clases de calidad, serán debidamente respetadas.</p>												
<p>La primera cifra indica, en N/mm^2, un 1/100 de la resistencia nominal a la tracción, ver R_m en la tabla. Para la clase de calidad 10.9, la resistencia a la tracción es: $10 \times 100 = 1000 \text{ N/mm}^2$.</p>												
<p>La segunda cifra indica, por 10, la relación entre el límite inferior de fluencia R_{el} (o límite convencional de elasticidad $R_{p0,2}$) y la resistencia nominal a la tracción R_m; entoces, para una clase de calidad 10.9, la segunda cifra $9 = 10 \times 900/1000$.</p>												
<p>Y por último, la multiplicación de ambas cifras entre si, nos da 1/10 del límite elástico en N/mm^2, siguiendo el ejemplo: $10 \times 9 = 1/10 \times 900 \text{ N/mm}^2$.</p>												
2.1.1 Nomenclatura de las clases de calidad.												
<p>Los símbolos de las clases de calidad consisten en dos cifras separadas por un punto; ejemplo: 10.9; con las cuales se indican las características mecánicas más importantes.</p>												
2.1.2 Características mecánicas de los bulones, tornillos y espárragos												
Características mecánicas		Clases de calidad										
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 ¹⁾		9.8 ²⁾	10.9	12.9
								d=16 mm.	d>16 mm. ²⁾			
Resistencia a la tracción R_m ⁴⁾ N/mm^2	nom.	300	400	400	500	500	600	800	800	900	1000	1200
	min.	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
Dureza Vickers HV F $\geq 98\text{N}$	min.	95	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
	máx.	250	250	250	250	250	250	320	335	360	380	435
Dureza Brinell HB F = 30 D ²	min.	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
	máx.	238	238	238	238	238	238	304	318	342	361	414
Dureza Rockwell min.	HRB	52	67	71	79	82	89	-	-	-	-	-
	HRC	-	-	-	-	-	-	22	23	28	32	39
HR max.	HRB	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	-	-	-	-	-
	HRC	-	-	-	-	-	-	32	34	37	39	44
Dureza superf. HV 0,3	máx.	-	-	-	-	-	-	5)	5)	5)	5)	5)
Límite inferior de fluencia R_{el} ⁴⁾ N/mm^2	nom.	180	240	320	300	400	480	-	-	-	-	-
	min.	190	240	340	300	420	480	-	-	-	-	-
Límite convencional de elasticidad $R_p 0,2$ N/mm^2	nom.	-	-	-	-	-	-	640	640	720	900	1080
	min.	-	-	-	-	-	-	640	660	720	940	1100
Esfuerzo bajo carga de prueba S_p	S_p/R_m o $S_p/R_p 0,2$	0,94	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
	S_p N/mm^2	180	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
Alargamiento después de la ruptura A5%	min.	25	22	14	20	10	8	12	12	10	9	8
Resistencia a la tracción bajo carga de cuña	min.	Los valores para tornillos y bulones enteros (no los espárragos) deben ser iguales a los valores mínimos de resistencia a la tracción indicados anteriormente.										
Resiliencia		-	-	-	25	-	-	30	30	25	20	15
Solidez de la cabeza		No hay rotura										
Altura mínima de la zona de rosca no descarburada, E		-	-	-	-	-	-	1/2H ₁	1/2H ₁	1/2H ₁	2/3H ₁	3/4H ₁
Profundidad máx. de descarburación, G		-	-	-	-	-	-	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015

Figura 54. Catálogo de tornillos (Hoja 1)

TORMETAL		PROPIEDADES MECÁNICAS						
2.8 PARES DE APRIETE								
2.8.1 Tablas de pares de apriete.								
Pares de apriete para tornillos tipo DIN-931 y DIN-933 con rosca métrica de paso grueso								
Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M4	8.8	2,2	2,5	2,8	3,1	3,3	3,7	4,0
	10.9	3,2	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,9
	12.9	3,8	4,3	4,8	5,3	5,7	6,4	6,9
M5	8.8	4,3	4,9	5,5	6,1	6,5	7,3	7,9
	10.9	6,3	7,3	8,1	8,9	9,6	10,7	11,6
	12.9	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2	12,5	13,5
M6	8.8	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2	12,5	13,5
	10.9	10,9	12,5	14,0	15,5	16,5	18,5	20,0
	12.9	12,5	14,5	16,5	18,0	19,5	21,5	23,5
M7	8.8	12,0	14,0	15,5	17,0	18,5	21,0	22,5
	10.9	17,5	20,5	23,0	25	27	31	33
	12.9	20,5	24,0	27	30	32	36	39
M8	8.8	18	20,5	23	25	27	31	33
	10.9	26	30	34	37	40	45	49
	12.9	31	35	40	43	47	53	57
M10	8.8	36	41	46	51	55	62	67
	10.9	52	60	68	75	80	90	98
	12.9	61	71	79	87	94	106	115
M12	8.8	61	71	79	87	94	106	115
	10.9	90	104	117	130	140	155	170
	12.9	105	121	135	150	160	180	195
M14	8.8	97	113	125	140	150	170	185
	10.9	145	165	185	205	220	250	270
	12.9	165	195	215	240	260	290	320
M16	8.8	145	170	195	215	230	260	280
	10.9	215	250	280	310	340	380	420
	12.9	250	300	330	370	400	450	490
M18	8.8	210	245	280	300	330	370	400
	10.9	300	350	390	430	470	530	570
	12.9	350	410	460	510	550	620	670
M20	8.8	300	350	390	430	470	530	570
	10.9	420	490	560	620	670	750	820
	12.9	500	580	650	720	780	880	960
M22	8.8	400	470	530	580	630	710	780
	10.9	570	670	750	830	900	1020	1110
	12.9	670	780	880	970	1050	1190	1300
M24	8.8	510	600	670	740	800	910	990
	10.9	730	850	960	1060	1140	1300	1400
	12.9	850	1000	1120	1240	1350	1500	1650
M27	8.8	750	880	1000	1100	1200	1350	1450
	10.9	1070	1250	1400	1550	1700	1900	2100
	12.9	1250	1450	1650	1850	2000	2250	2450
M30	8.8	1000	1190	1350	1500	1600	1800	2000
	10.9	1450	1700	1900	2100	2300	2600	2800
	12.9	1700	2000	2250	2500	2700	3000	3300
M33	8.8	1400	1600	1850	2000	2200	2500	2700
	10.9	1950	2300	2600	2800	3100	3500	3900
	12.9	2300	2700	3000	3400	3700	4100	4500
M36	8.8	1750	2100	2350	2600	2800	3200	3500
	10.9	2500	3000	3300	3700	4000	4500	4900
	12.9	3000	3500	3900	4300	4700	5300	5800
M39	8.8	2300	2700	3000	3400	3700	4100	4500
	10.9	3300	3800	4300	4800	5200	5900	6400
	12.9	3800	4500	5100	5600	6100	6900	7500

Pares de apriete para espárragos de caña reducida con rosca métrica de paso grueso								
Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M4	8.8							
	10.9							
	12.9							
M5	8.8	3,0	3,4	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2
	10.9	4,4	5,0	5,5	6,0	6,4	7,1	7,6
	12.9	5,1	5,8	6,5	7,0	7,5	8,3	8,9
M6	8.8	5,1	5,8	6,5	7,0	7,5	8,2	8,8
	10.9	7,5	8,6	9,5	10,3	11,0	12,1	13,0
	12.9	8,8	10,0	11,1	12,0	13,0	14,0	15,0
M7	8.8	8,5	9,8	10,9	11,9	12,5	14,0	15,0
	10.9	12,5	14,5	16,0	17,5	18,5	20,5	22,0
	12.9	14,5	17,0	18,5	20,5	22,0	24,0	26
M8	8.8	12,4	14,0	16,0	17,0	18,5	20,5	21,5
	10.9	18,0	21,0	23,0	25,0	27,0	30,0	32,0
	12.9	21,5	24,5	27,1	30,0	32,0	35,0	37,0
M10	8.8	25	29	32	35	37	41	44
	10.9	37	42	47	51	55	60	65
	12.9	43	49	55	60	64	71	76
M12	8.8	43	49	55	60	64	71	76
	10.9	63	73	81	88	94	104	112
	12.9	74	85	95	103	110	122	130
M14	8.8	69	79	88	96	103	114	122
	10.9	101	116	130	140	150	165	180
	12.9	118	135	150	165	175	195	210
M16	8.8	106	123	135	150	160	180	195
	10.9	155	180	200	220	235	260	280
	12.9	185	210	235	280	280	310	330
M18	8.8	150	175	195	210	225	250	270
	10.9	215	245	280	300	320	360	380
	12.9	250	290	320	350	380	420	450
M20	8.8	215	250	280	300	330	360	390
	10.9	310	350	400	430	460	520	560
	12.9	360	410	460	510	540	610	650
M22	8.8	290	340	380	420	450	500	540
	10.9	420	480	540	590	640	710	770
	12.9	490	560	630	690	740	830	900
M24	8.8	370	430	480	520	560	620	670
	10.9	530	610	680	740	800	890	960
	12.9	620	710	800	870	940	1040	1120
M27	8.8	550	640	720	790	850	940	1020
	10.9	780	910	1020	1120	1200	1350	1450
	12.9	920	1060	1190	1300	1400	1550	1700
M30	8.8	740	860	970	1060	1140	1250	1350
	10.9	1060	1230	1400	1500	1600	1800	1950
	12.9	1240	1450	1600	1750	1900	2100	2300
M33	8.8	1010	1180	1300	1450	1550	1750	1900
	10.9	1450	1700	1900	2050	2250	2500	2700
	12.9	1700	1950	2200	2400	2600	2900	3100
M36	8.8	1300	1500	1700	1850	2000	2250	2400
	10.9	1850	2150	2400	2600	2800	3200	3400
	12.9	2150	2500	2800	3100	3300	3700	4000
M39	8.8	1700	1950	2200	2400	2600	2900	3200
	10.9	2400	2800	3100	3500	3700	4200	4500
	12.9	2800	3300	3700	4000	4400	4900	5300

Figura 55. Catálogo de tornillos (Hoja 2)

2.8. Norma UNE-EN ISO 898-1:2015

Tabla 3
Características mecánicas y físicas de los pernos, tornillos y bulones

Apar-tado nº	Característica mecánica y física	Clase de calidad											
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 ^a		9.8 ^b	10.9	12.9	
								<i>d</i> ≤ 16 ^c mm	<i>d</i> > 16 ^c mm				
5.1	Resistencia nominal a la tracción, $R_{m,nom}$	N/mm ²	300	400	500	600	800	800	900	1 000	1 200		
5.2	Resistencia mínima a la tracción, $R_{m,min}^{d,e}$	N/mm ²	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1 040	1 220
5.3	Dureza Vickers, HV $F \geq 98$ N	mín	95	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
		máx	220 ^f					250	320	335	360	380	435
5.4	Dureza Brinell, HB $F = 30 D^2$	mín	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
		máx	209 ^f					238	304	318	342	361	414
5.5	Dureza Rockwell, HR	mín HRB	52	67	71	79	82	89	–	–	–	–	–
		HRC	–	–	–	–	–	–	22	23	28	32	39
		máx. HRB	95,0 ^f					99,5	–	–	–	–	–
		HRC	–					–	32	34	37	39	44
5.6	Dureza superficial, HV 0,3	máx	–										
5.7	Límite elástico inferior, R_{eL}^h , N/mm ²	nom.	180	240	320	300	400	480	–	–	–	–	
		min.	190	240	340	300	420	480	–	–	–	–	
5.8	Límite elástico convencional al 0,2%, $R_{p0,2}^i$, N/mm ²	nom.	–					640	640	720	900	1080	
		min.	–					640	660	720	940	1100	
5.9	Tensión a la carga de prueba, S_p	S_p/R_{eL} o $S_p/R_{p0,2}$	0,94	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
5.10	Par de rotura, M_B	Nm min.	–					Véase la Norma ISO 898-7					
5.11	Alargamiento porcentual después de la rotura, A	min.	25	22	–	20	–	–	12	12	10	9	8
5.12	Reducción de la sección después de la rotura, Z	% min.	–					52		48	48	44	
5.13	Esfuerzo o resistencia a la tracción bajo carga en cuña ^c		Los valores para pernos y tornillos (excluidos los bulones) de tamaño completo no deben ser inferiores a los valores mínimos de la resistencia a la tracción indicados en el apartado 5.2										
5.14	Resistencia al impacto, KU	J min.	–		25	–		30	30	25	20	15	
5.15	Solidez de la cabeza		Sin rotura										
5.16	Altura mínima de la zona no decarburada de la zona de roscada, E		–					$\frac{1}{2} H_1$		$\frac{1}{2} H_1$	$\frac{3}{4} H_1$		
	Profundidad máxima de la decarburación completa, G	mm	–					0,015					
5.17	Dureza después del segundo revenido		–					Reducción de dureza de 20 HV como máximo					
5.18	Integridad de superficie		De acuerdo con la Norma ISO 6157-1 o la ISO 6157-3, según proceda										

a Para los pernos de clase de calidad 8.8 de diámetros $d \leq 16$ mm, existe un gran riesgo de arranque de la rosca de la tuerca en el caso de un apriete excesivo inadvertido, que provoque una carga mayor que la carga de prueba. Se recomienda ver la Norma ISO 898-2 a este respecto.

b Se aplica únicamente a los diámetros nominales de rosca $d \leq 16$ mm.

c Para los elementos de fijación destinados a estructuras metálicas, el límite es 12 mm.

d Las características mínimas de resistencia a la tracción se aplican a los productos de longitud nominal $l \geq 2,5 d$. La dureza mínima es válida para productos de longitud $l < 2,5 d$ y para otros productos que no se pueden someter a ensayos de tracción (por ejemplo, debido a la configuración de la cabeza).

e Cuando se ensayan pernos, tornillos y bulones enteros, las cargas de rotura aplicables para el cálculo de R_m deben cumplir los valores que se dan en las tablas 6 y 8.

f Una medida de dureza efectuada en el extremo de los pernos, tornillos y bulones debe ser de 250 HV, 238 HB o 99,5 HRB, como máximo.

g La dureza superficial no debe ser mayor que 30 puntos Vickers por encima de la dureza medida del núcleo central del producto, cuando ambas mediciones se realizan con HV 0,3. Para la clase de calidad 10.9, cualquier aumento de la dureza superficial que indique que ésta supera los 390 HV es inaceptable.

h En los casos en que el límite elástico inferior R_{eL} no se pueda determinar, se permite medir el límite elástico convencional al 0,2%, $R_{p0,2}$. Para las clases de calidad 4.8, 5.8 y 6.8, los valores de R_{eL} se dan únicamente para las necesidades de cálculo, no son valores de ensayo.

i La relación de límite elástico aparente, tal como se define en la designación de la clase de calidad, así como el límite elástico convencional al 0,2%, $R_{p0,2}$, se obtienen a partir de medidas efectuadas sobre probetas. Cuando estas medidas se obtienen a partir de medidas efectuadas sobre pernos y tornillos completos, variarán debido a los efectos del tamaño y del método de fabricación.

Figura 56. Norma UNE -EN ISO 898-1:2015 (Pernos, bulones y tornillos) (Hoja 11)

7 CARGAS MÍNIMAS DE ROTURA A TRACCIÓN Y CARGAS DE PRUEBA

Véanse las tablas 6, 7, 8 y 9.

Tabla 6
Cargas mínimas de rotura a tracción. Rosca métrica ISO de paso grueso

Rosca ^a (d)	Área de esfuerzo nominal $A_{s,nom}$ ^b mm ²	Clase de calidad									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		Carga mínima de rotura a tracción ($A_{s,nom} \times R_{m,min}$), N									
M3	5,03	1 660	2 010	2 110	2 510	2 620	3 020	4 020	4 530	5 230	6 140
M3,5	6,78	2 240	2 710	2 850	3 390	3 530	4 070	5 420	6 100	7 050	8 270
M4	8,78	2 900	3 510	3 690	4 390	4 570	5 270	7 020	7 900	9 130	10 700
M5	14,2	4 690	5 680	5 960	7 100	7 380	8 520	11 350	12 800	14 800	17 300
M6	20,1	6 630	8 040	8 440	10 000	10 400	12 100	16 100	18 100	20 900	24 500
M7	28,9	9 540	11 600	12 100	14 400	15 000	17 300	23 100	26 000	30 100	35 300
M8	36,6	12 100	14 600	15 400	18 300	19 000	22 000	29 200	32 900	38 100	44 600
M10	58	19 100	23 200	24 400	29 000	30 200	34 800	46 400	52 200	60 300	70 800
M12	84,3	27 800	33 700	35 400	42 200	43 800	50 600	67 400 ^c	75 900	87 700	103 000
M14	115	38 000	46 000	48 300	57 500	59 800	69 000	92 000 ^c	104 000	120 000	140 000
M16	157	51 800	62 800	65 900	78 500	81 600	94 000	125 000 ^c	141 000	163 000	192 000
M18	192	63 400	76 800	80 600	96 000	99 800	115 000	159 000	–	200 000	234 000
M20	245	80 800	98 000	103 000	122 000	127 000	147 000	203 000	–	255 000	299 000
M22	303	100 000	121 000	127 000	152 000	158 000	182 000	252 000	–	315 000	370 000
M24	353	116 000	141 000	148 000	176 000	184 000	212 000	293 000	–	367 000	431 000
M27	459	152 000	184 000	193 000	230 000	239 000	275 000	381 000	–	477 000	560 000
M30	561	185 000	224 000	236 000	280 000	292 000	337 000	466 000	–	583 000	684 000
M33	694	229 000	278 000	292 000	347 000	361 000	416 000	576 000	–	722 000	847 000
M36	817	270 000	327 000	343 000	408 000	425 000	490 000	678 000	–	850 000	997 000
M39	976	322 000	390 000	410 000	488 000	508 000	586 000	810 000	–	1 020 000	1 200 000

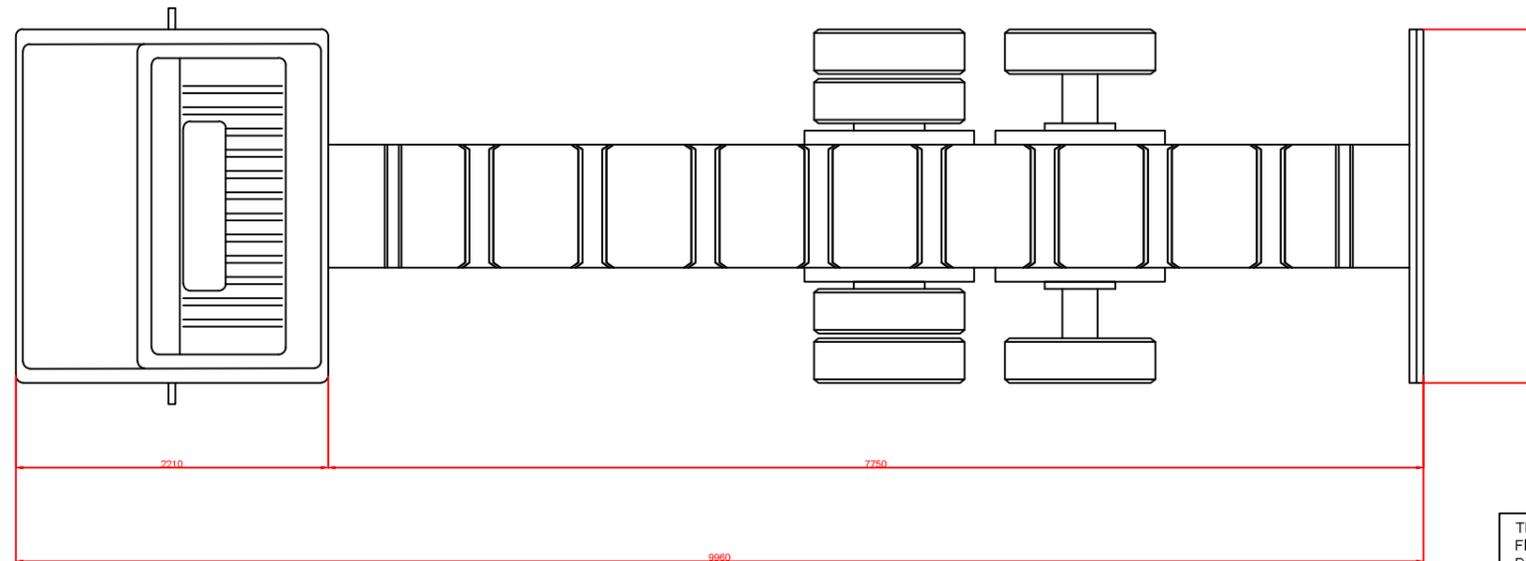
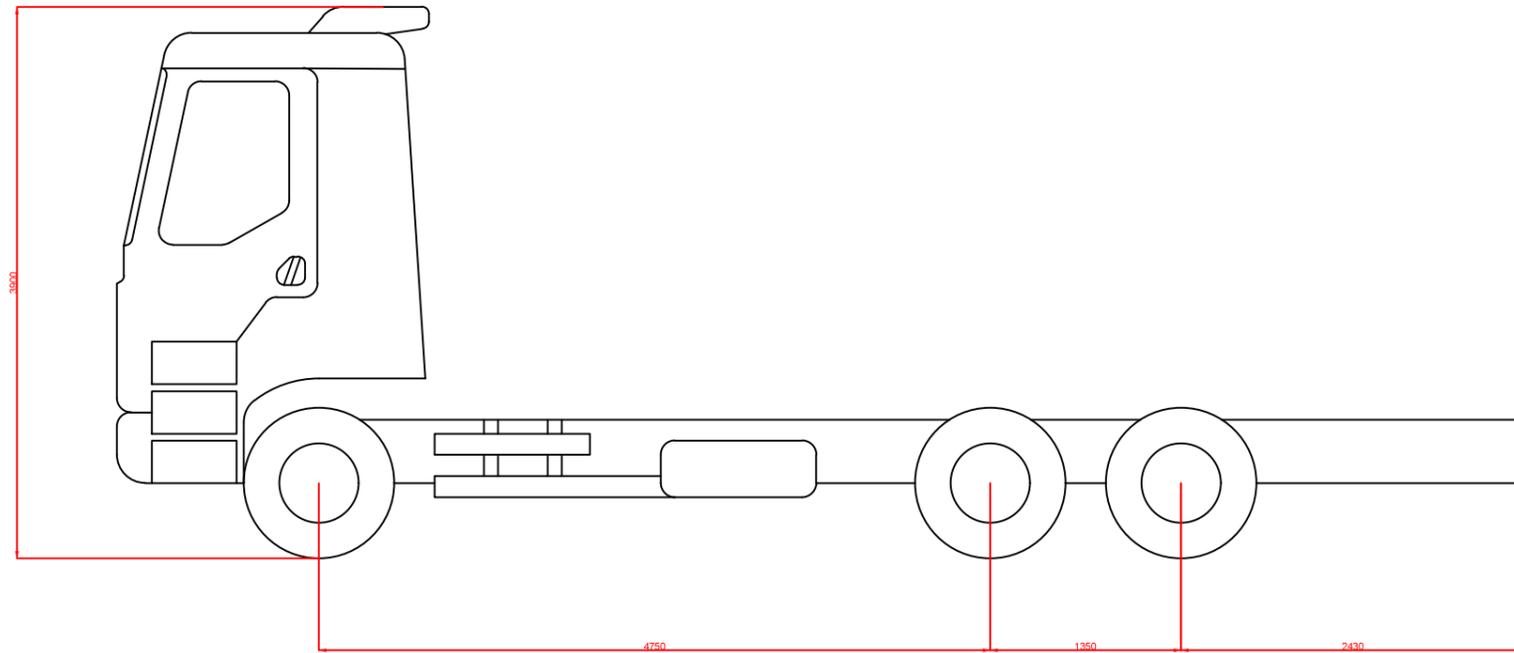
a Cuando en una designación de rosca no se indica el paso de la misma, se especifica el paso grueso. Este paso se da en las Normas ISO 261 e ISO 262.

b Para calcular A_s , véase el apartado 8.2.

c Para los elementos de fijación de construcciones metálicas, 70 000 N, 95 500 N y 130 000 N, respectivamente.

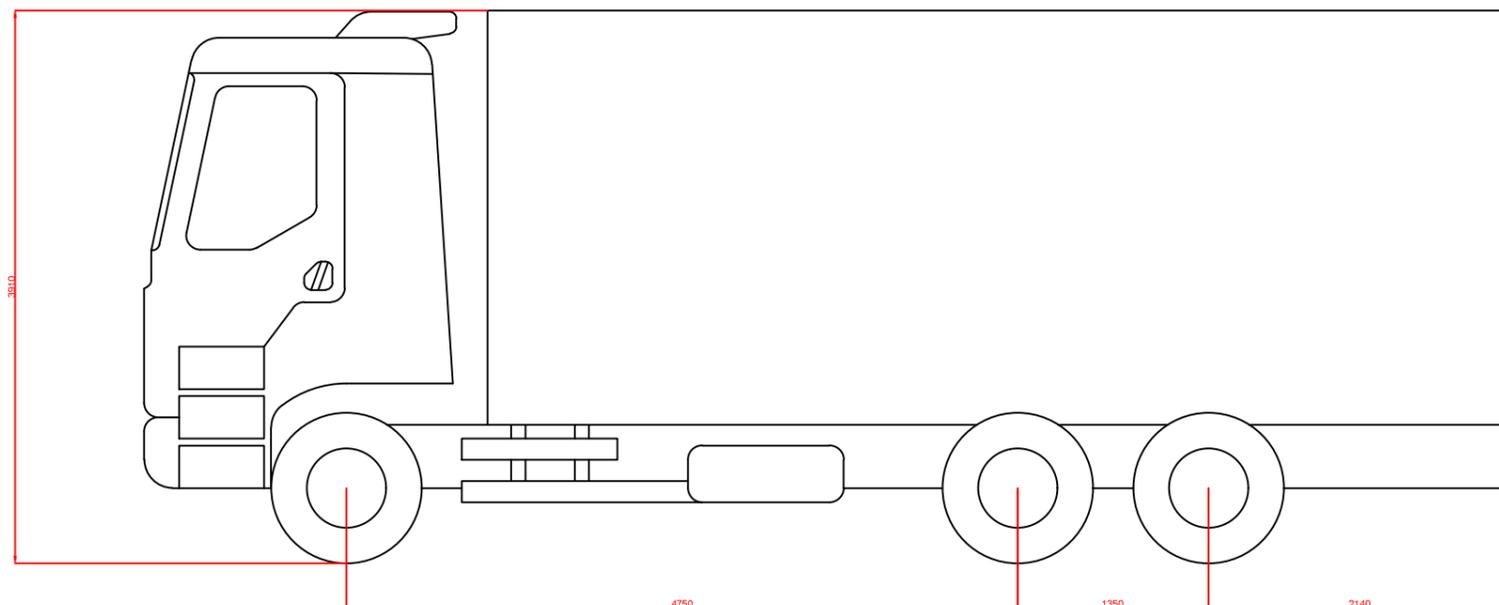
Figura 57. Norma UNE -EN ISO 898-1:2015 (Pernos, bulones y tonillos) (Hoja 14)

3. Planos

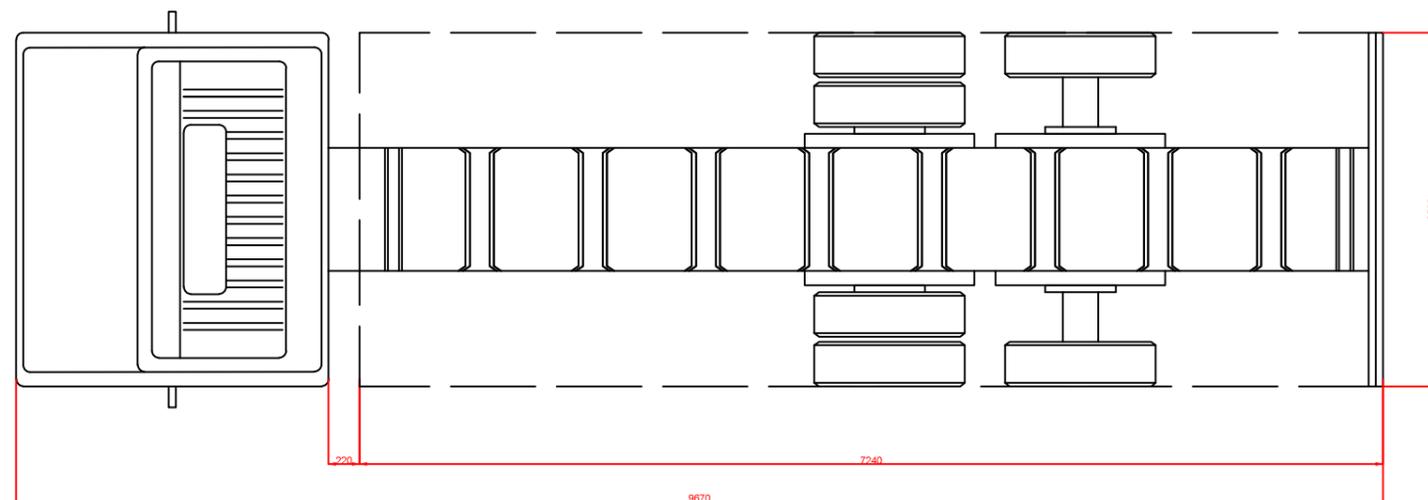


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ANTES DE LA REFORMA DEL VEHÍCULO	
TIPOLOGIA DEL VEHÍCULO	N3
CATEGORIA DEL VEHÍCULO	2212 (Portacontenedores)
LONGITUD TOTAL (mm)	9,960
ALTURA TOTAL (mm)	3,900
ANCHURA TOTAL (mm)	2,500
VOLADIZO TRASERO (mm)	2,430
DISTANCIA ENTRE EJES 1*2* (mm)	4,750
DISTANCIA ENTRE EJES 2*3* (mm)	1,350

TRABAJO FINAL DE GRADO  UNIVERSITAT JAUME·I	Escala: 1:50	Creado por: Maria Amparo Almela Pitarch			
	Tipo de documento: Plano vehiculo	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
Título, título suplementario Vehiculo antes de la reforma		Unidades: mm	Fecha de edición: 04/09/2020	Idioma: ESP	Hoja: 1/2



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DESPUÉS DE LA REFORMA DEL VEHÍCULO	
TIPOLOGÍA DEL VEHÍCULO	N3
CATEGORÍA DEL VEHÍCULO	2211 (Caja abierta)
LONGITUD TOTAL (mm)	9,670
ALTURA TOTAL (mm)	3,910
ANCHURA TOTAL (mm)	2,500
VOLADIZO TRASERO (mm)	2,140
DISTANCIA ENTRE EJES 1ª/2ª (mm)	4,750
DISTANCIA ENTRE EJES 2ª/3ª (mm)	1,350



TRABAJO FINAL DE GRADO  UNIVERSITAT JAUME I	Escala: 1:50	Creado por: Maria Amparo Almela Pitarch			
	Tipo de documento: Plano vehiculo	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
Título, título suplementario Vehículo después de la reforma		Unidades: mm	Fecha de edición: 04/09/2020	Idioma: ESP	Hoja: 2/2

4. Pliego de condiciones

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. Objeto del pliego de condiciones	192
2. Contradicciones y omisiones del proyecto	192
3. Autoridad del ingeniero técnico director de obra.....	192
4. Subcontratos	192
5. Actos reglamentarios.....	192
6. Calidad de los materiales empleados	193
6.1. Bastidor auxiliar	193
6.2. Fijaciones y anclajes.....	194
7. Normas de ejecución.....	194
7.1. Bastidor auxiliar	194
7.2. Travesaños	197
7.3. Fijaciones y anclajes.....	197
7.4. Instalaciones eléctricas.....	198
7.5. Fusibles y cables	199
7.6. Pintura.....	199
7.7. Soldadura	199
8. Certificados y autorizaciones	201
9. Taller ejecutor	201
10. Seguridad e Higiene	202
10.1. Objeto	202
10.2. Seguridad en la fabricación	202
10.2.1. Energía eléctrica	202
10.2.2. Riesgo mecánico	203
10.3. Seguridad en el mantenimiento	206
10.4. Seguridad en la utilización.....	207
10.5. Seguridad en la conducción	208
10.6. Seguridad durante la ejecución de la reforma.....	208
10.7. Medidas de protección y prevención de riesgos	209
10.8. Obligaciones de las parte afectadas	212

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distancia del bastidor auxiliar a la cabina	195
Figura 2. Configuración extremos delanteros largueros	195
Figura 3. Bastidor auxiliar Tipo A	195
Figura 4. Bastidor auxiliar Tipo B.....	195
Figura 5. Bastidor auxiliar Tipo C	196
Figura 6. Rebaje del larguero de falso bastidor	196
Figura 7. Transición de sección cerrada a abierta en largueros	196
Figura 8. Travesaños del bastidor auxiliar	197
Figura 9. Unión elástica (Ménsulas)	198
Figura 10. Unión rígida (Placa plana)	198
Figura 11. Señalización de riesgo eléctrico	203
Figura 12. Señalización de cizallamiento	204
Figura 13. Señalización de atrapamiento	204
Figura 14. Señalización de aplastamiento	204
Figura 15. Señalización proyección de partículas	205
Figura 16. Equipo de protección individual. Casco.	210
Figura 17. Equipo de protección individual. Protectores auditivos.....	210
Figura 18. Equipo de protección individual. Gafas de seguridad.	210
Figura 19. Equipo de protección individual. Guantes.	211
Figura 20. Equipo de protección individual. Ropa y accesorios de señalización.....	211
Figura 21. Equipo de protección individual. Fajas y cinturones.	211
Figura 22. Equipo de protección individual. Calzado de seguridad.	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas del Acero-52	193
Tabla 2. Propiedades mecánicas de los tornillos	194
Tabla 3. Riesgos asociados a operaciones de fabricación	205

1. Objeto del pliego de condiciones

El presente documento, tiene por objetivo presentar el Pliego de Condiciones Técnicas, que constituye el conjunto de instrucciones, normas, especificaciones y seguridad e higiene en el trabajo, que se deberá respetar durante el tiempo que dure la obra (en nuestro caso la reforma), siendo obligatorio el cumplimiento durante la transformación por ambas partes implicadas, proyectista y carrocerero.

2. Contradicciones y omisiones del proyecto

Las omisiones en los cálculos, pliego de condiciones o descripciones erróneas de los detalles fundamentales de la transformación, que sean indispensables para lograr el objetivo propuesto en los citados documentos, eximirán al carrocerero de la obligación de ejecutar los trabajos omitidos o erróneamente descritos, siendo el Ingeniero Técnico Director de la obra, el responsable de la subsanación inmediata de dichos errores.

De la misma forma, el carrocerero deberá aplicar las instrucciones técnicas recogidas en el presente proyecto, eximiendo al Ingeniero Técnico Proyectista de cualquier responsabilidad que pudiera derivarse del incumplimiento de alguna de ellas.

3. Autoridad del ingeniero técnico director de obra

La figura del Ingeniero Técnico Director estará encamada por una persona capaz de interpretar y hacer ejecutar correctamente el contenido del proyecto, pudiendo ser el mismo Ingeniero Técnico Proyectista.

El ingeniero Técnico Director de la obra, resolverá cualquier cuestión que surja referente a la calidad de los materiales empleados, interpretación de planos, especificaciones, y en general, todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos referentes al presente proyecto.

4. Subcontratos

Ninguna parte de la obra podrá ser subcontratada sin consentimiento previo del Ingeniero Técnico Director.

Las solicitudes para ceder cualquier parte del contrato deberán formularse por escrito y acompañarse con un documento que acredite que la organización que ha de encargarse de los trabajos que han de ser objeto de subcontrato está particularmente capacitada y equipada para su ejecución. La aceptación del subcontrato no relevará a la actual empresa encargada de la transformación del vehículo, de su responsabilidad contractual.

5. Actos reglamentarios

La normativa a seguir en el presente proyecto son las siguientes:

- Directiva 2007/46/CE de 5 de septiembre, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos a motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.
- Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.

- Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento general de vehículos.
- Real Decreto 750/2010, de 4 junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- Reglamento General de Vehículos regulado por el Real Decreto 2822/1998.
- Manual de Reformas de Vehículos, Revisión 5ª (01/10/2019)
- Actos Reglamentarios indicados en el apartado 9.7. *Códigos de reformas* afectados del documento *Memoria*.
- Norma UNE-EN ISO 898-1:2015
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por él se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

6. Calidad de los materiales empleados

Todos los materiales y equipos serán nuevos y vendrán provistos de su correspondiente certificado de calidad, para las características y condiciones de utilización.

El nivel de calidad mínimo del material de los perfiles a usar en la construcción del bastidor de montaje, de las pletinas de unión y tornillería, será como el mínimo el especificado en los cálculos del presente proyecto.

Los materiales y/o equipos defectuosos o que resulten averiados en el transcurso de la obra, serán sustituidos o reparados de forma satisfactoria.

6.1. Bastidor auxiliar

El material usado para construir el bastidor auxiliar, será el recomendado por el fabricante del vehículo y por el carrocerero, encargado de realizar la reforma. En el caso de no disponer del material a continuación descrito, se podrá usar uno de propiedades similares o superiores, nunca siendo menores en ningún caso.

En el caso de que se quiera una altura más reducida a la encontrada en la memoria del bastidor auxiliar, se pueden utilizar materiales con características mecánicas superiores, con lo que hay que tener en cuenta que la reducción del momento de inercia del perfil de refuerzo implica flexiones y esfuerzos más elevados en el chasis principal.

Por otro lado, en el caso de usarse un material distinto al recomendado por el fabricante, este ha de poseer unas buenas condiciones de soldabilidad. A continuación se muestran las propiedades mecánicas del material elegido y recomendado:

Material	Denominación	Resistencia a tracción (kg/mm ²)	Límite de elasticidad (kg/mm ²)	Alargamiento a la rotura
Acero A-52	ST-52-3 (DIN-17100)	52-62	36	≥ 22%

Tabla 1. Propiedades mecánicas del Acero-52

6.2. Fijaciones y anclajes

El sistema de fijación del falso bastidor al bastidor original del vehículo, se realizará mediante fijaciones formadas por diferentes pletinas del mismo material que el del falso bastidor del apartado anterior.

Para la unión de estas pletinas, se usarán tornillos de alta resistencia, calidad 8.8, montados sin holguras, con tuercas autoblocantes, de calidad 10, y junto a arandelas planas en ambos lados, con una dureza mínima de 200 HB usadas debajo de la cabeza de los tornillos y de las tuercas. Con esta configuración, se consigue que las vibraciones que aparecerán en la marcha habitual del vehículo no consigan aflojar el atornillado.

Para la fijación de las pletinas en el bastidor original del vehículo, se usarán los agujeros preinstalados de fábrica.

A continuación se muestran las propiedades mecánicas del material elegido y recomendado:

Calidad	Diámetro nominal (mm)	Paso de rosca (mm)	Tensión de rotura (σ_r) (N/mm ²)	Límite de elasticidad (N/mm ²)	Área de esfuerzo nominal (mm ²)
M 8.8	16	2	800	640	157

Tabla 2. Propiedades mecánicas de los tornillos

7. Normas de ejecución

Las operaciones realizadas en la ejecución de la transformación, se realizará acorde con las directrices marcadas por el fabricante del vehículo base RENAULT TRUCKS.

Además la obra se desarrollará acorde con el estudio de seguridad e higiene que está expuesto en el presente pliego de condiciones.

A continuación se exponen unas normas generales sobre la buena práctica aplicada a las reformas y transformaciones de importancia de vehículos industriales.

7.1. Bastidor auxiliar

Debe procurarse, en la medida de lo posible, que el camión tenga el c.d.g. lo más bajo posible. En caso de caja fija, para evitar el deslizamiento longitudinal, deberá haber un tope de inercia, mediante la sujeción rígida al chasis, en la parte trasera de la carrocería

Se recomienda extender a lo largo del bastidor original del vehículo los largueros del bastidor auxiliar, de una forma continua y perfectamente apoyada al ala superior del larguero original del vehículo. Debe extenderse todo lo posible hacia la parte delantera del vehículo, lo más cerca posible del lado posterior de la cabina, entre 100 mm y 300 mm, y hacia la zona del soporte trasero del muelle delantero; además se deben apoyar en el chasis y no en las ménsulas.

Es importante utilizar solo los soportes previstos de fábrica en el chasis del vehículo para la fijación del bastidor auxiliar que se incorpore en la reforma.



Figura 1. Distancia del bastidor auxiliar a la cabina

A fin de conseguir una transición paulatina de la carga del chasis, y reducir gradualmente la sección resistente se debe achaflanar el extremo delantero de los largueros con un ángulo, no superior a 30° , o con otra forma que cumpla esta misma función. Se tendrá especial cuidado en redondear el extremo delantero en contacto con el bastidor, con un radio de 5 mm como mínimo.

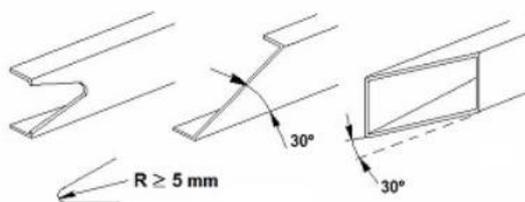


Figura 2. Configuración extremos delanteros largueros

Algunos ejemplos de forma del bastidor en la parte delantera son:

- Tipo A: Montar el bastidor auxiliar con la forma que se muestra en la siguiente figura para reducir el paso a paso las concentraciones de tensión en la parte delantera.



Figura 3. Bastidor auxiliar Tipo A

- Tipo B: Se recomienda la parte delantera del bastidor como la de la figura anterior. No obstante, si existe suficiente espacio detrás de la cabina, puede utilizarse también la siguiente forma.



Figura 4. Bastidor auxiliar Tipo B

- Tipo C: Si la parte delantera del bastidor auxiliar resulta difícil de conformar con alguna de las formas que se muestran con anterioridad, se deberá cortar antes del montaje con la siguiente forma.



Figura 5. Bastidor auxiliar Tipo C

En los casos en que los componentes de la suspensión trasera de la cabina no permitan el paso de toda la sección del perfil, ésta se puede realizar como en la siguiente figura. Si, por motivos de fabricación, se producen elevados momentos de flexión en la parte delantera del chasis (por ej.: en el caso de grúa con campo de trabajo en la parte delantera del vehículo), el perfil del falso bastidor debe contar con las dimensiones adecuadas en modo de poder soportar dichos esfuerzos.



Figura 6. Rebaje del larguero de falso bastidor

Es necesario contar con una continuidad de apoyo entre los perfiles del bastidor auxiliar y los del chasis; si no se puede lograr, se puede restablecer la continuidad interponiendo bandas de chapa o de aleación ligera. Si se interpone un elemento anti arrastre de goma, se aconsejan características y espesores similares a los adoptados por la producción normal (dureza de 80 Shore, espesor máxima de 3 mm). Su utilización puede evitar acciones abrasivas que podrían generar fenómenos de corrosión en la combinación entre materiales de distinta composición (por ej.: aluminio y acero).

Cuando se precise que el falso bastidor se adapte elásticamente al bastidor del vehículo, se utilizarán preferentemente perfiles en "U" plegados o perfiles en "U" comerciales específicos para la construcción de vehículos (no utilizar perfiles laminados usados para construcción y obra civil).

A fin de evitar tensiones puntuales, el paso de sección cerrada a abierta será progresivo, según se muestra también en los ejemplos de la figura.



Figura 7. Transición de sección cerrada a abierta en largueros

Se recomienda consultar las dimensiones de los largueros para el falso bastidor que los fabricantes de los vehículos recomiendan en sus hojas técnicas, en función del tipo de servicio previsto. Estos datos se suelen corresponder a valores mínimos aconsejados y válidos para vehículos de distancias entre ejes y voladizos estándar de producción para cada fabricante. Siempre se podrán emplear perfiles parecidos a los recomendados por el fabricante, con momentos de inercia y de resistencia que no sean inferiores a los empleados en la producción del vehículo.

De forma general, se recomienda que en los perfiles en "U" las dimensiones del ala y su espesor coincidan con el de los largueros del bastidor original del vehículo, para que su acople resulte mejor.

7.2. Travesaños

Ambos largueros longitudinales que forman el bastidor auxiliar deberán unirse entre sí mediante travesaños con el fin de dar una mayor rigidez a toda la estructura en su conjunto.

El número de travesaños que se deben instalar se determinará en función del tipo de carrozado o del equipamiento previsto que se vaya a montar en el vehículo. Aunque en todo caso los travesaños que se monten serán dispuestos coincidiendo con los del bastidor original del vehículo. Estos travesaños se unirán a los largueros del bastidor auxiliar mediante escuadras que garanticen la resistencia y rigidez necesaria para su fijación o bien con elementos auxiliares cuando se requiere una mayor rigidez.

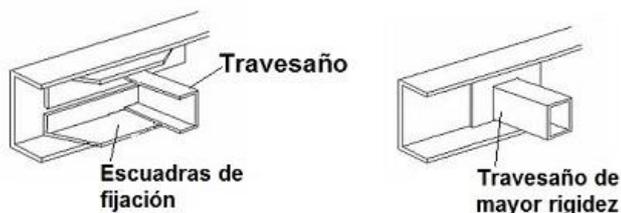


Figura 8. Travesaños del bastidor auxiliar

7.3. Fijaciones y anclajes

Se usarán uniones elásticas mediante ménsulas posteriormente a la cabina (Figura 9) y uniones rígidas mediante placas planas (Figura 10), en el resto de la longitud del bastidor, siendo el número, dimensionamiento y realización de las fijaciones, distribuidos adecuadamente en la longitud del bastidor, para garantizar una buena conexión entre el falso bastidor y el bastidor original.

Los tornillos tienen que tener un material con una clase de resistencia no inferior a 8.8, las tuercas tienen que tener un sistema para evitar que se desenrosquen (autoblocantes).

Al ser posible hay que posicionar la primera fijación, a una distancia de unos 250-350 mm desde el extremo posterior a la cabina con la finalidad de mejorar la entidad de los esfuerzos del chasis y aportar mayor estabilidad. Y si fuera necesario, prever de conexiones adicionales.

Se usarán preferiblemente los elementos de conexión ya dispuestos a lo largo del bastidor original del vehículo, y si no fuera el caso, se añadirán nuevos en la localización recomendada por el fabricante.

Para que la conexión sea elástica, antes del apriete de los tornillos, hay que comprobar que la distancia entre las ménsulas del chasis y del bastidor auxiliar sea de 1-2 mm; si la distancia es mayor, reducirla con espesores adecuados. Al apretar los tornillos las ménsulas tienen que estar en contacto.

La utilización del tornillo de una longitud adecuada favorece la elasticidad de la conexión.

Las ménsulas que forman las uniones elásticas, se deben aplicar en el nervio de los largueros del vehículo mediante tornillos o clavos. Para soportar mejor las cargas en sentido transversal, las ménsulas se colocan normalmente de modo que verticalmente haya una ligera parte sobresaliente respecto al hilo superior del chasis. Si hay que colocar las ménsulas exactamente a ras, la guía lateral para la superestructura tiene que estar asegurada tomando otras precauciones.

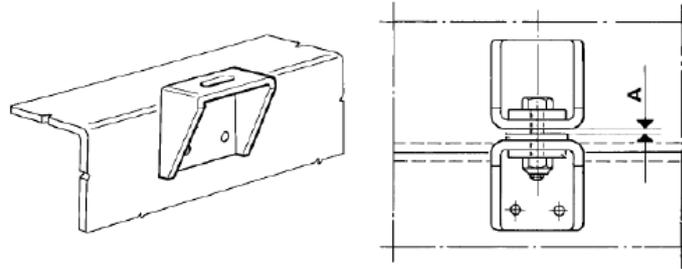


Figura 9. Unión elástica (Ménsulas)

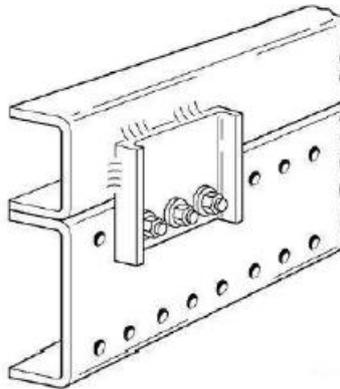


Figura 10. Unión rígida (Placa plana)

7.4. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas pueden causar incendios. Solamente podrá realizar las intervenciones necesarias en el sistema eléctrico, el personal cualificado para ello.

Se deberán tomar las medidas y seguir los consejos que se muestran a continuación para conseguir una instalación fiable y segura en cada uno de los apartados.

7.5. Fusibles y cables

Si es necesario, se deberán instalar fusibles y cables de una manera correcta. Una negligencia en el montaje puede provocar sobrecargas y cortocircuitos.

Los fusibles que se entreguen con el vehículo no deben de ser reemplazados por fusibles de mayor o menor intensidad.

Para instalar cables y fusibles de forma correcta hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Hay que usar cables con la longitud correcta. Una longitud excesiva aumenta el riesgo de roces y cables demasiado cortos pueden romperse debido a los movimientos entre la línea de propulsión, el chasis y la cabina.
- Sujetar los cables correctamente, preferentemente a lo largo de los manojos de cables ordinarios, para evitar que los cables puedan desprenderse. Usar abrazaderas de cinta de 8 mm y colocarlas con un espacio libre entre ellas de 200-400 mm.
- No poner abrazaderas contra superficies calientes (>100°C) y cantos agudos. Por ejemplo, en tubos de combustible, de aire comprimido y conductos de servo. Los cantos de chapa y tuercas son un ejemplo de cantos agudos.
- No instalar cables en lugares donde puedan quedar atorados o rozar contra piezas móviles.
- Usar un manguito protector alrededor de los cables fuera de la cabina.
- Utilizar pasa-cables cuando pasen a través de orificios.

7.6. Pintura

Si es necesario realizar operaciones de pintado, es necesario tomar una serie de recomendaciones.

Durante el pintado se está expuesto a disolventes y otros productos químicos, por lo que es necesario usar un equipo de protección correcto, comprobar que hay una buena ventilación y evitar la inhalación y el contacto con la piel.

Es necesario seguir siempre las instrucciones que se indican en el envase. No utilizar disolvente en el contacto con las piezas de plástico de las lámparas durante la limpieza.

7.7. Soldadura

Estas normas se rigen de forma general para todos los tipos de trabajos con soldadura eléctrica en los vehículos. La soldadura debe ser realizada con una gran meticulosidad para conseguir una correcta unión, a la misma vez que se debe tener mucho cuidado para evitar daños y accidentes.

Restricciones: **Esta totalmente prohibido soldar el sub-chasis (falso bastidor) al bastidor original del chasis.**

- SOLDADURA ELÉCTRICA PARA LA ESTRUCTURA

En las soldaduras eléctricas es importante tomar las siguientes medidas para evitar daños personales o en el vehículo.

- Desconectar los cables negativo y positivo de la batería.
- Buscar un buen lugar para conectar la conexión a masa de la unidad de soldadura, lo más cerca posible al lugar de soldadura y en el armazón que se ha de soldar (0,5 m o más cerca). Limpiar eliminando la pintura y la suciedad y conectar la conexión a masa de la unidad de soldadura, evitando contactos de corriente a través de cojinetes y puntos de unión. Después de finalizar el trabajo de soldadura, pintar en el lugar soldado.
- Desconectar todo el equipo eléctrico y electrónico que esté más cerca de 1m del punto de soldadura o de la conexión a masa de la unidad de soldado.
- Proteger los tubos de plástico y cables eléctricos.
- Proteger las ballestas de hoja y los fuelles neumáticos.

- SOLDADURA DE PLACAS DE FIJACIÓN

Seguir el método siguiente para soldar placas de fijación en el sub-chasis/bastidor auxiliar:

- Iniciar el trabajo de soldadura desde un punto cercano al canto lateral de la placa de fijación y continuar hacia el centro de la placa.
- Soldar desde ambos lados de la chapa. Finalizar la soldadura a una distancia equivalente de la línea central de la chapa.
- No es necesario que ambos extremos de los cordones de soldadura se encuentren en el centro.

- TAPONADO DE ORIFICIOS CON SOLDADURA

Los orificios existentes deben ser taponados de nuevo si los orificios quedan más cerca de 50 mm de éstos, midiendo entre los cantos de los orificios. Seguir el siguiente método:

- Biselar el orificio a 2/3 del espesor del material.
- Colocar una arandela de cobre A en el lado interior del orificio.
- Soldar con electrodos de Ø 3,25 mm.
- Para orificios con Ø mayor de 20 mm, habrá que colocar una arandela como relleno durante la soldadura del taponado.
- Complementar la soldadura del orificio desde el lado interior.

8. Certificados y autorizaciones

Conforme con la legislación vigente, y en especial con lo estipulado en el Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, para el tipo de reforma que nos ocupa, se deberá presentar los certificados y autorizaciones competentes en materia de inspección técnica de vehículos (ITV), junto con el vehículo para tramitar su legalización por las vías públicas.

Para la autorización y tramitación de la reforma será necesario la siguiente documentación:

- Instancia firmada por el propietario del vehículo (en el caso de que el mismo no efectuó la revisión de ITV y deba realizar una segunda persona).
- Ficha Técnica de vehículo (Tarjeta ITV) (originales y fotocopias).
- Permiso de Circulación (originales y fotocopias).
- Proyecto técnico, firmado por el Técnico que ha dirigido la reforma, indicando el taller ejecutor de la reforma y la fecha en que se llevó a cabo.
- Certificado de dirección final de obra, firmado por el Técnico que ha dirigido la reforma.
- Informe de conformidad expedido por el servicio técnico.
- Certificado de taller (Según anexo III del RD 866/2010)
- Fotocopia de la hoja de inscripción en el Registro Industrial del taller ejecutor de la reforma.

9. Taller ejecutor

El taller ejecutor de la reforma ha de estar correctamente registrado en Industria, con el correspondiente número de registro industrial.

Además, deberá disponer de todos aquellos elementos necesarios para la realización de la reforma de importancia del vehículo.

El taller ejecutor de la reforma descrita en este proyecto es BP Lorries, S.L., domiciliado en Pol. Ind. 1 C/Teixedors, 6 de Alzira (Valencia) inscrito en el registro Industrial con el nº 46/73332 y número de Registro Especial nº 6921KJV.

10. Seguridad e Higiene

10.1. Objeto

El objetivo del presente estudio, es aplicar unas medidas para mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores, las cuales vienen reflejadas en la Directiva Europea 89/391/CEE. [2]

Este estudio básico de Seguridad y salud, establece que durante la realización de esta obra (en nuestro caso la reforma) las previsiones respecto a los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los riesgos derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento.

El estudio se divide en varias partes, seguridad en la fabricación, en el mantenimiento, en la utilización y en la conducción del vehículo. Después, se definirán los riesgos asociados a la ejecución de la reforma de dicho proyecto, así como las medidas de protección y de prevención de forma general.

10.2. Seguridad en la fabricación

En la fabricación de cualquier máquina o estructura se ven involucrados otros equipos y maquinarias, que llevan asociados una serie de riesgos producidos por los trabajos que realizan los operarios.

Para cualquier fábrica se pueden advertir varios tipos de peligros, dependiendo de la energía empleada por la máquina y del trabajo de esta. Los principales riesgos son por: energía eléctrica, energía mecánica y líquidos a presión.

10.2.1. Energía eléctrica

Los principales riesgos asociados a la energía eléctrica son las descargas eléctricas producidas por el contacto directo con elementos conductores (como el contacto accidental con elementos que normalmente son conductores), por contacto indirecto (como el contacto con elementos que conducen corriente como consecuencia de algún fallo), por quemaduras, incendios o explosiones causadas por chispas eléctricas o por el sobrecalentamiento de equipos eléctricos.

Según el RD 614/2001 sobre las disposiciones mínimas frente a riesgos asociados a la energía eléctrica, los operarios deberán adoptar medidas apropiadas para que durante la utilización de esta energía no se adviertan afectada la seguridad de los trabajadores o riesgos para la salud. Y si ello no fuese posible, para que estos riesgos sean reducidos a lo mínimo posible.

Para poder evitar riesgos de electrocución los operarios deberán tener el título de prevención de riesgos laborales y actuar conforme al RD 614/2001 que marca los métodos preventivos mínimos. Además de emplear guantes de protección y aislamientos. Y para las zonas de alta tensión si fuese necesario barreras y resguardos. Las máquinas que puedan provocar peligros eléctricos deberán estar señalizadas con la correspondiente indicación.



Figura 11. Señalización de riesgo eléctrico

10.2.2. Riesgo mecánico

Se entiende por riesgo mecánico al conjunto de situaciones que pueden dar lugar a una lesión física por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas que se están trabajando o materiales proyectados, ya sean sólidos o fluidos.

El concepto de máquina comprende a todos aquellos conjuntos de elementos o instalaciones que transforman energía con vista a una función productiva principal o auxiliar. Es común a las máquinas el poseer en algún punto o zona concentraciones de energía, ya sea energía cinética de elementos en movimiento u otras formas de energía (eléctrica, neumática, etc.).

Se puede diferenciar el conjunto de una máquina en dos partes:

- **Sistema de transmisión:** conjunto de elementos mecánicos cuya misión es el de producir, transportar o transformar la energía utilizada en el proceso. Esta parte de la máquina se caracteriza porque el operario no debe penetrar en ellas durante las operaciones de producción.
- **Zona de operación (o punto de operación):** Es la parte de la máquina en que se ejecuta el trabajo útil sobre una pieza, mediante la energía que el sistema de transmisión comunica al elemento activo de la máquina. Esta zona caracteriza en que el operario debe penetrar en ella en las operaciones normales de alimentación, extracción de piezas, o si es proceso automático, para corregir deficiencias de funcionamiento.

Las formas elementales del riesgo mecánico son:

- **Peligro de cizallamiento:** este riesgo se encuentra localizado en los puntos donde se mueven los filos de dos objetos lo suficientemente juntos el uno de otro, como para cortar material relativamente blando. Muchos de estos puntos no pueden ser protegidos, por lo que hay que estar especialmente atentos cuando esté en funcionamiento porque en muchas ocasiones el movimiento de estos objetos no es visible debido a la gran velocidad del mismo. La lesión resultante, suele ser la amputación de algún miembro. En el caso de que la máquina de fabricación presente este riesgo, deberá ir acompañado con el sistema de señalización adecuado.



Figura 12. Señalización de cizallamiento

- **Peligro de atrapamientos o de arrastres:** Es debido por zonas formadas por dos objetos que se mueven juntos, de los cuales al menos uno, rota como es el caso de los cilindros de alimentación, engranajes, correas de transmisión, etc. Las partes del cuerpo que más riesgo corren de ser atrapadas, son las manos y el cabello.

También es una causa de los atrapamientos y de los arrastres la ropa de trabajo utilizada, por eso para evitarlo se deben usar ropa ajustada para evitar que sea enganchada y proteger las áreas próximas a elementos rotativos y se debe llevar el pelo recogido.



Figura 13. Señalización de atrapamiento

- **Peligro de aplastamiento:** Las zonas de peligro de aplastamiento se presentan principalmente cuando dos objetos se mueven uno sobre otro, o cuando uno se mueve y el otro está estático. Este riesgo afecta principalmente a las personas que ayudan en las operaciones de enganche, quedando atrapadas entre la máquina y apero o pared. También suelen resultar lesionados los dedos y manos.



Figura 14. Señalización de aplastamiento

- **Proyección de partículas:** Muchas máquinas en funcionamiento normal expulsan partículas, pero entre estos materiales se pueden introducir objetos extraños como piedras, ramas y otros, que son lanzados a gran velocidad y que podrían golpear a los operarios. Este riesgo puede reducirse o evitarse con el uso de protectores o deflectores.



Figura 15. Señalización proyección de partículas

- **De líquidos:** Las máquinas también pueden proyectar líquidos como los contenidos en los diferentes sistemas hidráulicos, que son capaces de producir quemaduras y alcanzar los ojos. Para evitar esto, los sistemas hidráulicos deben tener un adecuado mantenimiento preventivo que contemple, entre otras cosas, la revisión del estado de conducciones para detectar la posible existencia de poros en las mismas. Son muy comunes las proyecciones de fluido a presión.

Otros tipos de peligros mecánicos producidos por las máquinas son el peligro de corte o de seccionamiento, de enganche, de impacto, de perforación o de punzonamiento y de fricción o de abrasión.

El riesgo mecánico generado por partes o piezas de la máquina está condicionado fundamentalmente por su forma (aristas cortantes, partes agudas), su posición relativa (ya que cuando las piezas o partes de máquinas están en movimiento, pueden originar zonas de atrapamientos, aplastamiento, cizallamiento, etc.), su masa y estabilidad (energía potencial), su masa y velocidad (energía cinética), su resistencia mecánica (a la rotura o deformación) y su acumulación de energía (por muelles o depósitos a presión).

Algunos de los riesgos de la fabricación son:

Cizalla de chapa y plegadora	Taladro de columna, torno y prensa	Soldadura	Pintura	Materiales
Atrapamientos	Proyecciones de objetos	Quemaduras físicas y químicas	Incendios	Atrapamientos.
Sobreesfuerzos	Cuerpos extraños en los ojos	Proyecciones de fragmentos	Inhalación de sustancias tóxicas	Golpes
Caída de objetos	Atrapamientos	Inhalación de sustancias tóxicas	Atmósferas tóxicas irritantes	Cortes
Cortes	Contactos eléctricos directos e indirectos	Contactos eléctricos directos e indirectos		Sobreesfuerzos
	Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria	Cuerpos extraños en los ojos		
	Cortes en las manos o brazos	Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria		
	Sobreesfuerzos	Incendios		
		Exposición a fuentes luminosas peligrosas		

Tabla 3. Riesgos asociados a operaciones de fabricación

Para evitar estos peligros es necesario que los operarios cuenten con la formación necesaria de prevención de riesgos laborales, conocer la señalización y adoptar las medidas necesarias para evitar los riesgos mencionados con anterioridad.

A parte de las señalizaciones visuales y todas las medidas de protección comentadas con anterioridad, para garantizar la seguridad es necesario que los operarios tengan medios de protección individuales. La utilización de los equipos de protección individual viene regulada y normalizada en el RD 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

10.3. Seguridad en el mantenimiento

El Real Decreto 1215/97 establece unas normas para su correcto mantenimiento, con el fin de alargar la vida de la maquinaria, en nuestro caso, del vehículo:

- Comprobar que los dispositivos del camión están en perfecto estado: frenos, neumáticos...
- Comprobar que los rótulos de información de los riesgos estén en lugar visible y en buen estado.
- Asegurar una buena visibilidad manteniendo limpios los cristales, retrovisores, parabrisas y espejos.
- Verificar que la cabina este limpia y sin objetos descontrolados en la zona de los mandos.
- En operaciones de mantenimiento, el camión deberá estar estacionado en terreno llano, con el motor parado, la palanca de transmisiones en punto muerto, con el freno de estacionamiento conectado y el interruptor de la batería deberá estar desconectado.
- Los residuos generados como consecuencia de una avería o de su reparación han de ser eliminados en contenedores específicos para residuos peligrosos.

Los riesgos debido al mantenimiento son:

- Caídas a diferente nivel
- Atrapamientos
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Caída de objetos
- Inhalación de sustancias tóxicas
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
- Cortes en las manos o brazos
- Sobreesfuerzos
- Proyecciones de fragmentos

Para garantizar la seguridad es necesario que los operarios tengan medios de protección individuales. Estos medios de protección están establecidos en el RD 773/1997.

10.4. Seguridad en la utilización

Para la utilización del vehículo con caja abierta con laterales abatibles y lona se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los operarios encargados de cargar y descargar la mercancía de la caja deberán utilizar guantes de protección.
- Se aconseja el uso de chaleco reflectante durante la carga y descarga.
- Los equipos hidráulicos y los dispositivos mecánicos deberán estar en perfecto estado para su utilización.
- La base de la caja donde irá fijada la mercancía deberá estar completamente limpia.
- La superficie de carga deberá estar exenta de aristas vivas, cortantes, etc... que pudieran dañar la carga.
- Se deberá cargar y descargar el camión de manera que pueda garantizarse la estabilidad de este.
- Prohibido sobrepasar la carga máxima admitida por el fabricante.
- Hay que supervisar la carga de la caja una vez cargada y comprobar su correcta posición y estabilidad.

Los riesgos asociados a la utilización del vehículo en el momento del transporte, carga y descarga del material y demás acciones relacionadas con su utilización son:

- Caída de personas a diferente nivel
- Contactos eléctricos
- Golpes contra objetos inmóviles y móviles
- Explosiones
- Atrapamientos entre objetos
- Incendio
- Atrapamientos por vuelco de máquinas
- Proyección de fluidos a presión
- Contactos térmicos
- Riesgo de daños a la salud derivados de agentes físicos: ruidos y vibraciones
- Atropellos, golpes y choques contra vehículos

Para garantizar la seguridad es necesario que los operarios tengan medios de protección individuales. Estos medios de protección están establecidos en el RD 773/1997.

10.5. Seguridad en la conducción

Para intentar evitar el mayor riesgo posible y poder garantizar la seguridad, se deberá seguir unas normas generales de medidas preventivas. Las cuales vienen reguladas por el RD 1215/97.

- El conductor del vehículo deberá tener el permiso de circulación adecuado.
- Verificar que se mantiene al día la documentación de la Inspección Técnica de Vehículos (ITV).
- Ha de estar provisto de señal acústica dé marcha atrás.
- Ajustar el asiento y los mandos a la posición adecuada.
- Para utilizar el teléfono móvil en marcha, será necesario un sistema de manos libres.
- Prohibido sobrepasar la carga máxima admitida por el fabricante.
- No subir ni bajar con el camión en movimiento.
- Durante la conducción utilizar siempre el cinturón de seguridad.
- No está permitido bajar pendientes con el motor parado o en punto muerto.
- Hay que supervisar la carga de la caja una vez cargada y comprobar su correcta posición y estabilidad.
- Se debe planificar la ruta teniendo en cuenta el perfil de gálibo, altura máxima camión, peso con el camión cargado, etc... Con el fin de evitar cualquier restricción de paso o deterioro de la carga en relación con zonas de obras, puentes, avenidas, calles, arceles...
- Se debe adaptar la ruta a seguir dependiendo de las influencias meteorológicas (nieve, lluvia, hielo...) a fin de evitar al máximo cualquier riesgo para la carga y el transporte.
- Se deben minimizar los riesgos en tipos de calzada deteriorada.

10.6. Seguridad durante la ejecución de la reforma

Durante la ejecución de la reforma del vehículo, la instalación de la caja, se pueden producir diferentes riesgos asociados a la actividad, que se deben tener en cuenta e intentar evitar o reducir su daño mediante el uso de equipos de protección individual establecidos en el RD 773/1997.

Estos riesgos se pueden clasificar en personales o colectivas, siendo en este caso los mismos para ambos:

PERSONALES/COLECTIVAS:

- Caída de cualquier herramienta
- Atrapamiento de manos u otra extremidad
- Golpe en cualquier parte del cuerpo al apretar o aflojar piezas
- Golpe al descomprimir los muelles de la suspensión del vehículo
- Peligro de combustión y explosión del vehículo
- Electrocución al utilizar máquinas portátiles eléctricas

10.7. Medidas de protección y prevención de riesgos

Durante la ejecución de la reforma, se pueden producir diferentes riesgos mencionados en el apartado anterior. Para evitar dichos riesgos o reducir el daño en el momento del accidente, es necesario seguir una serie de medidas y utilizar equipos de protección individual establecidos según el RD 773/1197

• Medidas

Las siguientes medidas a tomar durante la ejecución de la reforma, sirven para el correcto funcionamiento de la operación, evitando así riesgos innecesarios. Estas medidas se pueden clasificar en personales o colectivas, dependiendo al personal al que se refiere:

PERSONALES:

- Todas las herramientas estarán en buen estado.
- Los operarios dispondrán de calzado antideslizante con puntera de seguridad en las extremidades inferiores, guantes de protección y monos de trabajo antiinflamables homologados en las superiores.
- Durante el montaje de la caja, los operarios deberán disponer de casco de seguridad.
- Los trabajos con piezas sucias de aceite o combustible se utilizarán guantes de protección.
- Todos los trabajos que impliquen peligro de escape de objetos se harán con dos personas.
- Las conexiones eléctricas se realizarán sin tensión y por mecánico electricista homologado y corriente de documentación.

COLECTIVAS:

- No se permitirá la aproximación de ninguna persona, externa a la empresa o que no esté debidamente formada para este tipo de operaciones, durante la ejecución de montaje ni desmontaje de las piezas. Así como tampoco se permitirá la circulación de otros vehículos o personas a una distancia inferior a 1,5m del vehículo.
- Todo personal relacionado con el desmontaje, montaje o reparación del vehículo tendrá que cumplir las normas de seguridad impuestas por la propiedad del taller donde se ejecute el trabajo.

• Equipos de protección individual (EPI's)

Se entiende por equipos de protección individual (EPI), cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o de varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

El RD 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, establece los criterios para la selección, la utilización por parte de los trabajadores y el mantenimiento de los equipos de protección individual, además de información complementaria en sus anexos.

Es importante tener claro que el uso de un EPI no elimina ni corrige el riesgo al cual se está expuesto, sino que se utiliza cuando el riesgo no se puede anular o controlar suficientemente por medios de protección colectiva o con procedimientos de trabajo adecuados.

Los diferentes EPI's utilizados o aconsejables en la reforma, así como en cualquier otro proyecto, sea del tipo que sea y que son necesario conocer, son los siguientes

- Casco: Este equipo es el encargado de proteger la cabeza del usuario. Protege contra impactos, penetraciones, contactos eléctricos y quemaduras. Debe cumplir la norma europea EN 397/A1.



Figura 16. Equipo de protección individual. Casco.

- Protectores auditivos: Son tapones o auriculares encargados de proteger los oídos del usuario frente a ruidos presentes en el entorno o causados por las actividades realizadas por los operarios. Cumple la norma EN 352-2.



Figura 17. Equipo de protección individual. Protectores auditivos.

- Gafas de seguridad: Encargadas de proteger los ojos del usuario de posibles proyecciones de partículas o fluidos. Cumple norma EN 166/2002.



Figura 18. Equipo de protección individual. Gafas de seguridad.

- Guantes contra agresiones mecánicas: Protege las manos del operario frente a cortes, perforaciones, etc... Cumple la norma EN 388.



Figura 19. Equipo de protección individual. Guantes.

- Ropa y accesorios de señalización: Este equipo de protección consiste en ropa de seguridad destinada a evitar riesgos causados por la inflamación d un objeto o ropa de señalización destinada a ser percibida por los demás operarios, en condiciones de riesgo, bajo cualquier tipo de luz. Cumple la norma EN 471 para ropa de señalización y la normativa EN-ISO 11612 y EN- ISO 11611 para ropa de protección frente a actividades técnicas, calor y llamas.



Figura 20. Equipo de protección individual. Ropa y accesorios de señalización.

- Fajas y cinturones antivibraciones: Equipo de trabajo destinado a la protección del tronco del operario, de movimientos bruscos y/o repetitivos, con la finalidad de evitar posibles lumbalgias o problemas de espalda y abdomen. Cumple la norma EN 471.



Figura 21. Equipo de protección individual. Fajas y cinturones.

- Calzado de seguridad: Equipo de protección destinado a proteger los pies del operario de golpes, aplastamientos, impactos, etc... Cumple la norma EN ISO 20345.



Figura 22. Equipo de protección individual. Calzado de seguridad.

10.8. Obligaciones de las parte afectadas

El Ingeniero Técnico Proyectista viene obligado a incluir el presente Estudio Básico de Seguridad, como documento integrante de Proyecto de Obra.

El carrozero que efectúa la transformación viene obligado a cumplir las directrices contenidas en el Estudio Básico de Seguridad, coherente con los sistemas de ejecución que el mismo vaya a emplear, y cumplirá las estipulaciones preventivas, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas empleados.

La Dirección Facultativa, considerará el Estudio Básico de Seguridad, como parte integrante de la ejecución de la obra, correspondiéndole el control y supervisión de la ejecución de dicho estudio, autorizando previamente cualquier modificación de éste.

Periódicamente, se realizarán por la Dirección Facultativa, las pertinentes revisiones del Estudio Básico de Seguridad.

5. Presupuesto

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. Introducción	216
2. Presupuesto material reforma	216
3. Presupuesto Honorarios y Gastos	216
4. Presupuesto Total	217

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto material reforma.....	216
Tabla 2. Presupuesto de Honorarios y Gastos	217
Tabla 3. Presupuesto total	217

1. Introducción

En este apartado se detalla el presupuesto necesario para la realización de este proyecto, diferenciando entre el coste del material y faena del carroceros y el coste del técnico ejecutor del proyecto técnico.

En el presupuesto del coste del proyecto técnico, se toman como referencia las horas invertidas solo en la realización del proyecto técnico y no en la realización de todo el Trabajo Final de Grado, ya que en la empresa donde se ha realizado el proyecto, su actividad es la realización de proyectos de reforma y su función cobrar solo las horas dedicadas a ese proyecto.

2. Presupuesto material reforma

Este presupuesto corresponde al material utilizado para efectuar la reforma y la mano de obra del carroceros. Este coste es presupuestado por el taller encargado de efectuar la instalación de la caja, siendo precio cerrado y pasado directamente por la persona de administración de la empresa.

El presupuesto del coste total del material utilizado en la instalación de la caja y su mano de obra en instalarla, viene desglosado de la siguiente forma, con el 21% de IVA ya incluido:

Concepto		Precio
Materiales	Caja abierta	1200€
	Lonas abatibles	1500€
	Perfil refuerzo	550€
	Tornillería	50€
	Anclajes	75€
Trabajos de soldadura anclajes		225€
Mano de obra		1250€
Pintura		450€
TOTAL		5300€

Tabla 1. Presupuesto material reforma

3. Presupuesto Honorarios y Gastos

Por otra parte tenemos el coste de la realización del Proyecto Técnico efectuado por el correspondiente técnico contratado para efectuar la certificación del vehículo. En este caso, dicho proyecto se ha tomado como ejemplo para la realización del trabajo final de grado, empleando más horas para su realización de lo normal. Aun así se cobrará el precio estimado de la empresa en efectuar una certificación de reforma de vehículo, junto con los gastos correspondientes a la realización del informe de conformidad y a diferentes trámites necesarios en la realización del proyecto.

Por otra parte para este proyecto no se han utilizado programas informáticos que no estuvieran disponibles en los servidores de la empresa KP Técnica o en los servidores de la universidad, por lo que los únicos costes a considerar son las horas de dedicación en la realización del proyecto.

Concepto	Precio Total
Honorarios y Gastos Reforma	500€
21% I.V.A.	105€
TOTAL	605€

Tabla 2. Presupuesto de Honorarios y Gastos

4. Presupuesto Total

En conclusión, el presupuesto total de la reforma efectuada, será el presupuesto de los materiales usados en la misma, más el coste de la realización del proyecto técnico de reforma del vehículo, obteniendo un coste total para el propietario del vehículo de:

Concepto	Precio Total
Material	5300€
Honorarios y Gastos Reforma	605€
TOTAL	5905€

Tabla 3. Presupuesto total