



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

PROYECTO TÉCNICO DE REFORMA DE UN VEHÍCULO COMERCIAL

REF. PROYECTO: 001/21 REV.0

Alumno: Daniel Caler Aguilar

Tutor: Prof. D. Luis Felipe Sesé
Dpto.: Ingeniería Mecánica y Minera



Escuela Politécnica
Superior de Linares

Trabajo de Fin de Grado

Ref. Proyecto: 001/21 rev.0



INDICES.

➤ Índice General o Analítico.

1. INTRODUCCIÓN	13
1. 1. Estudio completo del proceso de legalización de la reforma	15
1. 1. 1. Proyecto técnico	15
1. 1. 2. Certificado de taller o carrocerero	16
1. 1. 3. Certificado de dirección final de obra	16
1. 1. 4. Informe de conformidad	17
1. 2. Agentes implicados en el proceso de ejecución material y documental de la reforma	17
1. 2. 1. Técnico competente autor del proyecto técnico y del certificado de dirección final de obra	18
1. 2. 2. Taller ejecutor material de la reforma	18
1. 2. 3. Servicio técnico de reformas	19
1. 2. 4. Titular del vehículo sujeto del proyecto técnico	20
1. 2. 5. Vehículo sujeto del proyecto técnico	21
2. MEMORIA	23
2. 1. Objeto del proyecto técnico	23
2. 2. Antecedentes	24
2. 2. 1. Propiedad del vehículo y justificación de la necesidad de la reforma	24
2. 2. 2. Peticionario y talleres autorizados	24
2. 2. 3. Normativa aplicable en relación con los actos reglamentarios que puedan verse afectados por la reforma	25
2. 2. 4. Reglamentación y otros documentos que se han tenido en cuenta	26

2. 3. Características del vehículo antes y después de la reforma	27
2. 3. 1. Características del vehículo antes de la reforma	28
2. 3. 2. Características del vehículo después de la reforma	31
2. 4. Descripción de la reforma	35
2. 4. 1. Desmontajes realizados	35
2. 4. 1. 1. Conexiones eléctricas instaladas en la carrocería actual	36
2. 4. 1. 2. Conexiones eléctricas y dispositivos de alumbrado y señalización	36
2. 4. 1. 3. Dispositivo antiempotramiento o de protección trasera	36
2. 4. 1. 4. Dispositivos de protección lateral	36
2. 4. 1. 5. Dispositivos antiproyección	37
2. 4. 1. 6. Carrocería caja cerrada y falsobastidor	37
2. 4. 2. Variaciones y sustituciones	37
2. 4. 3. Materiales empleados	37
2. 4. 3. 1. Largueros principales	37
2. 4. 3. 2. Unión entre el bastidor y el falsobastidor	40
2. 4. 3. 3. Equipo hidráulico	41
2. 4. 3. 3. 1. Funcionamiento del equipo hidráulico	42
2. 4. 3. 3. 2. Cilindros hidráulicos	44
2. 4. 3. 3. 3. Articuciones de los cilindros hidráulicos	47
2. 4. 3. 3. 4. Toma de fuerza	48
2. 4. 3. 3. 5. Bomba hidráulica	49
2. 4. 3. 3. 6. Depósito de fluido hidráulico	50
2. 4. 3. 4. Articulación de la carrocería	51
2. 4. 3. 5. Caja de carga	52
2. 4. 3. 5. 1. Marco perimetral	53
2. 4. 3. 5. 2. Palomillas	53
2. 4. 3. 5. 3. Frontal	53
2. 4. 3. 5. 4. Laterales y trasera	55
2. 4. 3. 5. 5. Piso	57
2. 4. 4. Montajes Realizados	57
2. 4. 4. 1. Dispositivo antiempotramiento trasero	57
2. 4. 4. 2. Dispositivos de alumbrado y señalización	58
2. 4. 4. 3. Sistemas antiproyección	59
2. 4. 4. 4. Dispositivos de protección lateral	59
2. 5. Justificación de los actos reglamentarios afectados por la reforma	60
2. 6. Consideraciones finales y conclusión	61
3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	63
3. 1. Introducción e hipótesis de cálculo	63
3. 2. Estudio de la longitud carrozable	65
3. 2. 1. Reparto de cargas debido al peso propio	65
3. 2. 2. Reparto de cargas debido a la carga útil y longitud carrozable	66
3. 2. 2. 1. Masa máxima de los posibles ocupantes	66
3. 2. 2. 2. Carga útil	66
3. 2. 2. 3. Reacciones máximas en los ejes debido a la carga útil y ocupantes	67

3. 2. 2. 4. Longitudes máxima y mínima carrozables	67
3. 3. Elección de la longitud a carrozar y reparto de cargas en orden de marcha	69
3. 4. Estudio del ángulo máximo de inclinación de la caja de carga	70
3. 5. Distancia óptima desde el punto de giro de la caja de carga al punto de empuje del sistema hidráulico	72
3. 6. Reparto de cargas durante el basculamiento	75
3. 6. 1. Estudio del ángulo de inclinación del sistema hidráulico respecto del ángulo de elevación de la carrocería	75
3. 6. 2. Esfuerzos en las articulaciones de la carrocería y pistones en sus largueros	76
3. 6. 3. Reacciones en los ejes en la fase de elevación de la carrocería o basculamiento	81
3. 7. Justificación de la resistencia del bastidor del vehículo	85
3. 7. 1. Esfuerzos que solicitan al bastidor del vehículo reformado	85
3. 7. 2. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en orden de marcha	86
3. 7. 3. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en fase de descarga	88
3. 7. 3. 1. Momentos flectores y esfuerzos cortantes al inicio de la elevación de la carrocería	89
3. 7. 3. 2. Momentos flectores y esfuerzos cortantes al final de la elevación de la carrocería	90
3. 7. 4. Módulo resistente del conjunto bastidor-falsobastidor	91
3. 7. 4. 1. Distancia de la fibra neutra a la fibra más alejada de la sección	92
3. 7. 4. 2. Momento de inercia de la sección respecto del eje que contiene la fibra neutra	93
3. 7. 5. Módulo o coeficiente elástico equivalente del conjunto bastidor-falsobastidor	94
3. 7. 6. Comprobación de la resistencia del conjunto bastidor-falsobastidor y coeficientes de seguridad	95
3. 7. 6. 1. Comprobación y coeficientes de seguridad en orden de marcha	97
3. 7. 6. 2. Comprobación y coeficientes de seguridad al inicio de la elevación de la carrocería	98
3. 7. 6. 3. Comprobación y coeficientes de seguridad al final de la elevación de la carrocería	100
3. 8. Justificación de la resistencia del bastidor o largueros de la carrocería, travesaños del piso de la misma y travesaño de ataque del sistema hidráulico	101
3. 8. 1. Esfuerzos que solicitan a los largueros de la carrocería	101
3. 8. 2. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en los largueros de la carrocería en orden de marcha	101
3. 8. 3. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en los largueros de la carrocería en fase de descarga	102
3. 8. 4. Módulo resistente y sección de los largueros de la carrocería	104
3. 8. 5. Comprobación de la resistencia de los largueros de la carrocería y coeficientes de seguridad	104

3. 8. 5. 1. Comprobación y coeficientes de seguridad en orden de marcha	104
3. 8. 5. 2. Comprobación y coeficientes de seguridad al inicio de la elevación de la carrocería	105
3. 8. 6. Estudio del travesaño de ataque de los pistones hidráulicos	105
3. 8. 6. 1. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en el travesaño de ataque	106
3. 8. 6. 2. Módulo resistente y sección del travesaño	107
3. 8. 6. 3. Comprobación y coeficientes de seguridad del travesaño	108
3. 8. 7. Estudio de los travesaños del piso de la carrocería o palomillas	108
3. 8. 7. 1. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en las palomillas	109
3. 8. 7. 2. Módulo resistente y sección de las palomillas	110
3. 8. 7. 3. Comprobación y coeficientes de seguridad de las palomillas	110
3. 9. Reparto de cargas en el arranque y en el frenado. Cálculo de la unión bastidor-falsobastidor	111
3. 10. Justificación de la estabilidad del vehículo	113
3. 10. 1. Maniobrabilidad y seguridad en la conducción	113
3. 10. 2. Estabilidad longitudinal y transversal	114
3. 11. Estudio y elección de los componentes del sistema hidráulico de elevación de la carrocería	117
3. 11. 1. Longitud o carrera necesaria para la elevación máxima de la carrocería	117
3. 11. 2. Esfuerzo máximo de la última expansión del sistema hidráulico de elevación de la caja de carga	118
3. 11. 3. Obtención del volumen desalojado por los sistemas hidráulicos solicitados bajo pedido	119
3. 11. 4. Potencia y caudal requerido para la elevación de la carrocería	120
3. 12. Estimación teórica de la masa de la carrocería y sus accesorios	124
3. 13. Cálculos analíticos. Datos iniciales y resultados obtenidos	126
3. 14. Módulo resistente del bastidor. Cálculos geométricos	132
4. PLIEGO DE CONDICIONES	133
Capítulo I. Condiciones Generales	133
Artículo 1. Objeto del presente Pliego y documentación complementaria	133
Artículo 2. Reforma que comprende el Proyecto Técnico y vehículo sujeto de la misma	133
Capítulo II. Condiciones de índole técnica y administrativa	134
Artículo 3. Calidad de los materiales empleados	134
Artículo 4. Condiciones que debe satisfacer la mano de obra	134
Artículo 5. Normas para la ejecución material de la reforma	134
Artículo 6. Certificados y autorizaciones	138
Capítulo III. Condiciones de índole facultativa	139
Artículo 7. Contradicciones y omisiones	139

Artículo 8.	Obligaciones del Técnico Facultativo	139
Artículo 9.	Obligaciones de los Talleres Autorizados donde se ejecuta la reforma	139
Artículo 10.	Obligaciones de la Propiedad	139
	Capítulo IV. Disposiciones finales	141
Artículo 11.	Visado del presente Proyecto Técnico	141
Artículo 12.	Entrada en vigor de este Pliego	141
5.	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	143
5. 1.	Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud	143
5. 1. 1.	Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud	143
5. 1. 2.	Ambito de aplicación	143
5. 2.	Promotor o Peticionario	145
5. 3.	Situación	145
5. 4.	Legislación y demás normativa de aplicación	145
5. 5.	Riesgos Laborales	146
5. 5. 1.	Riesgos ajenos a la ejecución de la reforma	146
5. 5. 2.	Riesgos en el proceso de ejecución	147
5. 5. 2. 1.	Soldadura y construcción de estructuras y superestructuras	147
5. 5. 2. 2.	Instalaciones eléctricas	149
5. 5. 2. 3.	Pinturas	150
5. 5. 2. 4.	Uso de maquinaria de elevación	151
5. 5. 2. 5.	Pequeñas herramientas	152
6.	PRESUPUESTO	155
7.	BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN	157
8.	PLANOS	161
Plano nº 1	Vehículo Reformado	
Plano nº 2	Conjunto Bastidor-Falsobastidor	
Plano nº 3	Sistema Hidráulico -inicio elevación-	
Plano nº 4	Sistema Hidráulico -final elevación-	
	ANEXOS	
ANEXO I	NOMENCLATURA Y DEFINICIONES	167
	- Homologación de tipo	168
	- Homologación de tipo nacional	168
	- Homologación de tipo CE	168
	- Homologación individual	168
	- Homologación de tipo multifásico	168
	- Vehículo base	169
	- Vehículo incompleto	169
	- Vehículo completado	169
	- Vehículo completo	169
	- Fabricante	169

	- Autoridad de homologación	169
	- Reforma de vehículo	169
	- Actos reglamentarios	170
	- Servicio técnico de reformas	170
	- Taller	170
	- Estación de inspección técnica de vehículos (ITV)	170
ANEXO II	ANÁLISIS NORMATIVO	171
	- Real Decreto 866/2010	172
	- Manual de reformas de vehículos, Rev.6ª-Corr.1	175
	- Real Decreto 2028/1986	183
ANEXO III	PERMISO DE CIRCULACIÓN	187
ANEXO IV	TARJETA DE INSPECCIÓN TÉCNICA -ANTES DE LA REFORMA-	189
ANEXO V	TARJETA DE INSPECCIÓN TÉCNICA -DESPUÉS DE LA REFORMA-	193
ANEXO VI	CERTIFICADO DE TALLER	195
ANEXO VII	CERTIFICADO DE DIRECCIÓN FINAL DE OBRA	197
ANEXO VIII	INFORME DE CONFORMIDAD	199

➤ **Indice de Figuras.**

Bajo el título de cada una de las figuras se indica su procedencia.

Figura 1	Vehículo con carrocería fija Consulta de 28-10-21 en https://www.serveal.com/inicio/95-renault-midlum-gran-volumen-caja-carroceria-cerrada-usado-ocasion-segunda-mano-alquiler.html	13
Figura 2	Vehículo con carrocería volquete Consulta de 28-10-21 en http://www.ventatruck.es/inventario/iveco-stralis-ad190s31-grua/	13
Figura 3	Proceso de legalización de la reforma Diseñado y elaborado por el Autor	15
Figura 4	Catálogo de servicios técnicos de vehículos Consulta de 28-10-21 en http://www.f2i2.net/documentos/IsiF2I2/STO_Vehiculos/Catalogo_ST_MINCOTUR_2020.pdf	20
Figura 5	Características mecánicas de los aceros Consulta de 28-10-21 en http://asignatura.us.es/materialesII/Carpetas/Apuntes/metales/productos/%20estructuras/%20de/%20acero.pdf	38
Figura 6	Ejecución delantera del falsobastidor Documento [29] de la sección Bibliografía y Documentación	38
Figura 7	Refuerzo con cruz de San Andrés del falsobastidor Documento [29] de la sección Bibliografía y Documentación	39
Figura 8	Fijación inicial no rígida entre bastidor y falsobastidor Documento [29] de la sección Bibliografía y Documentación	40
Figura 9	Parte superior de las fijaciones rígidas entre bastidor y falsobastidor Documento [29] de la sección Bibliografía y Documentación	41
Figura 10	Esquema de un equipo basculante básico Diseñado y elaborado por el Autor	43
Figura 11	Botellas hidráulicas de elevación de la carrocería Documento [31] de la sección Bibliografía y Documentación	45
Figura 12	Rótula solicitada bajo pedido en ejecución no estándar Documento [31] de la sección Bibliografía y Documentación	47
Figura 13	Kit de gemelación para los cilindros hidráulicos Documento [31] de la sección Bibliografía y Documentación	47
Figura 14	Toma de fuerza Bezares B9-150 (026003) Documento [33] de la sección Bibliografía y Documentación	48
Figura 15	Dimensiones de la toma de fuerza Bezares B9-150 (026003) Documento [33] de la sección Bibliografía y Documentación	49
Figura 16	Bomba hidráulica Bezares BEA17 (5060906) Documento [32] de la sección Bibliografía y Documentación	49
Figura 17	Dimensiones de la bomba hidráulica Bezares BEA 17 (5060906) Documento [32] de la sección Bibliografía y Documentación	50
Figura 18	Depósito de fluido hidráulico Bezares 30L HDPE (90PS03TB) Documento [32] de la sección Bibliografía y Documentación	50
Figura 19	Dimensiones del depósito de fluido hidráulico Bezares 30L HDPE (90PS03TB) Documento [32] de la sección Bibliografía y Documentación	51
Figura 20	Articulación de la carrocería Industrias J. Cortes GIRO60EL Documento [31] de la sección Bibliografía y Documentación	52
Figura 21	Perfiles Omega para pilar Auxiliar Carrocera Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	54
Figura 22	Perfil superior para frontal Auxiliar Carrocera BP60 Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	54
Figura 23	Perfil inferior para frontal Auxiliar Carrocera KFCA Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	54
Figura 24	Chapa conformada para frontal Auxiliar Carrocera DFC Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	55
Figura 25	Pie de pilar forjado Auxiliar Carrocera B105A Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	55
Figura 26	Bisagra forjada para lateral Auxiliar Carrocera B23 Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	56
Figura 27	Cerrojo forjado para bisagra de lateral Auxiliar Carrocera B61C Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	56
Figura 28	Cierre forjado para lateral Auxiliar Carrocera B66M y B66H Documento [34] de la sección Bibliografía y Documentación	56

Figura 29	Prescripciones dimensionales para la barra antiempotramiento trasero	58
	Documento [40] de la sección Bibliografía y Documentación, retocada y modificada por el Autor, previa autorización	
Figura 30	Prescripciones dimensionales de ubicación de las luces de posición y reflectantes laterales	58
	Documento [40] de la sección Bibliografía y Documentación, retocada y modificada por el Autor, previa autorización	
Figura 31	Prescripciones dimensionales de los sistemas antiproyección	59
	Documento [40] de la sección Bibliografía y Documentación, retocada y modificada por el Autor, previa autorización	
Figura 32	Principales prescripciones dimensionales de la protección lateral	60
	Documento [40] de la sección Bibliografía y Documentación, retocada y modificada por el Autor, previa autorización	
Figura 33	Longitudes carrozables	67
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 34	Angulo máximo de elevación de la carrocería	71
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 35	Deformación durante la elevación	73
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 36	Angulo del sistema hidráulico en función de la inclinación de la carrocería	75
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 37	Esfuerzos durante el proceso de elevación de la carrocería	77
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 38	Reacciones en los ejes durante el proceso de elevación de la carrocería	82
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 39	Tensiones producidas por el momento flector	86
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 40	Esquema de cálculo de flectores y cortantes en orden de marcha - vehículo-	87
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 41	Esquema de cálculo de flectores y cortantes en fase de descarga -vehículo-	89
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 42	Sección del conjunto bastidor más falsobastidor	91
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 43	Esquema de cálculo de flectores y cortantes en orden de marcha -largueros de carrocería-	101
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 44	Esquema de cálculo de flectores y cortantes al inicio de la elevación -largueros de carrocería-	102
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 45	Esfuerzos sobre el travesaño de ataque del sistema hidráulico	106
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 46	Esfuerzos sobre las palomillas de la carrocería	108
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 47	Situación del CDG del vehículo para la adecuada estabilidad longitudinal y transversal	115
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 48	Cálculo de la ubicación del CDG del vehículo completo a plena carga	116
	Diseñado y elaborado por el Autor	
Figura 49	No sobrecargar el vehículo	139
	Foto a las instrucciones de seguridad de un volquete Hyna, retocada y modificada por el Autor	
Figura 50	Repartir uniformemente la carga	140
	Foto a las instrucciones de seguridad de un volquete Hyna, retocada y modificada por el Autor	
Figura 51	No mover el vehículo durante la maniobra de descarga	140
	Foto a las instrucciones de seguridad de un volquete Hyna, retocada y modificada por el Autor	
Figura 52	No bascular en superficies blandas o irregulares	140
	Foto a las instrucciones de seguridad de un volquete Hyna, retocada y modificada por el Autor	
Figura 53	Circular sólo con la caja de carga totalmente posada	141
	Foto a las instrucciones de seguridad de un volquete Hyna, retocada y modificada por el Autor	

Figura 54	No situarse bajo la carrocería o en la zona de trabajo Foto a las instrucciones de seguridad de un volquete Hyna, retocada y modificada por el Autor	141
Figura 55	Estructura del manual de reformas de vehículo Manual de Reformas de Vehículos, Rev6, Corr1 (Consulta de 03-10-20 en https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2021/01/ManualReformasVehiculosRev6Corr1.pdf)	175
Figura 56	Sistemas de los vehículos susceptibles de ser transformados Manual de Reformas de Vehículos, Rev6, Corr1 (Consulta de 03-10-20 en https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2021/01/ManualReformasVehiculosRev6Corr1.pdf)	179
Figura 57	Ficha del código de reforma (CR) 8.20 de la sección I Manual de Reformas de Vehículos, Rev6, Corr1 (Consulta de 03-10-20 en https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2021/01/ManualReformasVehiculosRev6Corr1.pdf)	180
Figura 58	Estructura del Anexo I del Real Decreto 2028/86 Real Decreto 2028/86, de 6 de Junio, en la Orden Ministerial de su última actualización (Consulta de 03-10-20 en https://www.boe.es/buscar/pdf/1986/BOE-A-1986-26182-consolidado.pdf)	184
Figura 59	Nota (H) del Anexo I del Real Decreto 2028/86 Real Decreto 2028/86, de 6 de Junio, en la Orden Ministerial de su última actualización (Consulta de 03-10-20 en https://www.boe.es/buscar/pdf/1986/BOE-A-1986-26182-consolidado.pdf)	185
Figura 60	Estructura del Anexo II del Real Decreto 2028/86 Real Decreto 2028/86, de 6 de Junio, en la Orden Ministerial de su última actualización (Consulta de 03-10-20 en https://www.boe.es/buscar/pdf/1986/BOE-A-1986-26182-consolidado.pdf)	186
Figura 61	Permiso de circulación -anverso- Diseñado y elaborado por el Autor	188
Figura 62	Permiso de circulación -reverso- Diseñado y elaborado por el Autor	188
Figura 63	Tarjeta de inspección técnica de vehículos antes de la reforma -anverso- Diseñado y elaborado por el Autor	190
Figura 64	Tarjeta de inspección técnica de vehículos antes de la reforma -reverso- Diseñado y elaborado por el Autor	191
Figura 65	Tarjeta de inspección técnica de vehículos después de la reforma -reverso- Diseñado y elaborado por el Autor	194
Figura 66	Certificado de taller o carrocerero Diseñado y elaborado por el Autor	196
Figura 67	Certificado de dirección final de obra Diseñado y elaborado por el Autor	198
Figura 68	Informe de conformidad Diseñado y elaborado por el Autor	200

➤ **Indice de Tablas.**

Tabla 1	Técnico competente	18
Tabla 2	Talleres carroceros	19
Tabla 3	Servicio técnico de reformas	20
Tabla 4	Titular del vehículo	21
Tabla 5	Vehículo sujeto del proyecto técnico	21
Tabla 6	Identificación del vehículo a reformar	23
Tabla 7	Titular del vehículo	24
Tabla 8	Talleres carroceros	24
Tabla 9	Actos reglamentarios CR 8.50	25
Tabla 10	Actos reglamentarios CR 8.60	25
Tabla 11	Actos reglamentarios CR 1.11	26
Tabla 12	Ficha reducida de características del vehículo antes de la reforma	28
Tabla 13	Ficha reducida de características del vehículo después de la reforma	31
Tabla 14	Carrocería del vehículo antes de la reforma	35
Tabla 15	Componentes principales del equipo basculante	43
Tabla 16	Expansiones de los cilindros a instalar	46
Tabla 17	Características de la toma de fuerza Bezares B9-150 026003	48
Tabla 18	Características de la bomba hidráulica Bezares BEA 17 (5060906)	50
Tabla 19	Características del depósito Bezares 30L (90PS03TB)	51
Tabla 20	Características de la articulación para carrocería Industrias J. Cortés GIRO60EL	52
Tabla 21	Justificación de los actos reglamentarios implicados en la reforma	61
Tabla 22	Coeficientes de seguridad	64
Tabla 23	Reparto de cargas debido al peso propio	65
Tabla 24	Extremos de la longitud carrozable	69
Tabla 25	Reparto de cargas debido a la carga útil	70
Tabla 26	Reparto de carga en orden de marcha	70
Tabla 27	Configuración dimensional del sistema de elevación	74
Tabla 28	Esfuerzo en pistones hidráulicos -inicio elevación ($\alpha=0^\circ$)-	80
Tabla 29	Esfuerzo en pistones hidráulicos -máxima elevación ($\alpha=45^\circ$)-	80
Tabla 30	Esfuerzo en articulación de la carrocería -inicio elevación ($\alpha=0^\circ$)-	81
Tabla 31	Esfuerzo en articulación de la carrocería -máxima elevación ($\alpha=45^\circ$)-	81
Tabla 32	Reparto de cargas en el basculamiento -inicio elevación ($\alpha=0^\circ$)-	84
Tabla 33	Reparto de cargas en el basculamiento -máxima elevación ($\alpha=45^\circ$)-	84
Tabla 34	Coeficientes de seguridad a cortadura	97
Tabla 35	Cilindros hidráulicos	118
Tabla 36	Expansiones de los cilindros hidráulicos a instalar	120
Tabla 37	Volumen de las expansiones no estándar	120
Tabla 38	Depósito de fluido hidráulico	121
Tabla 39	Toma de fuerza	122
Tabla 40	Bomba hidráulica	122
Tabla 41	Parámetros para la elección del conjunto toma de fuerza y bomba	123
Tabla 42	Estimación de la masa de la carrocería y sus accesorios	125

1. INTRODUCCIÓN.

Para el desarrollo del siguiente Trabajo de Fin de Grado, se ha optado por realizar un Proyecto de Ingeniería relacionado con la automoción, debido a la gran amplitud y diversidad del mundo de los vehículos, que ofrece innumerables posibilidades para el futuro, así como distintos enfoques y aplicaciones para la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos durante el Grado de Ingeniería Mecánica.

El presente Proyecto se basa en la descripción y justificación técnico-administrativa de la modificación de un vehículo comercial ya puesto en circulación (matriculado en España), concretamente un camión, para que pueda llevar a cabo otro tipo de trabajos. Para ello, partiremos de un camión caja cerrada (fija), ver figura 1, con clasificación 21.20 según el Anexo II del Reglamento General de Vehículos (Real Decreto 2822/98, de 23 de diciembre) y lo transformaremos en un camión con caja basculante, ver figura 2, con clasificación 21.17 según el mismo Reglamento.



Figura 1. Vehículo con carrocería fija



Figura 2. Vehículo con carrocería volquete

La elección de este tipo de Proyecto Técnico y este tipo de transformación se debe, a la demanda cada vez mayor con que se solicitan vehículos específicos adaptados a las tareas que realizan; y por otra parte, permite adentrarse en el conocimiento de un mundo tan complejo, y especializado en multitud de facetas. También presenta un especial interés desde el punto de vista estrictamente técnico, tanto en la justificación del vehículo como tal, como en la justificación de la carrocería cuando trabaja como máquina, a vehículo parado.

Para llevar a cabo ésta modificación, debemos guiarnos y cumplir lo establecido, principalmente, en el Real Decreto 866/2010, de 2 de Julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos en España; en particular, para el estudio y ejecución de la reforma, seguiremos las indicaciones de la revisión vigente del Manual de Reformas de Vehículos. En éste manual, se incluyen los contenidos mínimos que debe presentar el proyecto técnico para legalización de una reforma, si es necesario o no un proyecto y normativa que debe cumplirse en función de la modificación deseada.

Indicar en esta introducción, que a pesar de que este Proyecto cumplirá todos los requisitos que para este tipo de documentos fija la normativa legal exigible y el vigente Manual de Reformas, y por tanto sería totalmente válido para utilizarlo en una situación real, dado su carácter académico, contendrá extractos de textos legales, directivas europeas de obligado cumplimiento o no, justificación del modo de ejecución de los distintos cálculos, glosarios, anexos, la presente introducción, etc, que un Proyecto Profesional real no tiene, dado el amplísimo conocimiento que sobre los temas técnico, administrativo y reglamentario tienen todos los agentes implicados en su autoría y tratamiento posterior.

Por ello, y con objeto de poder dar cumplimiento a la redacción de los diferentes apartados del presente Proyecto Técnico, debería contarse con los citados agentes intervinientes, y obviamente, habrá que partir para el estudio y análisis a desarrollar, además, de las características del vehículo sin reformar. Como resultado del trabajo de campo efectuado por el Autor que suscribe, se crearán ficticiamente los elementos necesarios, no sin antes, describir los pasos y cronología que se especifica en el Real Decreto antes mencionado para la legalización final de una reforma como la que nos ocupa.

En el Anexo I del presente Proyecto aparece un glosario con nomenclatura y definiciones utilizadas en la norma legal y de otros textos reglamentarios implicados de una u otra manera en las reformas de los vehículos, dejando para el Anexo II un análisis de esta legislación que aparecerá en algún apartado del presente Proyecto Técnico. Se aconseja su lectura y/o consulta a priori, de manera que pueda entenderse perfectamente lo desarrollado en los apartados de la Memoria y posteriores del presente Proyecto Técnico.

1.1. Estudio Completo del Proceso de Legalización de la Reforma.

Según el vigente Real Decreto 866/10, de 23 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, y el vigente Manual de Reformas que lo desarrolla, analizados, como se ha indicado más arriba en el Anexo II, el proceso para la legalización de la reforma que nos ocupa sería el que aparece en la siguiente figura:



Figura 3. Proceso de legalización de la reforma

Los documentos a aportar para esta reforma serían los siguientes, en orden cronológico, indicándose sus características o condicionantes principales:

1.1.1. Proyecto Técnico.

- Redactado por técnico competente.
- Comprenderá al menos el contenido mínimo que prescribe el Manual de Reformas vigente en el momento de la redacción del mismo.
- Justificación técnica y administrativa del vehículo reformado, conforme a la normativa en vigor.
- Aparecerá la identificación de los equipos o sistemas modificados, sustituidos o incorporados, señalando sus referencias, debiendo coincidir con lo expresado en el resto de documentos exigibles para la tramitación de la reforma, según los textos que aparecen en “normalización de la anotación de la reforma en la tarjeta ITV” de la reforma efectuada.
- Estarán numeradas todas sus páginas, indicándose en todas ellas el número total de páginas, incluidos los anexos.

- Deben aparecer los datos profesionales del autor, y su titulación, indicando en todas sus páginas la referencia o código del Proyecto Técnico, incluida la revisión cronológica del mismo, comenzando por la cero (0).

1.1.2. Certificado de Taller o Carrocero.

- Emitido por persona expresamente autorizada por el taller de carrocerías.
- Redactado según el modelo oficial que se recoge en el Anexo III del Real Decreto 866/10.
- En el apartado de “observaciones” debe indicar la identificación de los equipos o sistemas modificados, sustituidos o incorporados, señalando sus referencias, debiendo coincidir con lo expresado en el resto de documentos exigibles para la tramitación de la reforma, según los textos que aparecen en “normalización de la anotación de la reforma en la tarjeta ITV” de la reforma efectuada.
- Hará mención expresa al autor del Proyecto Técnico, su titulación y la referencia del Proyecto Técnico, incluida la revisión cronológica del mismo.
- Su fecha de emisión debe ser igual o posterior a la del Proyecto Técnico.

1.1.3. Certificado de Dirección Final de Obra.

- Al igual que el documento mencionado en primer lugar, redactado por técnico competente.
- Comprenderá al menos el contenido mínimo que prescribe el Manual de Reformas vigente en el momento de la redacción del mismo.
- Deben aparecer los datos profesionales del autor, y su titulación, así como la identificación del vehículo, reformas realizadas y taller donde se han ejecutado.
- Debe constar la referencia o código del Proyecto Técnico, incluida revisión cronológica del mismo.
- Recogerá fotografías con el aspecto general del vehículo y los detalles de la reforma realizada.
- Certificará que se ha ejecutado la reforma según el Proyecto Técnico y la documentación adicional correspondiente.
- Estarán numeradas todas sus páginas, indicándose en todas ellas el número total de páginas, incluidos los anexos.

- Su fecha de emisión debe ser igual o posterior a la del Certificado del Carrocero.

1.1.4. Informe de Conformidad.

- Emitido por persona expresamente autorizada por el fabricante del vehículo o por el Servicio Técnico de Reformas debidamente acreditado por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) y en cuyo alcance de la acreditación figuren las reformas que se han efectuado en el vehículo.
- La redacción de este documento se corresponderá con la que aparece en el modelo oficial que se recoge en el Anexo II del Real Decreto 866/10.
- Indicará la identificación de los equipos o sistemas modificados, sustituidos o incorporados, señalando sus referencias, debiendo coincidir con lo expresado en el resto de documentos exigibles para la tramitación de la reforma, según los textos que aparecen en “normalización de la anotación de la reforma en la tarjeta ITV” de la reforma efectuada.
- Hará mención expresa al autor del Proyecto Técnico, su titulación y la referencia del Proyecto Técnico, incluida la revisión cronológica del mismo.
- La fecha de emisión debe ser igual o posterior a la de la Dirección de Obra.

Toda esta documentación es presentada en una Estación de Inspección Técnica de Vehículos (ITV) debidamente acreditada por ENAC y en cuyo alcance de la acreditación se encuentre la inspección técnica de vehículos por reforma, y además autorizado su funcionamiento por el Órgano Competente de la Comunidad Autónoma donde esté localizada.

La Estación de Inspección Técnica de Vehículos, tras las comprobaciones documentales y físicas reglamentarias, se asegura de que el vehículo reformado cumple los requisitos exigibles, y como último paso, se reflejarán las nuevas características del mismo en su tarjeta de inspección técnica, autorizándose su nueva puesta en circulación.

1.2. Agentes Implicados en el Proceso de Ejecución Material y Documental de la Reforma.

A tenor del carácter académico del presente Proyecto Técnico, se hace necesario crear ficticiamente el perfil de los diferentes agentes que en el trabajo profesional real se verían implicados, de una u otra forma en el proceso de ejecución material y/o documental de la reforma, desde que surge la necesidad de su ejecución

hasta que el vehículo reformado es autorizado nuevamente para la circulación por la vía pública, como se dijo en la anterior sección Introducción.

1.2.1. Técnico Competente Autor del Proyecto Técnico y del Certificado de Dirección Final de Obra.

Supondremos para este caso que el Autor que suscribe ya cuenta con la Titulación Académica que se pretende conseguir con la redacción de este documento, siendo ello uno de los objetivos del mismo, y por tanto, sería legalmente competente para su autoría, dadas las atribuciones profesionales que la normativa en vigor le concede.

Se ha supuesto también que se cuenta con inscripción en el correspondiente Colegio Profesional.

De esta forma:

TECNICO COMPETENTE	
Nombre y Apellidos	Daniel Caler Aguilar
NIF	26257405F
Dirección	Av. Andalucía nº3BIS
Código postal	23700
Localidad	Linares
Provincia	Jaén
Colegio Profesional	COITI Jaén
Número de Colegiado	C895C

Tabla 1

También daremos por supuesto que el Autor que suscribe se dedica al Ejercicio Libre de la Profesión, y que será requerido por el Taller Carrocero para la redacción del presente Proyecto Técnico, supervisión técnica de los trabajos, y emisión del Certificado de Dirección Final de Obra, por ser esta situación la que se produce mayoritariamente en la realidad.

1.2.2. Taller Ejecutor Material de la Reforma.

Si bien, en el trabajo de campo desplegado para adquirir conocimientos y documentarme para la redacción del presente Trabajo Fin de Grado he visitado:

- Varios carroceros, debidamente inscritos en los registros correspondientes de la Comunidad Autónoma y en los de ámbito nacional correspondientes a la Autoridad de Homologación como fabricantes de partes y piezas para vehículos y/o como fabricantes de segunda fase.
- Una Estación ITV, debidamente acreditada por ENAC para inspecciones técnicas por reforma y obviamente autorizado su funcionamiento por el Órgano Competente de nuestra Comunidad Autónoma.

No se ha creído conveniente ni necesario solicitarles autorización para mencionarlos y utilizar sus datos y/o alguna de sus realizaciones en este Trabajo Fin de Grado, por lo cual supondremos el siguiente carrocerero ficticio, con todas sus inscripciones y autorizaciones en vigor para la ejecución material de la reforma objeto del presente Proyecto Técnico, contando con las instalaciones, medios materiales y humanos adecuados para ello.

Así:

TALLERES CARROCEROS	
Razón Social	Industrias Carroceras Carroceras, SL
CIF	B-23XXYYYY
Domicilio	Polígono Industrial, s/n
Código postal	23700
Localidad	Linares
Provincia	Jaén
Número Registro Industrial	23-016XX
Persona Expresamente Autorizada	Ana Andaluza Española

Tabla 2

1.2.3. Servicio Técnico de Reformas.

Se ha decidido para este Trabajo Fin de Grado que el Informe de Conformidad se encargue a un Servicio Técnico de Reformas, en detrimento del fabricante del vehículo base.

La única razón para ello es que los carroceros que han sido visitados me han indicado, que por experiencia profesional, los Servicios Técnicos de Reformas, en general, suelen tener unos honorarios inferiores para el estudio y emisión del documento que nos ocupa que el propio fabricante del vehículo base; además, el plazo de entrega del Informe de Conformidad también suele ser inferior.

Normalmente, quién solicita el Informe de Conformidad suele ser el propio carrocerero, o el técnico que ha contratado para la redacción del Proyecto Técnico, de manera que el Titular del vehículo, que es quien encarga la ejecución material y tramitación de la reforma (usualmente), recibe un servicio integral, desvinculándose de ambos temas, entregándosele el vehículo reformado listo para trabajar y circular por las vías públicas.

Existen multitud de Servicios Técnicos de Reformas en España, debidamente acreditados por ENAC, y están recogidos en el “Catálogo de Servicios Técnicos de Vehículos”, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, disponible online y que es actualizado por el citado Ministerio. En este catálogo aparecen codificados, indicándose incluso las personas de contacto y el alcance de las acreditaciones con las que cuentan.

CATÁLOGO DE SERVICIOS TÉCNICOS DE VEHÍCULOS 2020



Figura 4. Catálogo de servicios técnicos de vehículos

No obstante, como en los casos de los agentes implicados anteriormente desarrollados, crearemos ficticiamente un Servicio Técnico de Reformas, que contará en el alcance de su acreditación la posibilidad de informar sobre la reforma objeto del presente Proyecto Técnico.

De esta manera:

SERVICIO TECNICO de REFORMAS	
Razón Social	Laboratorio Reformas Reformas, SL
NIF	B-28XXXYYY
Domicilio	Ctra. Valencia, s/n
Código postal	28031
Localidad	Madrid
Provincia	Madrid
Número de la Acreditación ENAC	2XX/EI1YY
Persona Expresamente Autorizada	Pedro Español Andaluz

Tabla 3

1.2.4. Titular del Vehículo Sujeto del Proyecto Técnico.

Puesto que el vehículo reformado, camión con caja de carga basculante, también denominados popularmente como “volquete”, normalmente utilizados en trabajos de construcción y minería, usualmente transportando cargas a granel, supondremos que es propiedad de una empresa constructora, que lo utiliza en sus propios trabajos de construcción o demoliciones.

Con ello:

TITULAR del VEHICULO	
Razón Social	Construcciones Construcciones, SL
NIF	B-14XXXYYY
Domicilio	Ctra. Sevilla, s/n
Código postal	14009
Localidad	Córdoba
Provincia	Córdoba

Tabla 4

1.2.5. Vehículo Sujeto del Proyecto Técnico.

Para los datos del vehículo a reformar si se ha contado con ayuda de uno de los carroceros visitados, pues era un poco complejo, y posiblemente alejado de la realidad, crear unos datos ficticios que fuesen congruentes y lo más parecido posible a las características que comúnmente presentan la mayoría de vehículos de este tipo.

Por ello, uno de los carroceros visitados, me propuso los datos y características de un vehículo reformado hace un tiempo en sus talleres, aunque la reforma efectuada fue otra (aumento de la distancia entre ejes y longitud de la carrocería).

Naturalmente sólo se han tomado los datos necesarios para realizar el presente Proyecto Técnico, manteniendo la privacidad del vehículo y su titular.

Los datos del mismo son:

VEHICULO SUJETO del PROYECTO TECNICO	
Marca	Renault
Tipo	MDA2C
Variante	UGZ42M
Versión	NMHL7165084NAU0NN9L
Denominación Comercial	D
Contraseña de Homologación	e2*2007/46*0135*08
Número de Identificación (VIN)	VF640A560000XXXXX
Matrícula	7XXX-ZZZ
Fecha de Primera Matriculación	31-07-2014

Tabla 5



2. MEMORIA.

2.1. Objeto del Proyecto Técnico.

El objeto principal del presente Proyecto Técnico es definir y justificar técnica y administrativamente la reforma que se pretende realizar en el siguiente vehículo industrial o comercial, que más abajo se identifica, consistente, principalmente, en sustituir su carrocería por otra de distintas características y dimensiones.

IDENTIFICACION del VEHICULO a REFORMAR	
Marca	Renault
Tipo	MDA2C
Variante	UGZ42M
Versión	NMHL7165084NAU0NN9L
Denominación Comercial	D
Contraseña de Homologación	e2*2007/46*0135*08
Número de Identificación (VIN)	VF640A560000XXXXX
Matrícula	7XXX-ZZZ
Fecha de Primera Matriculación	31-07-2014
Clasificación	21.20 (Camión Caja cerrada)

Tabla 6

Tiene también, por tanto, el fin de informar y dar a conocer a los Organismos Oficiales competentes y otros agentes implicados o colaboradores necesarios esta circunstancia para que sean expedidas las autorizaciones a que hubiera lugar, durante su tramitación reglamentaria.

Por último, también es pretensión de este Proyecto Técnico la obtención, por parte del Autor que suscribe, del Grado en Ingeniería Mecánica.

2.2. Antecedentes.

2.2.1. Propiedad del Vehículo y Justificación de la Necesidad de la Reforma.

Es propietaria y titular del vehículo sujeto del presente Proyecto Técnico la empresa constructora cuyos datos más abajo se indican, que recientemente lo ha adquirido para dedicarlo a su actividad, esto es, transporte de materiales de construcción (áridos, ladrillos, etc.), transporte y desecho de escombros, etc.

Para ello necesita que esté dotado de una caja abierta, de gran robustez y con equipo basculante, estando en ello la necesidad de la ejecución de la reforma. Es decir, la reforma objeto del Proyecto Técnico se realiza por deseo expreso de la Propiedad del vehículo para adaptarlo a las necesidades que impone la dedicación a que va a ser sometido, mejorando su rentabilidad, sin perjuicio de su seguridad y estabilidad.

TITULAR del VEHICULO	
Razón Social	Construcciones Construcciones, SL
NIF	B-14XXXXYY
Domicilio	Ctra. Sevilla, s/n
Código postal	14009
Localidad	Córdoba
Provincia	Córdoba

Tabla 7

2.2.2. Peticionario y Talleres Autorizados.

Es petionario de este Proyecto Técnico, por encargo de quien se redacta el mismo, la empresa propietaria de los Talleres Autorizados donde se llevará a cabo la ejecución material de la reforma. A saber:

TALLERES CARROCEROS	
Razón Social	Industrias Carroceras Carroceras, SA
CIF	A-23XXXXYY
Domicilio	Polígono Industrial, s/n
Código postal	23700
Localidad	Linares
Provincia	Jaén
Número Registro Industrial	23-016XX

Tabla 8

2.2.3. Normativa Aplicable en Relación con los Actos Reglamentarios que Puedan Verse Afectados por la Reforma.

Siguiendo el Manual de Reformas de Vehículos se observa que para la ejecución y legalización de la reforma que este Proyecto Técnico estudia es necesaria la realización del mismo.

La reforma a efectuar se identifica y clasifica con los siguientes códigos de reforma de los recogidos en el vigente Manual de Reformas; en cada uno se indican los actos reglamentarios que pueden verse afectados cuyo cumplimiento debe verificarse:

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

ACTOS REGLAMENTARIOS CR 8.50		
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a N2
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE	(2)
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	70/222/CEE	(2)
Mecanismos de dirección	70/311/CEE	(1)
Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE	(2)
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	76/756/CEE	(2)
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	(1)
Salientes exteriores de las cabinas	92/114/CEE	(2)
Protección delantera contra el empotramiento	2000/40/CE	(2)
(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. 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). (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 ó 168/2013.		

Tabla 9

- **8.60. Sustitución o modificación del carrozado de un vehículo.**

ACTOS REGLAMENTARIOS CR 8.60		
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a N2
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE	(2)
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	70/222/CEE	(2)
Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE	(2)
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE	(2)
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	76/756/CEE	(2)

ACTOS REGLAMENTARIOS CR 8.60		
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a N2
Protección lateral	89/297/CEE	(2)
Sistemas antiproyección	91/226/CEE	(2)
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	(1)
Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas	Reglamento CEPE/ONU 111R	(2)
(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. 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). (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.		

Tabla 10

- 11.1. Cambio de clasificación.**

ACTOS REGLAMENTARIOS CR 11.1		
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a N2
Reglamento General de Vehículos		

Tabla 11

2.2.4. Reglamentación y Otros Documentos que se han Tenido en Cuenta.

En el proceso de redacción del presente Proyecto Técnico se han tenido en cuenta los siguientes documentos y/o textos legales de obligado cumplimiento; a saber:

- **Real Decreto 866/2010, de 2 de Julio**, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.
- **Manual de Reformas de Vehículos, Rev.6ª, Corrección 1, de Mayo de 2020.**
- **Real Decreto 2822/1998, de 23 de Diciembre**, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.
- **Orden PCI/810/2018, de 27 de Julio**, por la que se modifican los Anexos II, XI y XVIII del Reglamento General de Vehículos, aprobado por Real Decreto 2822/1998, de 23 de Diciembre.
- **Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo 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 750/2010, de 4 de 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 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 tipo de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- **Orden ICT/397/2020, de 30 de Abril**, por la que se actualizan los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, de 6 de Junio, sobre las normas de aplicación de determinadas directivas de la CEE, 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.
- **RD 920/2017, de 23 de octubre**, por el que se regula la inspección técnica de vehículos.
- **Norma UNE 26-192-87**, valores de tolerancias dimensionales para cada categoría de vehículo.
- **Manual de Carrozado de Renault Trucks**.
- **Ley 31/1995**, de prevención de riesgos laborales y reglamentos de aplicación.
- **Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de Marzo**, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.
- **Ley Orgánica 3/2018, de 5 de Diciembre**, de Protección de Datos de Carácter Personal y garantía de los derechos digitales.

2.3. Características del Vehículo Antes y Después de la Reforma.

Los datos del vehículo antes y después de la reforma deberán relacionarse utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas correspondiente a la categoría del vehículo de las recogidas en el Real Decreto 750/2010.

A pesar de que en el Manual de Reformas vigente se indica textualmente: “Solo será necesario identificar el vehículo e indicar las características que cambian antes y después de la reforma, no siendo necesario incluir el formato completo de las descripciones contempladas en el Real Decreto 750/2010”, dado el carácter académico del Proyecto Técnico, se recogerá y cumplimentará el formato completo, lo cual será un

ejercicio que ayudará al conocimiento de todos los datos que figuran en una ficha reducida de características técnicas.

2.3.1. Características del Vehículo Antes de la Reforma.

Las características técnicas del vehículo previas a la reforma quedan recogidas en la siguiente ficha reducida, según el modelo incluido en el Real Decreto 750/2010:

Ficha Reducida de Características para Vehículos de Categoría N2 Características del Vehículo Antes de la Reforma	
DATOS	Vehículo Completado
Marca	RENAULT
Tipo / variante / versión	MDA2C / UGZ42M/ NMHL7165084NAU0NN9L
Denominación comercial	D
Categoría del vehículo	N2
Nombre y dirección del fabricante del vehículo de base	RENAULT TRUCKS S.A.S. 99, route de Lyon 69802 Saint-Priest Cedex FRANCIA
Nombre y dirección del fabricante de la última fase de fabricación del vehículo	-
Emplazamiento de la placa del fabricante	Bajo el asiento del pasajero
Parte fija VIN	VF640A560000XXXXX
Emplazamiento del número de identificación del vehículo	Sobre el larguero derecho del bastidor, detrás de la rueda delantera.
Número de homologación (incluyendo la extensión correspondiente)	e2*2007/46*0135*08
Fecha	Abril 2014
CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO	
Nº de ejes y ruedas	2,4
Número y emplazamiento de ejes con ruedas gemelas	1,2
Descripción de los ejes. Tipo y capacidad	Eje anterior: Eje rígido 5000kg Eje posterior: Eje rígido 8480kg
Número y localización de los ejes de dirección:	1, 1
Ejes motrices (nº, localización e interconexión):	1, 2, eje cardan
MASAS Y DIMENSIONES	
Distancia entre ejes consecutivos 1º, 2º, 3º, ...	3250
Avance 5ª rueda (máximo y mínimo en caso de 5ª rueda ajustable)	-
Vía de cada eje 1º / 2º / 3º /...	1906/ 1760
Longitud	5895
Anchura	2550
Altura (en orden de marcha)	3770
Voladizo trasero	1370

Masa del vehículo en orden de marcha	4500
Masa máxima en carga técnicamente admisible (MMTA)	12000
Distribución de esta masa entre los ejes 1º/2º/3º/punto de enganche si hay remolque....	3520-5000 / 7000-8480
Masa máxima en carga técnicamente admisible en cada eje 1º/2º/3º/....	5000 / 8480
Masa máxima técnicamente admisible del conjunto (MMTC):	24000
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación (MMA)	12000
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación en cada eje 1º/2º/3º/	5000 / 8480
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación del conjunto (MMC)	24000
UNIDAD MOTRIZ	
Fabricante o Marca del motor	Volvo Powertrain Corporation
Código asignado por el fabricante del motor	DTI 5 240-EUVI
Motor de Combustión Interna	
Principio de funcionamiento	Encendido por compresión, cuatro tiempos
Número y disposición de los cilindros	Cuatro en línea
Cilindrada	5132cm ³
Tipo de combustible o fuente de energía	Gasóleo
Potencia neta máxima (kW) a (min-1)	177 / 2200
Motor Eléctrico puro (si/no)	No
Potencia máxima por hora (kW)	No
Motor Híbrido (si/no)	No
Tipo	No
TRANSMISIÓN	
Tipo (Mecánica/Hidráulica/eléctrica/etc.)	Mecánica de mando manual
Caja de cambios (tipo)	Trenes fijos de mando manual
Nº de relaciones	6 + R
SUSPENSIÓN	
Breve descripción del tipo de suspensión delantera y trasera	Ballestas y amortiguadores en ambos ejes
Neumáticos y ruedas (características principales)	Medida: 285/70R19,5 Radio de rodadura: 434mm Índices de carga mínimos: 145/143 Índice de velocidad mínimo: G Medida Llanta: 19.5x7.5
DIRECCIÓN	
Dirección, método de asistencia	Conexión mecánica por cardán a la caja de dirección, palieres desde caja de dirección a ruedas, asistencia hidráulica.
FRENADO	

Breve descripción del dispositivo de frenado	-Dispositivo principal: Circuitos de alimentación neumática independiente para los frenos delanteros, traseros y de estacionamiento. Control electrónico o neumático común. Discos delanteros y traseros. -Dispositivo de socorro: Asegurado por la independencia de los circuitos. -Dispositivo de estacionamiento: Mando operado con la mano, control neumático y accionamiento mecánico de muelles sobre el eje 2°. Opción sobre los ejes 1° (accionamiento neumático) y 2° (accionamiento mecánico).
ABS: Sí/No	Sí
Presión en el conducto de alimentación del dispositivo de frenado del remolque:bar	8.5 bar
Marca de homologación CE el dispositivo de acoplamiento, en su caso	-
Tipos o clases de dispositivos de acoplamiento que pueden instalarse	-
Valores característicos: D / V / S / U	-
CARROCERÍA	
Tipo de carrocería (según parte C del anexo II de la Directiva 2007/46)	BA03: Camión De caja cerrada
Retrovisores. Tipo	2 de clase II, 2 de clase IV, 1 de clase V y 1 de clase VI.
Dispositivos de visión indirecta distintos de los retrovisores	No
Sistemas de Protección Delantera: Si/No.	No
Número y disposición de las puertas	2 puertas delanteras
Número de plazas de asiento (incluido el conductor)	2
DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	
Dispositivos obligatorios (Número)	- Luz diurna (2) - Luz de carretera (2) - Luz de cruce (2) - Luz de posición delantera (2) - Luz de galibo delantera (2) - Luz indicadora de dirección delantera (2) - Luz de posición trasera (2) - Luz indicadora de dirección trasera (2) - Luz de niebla trasera (1) - Luz de alumbrado de placa

	de matrícula trasera (2) - Luz de marcha atrás (2) - Luz de frenado de categoría S1 (principal) (2) - Catadióptrico trasero (2) - Luz de galibo trasera (2) - Luz indicadora de dirección lateral (2)
Dispositivos facultativos (Número)	- Luz de niebla delantera (2) - Luces de posición lateral (longitud < 6000 mm) (3+3) - Catadióptricos laterales (longitud < 6000 mm) (3+3)
VARIOS	
Velocidad máxima	90 km/h
Nivel de ruido parado: dB(A) a min-1	87 dB(A) a 1650 min ⁻¹
Nivel de emisiones: Euro...	Euro VI – B
Potencia Fiscal (CVF)	23,45
Capacidad depósito/s de combustible	-
Capacidad depósito auxiliar/es de combustible	-
Máxima capacidad del momento de la grúa	-
Protección trasera. Nº de homologación	e2*70/221*2006/20*07330
Tacógrafo digital. Si/No	Sí, e1-84
Observaciones	-
Opciones incluidas en la homologación de tipo	-

Tabla 12

2.3.2. Características del Vehículo Después de la Reforma.

Las características técnicas del vehículo tras ser reformado quedan recogidas en la siguiente ficha reducida, según el modelo del Real Decreto 750/2010; las nuevas masas, dimensiones y clasificación que se han visto modificadas por la reforma se han resaltado en color verde, de manera que se visualicen de una forma más rápida y eficaz:

Ficha Reducida de Características para Vehículos de Categoría N2 Características del Vehículo Después de la Reforma	
DATOS	Vehículo Completado
Marca	RENAULT
Tipo / variante / versión	MDA2C / UGZ42M/ NMHL7165084NAU0NN9L
Denominación comercial	D
Categoría del vehículo	N2
Nombre y dirección del fabricante del vehículo de base	RENAULT TRUCKS S.A.S. 99, route de Lyon 69802 Saint-Priest Cedex FRANCIA
Nombre y dirección del fabricante de la última fase de fabricación del vehículo	Industrias Carroceras Carroceras, SL Polígono Industrial, s/n 23700-Linares, Jaén

Emplazamiento de la placa del fabricante	Bajo el asiento del pasajero
Parte fija VIN	VF640A560000XXXXX
Emplazamiento del número de identificación del vehículo	Sobre el larguero derecho del bastidor, detrás de la rueda delantera.
Número de homologación (incluyendo la extensión correspondiente)	e2*2007/46*0135*08
Fecha	Abril 2014
CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO	
Nº de ejes y ruedas	2,4
Número y emplazamiento de ejes con ruedas gemelas	1,2
Descripción de los ejes. Tipo y capacidad	Eje anterior: Eje rígido 5000kg Eje posterior: Eje rígido 8480kg
Número y localización de los ejes de dirección:	1, 1
Ejes motrices (nº, localización e interconexión):	1, 2, eje cardan
MASAS Y DIMENSIONES	
Distancia entre ejes consecutivos 1º, 2º, 3º, ...	3250
Avance 5ª rueda (máximo y mínimo en caso de 5ª rueda ajustable)	-
Vía de cada eje 1º / 2º / 3º /...	1906/ 1760
Longitud	6195
Anchura	2550
Altura (en orden de marcha)	2900
Voladizo trasero	1670
Masa del vehículo en orden de marcha	5245
Masa máxima en carga técnicamente admisible (MMTA)	12000
Distribución de esta masa entre los ejes 1º/2º/3º/punto de enganche si hay remolque....	3520-5000 / 7000-8480
Masa máxima en carga técnicamente admisible en cada eje 1º/2º/3º/....	5000 / 8480
Masa máxima técnicamente admisible del conjunto (MMTC):	24000
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación (MMA)	12000
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación en cada eje 1º/2º/3º/	5000 / 8480
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación del conjunto (MMC)	24000
UNIDAD MOTRIZ	
Fabricante o Marca del motor	Volvo Powertrain Corporation
Código asignado por el fabricante del motor	DTI 5 240-EUVI
Motor de Combustión Interna	
Principio de funcionamiento	Encendido por compresión, cuatro tiempos
Número y disposición de los cilindros	Cuatro en línea
Cilindrada	5132cm ³
Tipo de combustible o fuente de energía	Gasóleo

Potencia neta máxima (kW) a (min-1)	177 / 2200
Motor Eléctrico puro (si/no)	No
Potencia máxima por hora (kW)	No
Motor Híbrido (si/no)	No
Tipo	No
TRANSMISIÓN	
Tipo (Mecánica/Hidráulica/eléctrica/etc.)	Mecánica de mando manual
Caja de cambios (tipo)	Trenes fijos de mando manual
Nº de relaciones	6 + R
SUSPENSIÓN	
Breve descripción del tipo de suspensión delantera y trasera	Ballestas y amortiguadores en ambos ejes
Neumáticos y ruedas (características principales)	Medida: 285/70 R19,5 Radio de rodadura: 434mm Índices de carga mínimos: 145/143 Índice de velocidad mínimo: G Medida Llanta: 19.5x7.5
DIRECCIÓN	
Dirección, método de asistencia	Conexión mecánica por cardán a la caja de dirección, palieres desde caja de dirección a ruedas, asistencia hidráulica.
FRENADO	
Breve descripción del dispositivo de frenado	-Dispositivo principal: Circuitos de alimentación neumática independiente para los frenos delanteros, traseros y de estacionamiento. Control electrónico o neumático común. Discos delanteros y traseros. -Dispositivo de socorro: Asegurado por la independencia de los circuitos. -Dispositivo de estacionamiento: Mando operado con la mano, control neumático y accionamiento mecánico de muelles sobre el eje 2º. Opción sobre los ejes 1º (accionamiento neumático) y 2º (accionamiento mecánico).
ABS: Sí/No	Sí

Presión en el conducto de alimentación del dispositivo de frenado del remolque:bar	8.5 bar
Marca de homologación CE el dispositivo de acoplamiento, en su caso	-
Tipos o clases de dispositivos de acoplamiento que pueden instalarse	-
Valores característicos: D / V / S / U	-
CARROCERÍA	
Tipo de carrocería (según parte C del anexo II de la Directiva 2007/46)	BA10: Camión Volquete
Retrovisores. Tipo	2 de clase II, 2 de clase IV, 1 de clase V y 1 de clase VI.
Dispositivos de visión indirecta distintos de los retrovisores	No
Sistemas de Protección Delantera: Si/No.	No
Número y disposición de las puertas	2 puertas delanteras
Número de plazas de asiento (incluido el conductor)	2
DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	
Dispositivos obligatorios (Número)	- Luz diurna (2) - Luz de carretera (2) - Luz de cruce (2) - Luz de posición delantera (2) - Luz de galíbo delantera (2) - Luz indicadora de dirección delantera (2) - Luz de posición trasera (2) - Luz indicadora de dirección trasera (2) - Luz de niebla trasera (1) - Luz de alumbrado de placa de matrícula trasera (2) - Luz de marcha atrás (2) - Luz de frenado de categoría S1 (principal) (2) - Catadióptrico trasero (2) - Luz de galíbo trasera (2) - Luz indicadora de dirección lateral (2) - Luces de posición lateral (3+3) - Catadióptricos laterales (3+3)
Dispositivos facultativos (Número)	- Luz de niebla delantera (2)
VARIOS	
Velocidad máxima	90 km/h
Nivel de ruido parado: dB(A) a min-1	87 dB(A) a 1650 min ⁻¹
Nivel de emisiones: Euro...	Euro VI - B
Potencia Fiscal (CVF)	23,45
Capacidad depósito/s de combustible	-
Capacidad depósito auxiliar/es de combustible	-
Máxima capacidad del momento de la grúa	-
Protección trasera. Nº de homologación	e2*70/221*2006/20*07330

Tacógrafo digital. Si/No	Sí, e1-84
Observaciones	-
Opciones incluidas en la homologación de tipo	-

Tabla 13

2.4. Descripción de la Reforma.

Según el vigente Manual de Reformas, en este apartado deben aparecer los datos necesarios para que pueda estudiarse por parte del emisor del informe de conformidad, la justificación de los actos reglamentarios incluidos en los códigos de reforma afectados por la transformación que pretenda ejecutarse en el vehículo.

Además, la descripción de la citada transformación o reforma debe ceñirse, al menos, a los siguientes cuatro apartados, que detallan los pasos seguir en los talleres autorizados donde se ejecutará la reforma, teniendo siempre presente la calidad y bondad a la hora de efectuar los trabajos.

2.4.1. Desmontajes Realizados.

En primer lugar, se procederá al desmontaje de la carrocería que porta actualmente el vehículo, que tiene las siguientes características principales:

CARROCERIA del VEHICULO ANTES de la REFORMA	
Dimensiones nominales exteriores totales	- Longitud total (sin herrajes): 4150 mm - Anchura total: 2550 mm - Altura total (sin falso bastidor): 2700 mm
Constitución general	- Caja cerrada prefabricada con laterales y techo con montantes rigidizadores y revestimiento exterior en chapa lacada de aluminio. - Piso de tableros de madera multicapa de abedul, fenólica, de 12 mm de espesor. - Armazón inferior constituido por un marco perimetral de perfil de sección rectangular laminado en frío de dimensiones 100x50x3 mm, con travesaños del mismo material embutidos en el citado marco.
Falso-bastidor	- Dos largueros longitudinales sobre los originales del vehículo, de perfil UPN-100, y longitud algo superior a la de la carrocería. - Cuenta con cantoneras soldadas que se atornillan a las cantoneras originales del bastidor del vehículo mediante tornillos TR12x40-10.9. - En su parte superior están soldados los travesaños del armazón del piso de la carrocería.

Tabla 14

Dado que lo que se persigue es el desmontaje total de la carrocería para sustituirla por otra de distintas características, se seguirán los pasos siguientes, con el fin de dejar al vehículo en chasis-cabina, tal y como lo suministra el fabricante, para a partir de ahí construir y montar la nueva carrocería y sus sistemas.

2.4.1.1. Conexiones eléctricas instaladas en la carrocería actual.

Como paso previo, se desconectará la batería del vehículo.

A continuación, se desconectarán en primer lugar las conexiones eléctricas que pudiesen existir en la carrocería del vehículo, tomándose las debidas precauciones y sellando y aislando las partes que lo requieran, tales como alumbrado interior de la caja, luces de gálibo y luces de posición lateral con su correspondiente reflectante.

2.4.1.2. Conexiones eléctricas y dispositivos de alumbrado y señalización.

En este caso, los dispositivos de alumbrado y señalización traseros (luces de posición, indicadores de dirección, luces de frenado, luz antiniebla, luces de marcha atrás, reflectantes y alumbrado de la placa de matrícula) se encuentran instalados en el dispositivo de protección trasera, tal y como los suministra el fabricante del vehículo, siendo tanto uno como los otros los originales, y en su ubicación original.

Se desconectarán pues las conexiones eléctricas, que serán convenientemente aisladas, y se desatornillarán los citados elementos de alumbrado y señalización, que se almacenarán convenientemente para su posterior utilización.

2.4.1.3. Dispositivo antiempotramiento o de protección trasera.

El dispositivo de protección trasera que tiene instalado el vehículo a reformar es el suministrado por el fabricante del mismo y por tanto homologado para el vehículo incompleto (denominado comúnmente chasis-cabina) que se suministra al taller que se encargue del completado del vehículo.

El dispositivo antiempotramiento trasero está atornillado a los largueros originales mediante sus cantoneras originales; se procede al desatornillado de estos anclajes, almacenando el dispositivo para su posterior utilización.

2.4.1.4. Dispositivos de protección lateral.

Tanto a uno como otro lado tiene instalados los preceptivos dispositivos de protección lateral, que fueron incorporados en el carrozado inicial del vehículo, en base a la Autorización de la Autoridad de Homologación en forma del Informe H del carrocerero que instaló la carrocería que ahora se desístala.

Están atornillados a unas cantoneras soldadas al falsobastidor; se procede al desatornillado de estos anclajes, desechando los dispositivos de protección lateral.

2.4.1.5. Sistemas antiproyección.

Se desmontan los guardabarros del segundo eje y los dispositivos antiproyección ligados a los mismos, que al igual que en el caso anterior, fueron incorporados en el carrozado inicial del vehículo, en base a la Autorización de la Autoridad de Homologación en forma del Informe H del taller que realizó el carrozado inicial del vehículo.

Se procede al desechado de estos sistemas antiproyección.

2.4.1.6. Carrocería caja cerrada y falsobastidor.

Una vez llegado a este punto, se desmontará la actual carrocería, descrita más arriba, aflojando los tornillos que unen el falsobastidor de la misma a los largueros de origen.

Queda de este modo el vehículo preparado para recibir la nueva carrocería que para él se pretende y todos los dispositivos que completan el carrozado.

2.4.2. Variaciones y Sustituciones.

En este caso, no se producen ni variaciones ni sustituciones en el vehículo, salvo, obviamente, la sustitución de la carrocería (y sus accesorios necesarios y/o reglamentarios) que se describe de manera exhaustiva en los dos siguientes apartados.

2.4.3. Materiales Empleados.

Los principales materiales a utilizar se enumeran en los siguientes apartados, indicándose además el sistema del que forman parte y sus características.

2.4.3.1. Largueros principales.

Con largueros principales nos referimos al falsobastidor (también denominado sobrechasis o falsochasis) y a los largueros de la caja de carga.

El **falsobastidor** tiene principalmente la doble misión de, por un lado reforzar convenientemente el bastidor del vehículo, como se justificará más adelante en el apartado correspondiente; y por otro lado, elevar el piso de la carrocería de manera que no exista la posibilidad de que los neumáticos interfieran con el mismo en todo el recorrido de la suspensión trasera.

Normalmente también sirve para apoyo o anclaje de otros elementos, tales como por ejemplo dispositivos de protección lateral.

Estará constituido por **dos largueros normalizados de perfil UPN-120**, en acero de calidad S275JR; se justificará su elección en el apartado correspondiente de la sección de Cálculos Justificativos que forma parte del presente Proyecto Técnico.

Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	$3 \leq t \leq 100$	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S460J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

Figura 5. Características mecánicas de los aceros

Se extiende sin interrupción desde el punto de giro de la carrocería hacia su parte frontal, y termina lo más adentrado posible bajo la cabina y a ser posible hasta el centro del soporte trasero de las ballestas delanteras, conforme se recomienda en el Manual de Carrozado del fabricante del vehículo, contando con una longitud total de tres mil novecientos ochenta milímetros (3980 mm).

La terminación del mismo por su parte delantera se realizará con un ángulo vertical de cuarenta y cinco grados (45°) y otro horizontal de treinta grados (30°), para evitar la concentración de tensiones en el bastidor del vehículo en el punto en el que el conjunto bastidor y falsobastidor cambia radicalmente su momento de inercia. Estará dotado en esta zona de un rigidizador vertical colocado y soldado en la parte interior, entre las dos alas de la UPN. Todo ello se indica en la siguiente figura, estando todas estas recomendaciones en el citado Manual de Carrozado.

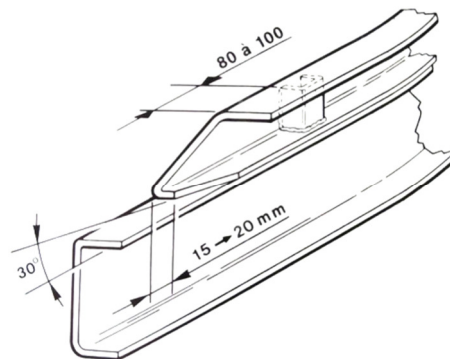


Figura 6. Ejecución delantera del falsobastidor

Está fijado al bastidor del camión por medio de las uniones que se describirán en uno de los apartados que siguen.

En su parte final se suelda la articulación de la carrocería que después se describirá, y a dos mil treinta milímetros (2030 mm) de su eje se soldará el kit de gemelación para los cilindros hidráulicos, que también se expone en apartados posteriores. Entre este punto y el inicio del falsobastidor se dispondrán dos travesaños de perfiles UPN-100, equidistantes entre sí.

Dado el tipo de carrocería instalar, que en definitiva está unida al bastidor del vehículo en dos puntos: articulación de giro de la caja y articulación de giro del equipo

hidráulico que provoca el basculamiento de la misma, es recomendable y conveniente incrementar la rigidez torsional del conjunto bastidor y falsobastidor; para ello se instalará en este último una cruz de San Andrés, constituida por dos perfiles conformados en frío de sección en U de UF100.5 y una longitud de mil ochocientos milímetros (1800 mm), conforme se recomienda en el Manual de Carrozado del fabricante del vehículo; se refleja en la siguiente figura.

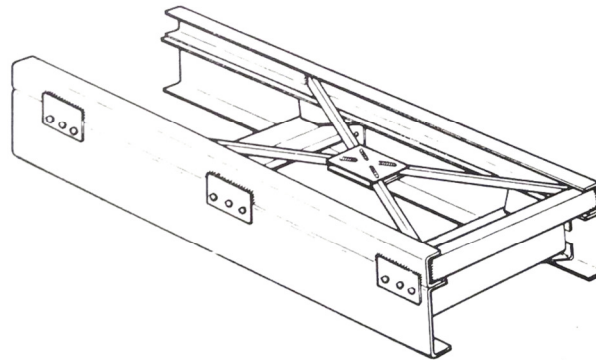


Figura 7. Refuerzo con cruz de San Andrés del falsobastidor

Hay que mencionar que la utilización del volquete conforme a lo indicado en los diversos documentos del presente Proyecto, y sobre todo en el artículo 10 del Pliego de Condiciones que lo integra, no produce momentos torsionales en el conjunto bastidor-falsobastidor no previstos por el fabricante del vehículo.

Los **largueros de la caja** tienen la misión de soportar el piso de la misma y por ende el resto de la carrocería y su carga, sobre todo, en el momento del volteo de la misma.

Este tipo de largueros no aparecen en otro tipo de carrozados, como por ejemplo, en el caso de una carrocería fija, pues la misma está fijada a través de la parte inferior del armazón que conforma su piso al falsobastidor descrito en más arriba.

Estará constituido por **dos largueros normalizados de perfil UPN-140**, en acero de la misma calidad que el utilizado para el falsobastidor; se justificará su elección en el apartado correspondiente de la sección de Cálculos Justificativos que forma parte del presente Proyecto.

Tendrán una longitud igual a la de la caja de carga, y a partir de una distancia de setecientos cuarenta milímetros (740 mm), donde se ubica la articulación de la carrocería, estarán también reforzados con una cruz de San Andrés exactamente igual a la construida en el falsobastidor.

Por último, a una distancia de dos mil veinte milímetros (2020 mm) de este punto se soldará el **travesaño** que recibe el esfuerzo **del sistema hidráulico**, constituido por **dos perfiles estructurales rectangulares normalizados**, constituidos por el mismo tipo de acero, **de dimensiones $\square 100 \times 60 \times 6$** , que también serán convenientemente calculados y justificados.

En su parte delantera y trasera se cierra soldando entre ambos largueros un perfil de sus mismas características.

2.4.3.2. Unión entre el bastidor y el falsobastidor.

El Manual de Carrozado del fabricante del vehículo prevé dos tipos de uniones entre el bastidor del vehículo y el falsobastidor, a saber:

- Fijación no rígida, y
- Fijación rígida.

Dependiendo del tipo de carrocería a instalar se utilizará principalmente uno u otro, indicándose, no obstante, que en todos los casos los tornillos utilizados para estas uniones deben ser calidad 10.9.

Para el caso concreto que nos ocupa, volquetes, y otros tales como hormigoneras o similares, se recomienda en el citado Manual de Carrozado la utilización, principalmente de la de la fijación rígida, de manera que el falsobastidor quede unido lo más rígidamente posible, garantizándose que ambos elementos (bastidor y falsobastidor) trabajan como una sola unidad.

Sin embargo, **en la parte delantera**, y **como primera** unión se recomienda una **unión no rígida o con cierta elasticidad**, de manera que se minimice la posible concentración de esfuerzos torsionales en la zona en la que el conjunto bastidor-falsobastidor cambia radicalmente su momento de inercia; está constituido por dos cantoneras, entre la cuales queda una distancia, de forma que el tornillo que las une quede con una precarga determinada provocada en este caso por seis arandelas elásticas Belleville (DIN 6796). El tornillo será TR14x150-10.9 con tuerca autoblocante (no por anillo de nylon) de la misma calidad. Las arandelas tienen un diámetro interior de catorce milímetros y medio (14,50 mm), un diámetro exterior de treinta y cinco milímetros (35,00 mm), un espesor de un milímetro y ocho décimas (1,80 mm) y una flecha de un milímetro y dos décimas (1,20 mm). Según el Manual de Carrozado debe apretarse a un cincuenta por ciento de su flecha, lo que provoca una precarga unitaria de cuatrocientos kilogramos (400 kg).

Puede observarse en la siguiente figura, obtenida del Manual de Carrozado antes mencionado:

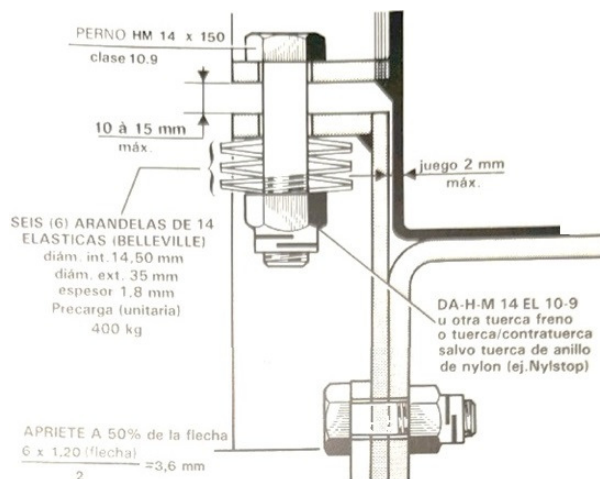


Figura 8. Fijación inicial no rígida entre bastidor y falsobastidor

La **fijación rígida** mencionada en el Manual de Carrozado consiste, para un vehículo con características similares al que nos ocupa, en una serie de **placas planas prefabricadas de ocho milímetros** (8 mm) de espesor soldadas al falsobastidor en su contorno y en los botones de soldadora de su parte interior y atornilladas al bastidor del vehículo mediante tres (3) tornillos TR14x40-10.9 con arandelas cónicas y tuerca autoblocante (no por anillo de nylon) de la misma calidad; estarán distribuidas regularmente a lo largo del bastidor del camión y se utilizarán para su anclaje los orificios que sean necesarios de los que el vehículo está dotado de origen para tal fin.

Los citados taladros tienen una separación entre centros de ochenta milímetros (80 mm) y están ubicados a setenta y dos milímetros (72 mm) de la parte superior del bastidor.

En nuestro caso se fabricarán estas placas a partir de palastro normalizado en el mismo tipo de acero que el compone el falsobastidor, de ocho milímetros (8 mm) de espesor, como ya se ha mencionado, con unas dimensiones de doscientos cuarenta milímetros de anchura y doscientos milímetros de altura (240x200 mm), también recomendadas en el Manual de Carrozado; se plasma su parte superior en la siguiente figura, obtenida del citado documento:

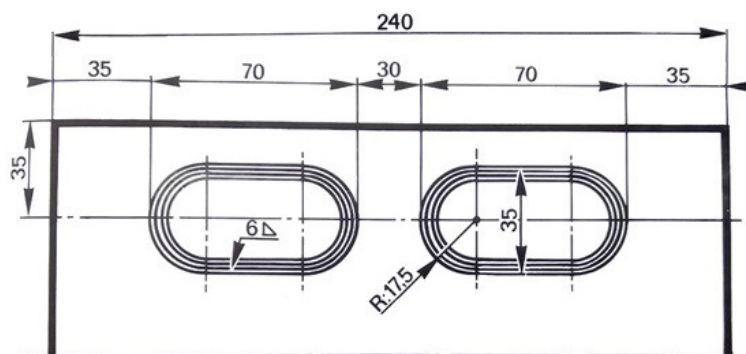


Figura 9. Parte superior de las fijaciones rígidas entre bastidor y falsobastidor

Se instalarán cinco (5) unidades por cada larguero, una al final del mismo y las restantes repartidas equitativamente, en la medida de lo posible, entre aquella y la primera fijación no rígida inicial antes descrita, quedando a una distancia entre sus ejes de aproximadamente seiscientos cinco milímetros (605 mm).

De esta forma necesitaremos un total de treinta (30) tornillos, quince (15) para cada uno de los largueros, además de los utilizados para las uniones no rígidas.

La unión entre bastidor y falsobastidor descrita más arriba será justificada en el apartado correspondiente de la sección de Cálculos Justificativos del presente Proyecto Técnico.

2.4.3.3. Equipo hidráulico.

Describiremos bajo este apartado los elementos que animan el movimiento de la carrocería para producir el basculamiento de la carga.

Son principalmente los siguientes:

- Cilindros hidráulicos, con sus correspondientes pistones, denominados comúnmente botellas hidráulicas en la jerga del sector,
- Conjunto toma de fuerza-bomba,
- Depósito de aceite hidráulico,
- Elementos de mando o control y seguridad, y
- Conducciones o latiguillos hidráulicos.

A partir de la configuración adoptada para el sistema de elevación de la carrocería, justificada en la sección de Cálculos Justificativos del presente Proyecto, pasamos a describir los distintos elementos que se han escogido de entre los que ofertan los diversos fabricantes de los mismos, analizándose también en la citada sección su idoneidad para el vehículo que nos ocupa.

No obstante, conviene primeramente explicar someramente el funcionamiento del sistema de hidráulico de elevación, de manera que se comprenda la necesidad de los elementos mencionados anteriormente.

2.4.3.3.1. Funcionamiento del equipo hidráulico.

Hay que decir que en el proceso de documentación para la redacción del presente Proyecto he tenido la oportunidad de ver y consultar multitud de sistemas y componentes de todo tipo para este tipo de carrozados y otros que también incorporan sistemas hidráulicos, tales como grúas, hormigoneras, portavehículos, portacontenedores...

Existe una oferta en el mercado extensísima, con grados crecientes de control y sofisticación, tales como velocidad de elevación de la carrocería variable, elevación con control del ángulo de elevación, enfriadores del fluido hidráulico... En nuestro caso nos hemos decidido por un sistema básico, pero no por ello menos eficaz, recomendado por los carroceros consultados.

En la siguiente figura se muestra un esquema con los principales componentes de un equipo basculante básico, pues su simplicidad comporta, entre otras, las siguientes ventajas:

- Menor coste de instalación,
- Menores costes de reparación y mantenimiento,
- Máxima fiabilidad y seguridad de funcionamiento.

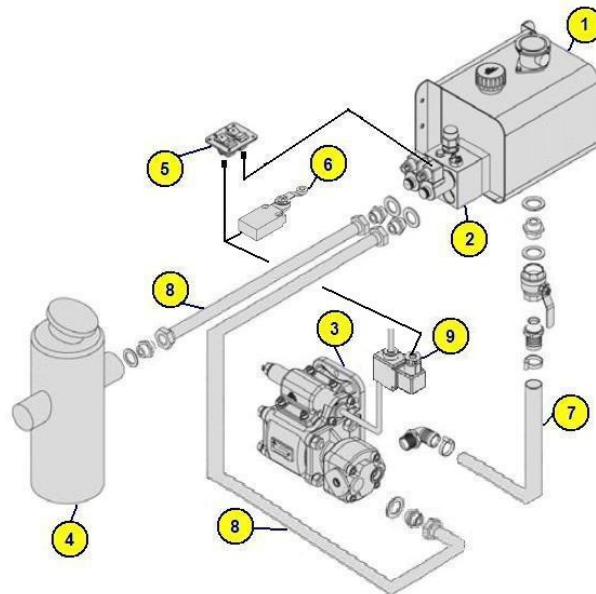


Figura 10. Esquema de un equipo basculante básico

En la siguiente tabla se incluye la denominación de los componentes que han sido reproducidos en la figura anterior.

COMPONENTES PRINCIPALES del EQUIPO BASCULANTE	
Número	Denominación
1	Depósito de fluido hidráulico
2	Distribuidor
3	Compacto toma de fuerza-bomba hidráulica
4	Cilindro hidráulico de simple efecto
5	Control en cabina de toma de fuerza y bomba
6	Final de carrera eléctrico
7	Racorería de baja presión
8	Racorería de alta presión
9	Electroválvula neumática

Tabla 15

El principio de funcionamiento es muy simple, y puede resumirse en los siguientes puntos:

- a. Mediante los mandos o controles instalados en la cabina (5) se acciona la toma de fuerza (3), a través de una electroválvula neumática (9) conectada al circuito neumático auxiliar del vehículo; esta acción pone en marcha la bomba hidráulica (3) unida a ella. En el modelo básico, estos controles suelen llevar una pequeña centralita electrónica que interactúa con la de gestión del motor para elevar su régimen de giro desde el ralentí a un valor, prefijado, siempre inferior al máximo que prescriba el fabricante de la bomba, y adecuado al caudal requerido para la elevación de la carrocería.

- b. Actuando sobre otro de los controles instalados en la cabina (5) se controla el distribuidor (2), compuesto por varias electroválvulas hidráulicas que dependiendo de su apertura o cierre permiten:
- O bien la succión de fluido hidráulico por parte de la bomba (3) desde el depósito (1) que lo alberga por medio de la racorería de baja presión (7) y su envío al cilindro hidráulico (4) a través de la racorería de alta presión (8), produciendo su expansión y el consiguiente movimiento de la carrocería.
 - O bien, el retorno del fluido hidráulico desde el cilindro (4) a través de ambas racorerías (8 y 7) al depósito (1), bajando la carrocería por gravedad. En los sistemas con cilindros telescópicos este movimiento de bajada es cada vez más lento, pues el fluido a devolver al depósito es cada vez mayor, debido al incremento de sección de los pistones, pues se van cerrando de menor a mayor diámetro.
 - Es posible, lo que además constituye una medida de seguridad, detener el sistema, es decir, interrumpir el movimiento de subida o bajada de la caja de carga en cualquier momento, actuando adecuadamente sobre los controles de la cabina (5).
- c. Dependiente del sistema de control en cabina (5) se instala un final de carrera eléctrico (6), que detiene la elevación de la carrocería una vez llegado al ángulo de giro máximo prefijado para la misma, no permitiendo que este se incremente.

2.4.3.3.2. Cilindros hidráulicos.

Los **cilindros hidráulicos** elegidos son los recogidos en la siguiente figura, extraída del catálogo del fabricante de los mismos: **Industrias J. Cortes, SL**, empresa ubicada en Zaragoza:



Industrias
J. CORTES, s.l.

CILINDROS

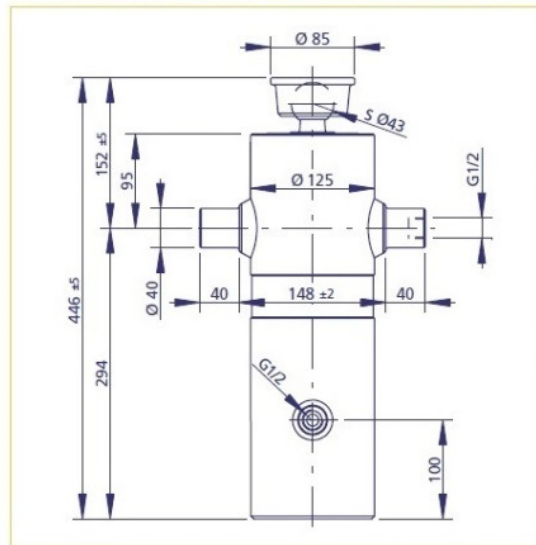
HIDRAULICO PARA VOLQUETE

Expansiones	Diámetro (mm) (200 bar)	Empuje (kN)
1	105	173
2	90	127
3	75	88
4	60	57
5	45	32

Referencia
L065ZSF0

PRESIÓN DE TRABAJO 150 bar

PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO 200 bar



Tipo	Nº Expansiones	CARRERA UTIL							Peso	Capacidad aceite		
		I	II	III	IV	V	VI	VII			tot	
		mm							kg	dm³		
L06/5Z CR	5	289	289	292	283	290			1.443	29	6,9	4,8

Versiones standard. Otros modelos disponibles bajo pedido.

Peso total elevable a 150 bar

Figura 11. Botellas hidráulicas de elevación de la carrocería

Tienen la **referencia L065ZSF0**; sus características técnicas y dimensionales principales, en ejecución estándar también se recogen en la figura anterior.

Se ha optado por este tipo de sistema, de disposición y funcionamiento telescópico, principalmente por ser un sistema muy compacto en cuanto a sus características dimensionales, lo cual reporta las siguientes ventajas respecto al sistema tradicional de un cilindro con un único pistón:

- Ofrece muchas más opciones de posible ubicación bajo la carrocería a la que debe animar.
- Puede colocarse mucho más alineado con el esfuerzo que debe vencer provocado por la carga útil, sobre todo en el momento en que este es máximo: justo al inicio de la elevación; de esta forma los esfuerzos a ejercer y que se ejercen sobre los elementos del sistema (articulaciones,...) serán mínimos.

Para nuestro caso, con objeto de alcanzar la longitud o carrera necesaria, en este caso de mil seiscientos sesenta y ocho milímetros (1668 mm), para permitir llegar al ángulo prefijado de máxima elevación de la carrocería, cuyo valor será de cuarenta y cinco grados ($\alpha=45^\circ$), es necesario solicitarlos bajo pedido, en ejecución no estándar.

La única variación será el aumento de la longitud de la botella de los cuatrocientos cuarenta y seis milímetros (446 mm) en ejecución estándar a quinientos milímetros (500 mm) bajo demanda, lo que supone un aumento de la longitud de los cilindros de cincuenta y cuatro milímetros (54 mm).

Lógicamente, esto comporta un aumento de la longitud de las diferentes expansiones de que consta el sistema, en este caso cinco (5), en la misma cuantía. En la tabla siguiente se exponen las longitudes (cr_i) bajo pedido de estos elementos y la carrera total (cr), correspondiendo la expansión número uno (1) con la de mayor diámetro y así sucesivamente:

EXPANSIONES de los CILINDROS a INSTALAR						
Denominación	cr_1	cr_2	cr_3	cr_4	cr_5	cr
Nº Expansión	1	2	3	4	5	
Longitud Estándar (mm)	289	289	292	283	290	1443
Longitud Solicitada (mm)	343	343	346	337	344	1713

Tabla 16

Se instalarán dos unidades de este sistema hidráulico, en disposición gemelar (según denominación del propio fabricante del mismo), de manera que el esfuerzo de empuje conjunto de las última expansiones, de cuarenta y cinco milímetros (45 mm) de diámetro, sea suficiente para superar la carga que provoca el basculamiento en el ángulo de máxima elevación, en este caso, con un valor de dos mil cuatrocientos treinta kilogramos (2430 kg).

Esta disposición trae consigo un aumento apreciable de la estabilidad durante la maniobra de elevación y bajada de la carrocería, pues se trabaja con cuatro puntos de apoyo: las articulaciones de la carrocería en el falsobastidor y los dos cilindros hidráulicos gemelos.

Por otra parte, también se va solicitar como ejecución no estándar que la rótula de ataque cuente con una base de ciento veinte milímetros (120 mm), ofertada también por el fabricante para otros modelos (ver figura siguiente), de manera que se adapte a la configuración del travesaño de los largueros de la carrocería, donde se produce el empuje del sistema hidráulico, en este caso compuesto por dos perfiles tubulares rectangulares estructurales ya mencionados en anteriores apartados.

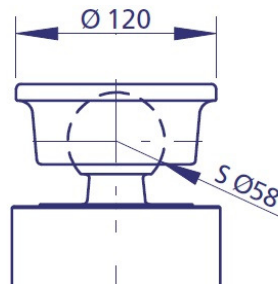


Figura 12. Rótula solicitada bajo pedido en ejecución no estándar

2.4.3.3.3. Articulaciones de los cilindros hidráulicos.

Como ya hemos visto, la **articulación superior** de los pistones hidráulicos **es una rótula**, cuyo asiento está previsto para soldarse al travesaño de ataque del sistema hidráulico, ubicado entre los largueros de la carrocería.

La **articulación inferior** a ubicar en el falsobastidor está prevista de origen que se realice sobre los muñones de cuarenta milímetros (40 mm) de diámetro con que están dotados los cilindros.

El fabricante de los mismos, **Industrias J. Cortes, SL**, oferta también en su catálogo, un soporte adecuado y adaptado a los mismos, en forma de kit, denominado **kit de gemelación**, compuesto por cuatro (4) soportes para los muñones y dos travesaños donde anclar los mismos. Los citados travesaños deben unirse mediante soldadura al falsobastidor. Podemos ver el conjunto en la siguiente imagen, también extraída del citado catálogo.



Figura 13. Kit de gemelación para los cilindros hidráulicos

Este kit, con **referencia SOPORT40** y un peso total de aproximadamente treinta kilogramos (30 kg), permite adaptar la distancia entre los ejes de los cilindros a las necesidades geométricas de cada caso.

Será instalado conforme a las instrucciones de su fabricante, de forma que trabaje en las condiciones para las que ha sido diseñado.

2.4.3.3.4. Toma de fuerza.

La **toma de fuerza**, y la bomba hidráulica que forma un compacto con la misma, que se describe en el siguiente apartado ha sido seleccionada del catálogo del también fabricante nacional, **Bezares, SA**, con domicilio central en Toledo. Queda plasmada en la siguiente figura:



Figura 14. Toma de fuerza Bezares B9-150 (026003)

Se trata, como indica el fabricante, de una toma de fuerza de dos piñones en toma constante, para montaje en el lateral derecho de la caja de cambios, con accionamiento neumático.

Sus principales características, extraídas también del catálogo del fabricante se recogen en la siguiente tabla:

CARACTERISTICAS de la TOMA de FUERZA BEZARES B9-150 (026003)	
Marca o fabricante	Bezares
Modelo	B9-150
Referencia	026003
Potencia a 1000 rpm	37 kw
Par nominal continuo/pico	350/490 N·m
Relación cinemática con el motor del vehículo	1:1,26
Sentido de giro	izquierdo
Brida	ISO 4 taladros
Acople de salida	A8x32x36 DIN 5462
Testigo de funcionamiento	opcional
Peso	19,30 kg

Tabla 17

En la siguiente figura se recogen las dimensiones principales de este elemento.

Renault

026003

B9-150

Lateral Neumatico

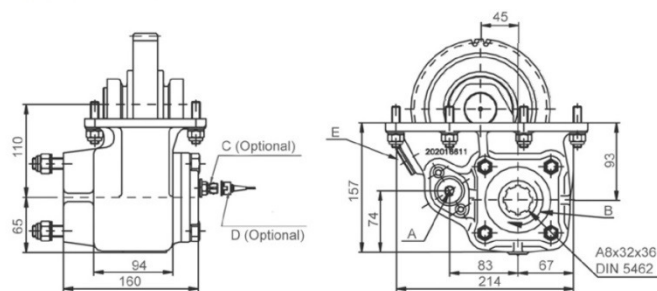


Figura 15. Dimensiones de la toma de fuerza Bezares B9-150 (026003)

2.4.3.3.5. Bomba hidráulica.

La **bomba hidráulica** seleccionada, como ya se ha indicado, construida por el mismo fabricante (**Bezares, SA**) de la toma de fuerza con la que se acopla, posee carcasa de aluminio y principio de funcionamiento por engranajes; se plasma en la siguiente figura:

5060_06
bomba

Bomba Hidráulica

BEA 17



Descripción

Bomba de engranajes con sentido de giro reversible y drenaje interno. Construida con cuerpo de aluminio, más ligera y que permite trabajar a altas presiones con un bajo nivel de ruido.

Figura 16. Bomba hidráulica Bezares BEA17 (5060906)

Siguiendo un mismo esquema expositivo que para el caso anterior, la bomba hidráulica tiene las características principales que se recogen en la tabla siguiente:

CARACTERISTICAS de la BOMBA HIDRAULICA BEZARES BEA 17 (5060906)	
Marca o fabricante	Bezares
Modelo	BEA 17
Referencia	5060906
Presión continua/pico	250/275 bar
Velocidad de funcionamiento	500-2000 rpm
Desplazamiento de fluido hidráulico	16 cm ³ /rev
Sentido de giro	reversible
Presión de entrada	0,7 a 3 bar (abs)
Brida	ISO 4 taladros
Acople de salida	B8x32x36 DIN 5462
Peso	4,82 kg

Tabla 18

Y sus dimensiones:

Bomba Hidráulica

BEA 17

5060_06

bomba

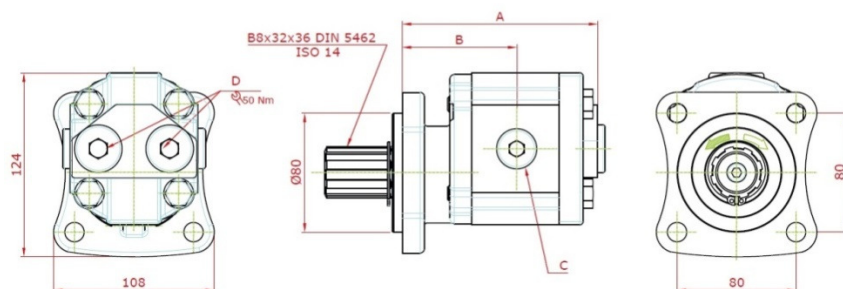


Figura 17. Dimensiones de la bomba hidráulica Bezares BEA 17 (5060906)

2.4.3.3.6. Depósito de fluido hidráulico.

Este **depósito**, que alberga el **fluido hidráulico** merced al cual funciona el mecanismo, también ha sido seleccionado del catálogo de **Bezares, SA**. Es el siguiente:

Depósitos de Aceite

Lateral - 30L HDPE

90PS03TB

depos.



Descripción

Depósito de montaje lateral, con filtro y nivel de aceite. Diseño ligero y robusto, acabado en polietileno lineal de alta densidad con protección UV.

Figura 18. Depósito de fluido hidráulico Bezares 30L HDPE (90PS03TB)

Siendo sus principales características las expuestas en la siguiente tabla.

CARACTERISTICAS del DEPOSITO BEZARES 30L HDPE (90PS03TB)	
Marca o fabricante	Bezares
Modelo	30L HDPE
Referencia	90PS03TB
Capacidad total	30 L
Filtro de aceite	si, en el retorno si, en la boca de llenado
Filtro de aire	si, en el tapón de llenado
Nivel de aceite	si, de columna
Montaje	lateral
Material	polietileno
Racor salida	rosca 1" GAS
Racor retorno	rosca 3/4" GAS
Peso	5,00 kg

Tabla 19

Las dimensiones de este elemento son las recogidas en la siguiente figura:

Depósitos de Aceite

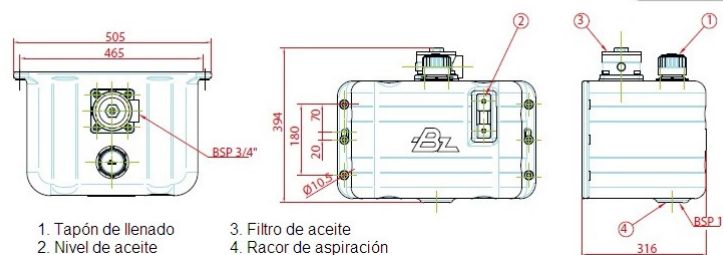


Figura 19. Dimensiones del depósito de fluido hidráulico Bezares 30L HDPE (90PS03TB)

2.4.3.4. Articulación de la carrocería.

La **articulación de la carrocería** se ha confiado también al fabricante **Industrias J. Cortes, SL**.

Se trata de un elemento compuesto por un angular estructural LPN120-11 que se extiende de un lado a otro del falsobastidor, sobre el que se han montado unas articulaciones encasquilladas, en las queda inserto un redondo de sesenta milímetros (60 mm) de diámetro, también continuo de uno a otro lado, sobre el que giran dos piezas forjadas dotadas de asiento y solapa, que son las que mediante soldadura quedan fijadas a cada uno de los largueros de la carrocería, abrazándolos.

La fijación al falsobastidor también se realiza mediante soldadura, insertando además en la parte inferior un refuerzo, también suministrado por el fabricante de la articulación, todo ello siguiendo sus instrucciones de montaje.

Industrias J. Cortes, SL también tiene en su catálogo otras articulaciones para el mismo cometido, con capacidad de carga suficiente para nuestro caso, pero

compuestas por dos piezas, a colocar separadamente en cada uno de los perfiles del falsobastidor. Sin embargo, los carroceros consultados me informan que, a pesar de que la articulación elegida es más cara desde el punto de vista de su adquisición, al final, una vez instalada resulta más rentable, pues la instalación de las que se suministran separadas es mucho más complicada, sobre todo por el proceso de centrado que requiere, necesitando mucha más mano de obra. Además con la articulación elegida estamos muy por encima de lo requerido en cuanto a seguridad estructural.

Esta articulación para la carrocería, que se reproduce en la siguiente figura, plasmándose sus características en la tabla que aparece después:

CILINDROS



ACCESORIOS PARA BASCULANTES

Giros traseros

Referencia	Denominación
GIRO60EL	Diámetro 60 con ángulo y barra. Hasta 25.000 Kg



Figura 20. Articulación de la carrocería Industrias J. Cortes
GIRO60EL

CARACTERISTICAS de la ARTICULACION para CARROCERIA INDUSTRIAS J. CORTES GIRO60EL	
Marca o fabricante	Industrias J. Cortes
Referencia	GIRO60EL
Capacidad máxima de carga	25000 kg
Diámetro del bulón	60 mm
Engrasador	si
Peso	32,20 kg

Tabla 20

2.4.3.5. Caja de carga.

La caja de carga será abierta, y estará compuesta por los siguientes elementos principales:

- Marco perimetral,

- Travesaños (también denominados palomillas en los ambientes especializados),
- Frontal,
- Laterales y trasera, y
- Piso.

2.4.3.5.1. Marco perimetral.

El **marco perimetral** conforma la base sobre la cual se va construyendo la carrocería.

Como su nombre indica, se trata de un perfil que constituye el perímetro de la carrocería. Estará constituido a base de **perfil conformado en frío** de sección en U de **UF100.4**, soldado por sus esquinas a inglete, formando un rectángulo de dimensiones iguales a la planta de la carrocería, en nuestro caso, cuatro mil quinientos milímetros (4500 mm) de longitud y dos mil quinientos milímetros (2500 mm) de anchura.

Interiormente se refuerzan las esquinas mediante un perfil, también conformado en frío, de sección en LF50.4.

2.4.3.5.2. Palomillas.

Dentro de este marco perimetral, transversalmente al mismo, se colocan los travesaños o **palomillas**, constituidos por **perfil normalizado IPN-80**, del mismo material que los largueros de la carrocería; se justificará su elección en el apartado correspondiente de la sección de Cálculos Justificativos que se incluye en el presente Proyecto Técnico.

Su longitud será igual a la anchura interior del marco perimetral descrito más arriba, soldándose en ambos extremos, ubicadas en la parte superior del perfiles que las acoge.

Estarán distribuidos equitativamente en toda la longitud de los largueros de la caja de carga, descritos en un apartado anterior, donde reposan y unen por medio de soldadura, a una distancia aproximada entre ejes de contiguos de seiscientos cuarenta milímetros (640 mm), por lo que en total serán ocho unidades (8uds).

2.4.3.5.3. Frontal.

El frontal de la caja de carga será fijo, al contrario que los laterales longitudinales y trasera, que se describirán más abajo.

El **frontal** será suministrado por un proveedor de dilatada y acreditada experiencia en el sector: **Auxiliar Carrocera, SA**, radicada en Pamplona. En la siguiente figura aparecen, entre otros los perfiles conformados en frío utilizados en los laterales del frontal seleccionando el de **acero** con **anchura “A”** igual a ciento veinte milímetros (120 mm) con un espesor de cuatro milímetros (4 mm), soldados a la parte superior del marco perimetral.

OMEGA PARA PILAR (PLEGADO AUXILIAR) OMEGA FOR PILLAR ("AUXILIAR" FOLDING)							
Material	Peso (p/m)	Delantero	Central y Trasero	A	Largo	Grosor	Ref.
Acero	7.36kg	5.76kg	60	Según medida	4		
Acero	7.68kg	6.08kg	70	Según medida	4		
Acero	8.00kg	6.40kg	80	Según medida	4		
Acero	8.64kg	7.04kg	100	Según medida	4		
Acero	9.28kg	7.68kg	120	Según medida	4		
Acero INOX	5.52kg	4.32kg	60	Según medida	3		
Acero INOX	5.76kg	4.56kg	70	Según medida	3		
Acero INOX	6.00kg	4.80kg	80	Según medida	3		
Acero INOX	6.48kg	5.28kg	100	Según medida	3		
Acero INOX	6.96kg	5.76kg	120	Según medida	3		
Aluminio	2.48kg	1.94kg	60	Según medida	4		
Aluminio	2.59kg	2.05kg	70	Según medida	4		
Aluminio	2.70kg	2.16kg	80	Según medida	4		
Aluminio	2.92kg	2.38kg	100	Según medida	4		
Aluminio	3.13kg	2.59kg	120	Según medida	4		
Nota Consultar medidas. Peso por metro.							

Figura 21. Perfiles Omega para pilar Auxiliar Carrocera

Estos pilares se solicitarán con una longitud de mil setecientos veinticinco milímetros (1725 mm), de manera que se sobrepase la altura de la cabina en aproximadamente ciento cincuenta milímetros (150 mm); desde su **parte superior** se guardará esta distancia y se soldará entre ambos perfiles otro también suministrado por **Auxiliar Carrocera, SA**, que aparece en la figura 22, marcado con la **referencia BP60**.

PERFIL SUPERIOR UPPER PROFILE		Material	Peso(p/m)	Acab.	A	B	Ref.
		Acero	2.88kg		40	60	BP60
		Acero	2.56kg		40	40	BP40

Figura 22. Perfil superior para frontal Auxiliar Carrocera BP60

ÁNGULO INFERIOR LOWER CORNER		Material	Peso(p/m)	Acab.	Medidas	Ref.
		Acero	3.20kg		30x50	KFCA

Figura 23. Perfil inferior para frontal Auxiliar Carrocera KFCA

Tras ello se instala, también mediante soldadura otro perfil, en esta ocasión también entre los dos pilares pero en su **parte inferior**, siendo el ángulo **referencia KFCA** (figura 23) del mismo suministrador.

Por último, para terminar el frontal, en la parte interior del paralelogramo que se ha formado con los anteriores perfiles se suelda la pieza de **chapa conformada** por plegado para rigidizarla que aparece en la siguiente figura, **referencia DFC**, solicitada con unas dimensiones de dos mil cuatrocientos ochenta por mil quinientos diez milímetros (2480x1510 mm). Con ello queda terminado el frontal de la carrocera.

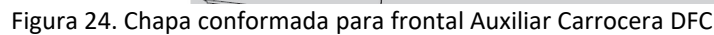
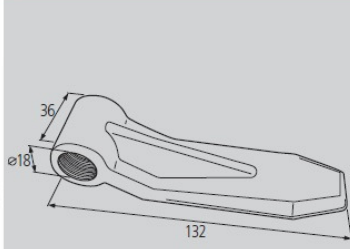


Figura 25. Pie de pilar forjado Auxiliar Carrocera B105A

Página 55 de 200

enrasada con los pilares adyacentes a la misma. El **interior de este marco** se cierra utilizando la **misma chapa plegada utilizada para el frontal** (figura 24), pero colocando los pliegues horizontalmente, en vez de verticalmente, como se hizo en aquel caso.

Las **bisagras y cierres** a utilizar, que dan la posibilidad de que las compuertas puedan abatirse o desmontarse, también son suministrados por **Auxiliar Carrocera, SA**, y se reproducen en las tres figuras siguientes, en las que puede verse el material del que están construidas, así como sus referencias y pesos unitarios.

BISAGRA Nº23 (PEQUEÑA) HINGE No. 23 (SMALL)		Material	Peso	Ref. Ref.
		Forja	0.40kg	B23
		Aluminio	0.13kg	B23A
		Nota		

* Ref. B23

Figura 26. Bisagra forjada para lateral Auxiliar Carrocera **B23**

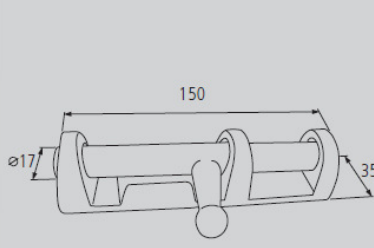
CERROJO FORJADO Nº61 (PEQUEÑO) MANGO CORTO FORGED BOLT No. 61 (SMALL) SHORT HANDLE		Material	Peso	Ref.
		Forja	0.71kg	B61C
		Nota		

Figura 27. Cerrojo forjado para bisagra de lateral Auxiliar Carrocera **B61C**

MACHO de CIERRE ALEMÁN Nº66 MALE PART of GERMAN CATCH No. 66				HEMBRA de CIERRE ALEMÁN Nº66 SOCKET of GERMAN CATCH No. 66			
	Material	Peso	Ref.		Material	Peso	Ref.
	Forja	0.24kg	B66M		Forja	0.20kg	B66H

Figura 28. Cierre para lateral forjado Auxiliar Carrocera **B66M y B66H**

La portera trasera se construye exactamente igual que los laterales mencionados, en una sola pieza, utilizando los mismos herrajes y sistemas. Tendrá la misma altura que aquellos y una anchura adecuada para quedar empotrada en los pilares finales de la carrocería.

2.4.3.5.5. Piso.

El **piso** está constituido por **palastro de cuatro milímetros** (4 mm) de espesor, empotrado y enrasado con las alas del perfil del marco perimetral, donde se suelda.

Queda **concluida** de esta forma **la carrocería**, a la que se habrán ido incorporando en el momento adecuado los elementos del sistema hidráulico y los accesorios del mismo. Se **revisarán nuevamente todos los puntos de unión y anclajes, procediendo a su corrección o reapretado**, si procede.

Igualmente se procederá a **comprobar el correcto y perfecto funcionamiento del equipo basculante**, tanto de los elementos hidráulicos y mecánicos como los de control y seguridad, corrigiendo o adecuando lo que fuese necesario.

En este punto de los trabajos, se procederá a desengrasar las partes metálicas afectadas, y enmascarar los elementos que procedan, para proceder a **darle dos manos de imprimación anticorrosiva o fosfatante y una tercera de esmalte sintético de alta resistencia como acabado; especial atención se prestará a las partes resistentes del bastidor y carrocería**, que expresamente deben ser preservadas de los agentes exteriores y la corrosión; **las superficies ocultas deben tratarse y pintarse antes del montaje**, utilizando el mismo método anteriormente indicado.

2.4.4. Montajes Realizados.

Para la conclusión de la reforma del vehículo deben realizarse, además de lo descrito en apartados precedentes, las siguientes **operaciones finales**, que una vez concluidas y comprobadas, **dejarán al vehículo reformado en condiciones óptimas, adecuadas y reglamentarias** para ser revisado por el organismo inspector, y obtener la certificación del cumplimiento de la normativa que actualmente le es de aplicación para su autorización para la circulación por las vías públicas. Se describen en los apartados siguientes.

2.4.4.1. Dispositivo antiempotramiento trasero.

Se procede al montaje del **dispositivo de protección trasera** que se desmontó en las fases de inicio de los trabajos, que como ya se mencionó es el original suministrado por el fabricante del vehículo, incluso sus cantoneras para fijación al bastidor.

Las prescripciones dimensionales del mismo, en cuanto a ubicación, se recogen en la figura siguiente:

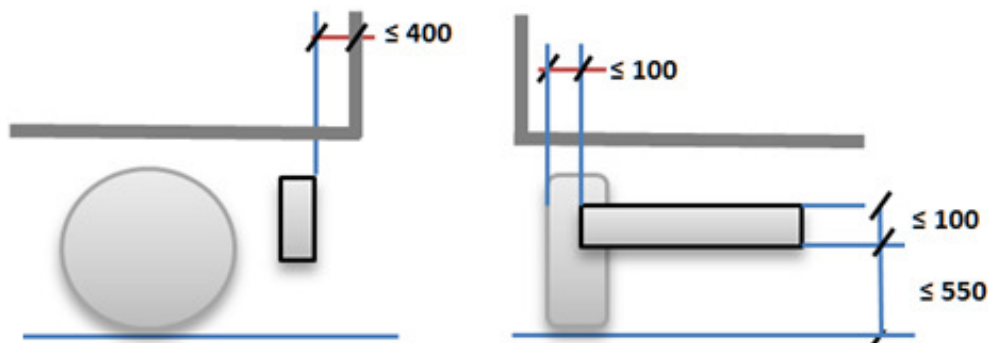


Figura 29. Prescripciones dimensionales para la barra antiempotramiento trasero

El citado dispositivo se instala siguiendo lo indicado en el Informe H correspondiente al acto reglamentario sobre protección trasera contra el empotramiento que el carrocerero tiene concedido por parte de la Autoridad de Homologación.

2.4.4.2. Dispositivos de alumbrado y señalización.

Los **dispositivos de alumbrado y señalización traseros** (luces de posición, indicadores de dirección, luces de frenado, luz antiniebla, luces de marcha atrás, reflectantes y alumbrado de la placa de matrícula) que se habían desmontado vuelen a colocarse u colocarse en su ubicación original, es decir en la barra antiempotramiento trasera, conforme los suministra el fabricante del vehículo.

Dado que la longitud total del vehículo reformado es superior a seis metros (6 m), debe de dotarse de **alumbrado de posición lateral y catadióptricos laterales**; se instalan dispositivos homologados que reúnen a la vez ambos elementos, anclados mediante el soporte con que se suministran al ala inferior del marco perimetral de la carrocería. Serán tres unidades para cada uno de los laterales, respetándose las prescripciones dimensionales indicadas en la siguiente figura:

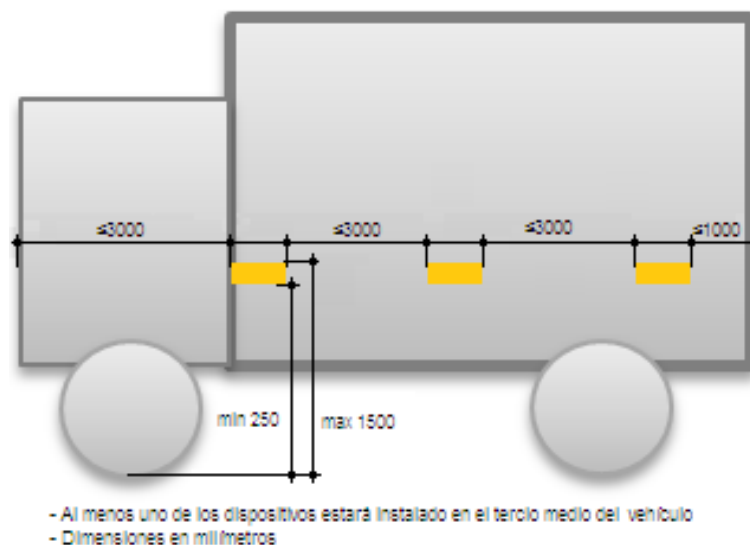


Figura 30. Prescripciones dimensionales de ubicación de las luces de posición y reflectantes laterales

De la misma forma, dado que la anchura total del vehículo reformado es superior a dos mil cien milímetros (2100 mm), deberá ser dotado de **luces de gálibo traseras**; se instalan dispositivos homologados para tal función, anclados mediante el soporte con que se suministran al ala inferior del marco perimetral de la carrocería, uno en cada una de las esquinas traseras, que es la parte fija más alta y exterior con que se cuenta en este tipo de carrocería.

Todo ello se instala siguiendo lo indicado en el Informe H correspondiente al acto reglamentario sobre instalación de dispositivos de alumbrado y señalización que el carrocerero tiene concedido por parte de la Autoridad de Homologación.

2.4.4.3. Sistemas antiproyección.

Se instalan unos nuevos **guardabarros en el segundo eje**, adecuados a la dimensión de los neumáticos con que está dotado el vehículo, incorporándose los **dispositivos antiproyección** reglamentarios.

Las prescripciones reglamentarias principales para los sistemas antiproyección son las indicadas en la siguiente figura:

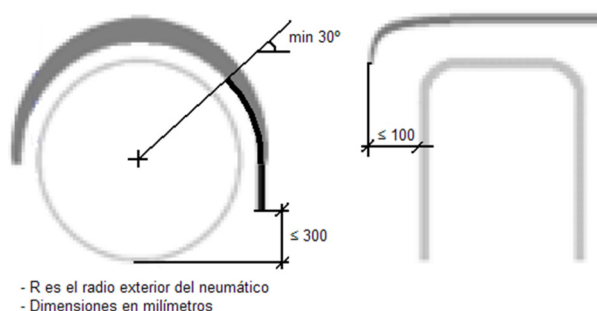


Figura 31. Prescripciones dimensionales de los sistemas antiproyección

Todo ello se instala siguiendo lo indicado en el Informe H correspondiente al acto reglamentario sobre sistemas antiproyección que el carrocerero tiene concedido por parte de la Autoridad de Homologación.

2.4.4.4. Dispositivos de protección lateral.

Se montan en ambos lados del vehículo los **dispositivos de protección lateral** reglamentarios, atornillándolos a las cantoneras que se sueldan al falsobastidor. En la siguiente figura se indican las principales prescripciones dimensionales de estos elementos.

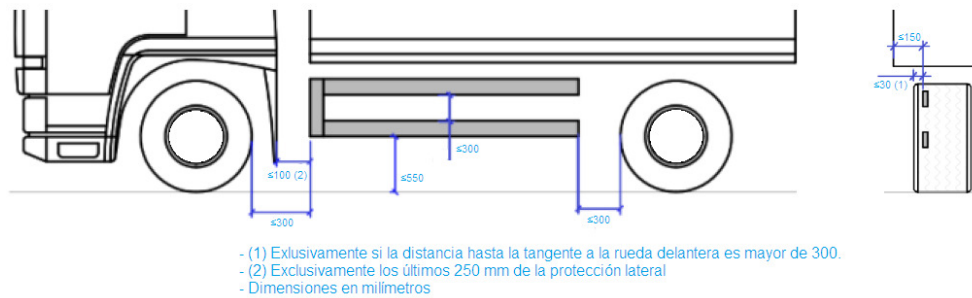


Figura 32. Principales prescripciones dimensionales de la protección lateral

Todo ello se instala siguiendo lo indicado en el Informe H correspondiente al acto reglamentario sobre protección lateral que el carrocerero tiene concedido por parte de la Autoridad de Homologación.

2.5. Justificación de los Actos Reglamentarios Afectados por la Reforma.

Corresponde al Servicio Técnico de Reformas, como ya se expuso, informar sobre el cumplimiento de los actos reglamentarios implicados por la modificación que se realiza en el vehículo, según los códigos de reforma implicados en la misma, recogidos en el vigente Manual de Reformas, a la vista de la información proporcionada en el presente Proyecto Técnico y demás documentos que preceptivamente deben acompañarlo.

No obstante, y como información adicional al citado ente, se indican en este apartado, en forma de la siguiente tabla, los actos reglamentarios implicados y la justificación de su cumplimiento. Se reproduce a continuación:

JUSTIFICACION de los ACTOS REGLAMENTARIOS IMPLICADOS en la REFORMA			
Sistema Afectado	Normativa de Referencia	Justificación	Cumplimiento
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE	Informe H del carroceros sobre dispositivos de protección trasera	CUMPLE
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	70/222/CEE	Informe H del carroceros sobre emplazamiento de la placa de matrícula posterior	CUMPLE
Mecanismos de dirección	70/311/CEE	No afectado	CUMPLE
Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE	No afectado	CUMPLE
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	76/756/CEE	Informe H del carroceros sobre de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	CUMPLE
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	Informe H del carroceros sobre masas y dimensiones	CUMPLE
Salientes exteriores de las cabinas	92/114/CEE	No afectado	CUMPLE
Protección delantera contra el empotramiento	2000/40/CE	No afectado	CUMPLE
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE	No afectado	CUMPLE
Protección lateral	89/297/CEE	Informe H del carroceros sobre protección lateral	CUMPLE
Sistemas antiproyección	91/226/CEE	Informe H del carroceros sobre sistemas antiproyección	CUMPLE
Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas	Reglamento CEPE/ONU 111R	No afectado	CUMPLE

Tabla 21

Queda por tanto **acreditado** que el **vehículo reformado cumple los actos reglamentarios** que le son de aplicación según el vigente Manual de Reformas.

2.6. Consideraciones Finales y Conclusión.

A la vista de todo lo expuesto anteriormente, de los Cálculos Justificativos que siguen, así como del resto de documentos que componen el presente Proyecto Técnico, queda demostrado que el vehículo transformado reúne unas condiciones de seguridad y reglamentarias adecuadas, y puede considerarse por tanto APTO desde los puntos de vista de la seguridad (su comportamiento frente a las solicitudes que la circulación impone) y de protección del medio ambiente.

El Autor que suscribe, por cuenta de los Talleres Autorizados donde se efectúa la reforma, una vez visto todo lo anterior y lo expresado en los demás documentos que componen este Proyecto Técnico, cree haber cumplido con suficiencia el objeto del mismo.

El Autor del presente Proyecto no se responsabilizará de los daños producidos por la mala utilización, manipulación o mala conservación del vehículo reformado y/o sus sistemas o piezas; ni tampoco de los sistemas o piezas que no son objeto del presente Proyecto Técnico.

Queda, por tanto, en condiciones de ser sometido a la consideración de los diferentes organismos oficiales y/o colaboradores, quedando el Autor del mismo a su disposición para cualquier consulta o aclaración.

Linares, 13 de Agosto de 2021.

Fdo. Daniel Caler Aguilar.
Ingeniero Técnico Industrial.
Colegiado nº. C895C del COITI Jaén.

3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

3.1. Introducción e Hipótesis de Cálculo.

Se pretende con los cálculos que siguen determinar la condición segura del vehículo reformado.

Puesto que la reforma a ejecutar será: sustitución total de la carrocería (caja cerrada) por otra de distintas características y dimensiones (caja basculante), el método de cálculo a seguir se compondrá de las fases principales que a continuación se citan, expuestas y ejecutadas de un manera progresiva, es decir, la terminación de unas devengará en el progreso de las siguientes:

- a) Elección del largo carrozable y reparto de cargas en orden de marcha.
- b) Estudio y diseño de la configuración del vehículo y elección de los valores dimensionales del mismo.
- c) Obtención de esfuerzos que solicitan los diversos elementos del vehículo reformado y repartos de cargas en fase de elevación de la carrocería.
- d) Justificación de la resistencia del bastidor, largueros de caja y sus articulaciones, tanto con el vehículo en orden de marcha, como en fase de elevación de la caja de carga, exponiendo los coeficientes de seguridad obtenidos.
- e) Reparto de masas en el arranque y frenado, y justificación de los anclajes del conjunto bastidor-falsobastidor.
- f) Estudio de la estabilidad estática y seguridad en la conducción.

- g) Estudio y justificación de la elección de los elementos del sistema de elevación de la carrocería.

La mayor parte del cálculo analítico que se describe en los anteriores puntos, sobre todo la justificación estructural de los principales elementos, cuyo desarrollo se expone en los apartados que siguen, ha sido implementada en dos hojas de cálculo, denominadas:

- Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos, que incluso contiene la representación gráfica de todas las funciones de momentos flectores y esfuerzos cortantes estudiadas.
- Módulo Resistente del Bastidor. Cálculos Geométricos, que recoge el estudio de la geometría del conjunto bastidor-falsobastidor y largueros de la carrocería; se deducen los valores operacionales a utilizar.

Estas hojas quedan recogidas en los dos apartados finales de esta sección de Cálculos Justificativos, indicándose en cada apartado de los que siguen si el cálculo numérico que le corresponde está efectuado en las mismas, y en este caso, rescatándose el resultado o resultados obtenidos, sobre todo por claridad expositiva y de lectura, no sin antes estudiar y exponer aquello que en cada caso proceda.

Seguidamente pasamos al desarrollo pormenorizado del **cálculo**, no sin antes mencionar las **principales hipótesis** que van a tenerse en cuenta en el mismo:

- Se considerará que la carga es uniformemente repartida; cualquier tipo de carga no uniforme será admisible siempre que no se sobrepasen las cargas máximas totales y/o por eje.
- Se supondrá que el peso de los ocupantes recae directamente sobre el primer eje.
- Los coeficientes de seguridad a obtener no serán en ningún caso inferiores a los mencionados a continuación:

COEFICIENTES de SEGURIDAD	
Tipo de cargas	Valor mínimo
Continuas, de acción constante	3,0
No continuas, acción y aparición esporádica	1,5

Tabla 22

- Otros valores, mayores a los indicados en la tabla 22, para los coeficientes de seguridad, serán mencionados explícitamente en aquellos casos donde sean aplicados.
- La tornillería que se instale, afecta a elementos estructurales deberá tener una calidad mínima 10.9, y debe instalarse con una carga mínima de trabajo de ocho mil kilogramos (8000 kg, es decir 78,48 kN).

- Aquellos elementos o refuerzos que se instalen por recomendación del Manual de Carrozado del fabricante del vehículo y sean colocados exactamente siguiendo sus instrucciones en cuanto a ubicación, dimensionado y calidad del material, se entenderá que no deben ser calculados, dando por hecho que el fabricante del vehículo ha realizado las comprobaciones oportunas de los mismos; por otro lado, actuando de esta forma estaremos del lado de la seguridad pues estos elementos o refuerzos no vendrán sino a aumentar la seguridad y calidad del carrozado que se efectúa. En los apartados de la sección anterior y/o de la presente sección que correspondan serán identificados los mismos.
- Los elementos o accesorios incorporados en la carrocería manufacturados expresamente para este tipo de carrozados por fabricantes de este tipo de piezas, de reconocido prestigio, o los suministrados por distribuidores de acreditada calidad, y utilizados de la manera para la que han sido fabricados, no serán objeto de cálculo. De igual manera que en el caso precedente, en los apartados de la sección anterior y/o de la presente sección que correspondan serán identificados los mismos.

3.2. Estudio de la Longitud Carrozable.

En primer lugar, calcularemos la longitud necesaria de caja de carga en función de las masas máximas permitidas para el vehículo que nos ocupa. Cabe destacar que la longitud de la carrocería que se debe escoger se sitúa en un intervalo, con el objetivo de no sobrecargar alguno de los ejes, así como aprovechar al máximo las capacidades de carga del vehículo.

Particularmente en el caso de camiones basculantes, el voladizo suele ser más corto que en otros camiones, con el fin de que la descarga sea gradual y que el pavimento no sea un obstáculo.

3.2.1. Reparto de Cargas Debido al Peso Propio.

Las masas sobre cada uno de los ejes debido a la masa del chasis-cabina son los que se indican a continuación, obtenidos del Manual de Carrozado del fabricante del vehículo:

REPARTO de CARGAS DEBIDO al PESO PROPIO		
Eje	Denominación	Carga (kg)
1º	R_{1P}	2525
2º	R_{2P}	1125
TOTAL	R_P	3650

Tabla 23

En estas masas se incluyen todos los elementos que el vehículo necesita para poder ser operativo desde el punto de vista de la movilidad (aceite y resto de elementos del motor, combustible al noventa por ciento (90%), elementos de alumbrado y

señalización, barra de protección trasera...), pero no contemplan los posibles ocupantes de la cabina ni la carrocería, sus accesorios y resto de elementos que reglamentariamente deben ser incorporados en su completado por el fabricante de segunda fase.

3.2.2. Reparto de Cargas Debido a la Carga Útil y Longitud Carrozable.

Para el cálculo del esfuerzo que soportará el chasis debido a la carga emplearemos las Ecuaciones de Equilibrio Estático, donde consideraremos al bastidor como una viga simplemente apoyada en cada uno de los ejes, y la carga útil, compuesta por la suma del peso propio de la carrocería y la máxima carga transportable, descontando la masa correspondiente a los ocupantes, uniformemente repartida sobre toda la longitud de la carrocería.

En primer lugar, calcularemos las reacciones debidas a la carga útil, para después obtener el intervalo en el que podrá estar comprendida la longitud nominal carrozable. Como mencionamos anteriormente, se supondrá que el peso de los ocupantes recae directamente sobre el eje anterior. Previamente, obtendremos los valores de los datos a utilizar para realizar este estudio.

3.2.2.1. Masa máxima de los posibles ocupantes.

La masa total de los ocupantes (P_O), en este caso, como máximo dos personas será de ciento cincuenta kilogramos (150 kg), computándose cada uno a setenta y cinco kilogramos (75 kg), tal y como se indica en el vigente Reglamento General de Vehículos y otras normas legales de aplicación.

3.2.2.2. Carga útil.

La carga útil, por tanto, vendrá dada por la siguiente expresión:

$$Q = MMA - R_p - P_O \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

- Q ≡carga útil, compuesta por la masa de la caja y sus accesorios y la carga transportable.

- MMA ≡masa máxima autorizada para el vehículo en circulación, en este caso equivalente a 12000 kg.

- R_p ≡masa total del vehículo en chasis-cabina, descrita en el anterior apartado, siendo su valor 3650 kg.

- P_O ≡masa total de los dos posibles ocupantes del vehículo, con un valor de 150 kg.

Así:

$$Q = 12000 - 3650 - 150 = 8200 \text{ kg} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

3.2.2.3. Reacciones máximas en los ejes debido a la carga útil y ocupantes.

Por otro lado, las reacciones máximas sobre cada uno de los ejes, debidas a la carga útil y a la masa de los ocupantes vendrán dadas por las expresiones siguientes:

$$R_{1C \max} = MMA_1 - (R_{1P} + P_O) \quad [\text{Ecuación 3}]$$

$$R_{2C \max} = MMA_2 - R_{2P} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Donde:

- $R_{1C \max}$ ≡ carga máxima posible en el primer eje debida a la carga útil y masa máxima de los ocupantes, en kg.
- $R_{2C \max}$ ≡ carga máxima posible en el segundo eje debida a la carga útil, en kg.
- MMA_1 ≡ masa máxima autorizada en el primer eje para el vehículo en circulación, que en este caso equivalente a 5000 kg.
- MMA_2 ≡ masa máxima autorizada en el segundo eje para el vehículo en circulación, que en este caso equivalente a 8480 kg.
- R_{1P} ≡ masa en el primer eje debida al peso propio del chasis-cabina, con un valor de 2525 kg.
- R_{2P} ≡ masa en el segundo eje debida al peso propio del chasis-cabina, con un valor de 1125 kg.
- P_O ≡ masa total de los dos posibles ocupantes del vehículo, con un valor de 150 kg.

Operando, se obtiene:

$$R_{1C \max} = 5000 - (2525 + 150) = 2325 \text{ kg} \quad [\text{Ecuación 5}]$$

$$R_{2C \max} = 8480 - 1125 = 7355 \text{ kg} \quad [\text{Ecuación 6}]$$

3.2.2.4. Longitudes máxima y mínima carrozables.

A continuación se muestra el esquema del vehículo, las distancias obtenidas de la ficha del fabricante y el proceso de cálculo:

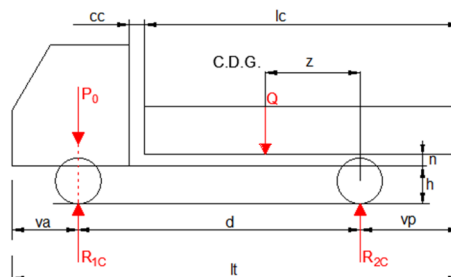


Figura 33. Longitudes carrozables

Donde:

- d ≡ distancia entre ejes, en este caso de 3250 mm.
- va ≡ voladizo delantero, que en este caso equivale a 1275mm.

- h ≡altura desde el plano de apoyo del vehículo a la parte superior del bastidor, siendo su valor de 830mm.
- n ≡altura del falsobastidor y largueros de caja, en este caso 260 mm.
- cc ≡distancia mínima a respetar entre el primer eje y la caja de carga, siendo en este caso de 420 mm.
- vp ≡voladizo posterior, en mm.
- CDG ≡centro de gravedad del conjunto carga útil.
- z ≡distancia horizontal del centro de gravedad anteriormente descrito al segundo eje del camión, obtenida, bien sustrayendo a la distancia entre ejes la mitad de la longitud carrozada y la distancia mínima entre primer eje, o bien, sustrayendo a la mitad de la longitud carrozada el voladizo posterior, en mm.
- lc ≡longitud carrozada, es decir, longitud nominal de la carrocería instalada, en mm.
- lt ≡longitud total del vehículo, en mm.
- Q ≡carga útil, con un valor de 8200 kg.
- P_o ≡masa total de los ocupantes, siendo su valor de 150 kg.
- R_{1Cmax} ≡reacción máxima posible en el primer eje debido a la carga, que corresponde a 2325 kg.
- R_{2Cmax} ≡reacción máxima posible en el segundo eje debido a la carga útil, que corresponde a 7355 kg.

Con estos datos, aplicamos Sumatoria de Momentos en cada eje, obteniendo las longitudes mínima y máxima carrozables:

$$\sum M_1 = 0; \quad Q \cdot \left(\frac{lc_{max}}{2} + cc \right) - R_{2Cmax} \cdot d = 0 \quad \text{[Ecuación 7]}$$

$$\sum M_2 = 0; \quad Q \cdot \left(d - cc - \frac{lc_{min}}{2} \right) + P_o \cdot d - R_{1Cmax} \cdot d = 0 \quad \text{[Ecuación 8]}$$

Donde:

- M_1 ≡momento en el primer eje.
- M_2 ≡momento en el segundo eje.
- lc_{max} ≡longitud carrozable máxima.
- lc_{min} ≡longitud carrozable mínima.

Obteniéndose:

$$8200 \cdot \left(\frac{lc_{max}}{2} + 420 \right) - 7355 \cdot 3250 = 0 \quad \text{[Ecuación 9]}$$

Por tanto, la **longitud máxima carrozable (lc_{max}) es 4990,18mm.**

$$8200 \cdot \left(3250 - 420 - \frac{lc_{min}}{2} \right) + 150 \cdot 3250 - 2325 \cdot 3250 = 0 \quad \text{[Ecuación 10]}$$

Despejando, se obtiene que la **longitud mínima carrozable ($lc_{\min}$)** es **3916,10mm**.

Por tanto, la **longitud carrozada (mm)** deberá estar comprendida en el siguiente intervalo:

$$3916 \leq lc \leq 4990$$

[Ecuación 11]

Dicho de otra forma:

EXTREMOS de la LONGITUD CARROZABLE		
Concepto	Denominación	Valor (mm)
Longitud mínima carrozable	$lc_{\min}$	3916
Longitud máxima carrozable	$lc_{\max}$	4990

Tabla 24

3.3. Elección de la Longitud a Carrozar y Reparto de Cargas en Orden de Marcha.

Finalmente, optaremos por una **longitud nominal carrozada de cuatro metros y medio ($lc=4,50m$)**, consensuada con la Propiedad, calculando el reparto de cargas por eje definitivo en orden de marcha.

Teniendo en cuenta la situación de carga descrita en la figura 33, exceptuando la fuerza (P_O) correspondiente al peso de los ocupantes, aplicamos de nuevo sumatoria de momentos:

$$\sum M_1 = 0; \quad Q \cdot \left(\frac{lc}{2} + cc \right) - R_{2C} \cdot d = 0$$

[Ecuación 12]

$$8200 \cdot \left(\frac{4500}{2} + 420 \right) - R_{2C} \cdot 3250 = 0$$

[Ecuación 13]

Despejando y operando se tiene, **$R_{2C}=6736,62 \approx 6737$ kg.**

$$\sum M_2 = 0; \quad Q \cdot \left(d - cc - \frac{lc}{2} \right) - R_{1C} \cdot d = 0$$

[Ecuación

14]

$$8200 \cdot \left(3250 - 420 - \frac{4500}{2} \right) - R_{1C} \cdot 3250 = 0$$

[Ecuación 15]

De la misma forma, se obtiene, **$R_{1C}= 1463,38 \approx 1463$ kg.**

Expresado en forma de tabla:

REPARTO de CARGAS DEBIDO a la CARGA UTIL		
Eje	Denominación	Carga (kg)
1º	R _{1C}	1463
2º	R _{2C}	6737
TOTAL	Q	8200

Tabla 25

Vistos los anteriores resultados, el resumen de cargas queda de la siguiente forma:

REPARTO de CARGAS en ORDEN DE MARCHA				
Concepto	Denominación	1ºEje	2ºEje	Total
Peso Propio	R _{1P} , R _{2P} , R _P	2525	1125	3650
Carga Útil	R _{1C} , R _{2C} , Q	1463	6737	8200
Ocupantes	P _O	150	0	150
TOTAL	R₁, R₂, R	4138	7862	12000
MMA	MMA₁, MMA₂, MMA	5000	8480	12000

Tabla 26

Como se puede comprobar, según los cálculos anteriores, los pesos por eje se sitúan dentro de los límites de peso admisibles, por lo cual **la reforma del vehículo no produce sobrecarga alguna en la posición de orden de marcha.**

3.4. Estudio del Angulo Máximo de Inclinación de la Caja de Carga.

Hemos establecido anteriormente que la carga útil (Q) está compuesta de la masa de la caja de carga y todos sus accesorios (Q_c) y la masa de la carga máxima transportable (Q_t); matemáticamente:

$$Q = Q_c + Q_t \quad \text{[Ecuación 16]}$$

De esta forma, la carga máxima transportable podrá expresarse como:

$$Q_t = Q - Q_c \quad \text{[Ecuación 17]}$$

Por otro lado, en condiciones normales, la fuerza que retiene la carga transportable en su ubicación durante la maniobra de basculamiento es, simplificando, la fuerza de rozamiento al deslizamiento (F_r) que existe entre la misma y el piso de la carrocería; gráficamente tendríamos la situación de esfuerzos recogida en la siguiente figura:

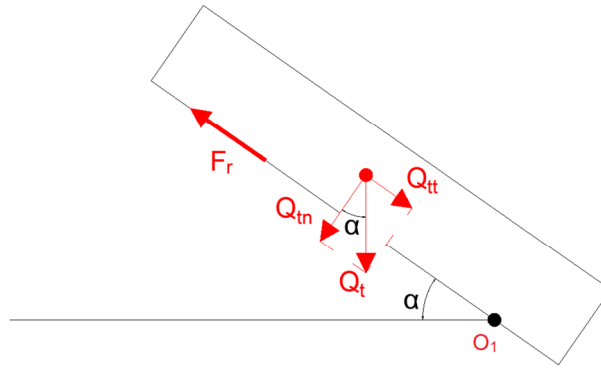


Figura 34. Ángulo máximo de elevación de la carrocería

Esta fuerza de rozamiento vendrá dada por la expresión:

$$F_r = \mu \cdot Q_m = \mu \cdot Q_t \cdot \cos \alpha \quad [\text{Ecuación 18}]$$

Siendo:

- F_r ≡fuerza de rozamiento al deslizamiento entre la mercancía y el piso de la caja de cargan, en N.
- μ ≡coeficiente de rozamiento al deslizamiento entre la mercancía y el piso de la carrocería, adimensional.
- Q_{tn} ≡componente normal al piso de la carrocería de la carga transportable, en N.
- Q_t ≡carga transportable, en N.
- α ≡ángulo entre la horizontal y la caja de carga durante el basculamiento, en grados sexagesimales.

La carga comenzará a deslizarse hacia la parte trasera de la carrocería cuando el valor de la componente tangencial (Q_{tt}) al piso de la carrocería del peso de la mercancía o carga transportable se iguale con la fuerza de rozamiento:

$$F_r = Q_{tt} \quad [\text{Ecuación 19}]$$

Donde la citada componente tangencial vendrá dada por la expresión:

$$Q_{tt} = Q_t \cdot \sin \alpha \quad [\text{Ecuación 20}]$$

Y por tanto:

$$\mu \cdot Q_t \cdot \cos \alpha = Q_t \cdot \sin \alpha \quad [\text{Ecuación 21}]$$

$$\tan \alpha = \mu \quad [\text{Ecuación 22}]$$

El máximo valor que puede tomar el coeficiente de rozamiento es la unidad (1), con lo que queda:

$$\tan \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ \quad [\text{Ecuación 23}]$$

La interpretación de este resultado es la siguiente: el máximo ángulo que debe ser capaz de inclinarse la carrocería durante el basculamiento será de cuarenta y cinco grados (45°), pues en el peor de los casos, esto es, que el valor del coeficiente de rozamiento al deslizamiento entre la mercancía y el piso de la caja de carga sea el máximo ideal, al llegar a ese valor la componente transversal del peso de la mercancía anularía a la primera.

En la práctica, en la inmensa mayoría de las ocasiones, el valor del coeficiente de rozamiento tiene valores muy inferiores.

No obstante, a pesar de todo lo anteriormente mencionado, algunos técnicos consultados por el Autor del presente Proyecto, diseñan y proyectan con un ángulo máximo de basculamiento mayor, concretamente de cincuenta y cinco grados (55°); la razón que argumentan es que en algunas ocasiones este tipo de vehículos transportan, y deben descargar por basculamiento, materiales que presentan cierto grado de adherencia a las paredes y piso de la carrocería, que vendría a sumarse a la anteriormente mencionada fuerza de rozamiento por deslizamiento. Entre estos materiales pueden mencionarse arcillas húmedas y productos bituminosos, entre otros.

En este caso, se mantendrá como **ángulo máximo de elevación de la caja de carga** en el valor anteriormente calculado de **cuarenta y cinco grados (45°)**.

3.5. Distancia Optima desde el Punto de Giro de la Caja de Carga al Punto de Empuje del Sistema Hidráulico.

Este es otro de los apartados que no aparecen en los Proyectos Técnicos que los profesionales del sector presentan diariamente ante los entes y/u organismos oficiales correspondientes.

No obstante, al Autor que suscribe, en los preliminares de la redacción del presente Proyecto, es decir, en el momento de realizar un índice o esquema previo del desarrollo lógico que debería seguirse para realizar y organizar la exposición de esta sección de Cálculos Justificativos, le pareció adecuado determinar la ubicación más favorable u óptima del punto de empuje del sistema hidráulico, en este caso compuesto por un tándem de dos cilindros con pistones telescópicos de accionamiento hidráulico, como ya se describió en el apartado correspondiente de la Memoria de este Proyecto, por las siguientes razones:

- será decisivo en el valor de los esfuerzos que aparecerán en el conjunto bastidor más falsobastidor y en los largueros de la caja de carga, y por tanto su dimensionado.
- determinará también el dimensionado y elección de los elementos que componen el sistema hidráulico, sus articulaciones y la de la carrocería.

Véase la situación esquemática de la siguiente figura, en la que se representa la deformación elástica de los principales elementos estructurales implicados.

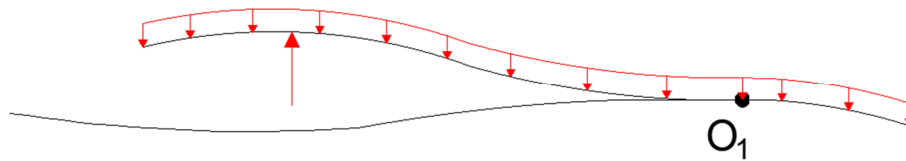


Figura 35. Deformación durante la elevación

Para la obtención de esta distancia óptima entre la articulación de la carrocería y el punto articulado de empuje de los cilindros hidráulicos, se había pensado utilizar una expresión que relacionase la misma en función de la flecha o deformación elástica tanto del conjunto bastidor-falsobastidor como de los largueros de la carrocería y de las cargas que actúan, y estudiando sus valores mínimos.

Sin embargo, una vez más avanzada la redacción del Proyecto, y tras cambiar impresiones con técnicos profesionales del sector y con carroceros que diariamente realizan trabajos como el aquí descrito, se ha concluido que en la inmensa mayoría de ocasiones la elección de la ubicación de los cilindros hidráulicos debe realizarse de manera empírica, pues cada vehículo tiene una configuración particular en lo que se refiere a, por ejemplo: puentes y montantes del bastidor, transmisiones, ubicación de depósitos, colocación de mazos de cablerías y conducciones del sistema de frenado, etc.

Según estos profesionales, dado que se calculan los elementos teniendo en cuenta el límite elástico del material y se aplica un coeficiente de seguridad alto, en todos los casos queda garantizada la seguridad e integridad estructural, si bien deben tenerse en cuenta las siguientes **premisas** principales para la **elección del punto** donde ubicar el eje **de empuje**, también llamado coloquialmente en los ambientes afines, punto o centro de ataque:

- El punto de empuje del cilindro hidráulico en los largueros de la carrocería debe colocarse por delante del centro de gravedad de la carga útil, tal y como se ha definido la misma en el presente Proyecto, preferiblemente dentro de la tercera parte imaginaria en la que puede dividirse la primera mitad longitudinal de la carrocería.
- La articulación de la carrocería y la ubicada en el punto de giro de los cilindros hidráulicos se colocarán en el falsobastidor, siendo puntos convenientemente reforzados.
- Resulta evidente, dada la configuración que se proyecta, que cuanto más se aproxime el ángulo que forma el eje de los cilindros y pistones hidráulicos con la horizontal a noventa grados (90°), mayor será la componente vertical del esfuerzo que provocan (que en definitiva es el que voltea la carrocería) que se ocupa de la elevación y menores los esfuerzos provocados en articulaciones y otros puntos, que en definitiva son esfuerzos perdidos, es decir, que no producen elevación directa de la caja de carga. Conviene no obstante, asegurarse que en ningún punto de la carrera de estos elementos se supere el citado ángulo de noventa grados (90°).

Visto todo ello, para nuestro caso, y una vez estudiada la configuración de los distintos elementos del bastidor del vehículo (puentes transversales, suspensión, transmisión, etc) optaremos por colocar el centro de giro de los cilindros hidráulicos

delante del travesaño que une los soportes delanteros de las ballestas traseras, dejando la distancia conveniente para que no puedan aparecer inferencias.

Así, para las magnitudes implicadas en lo estudiado en este apartado, se ha elegido los valores que aparecen en la siguiente tabla:

CONFIGURACION DIMENSIONAL del SISTEMA de ELEVACION		
Magnitud	Símbolo	Valor
Angulo de ataque inicial ($\alpha=0^\circ$) del sistema hidráulico	β	$\approx 85^\circ$
Angulo de ataque final ($\alpha=45^\circ$) del sistema hidráulico		$\approx 69^\circ$
Distancia vertical entre el punto de giro de los cilindros hidráulicos y el punto de giro de los pistones en los largueros de la caja	a	127 mm
Distancia horizontal entre la articulación de la carrocería y el centro geométrico (CDG) de la misma	b	1510 mm
Distancia horizontal entre la articulación de la carrocería y el final de la misma	c	740 mm
Distancia horizontal entre el punto de ataque de los pistones en los largueros de la caja y la articulación de la misma	e	2020 mm
Distancia horizontal entre el punto de giro de los cilindros hidráulicos y la articulación de la carrocería	g	2030 mm
Distancia horizontal entre la articulación de la caja de carga y el segundo eje	m	930 mm
Distancia vertical del CDG de la carga útil y el punto de giro de la carrocería, estando esta en posición de marcha	n	680 mm
Distancia horizontal entre el punto de ataque de los pistones hidráulicos en los largueros de la carrocería y el comienzo de la misma	-	1740 mm
Distancia horizontal entre el punto de giro de los cilindros hidráulicos y el segundo eje	-	1100 mm
Distancia horizontal entre el centro geométrico de la carrocería y el punto de ataque de los pistones en los largueros de la misma	-	500 mm

Tabla 27

3.6. Reparto de Cargas Durante el Basculamiento.

Resulta evidente que durante el basculamiento aparece una transferencia de cargas de uno de los ejes hacia el otro; lógicamente se descargará el primer eje y se cargará el trasero en la misma medida.

Estudiaremos, pues, bajo este apartado como varían estas cargas en función del ángulo de giro de la caja de carga (α), desde la posición de caja totalmente posada hasta el ángulo de máxima elevación.

3.6.1. Estudio del Angulo de Inclinación del Sistema Hidráulico Respecto del Angulo de Elevación de la Carrocería.

El primer paso para obtener el objetivo final que nos ocupa es estudiar como varía el ángulo que contiene el eje longitudinal de los cilindros y pistones hidráulicos (β) en función del ángulo de inclinación de la carrocería (α), pues esta última es la variable en función de la cual estarán los esfuerzos que se producen durante el proceso de basculamiento.

La caja de carga gira alrededor de su articulación en el falsobastidor, por lo que el punto donde se apoyan los pistones del sistema hidráulico en sus largueros inferiores describe una circunferencia y el eje longitudinal del sistema hidráulico debe seguirla conforme se produce su expansión o apertura, formando un ángulo que varía constantemente durante la elevación.

Partiremos de la siguiente figura:

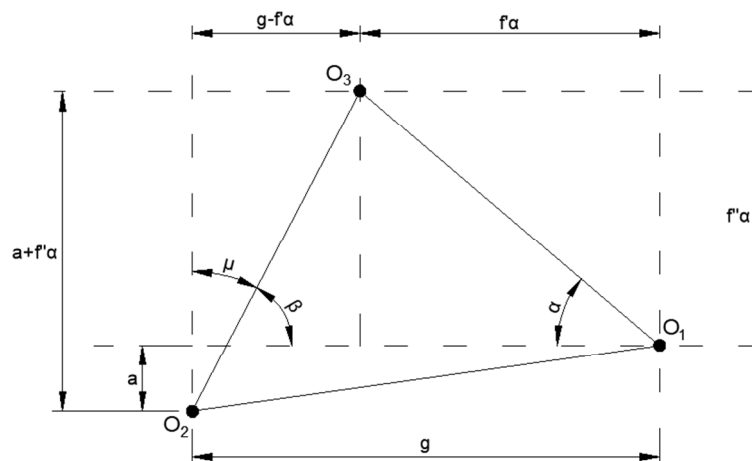


Figura 36. Angulo del sistema hidráulico en función de la inclinación de la carrocería

Donde:

- O_1 ≡proyección del eje de la articulación de la carrocería y por tanto punto de giro de la misma, ubicado en el falsobastidor.
- O_2 ≡proyección del eje de la articulación del grupo de cilindros hidráulicos de elevación de la carrocería, ubicado en el falsobastidor.

- O_3 ≡proyección del eje de la articulación del punto de empuje del grupo de pistones hidráulicos de elevación de la carrocería, ubicado en los largueros de la misma.
- α ≡ángulo de elevación de la carrocería respecto de la horizontal, en grados sexagesimales.
- β ≡ángulo de giro del sistema hidráulico respecto de la horizontal, en grados sexagesimales.
- μ ≡ángulo complementario del anterior, en grados sexagesimales.
- f'_α ≡distancia horizontal entre los puntos O_1 y O_3 , en función del ángulo de elevación de la caja de carga, en mm.
- f''_α ≡distancia vertical entre los puntos O_1 y O_3 , en función del ángulo de elevación de la caja de carga, en mm.
- a, e, g ≡según se definen en la tabla 27 anterior.

De la figura anterior podemos deducir lo siguiente:

$$\cos \alpha = \frac{f'_\alpha}{e}; \quad f'_\alpha = e \cdot \cos \alpha \quad \text{[Ecuación 24]}$$

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{f''_\alpha}{e}; \quad f''_\alpha = e \cdot \operatorname{sen} \alpha \quad \text{[Ecuación 25]}$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{g - f'_\alpha}{a + f''_\alpha} = \frac{g - e \cdot \cos \alpha}{a + e \cdot \operatorname{sen} \alpha}; \quad \mu = \operatorname{arctg} \frac{g - e \cdot \cos \alpha}{a + e \cdot \operatorname{sen} \alpha} \quad \text{[Ecuación 26]}$$

$$\beta + \mu = 90 \quad \text{[Ecuación 27]}$$

Combinando las dos últimas expresiones, podemos escribir:

$$\beta + \operatorname{arctg} \frac{g - e \cdot \cos \alpha}{a + e \cdot \operatorname{sen} \alpha} = 90; \quad \beta = 90 - \operatorname{arctg} \frac{g - e \cdot \cos \alpha}{a + e \cdot \operatorname{sen} \alpha} \quad \text{[Ecuación 28]}$$

Y por tanto:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{a + e \cdot \operatorname{sen} \alpha}{g - e \cdot \cos \alpha} \quad \text{[Ecuación 29]}$$

Ecuación de la que se obtiene el **ángulo (β) de ataque** del sistema hidráulico **en función del ángulo (α) de elevación** o inclinación de la carrocería.

Los valores extremos del ángulo de giro del eje longitudinal del sistema hidráulico, tanto para la caja de carga totalmente posada ($\alpha=0^\circ$), como para la posición de máxima elevación ($\alpha=45^\circ$) han sido trasladados a la tabla 27 anterior.

3.6.2. Esfuerzos en las Articulaciones de la Carrocería y Pistones en sus Largueros.

Obtenida ya la relación que liga los ángulos mencionados en el epígrafe anterior, podremos estudiar bajo este apartado los esfuerzos que se producen durante el proceso de basculamiento o elevación de la carrocería.

Estas fuerzas son puntuales y actúan, de un lado en la articulación de la caja de carga y de otro, en el punto de ataque del sistema hidráulico.

En el esquema recogido en la siguiente figura se representa la situación de carga que se produce para un ángulo ($0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$) cualquiera de elevación o giro de la carrocería.

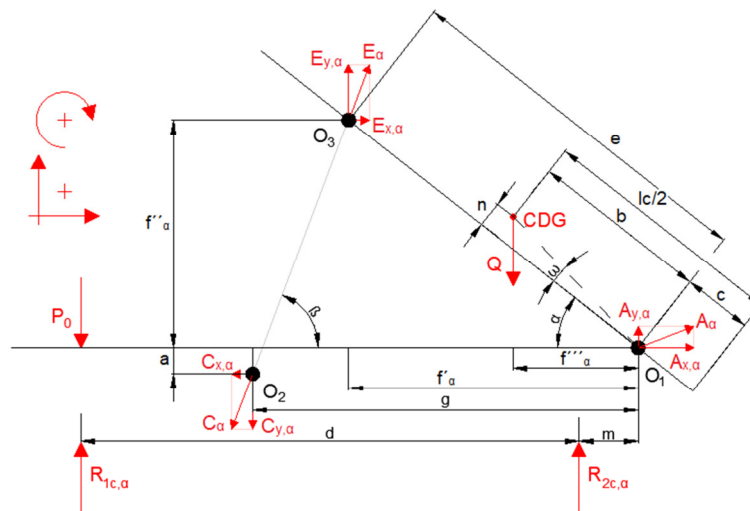


Figura 37. Esfuerzos durante el proceso de elevación de la carrocería

Donde:

- E_α ≡fuerza de empuje de los pistones hidráulicos de elevación de la carrocería, siendo $E_{x,\alpha}$ y $E_{y,\alpha}$ sus componentes horizontal y vertical respectivamente, en kg.
- A_α ≡esfuerzo que aparece en la articulación o bulón de la caja de carga, representándose con $A_{x,\alpha}$ y $A_{y,\alpha}$ sus componentes horizontal y vertical respectivamente, en kg.
- C_α ≡esfuerzo que aparece en la articulación de los cilindros hidráulicos, denominándose como $C_{x,\alpha}$ y $C_{y,\alpha}$ sus componentes horizontal y vertical respectivamente, en kg.
- Q ≡carga útil, con un valor de 8200 kg.
- $R_{1c,\alpha}$ ≡reacción en el primer eje en fase de basculamiento correspondiente a la carga útil, dependiente del ángulo de elevación de la carrocería, en kg.
- $R_{2c,\alpha}$ ≡reacción en el segundo eje en fase de basculamiento correspondiente a la carga útil, dependiente del ángulo de elevación de la carrocería, en kg.
- P_0 ≡masa total de los ocupantes, siendo su valor de 150 kg.
- lc ≡longitud carrozada, es decir, longitud nominal de la carrocería instalada, en este caso de 4500 mm.
- d ≡distancia entre ejes, en este caso de 3250 mm.
- n ≡distancia vertical del CDG del conjunto carga útil y el punto de giro de la carrocería, estando esta en posición de marcha, siendo su valor 680 mm.
- CDG ≡centro de gravedad del conjunto carga útil.
- f''_α ≡distancia horizontal entre la proyección vertical de la carga útil y el punto O_1 , en función del ángulo de elevación de la caja de carga, en mm.

- $\omega \equiv$ ángulo entre el segmento que une el CDG de la carga útil con el punto O_1 y los largueros de la carrocería, en grados sexagesimales.

- $O_1, O_2, O_3, \alpha, \beta, f'_\alpha, f''_\alpha, a, b, c, e, g, m \equiv$ según se definen en el apartado anterior y tabla 27.

Geométricamente, además de las ecuaciones 24 y 25 anteriores, puede deducirse lo siguiente:

$$\cos(\alpha + \omega) = \frac{f''_\alpha}{\sqrt{b^2 + n^2}}; f''_\alpha = \sqrt{b^2 + n^2} \cdot \cos(\alpha + \omega) \quad [\text{Ecuación 30}]$$

$$\sin \omega = \frac{n}{\sqrt{b^2 + n^2}} \quad [\text{Ecuación 31}]$$

$$\cos \omega = \frac{b}{\sqrt{b^2 + n^2}} \quad [\text{Ecuación 32}]$$

$$\cos \beta = \frac{E_{x,\alpha}}{E_\alpha}; E_{x,\alpha} = E_\alpha \cdot \cos \beta \quad [\text{Ecuación 33}]$$

$$\sin \beta = \frac{E_{y,\alpha}}{E_\alpha}; E_{y,\alpha} = E_\alpha \cdot \sin \beta \quad [\text{Ecuación 34}]$$

$$\cos \alpha = \frac{A_{x,\alpha}}{A_\alpha}; A_{x,\alpha} = A_\alpha \cdot \cos \alpha \quad [\text{Ecuación 35}]$$

$$\sin \alpha = \frac{A_{y,\alpha}}{A_\alpha}; A_{y,\alpha} = A_\alpha \cdot \sin \alpha \quad [\text{Ecuación 36}]$$

$$A_\alpha^2 = A_{x,\alpha}^2 + A_{y,\alpha}^2; A_\alpha = \sqrt{A_{x,\alpha}^2 + A_{y,\alpha}^2} \quad [\text{Ecuación 37}]$$

Supondremos para la obtención de estos esfuerzos que la carga está compactada y que la portera trasera de la carrocería está cerrada, situación esta última que no debe darse en ningún caso; no obstante, de esta forma se simplifica el cálculo y estaremos siempre del lado de la seguridad e integridad de los elementos estudiados.

Vista la situación de carga descrita en el esquema representado en la figura 37, podríamos aislar para su estudio el sistema de fuerzas compuesto por las siguientes: el empuje (E_α) del pistón hidráulico, la reacción (A_α) que aparece en la articulación de la carrocería y la carga útil (Q); aplicamos las Leyes de la Estática (anulación de sumatorias de fuerzas y momentos), y tendríamos:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad [\text{Ecuación 38}]$$

Y por tanto:

$$\sum F_x = 0; E_{x,\alpha} + A_{x,\alpha} = 0; A_{x,\alpha} = -E_{x,\alpha} \quad [\text{Ecuación 39}]$$

$$\sum F_y = 0; E_{y,\alpha} + A_{y,\alpha} - Q = 0; A_{y,\alpha} = Q - E_{y,\alpha} \quad [\text{Ecuación 40}]$$

Por otro lado:

$$\sum M_{O_1} = 0; E_{y,\alpha} \cdot f'_\alpha + E_{x,\alpha} \cdot f''_\alpha - Q \cdot f'''_\alpha = 0 \quad [\text{Ecuación 41}]$$

Desarrollando esta última expresión con la aplicación de las ecuaciones 24, 25, 30, 31, 32, 33 y 34 anteriormente expresadas, se obtendría:

$$E_\alpha \cdot \sin \beta \cdot e \cdot \cos \alpha + E_\alpha \cdot \cos \beta \cdot e \cdot \sin \alpha - Q \cdot \sqrt{b^2 + n^2} \cdot \cos(\alpha + \omega) = 0 \quad [\text{Ecuación 42}]$$

$$E_\alpha \cdot e \cdot (\sin \beta \cdot \cos \alpha + \cos \beta \cdot \sin \alpha) = Q \cdot \sqrt{b^2 + n^2} \cdot \cos(\alpha + \omega) \quad [\text{Ecuación 43}]$$

$$E_\alpha \cdot e \cdot \sin(\alpha + \beta) = Q \cdot \sqrt{b^2 + n^2} \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \omega - \sin \alpha \cdot \sin \omega) \quad [\text{Ecuación 44}]$$

$$E_\alpha \cdot e \cdot \sin(\alpha + \beta) = Q \cdot \sqrt{b^2 + n^2} \cdot \left(\cos \alpha \cdot \frac{b}{\sqrt{b^2 + n^2}} - \sin \alpha \cdot \frac{n}{\sqrt{b^2 + n^2}} \right) \quad [\text{Ecuación 45}]$$

$$E_\alpha \cdot e \cdot \sin(\alpha + \beta) = Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha) \quad [\text{Ecuación 46}]$$

$$E_\alpha = \frac{Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha)}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)} \quad [\text{Ecuación 47}]$$

La última expresión anterior nos devuelve el valor del esfuerzo realizado por los pistones hidráulicos para elevar la carrocería, en función de un ángulo de giro dado de la misma; debe tenerse en cuenta para el cálculo de este esfuerzo la aplicación de la relación que ya se dedujo entre el ángulo (β) de ataque del sistema hidráulico en función del ángulo (α) de elevación o giro de la carrocería (véase la ecuación 29).

Por otro lado, el máximo valor que se obtenga de ella nos servirá para la elección del sistema de elevación de entre la gama que ofertan los diversos fabricantes de los mismos, así como para la justificación de la resistencia de los largueros de la caja y del conjunto bastidor-falsobastidor.

Las componentes horizontal y vertical serán por tanto, las siguientes, aplicando las ecuaciones 33 y 34 plasmadas anteriormente:

$$E_{x,\alpha} = E_\alpha \cdot \cos \beta = \frac{Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha) \cdot \cos \beta}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)} \quad [\text{Ecuación 48}]$$

$$E_{y,\alpha} = E_\alpha \cdot \sin \beta = \frac{Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \beta}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)} \quad [\text{Ecuación 49}]$$

En las tablas que se muestran a continuación se indican los valores que toma el esfuerzo en los pistones, para inicio de elevación ($\alpha=0^\circ$) y para el punto de elevación final ($\alpha=45^\circ$), trasladados desde la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”, donde han sido implementadas sus ecuaciones:

ESFUERZO en PISTONES HIDRAULICOS - Inicio Elevación ($\alpha=0^\circ$) -	
Denominación	Carga (kg)
$E_{x,0}$	483 (4,74 kN)
$E_{y,0}$	6130 (60,14 kN)
E_0	6149 (60,32 kN)

Tabla 28

ESFUERZO en PISTONES HIDRAULICOS - Máxima Elevación($\alpha=45^\circ$) -	
Denominación	Carga (kg)
$E_{x,45}$	940 (9,22 kN)
$E_{y,45}$	2430 (23,84 kN)
E_{45}	2547 (24,99 kN)

Tabla 29

La obtención de los esfuerzos (A_α y sus componentes) soportados por la articulación de la caja de carga durante su elevación pueden deducirse conjugando las ecuaciones 39 y 40, obtenidas de las sumatorias de fuerzas horizontales y verticales, con las dos anteriores. Esto es:

$$A_{x,\alpha} = -E_{x,\alpha} = \frac{-Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha) \cdot \cos \beta}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)} \quad [\text{Ecuación 50}]$$

$$A_{y,\alpha} = Q - E_{y,\alpha} = Q - \frac{Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \beta}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)} \quad [\text{Ecuación 51}]$$

Con estas dos últimas expresiones y el concurso de la ecuación 37, obtenemos el valor del esfuerzo en la articulación de la carrocería:

$$A_\alpha = \sqrt{\left[\frac{-Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha) \cdot \cos \beta}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2 + \left[Q - \frac{Q \cdot (b \cdot \cos \alpha - n \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \beta}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} \quad [\text{Ecuación 52}]$$

De igual manera que para el caso anterior, se muestran a continuación dos tablas con los valores que toma el esfuerzo en la articulación de la carrocería, para inicio de elevación ($\alpha=0^\circ$) y para el punto de elevación final ($\alpha=45^\circ$), también trasladados desde la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”:

ESFUERZO en ARTICULACION de la CARROCERIA - Inicio Elevación ($\alpha=0^\circ$) -	
Denominación	Carga (kg)
$A_{x,0}$	-483 (-4,74 kN)
$A_{y,0}$	2070 (20,31 kN)
A_0	2126 (20,86 kN)

Tabla 30

ESFUERZO en ARTICULACION de la CARROCERIA - Máxima Elevación ($\alpha=45^\circ$) -	
Denominación	Carga (kg)
$A_{x,45}$	-940 (-9,22 kN)
$A_{y,45}$	5770 (56,60 kN)
A_{45}	5847 (57,36 kN)

Tabla 31

3.6.3. Reacciones en los Ejes en la Fase de Elevación de la Carrocería o Basculamiento.

Hay que tener en cuenta que por simplicidad del esquema, en la situación de carga descrita en la figura 37 sólo se han representado los esfuerzos (A_α y sus componentes) en la articulación de la carrocería; no obstante, como no podría ser de otro modo, en la articulación existente en el falsobastidor (vulgarmente, en la otra parte de la bisagra que en ese punto se forma o construye), aparecerán unos esfuerzos de igual magnitud y dirección, pero de sentido contrario (distinto signo). Podríamos denominar a estos esfuerzos como B_α , $B_{x,\alpha}$ y $B_{y,\alpha}$, siendo estas dos últimas las componentes horizontal y vertical respectivamente de la primera.

Lógicamente, donde se articula el grupo de cilindros hidráulicos (punto O_2 de la misma figura) ocurre lo mismo, si bien en este caso si ha sido representado el esfuerzo (C_α y sus componentes).

Así, matemáticamente, conservando la nomenclatura allí indicada, y la expresa en el penúltimo párrafo, tendríamos:

$$C_\alpha = -E_\alpha \quad \text{[Ecuación 53]}$$

$$C_{x,\alpha} = -E_{x,\alpha} \quad \text{[Ecuación 54]}$$

$$C_{y,\alpha} = -E_{y,\alpha} \quad \text{[Ecuación 55]}$$

$$B_\alpha = -A_\alpha \quad \text{[Ecuación 56]}$$

$$B_{x,\alpha} = -A_{x,\alpha} \quad \text{[Ecuación 57]}$$

$$B_{y,\alpha} = -A_{y,\alpha} \quad \text{[Ecuación 58]}$$

Por tanto, sustituiremos el sistema de fuerzas calculado en el apartado anterior por los esfuerzos que provocan en el conjunto bastidor-falsobastidor, quedando una situación de carga como la representada esquemáticamente en la siguiente figura:

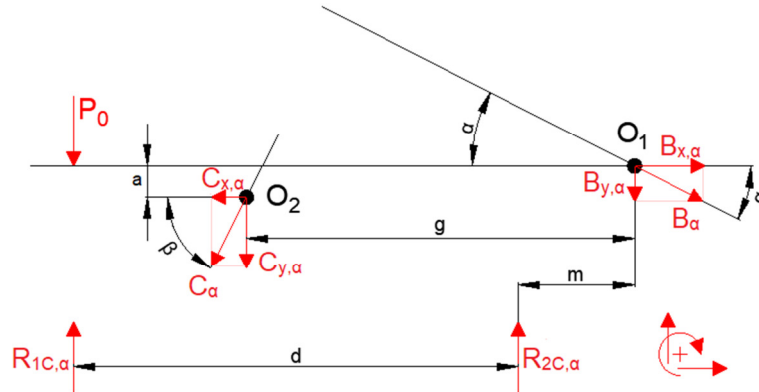


Figura 38. Reacciones en los ejes durante el proceso de elevación de la carrocería

Donde la descripción de los elementos es igual a lo indicado para el esquema de la figura 37 y los párrafos anteriores.

Volviendo a aplicar las Leyes de la Estática, tendríamos:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad \text{[Ecuación 59]}$$

Y por tanto:

$$\sum F_x = 0; -C_{x,\alpha} + B_{x,\alpha} = 0; C_{x,\alpha} = B_{x,\alpha} \quad \text{[Ecuación 60]}$$

$$\sum F_y = 0; R_{1C,\alpha} - P_0 - C_{y,\alpha} + R_{2C,\alpha} - B_{y,\alpha} = 0 \quad \text{[Ecuación 61]}$$

Por otro lado, tomando como centro el segundo eje del vehículo:

$$\sum M_2 = 0; R_{1C,\alpha} \cdot d - P_0 \cdot d + C_{x,\alpha} \cdot a - C_{y,\alpha} \cdot (g - m) + B_{y,\alpha} \cdot m = 0 \quad \text{[Ecuación 62]}$$

Aplicando a esta última expresión las ecuaciones 33, 34 y 40, tendríamos:

$$R_{1C,\alpha} \cdot d - P_0 \cdot d + E_\alpha \cdot a \cdot \cos\beta - E_\alpha \cdot (g - m) \cdot \sin\beta + (Q - E_\alpha \cdot \sin\beta) \cdot m = 0 \quad \text{[Ecuación 63]}$$

$$R_{1C,\alpha} \cdot d - P_0 \cdot d + E_\alpha \cdot a \cdot \frac{\sin\beta}{\sin\beta} \cdot \cos\beta - E_\alpha \cdot g \cdot \sin\beta + E_\alpha \cdot m \cdot \sin\beta + Q \cdot m - E_\alpha \cdot m \cdot \sin\beta = 0 \quad \text{[Ecuación 64]}$$

$$R_{1C,\alpha} \cdot d - P_0 \cdot d + E_\alpha \cdot \frac{a}{\tan\beta} \cdot \sin\beta - E_\alpha \cdot g \cdot \sin\beta + Q \cdot m = 0 \quad \text{[Ecuación 65]}$$

$$R_{1C,\alpha} \cdot d - P_o \cdot d + E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta + Q \cdot m = 0 \quad [\text{Ecuación 66}]$$

$$R_{1C,\alpha} \cdot d = P_o \cdot d - Q \cdot m - E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta \quad [\text{Ecuación 67}]$$

$$R_{1C,\alpha} = \frac{P_o \cdot d - Q \cdot m - E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta}{d} \quad [\text{Ecuación 68}]$$

Expresión que nos devuelve la reacción ($R_{1C,\alpha}$) en el primer eje del vehículo de la carga útil en función del ángulo (α) de elevación de la caja de carga (obteniendo el de inclinación del sistema hidráulico $-\beta-$ a través de la ecuación 29).

Para la obtención de la reacción ($R_{2C,\alpha}$) en el segundo eje, sustituiremos la anterior expresión en la ecuación 61, con el uso también de las ecuaciones 34 y 40, y obtenemos:

$$\frac{P_o \cdot d - Q \cdot m - E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta}{d} - P_o - E_{\alpha} \cdot \operatorname{sen} \beta + R_{2C,\alpha} - (Q - E_{\alpha} \cdot \operatorname{sen} \beta) = 0 \quad [\text{Ecuación 69}]$$

$$\frac{P_o \cdot d - Q \cdot m - E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta}{d} - P_o - E_{\alpha} \cdot \operatorname{sen} \beta + R_{2C,\alpha} - Q + E_{\alpha} \cdot \operatorname{sen} \beta = 0 \quad [\text{Ecuación 70}]$$

$$R_{2C,\alpha} = Q + P_o - \frac{P_o \cdot d - Q \cdot m - E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta}{d} \quad [\text{Ecuación 71}]$$

$$R_{2C,\alpha} = \frac{Q \cdot d}{d} + \frac{P_o \cdot d}{d} - \frac{P_o \cdot d - Q \cdot m - E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta}{d} \quad [\text{Ecuación 72}]$$

Y de esta forma:

$$R_{2C,\alpha} = \frac{Q \cdot (d + m) + E_{\alpha} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} - g \right) \cdot \operatorname{sen} \beta}{d} \quad [\text{Ecuación 73}]$$

Expresión que, al igual que en el caso anterior, nos cuantifica el esfuerzo ($R_{2C,\alpha}$) en el segundo eje del vehículo debido a la carga útil en función del ángulo (α) de

elevación de la carrocería (obteniendo el de inclinación del sistema hidráulico $-\beta-$ a través de la ecuación 29).

En las siguientes tablas se especifica el estado de carga del vehículo tanto para la situación de inicio de elevación ($\alpha=0^\circ$), como para el caso de máxima elevación ($\alpha=45^\circ$), obtenidos a través de las expresiones anteriormente deducidas en la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”:

REPARTO de CARGAS en el BASCULAMIENTO -Inicio Elevación ($\alpha=0^\circ$)-				
Concepto	Denominación	1ºEje (kg)	2ºEje (kg)	Total (kg)
Peso Propio	R_{1P}, R_{2P}, R_P	2525	1125	3650
Carga Util y Ocup.	$R_{1C,0} + P_O, R_{2C,0}$	1613	6737	8350
TOTAL	R_1, R_2, R	4138	7862	12000
MMA	MMA_1, MMA_2, MMA	5000	8500	12000

Tabla 32

Como puede observarse, y no podría ser de otra manera, las reacciones sobre los ejes en el momento de inicio de la elevación ($\alpha=0^\circ$), coinciden con las calculadas para la posición de orden de marcha (ver tabla 26), si bien en aquel caso eran obtenidas con una carga unitaria, uniformemente repartida, y en este caso con dos carga puntuales, una en la articulación el sistema hidráulico y otra en la articulación de la carrocería.

REPARTO de CARGAS en el BASCULAMIENTO - Máxima Elevación ($\alpha=45^\circ$)-				
Concepto	Denominación	1ºEje (kg)	2ºEje (kg)	Total (kg)
Peso Propio	R_{1P}, R_{2P}, R_P	2525	1125	3650
Carga Util y Ocup.	$R_{1C,45} + P_O, R_{2C,45}$	-716	9066	8350
TOTAL	R_1, R_2, R	1809	10191	12000
MMA	MMA_1, MMA_2, MMA	5000	8480	12000

Tabla 33

Nótese que en el segundo eje aparece una sobrecarga de mil setecientos once kilogramos (1711 kg). Hay tener en cuenta dos circunstancias:

- El cálculo precedente se ha realizado teniendo en cuenta una situación mucho más severa que la real, es decir, se ha considerado que la portera trasera de la carrocería está bloqueada y la carga tan compacta que no se derrama en absoluto; en ningún caso se iniciará la maniobra de descarga sin abrir o quitar la portera trasera.
- Según los técnicos profesionales y carroceros consultados durante la redacción del presente Proyecto, todos los fabricantes admiten una sobrecarga excepcional de corta duración en algunos de los ejes, siempre a vehículo parado, principalmente en operaciones de carga y descarga; este valor varía entre el cincuenta (50%) y el sesenta (60%) por ciento.

Teniendo en cuenta esta última información, podríamos escribir:

$$MMA_{2\max} = p \cdot MMTA_2$$

[Ecuación 74]

Donde:

- $MMA_{2\max}$ ≡ máxima carga admitida excepcional y puntualmente, con escasa duración temporal en el segundo eje, en kg.
- $MMTA_2$ ≡ masa máxima técnicamente admitida en el segundo eje, en este caso 8480 kg.
- p ≡ sobrecarga admitida excepcional y puntualmente, con escasa duración temporal en el segundo eje, en este caso 50%.

Operando:

$$MMA_{2\max} = 8480 + \frac{50}{100} \cdot 8480 = 12720 \text{ kg} > 10191 \text{ kg} \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 75}]$$

Como puede comprobarse, el valor admitido es inferior al obtenido para el segundo eje al final de la fase de descarga; por tanto, **la reforma del vehículo no produce carga alguna no admitida durante el basculamiento.**

3.7. Justificación de la Resistencia del Bastidor del Vehículo.

3.7.1. Esfuerzos que Solicitan al Bastidor del Vehículo Reformado.

El conjunto bastidor más falsobastidor se estudia de manera estática, atendiendo a las secciones donde se encuentren los esfuerzos máximos, de forma que se justifique que podrá soportar las citadas solicitaciones.

Muy importante será demostrar también que se obtienen, para cada caso, los coeficientes de seguridad definidos en el primer apartado de esta sección, de manera que quede garantizada su integridad incluso con la aparición de las cargas dinámicas derivadas de la circulación del vehículo.

Conocidos ya,

- por un lado, el reparto de pesos del vehículo cargado hasta su MMA (en orden de marcha),
- y por otro, los repartos de cargas y esfuerzos puntuales durante el basculamiento,

pueden calcularse las ecuaciones del momento flector y esfuerzo cortante que solicita cada una de las secciones de los largueros que constituyen el conjunto bastidor y falsobastidor, aplicando las Leyes de la Resistencia de Materiales.

También según la citada disciplina, un sistema de cargas como el que nos encontramos, produce sobre los largueros un momento flector que infringe sobre los mismos una flexión que provoca unas tensiones en la dirección longitudinal del perfil, que solicitan a las diversas secciones del conjunto estructural que en definitiva es el

conjunto bastidor más falsobastidor. En la siguiente figura se esquematizan estas tensiones:

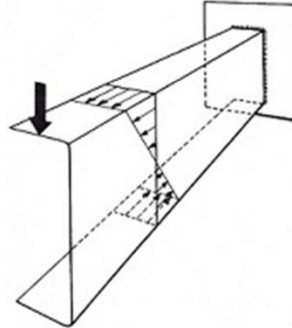


Figura 39. Tensiones producidas por el momento flector

En las vigas en voladizo las tensiones de la parte superior trabajan a tracción y las de la parte inferior a compresión; si se trata de un sistema biapoyado, ocurre lo contrario. Por tanto, en cada sección existe un punto donde estos esfuerzos se anulan, que viene a ser el centro de gravedad del área estudiada, denominándose la recta longitudinal (normal a la sección) que los contiene línea o fibra neutra.

Lógicamente, también aparece, como ya se ha indicado una segunda tensión que solicita a las secciones de la viga: esfuerzo o tensión cortante, que actúa a cortadura o cizalladura.

Se obtendrán todas estas solicitaciones para los dos estados fundamentales que pueden darse en este tipo de carrozados, indicados a continuación, que son desarrollados en los dos siguientes apartados:

- **Carrocería totalmente posada.**
- **Carrocería en fase de descarga.**

3.7.2. Momentos Flectores y Esfuerzos Cortantes en Orden de Marcha.

Este caso se presenta estando el vehículo totalmente cargado, en orden de marcha, dispuesto para la circulación.

Como en casos anteriores, se idealiza el conjunto bastidor más falsobastidor como una viga biapoyada, siendo los apoyos los ejes del vehículo, sometida a la carga útil uniformemente distribuida, y considerando su inicio u origen el primer eje.

Esquemáticamente:

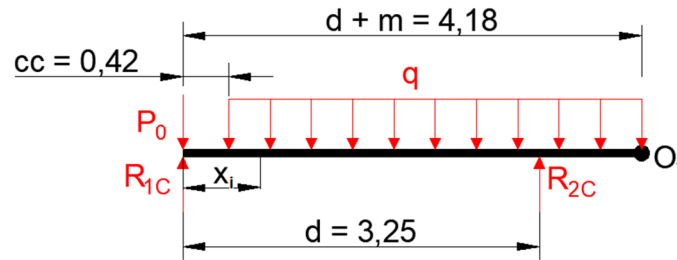


Figura 40. Esquema de cálculo de flectores y cortantes en orden de marcha -vehículo-

Así, en nuestro caso, atendiendo a los diversos tramos o secciones que aparecen, tendríamos las siguientes expresiones, no sin antes indicar la relación entre la carga útil y la carga útil unitaria:

$$q = \frac{Q}{l_c} \quad \text{[Ecuación 76]}$$

$$0 \leq x_1 \leq 0,42; \quad Mf_{1C} = R_{1C} \cdot x_1 - P_0 \cdot x_1 = (R_{1C} - P_0) \cdot x_1 \quad \text{[Ecuación 77]}$$

$$0,42 \leq x_2 \leq 3,25; \quad Mf_{2C} = (R_{1C} - P_0) \cdot x_2 - \frac{q}{2} \cdot (x_2 - 0,42)^2 \quad \text{[Ecuación 78]}$$

$$3,25 \leq x_3 \leq 4,18; \quad Mf_{3C} = (R_{1C} - P_0) \cdot x_3 - \frac{q}{2} \cdot (x_3 - 0,42)^2 + R_{2C} \cdot (x_3 - 3,25) \quad \text{[Ecuación 79]}$$

Donde el momento se expresa en kilogramos por metro (kg·m), siendo:

- Mf_{1C} ≡momento flector en la primera sección en orden de marcha.
- Mf_{2C} ≡momento flector en la segunda sección en orden de marcha.
- Mf_{3C} ≡momento flector en la tercera sección en orden de marcha.
- x_1 ≡abscisa en la primera sección en orden de marcha, en m.
- x_2 ≡abscisa en la segunda sección en orden de marcha, en m.
- x_3 ≡abscisa en la tercera sección en orden de marcha, en m.
- R_{1C} ≡reacción debida a la carga útil en el primer eje en orden de marcha, cuyo valor es 1463 kg (ver tabla 25).
- R_{2C} ≡reacción debida a la carga útil en el segundo eje en orden de marcha, cuyo valor es 6737 kg (ver tabla 25).
- P_0 ≡carga debida a los ocupantes, cuyo valor es 150 kg (ver tabla 26).
- Q ≡carga útil, equivalente a 8200 kg (ver ecuación 2).
- l_c ≡longitud nominal de la carrocería a instalar, equivalente a 4,50 m (ver apartado 3.3.).
- q ≡carga útil unitaria, uniformemente distribuida (por unidad de longitud carrozada), que en este caso es 1822,22 kg/m.

Derivando en cada caso respecto de la variable se obtienen las ecuaciones del esfuerzo cortante:

$$0 \leq x_1 \leq 0,42; \quad F_{1C} = R_{1C} - P_o \quad [\text{Ecuación 80}]$$

$$0,42 \leq x_2 \leq 3,25; \quad F_{2C} = R_{1C} - P_o - q \cdot (x_2 - 0,42) \quad [\text{Ecuación 81}]$$

$$3,25 \leq x_3 \leq 4,18; \quad F_{3C} = R_{1C} - P_o - q \cdot (x_3 - 0,42) + R_{2C} \quad [\text{Ecuación 82}]$$

Donde el esfuerzo cortante viene expresado en kilogramos (kg), siendo:

- F_{1C} ≡ esfuerzo cortante en la primera sección en orden de marcha.
- F_{2C} ≡ esfuerzo cortante en la segunda sección en orden de marcha.
- F_{3C} ≡ esfuerzo cortante en la tercera sección en orden de marcha.

Como puede comprobarse los valores máximos del momento flector se producen donde se anula o cambia de signo el esfuerzo cortante. En nuestro caso, el momento flector máximo ($M_{f_{\text{Cmax}(s)}}$) se produce en la sección que corresponde al segundo eje del vehículo, que está en el segundo tipo de sección (2) del conjunto bastidor-falsobastidor estudiado. No obstante, en este caso comprobaremos también el máximo momento flector que se produce en la primera sección (1), si bien me indican los profesionales consultados, que salvo situaciones de carga muy especiales, sólo es necesario la verificación del máximo momento flector absoluto. Sus valores, que han sido recuperados de la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”, son:

$$M_{f_{\text{Cmax}(1)}} = 615 \text{ kg} \cdot \text{m} = 61500 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (6,03 \text{ kN} \cdot \text{m}) \quad x = 0,42 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 83}]$$

$$M_{f_{\text{Cmax}(2)}} = 2541 \text{ kg} \cdot \text{m} = 254100 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (24,93 \text{ kN} \cdot \text{m}) \quad x = 3,25 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 84}]$$

Y, de la misma manera, para el esfuerzo cortante máximo ($F_{\text{Cmax}(s)}$):

$$F_{\text{Cmax}(1)} = 1463 \text{ kg} \quad (14,35 \text{ kN}) \quad 0 \leq x \leq 0,42 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 85}]$$

$$F_{\text{Cmax}(2)} = 3693 \text{ kg} \quad (36,23 \text{ kN}) \quad x = 3,25 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 86}]$$

3.7.3. Momentos Flectores y Esfuerzos Cortantes en Fase de Descarga.

Este caso se obtendría con el vehículo totalmente cargado y los elementos del equipo de volteo de la carrocería en funcionamiento.

Al igual que en el caso anterior, se idealiza el conjunto bastidor más falsobastidor como una viga biapoyada, siendo los apoyos los ejes del vehículo, sometida a los esfuerzos puntuales que sobre la misma aparecen por la acción de los citados elementos de volteo.

Se contemplan en este estado fundamentalmente dos casos: inicio y final de elevación, que son los más característicos con la configuración adoptada para el sistema hidráulico de elevación, pues en el primer caso el esfuerzo del cilindro de elevación es máximo y el que aparece en la articulación de la carrocería mínimo, y en el segundo ocurre lo contrario.

Se desarrollan en los dos apartados siguientes, insertándose previamente el esquema con la situación de carga que se produce.

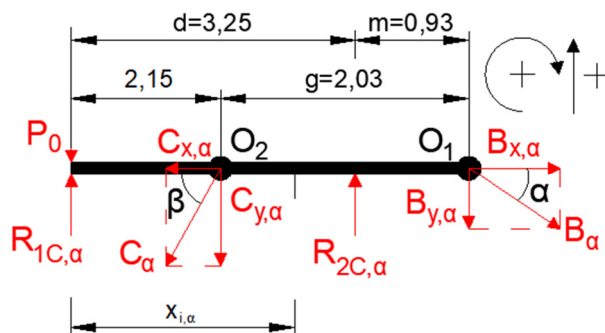


Figura 41. Esquema de cálculo de flectores y cortantes en fase de descarga -vehículo-

3.7.3.1. Momentos flectores y esfuerzos cortantes al inicio de la elevación de la carrocería.

En este caso, aparecen tres tramos o secciones a estudiar, que dan lugar a las siguientes expresiones para el momento flector:

$$0 \leq x_{1,0} \leq 2,15; \quad Mf_{1C,0} = R_{1C,0} \cdot x_{1,0} - P_o \cdot x_{1,0} = (R_{1C,0} - P_o) \cdot x_{1,0} \quad [\text{Ecuación 87}]$$

$$2,15 \leq x_{2,0} \leq 3,25; \quad \begin{aligned} Mf_{2C,0} &= (R_{1C,0} - P_o) \cdot x_{2,0} - C_y \cdot (x_{2,0} - 2,15) = \\ &= (R_{1C,0} - P_o) \cdot x_{2,0} - E_o \cdot (x_{2,0} - 2,15) \cdot \text{sen } \beta \end{aligned} \quad [\text{Ecuación 88}]$$

$$3,25 \leq x_{3,0} \leq 4,18; \quad \begin{aligned} Mf_{3C,0} &= (R_{1C,0} - P_o) \cdot x_{3,0} - C_y \cdot (x_{3,0} - 2,15) + R_{2C,0} \cdot x_{3,0} = \\ &= (R_{1C,0} - P_o) \cdot x_{3,0} - E_o \cdot (x_{3,0} - 2,15) \cdot \text{sen } \beta + R_{2C,0} \cdot x_{3,0} \end{aligned} \quad [\text{Ecuación 89}]$$

Donde el momento se expresa en kilogramos por metro (kg·m), siendo:

- $Mf_{1C,0}$ ≡momento flector en la primera sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$.
- $Mf_{2C,0}$ ≡momento flector en la segunda sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$.
- $Mf_{3C,0}$ ≡momento flector en la tercera sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$.
- $x_{1,0}$ ≡abscisa en la primera sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$, en m.
- $x_{2,0}$ ≡abscisa en la segunda sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$, en m.
- $x_{3,0}$ ≡abscisa en la tercera sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$, en m.
- P_o ≡carga debida a los ocupantes, cuyo valor es 150 kg (ver tabla 26).
- $R_{1C,0}$ ≡reacción debida a la carga útil en el primer eje para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$, cuyo valor es 1463 kg (ver tabla 32).
- $R_{2C,0}$ ≡reacción debida a la carga útil en el segundo eje para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$, cuyo valor es 6737 kg (ver tabla 32).
- E_o y C_o ≡esfuerzo en el punto de empuje y anclaje del sistema hidráulico para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$, cuyo valor es 6149 kg (ver tabla 28).

Derivando en cada caso respecto de la variable se obtienen las ecuaciones del esfuerzo cortante:

$$0 \leq x_{1,0} \leq 2,15; \quad F_{1C,0} = R_{1C,0} - P_o \quad [\text{Ecuación 90}]$$

$$2,15 \leq x_{2,0} \leq 3,25; \quad F_{2C,0} = R_{1C,0} - P_o - E_o \cdot \text{sen} \beta \quad [\text{Ecuación 91}]$$

$$3,25 \leq x_{3,0} \leq 4,18; \quad F_{3C,0} = R_{1C,0} - P_o - E_o \cdot \text{sen} \beta + R_{2C,0} \quad [\text{Ecuación 92}]$$

Donde el esfuerzo cortante viene expresado en kilogramos (kg), siendo:

- $F_{1C,0}$ = esfuerzo cortante en la primera sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$.
- $F_{2C,0}$ = esfuerzo cortante en la segunda sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$.
- $F_{3C,0}$ = esfuerzo cortante en la tercera sección para un ángulo de elevación de $\alpha=0^\circ$.

En el caso que estamos estudiando, el momento flector máximo ($M_{f_{Cmax,0(s)}}$) se produce en la sección que corresponde al punto de apoyo del sistema hidráulico de elevación, que está en el segundo tipo de sección (2) del conjunto bastidor-falsobastidor. No obstante, al igual que en caso anterior, comprobaremos también el máximo momento flector que se produce en la primera sección (1).

La representación gráfica de ambas funciones aparece en la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”, de donde provienen los valores máximos de las mismas, que a continuación se citan para el momento flector:

$$M_{f_{Cmax,0(1)}} = 615 \text{ kg} \cdot \text{m} = 61500 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (6,03 \text{ kN} \cdot \text{m}) \quad x = 0,42 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 93}]$$

$$M_{f_{Cmax,0(2)}} = 3146 \text{ kg} \cdot \text{m} = 314600 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (30,86 \text{ kN} \cdot \text{m}) \quad x = 2,15 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 94}]$$

Y los del esfuerzo cortante máximo ($F_{Cmax,0(s)}$):

$$F_{Cmax,0(1)} = 1463 \text{ kg} \quad (14,35 \text{ kN}) \quad 0 \leq x \leq 0,42 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 95}]$$

$$F_{Cmax,0(2)} = 4666 \text{ kg} \quad (45,77 \text{ kN}) \quad 2,15 \leq x \leq 3,25 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 96}]$$

3.7.3.2. Momentos flectores y esfuerzos cortantes al final de la elevación de la carrocería.

Para este caso las ecuaciones y los diversos tramos donde se aplican serían exactamente las mismas que el caso anterior, si bien, los resultados obtenidos serían distintos dado que están en función del ángulo de elevación de la carrocería, y aquí pasaría de tener un valor nulo ($\alpha=0^\circ$ al inicio del volteo) a cuarenta y cinco grados ($\alpha=45^\circ$ al final del giro de la caja de carga).

Puede verse la representación gráfica de las mismas para este último ángulo en la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”. Los

valores máximos obtenidos de la misma, utilizando el mismo tipo de nomenclatura, son los siguientes:

$$M_{f_{C_{max,45(1)}}} = 364 \text{ kg}\cdot\text{m} = 36400 \text{ kg}\cdot\text{cm} \text{ (3,52 kN}\cdot\text{m)} \quad x = 0,42 \text{ m [Ecuación 97]}$$

$$M_{f_{C_{max,45(2)}}} = 5486 \text{ kg}\cdot\text{m} = 548600 \text{ kg}\cdot\text{cm} \text{ (53,87 kN}\cdot\text{m)} \quad x = 3,25 \text{ m [Ecuación 98]}$$

Y también:

$$F_{C_{max,45(1)}} = 866 \text{ kg (8,50 kN)} \quad 0 \leq x \leq 0,42 \text{ m} \quad \text{[Ecuación 99]}$$

$$F_{C_{max,45(2)}} = 3298 \text{ kg (32,35 kN)} \quad 3,25 \leq x \leq 4,18 \text{ m} \quad \text{[Ecuación 100]}$$

3.7.4. Módulo Resistente del Conjunto Bastidor-Falsobastidor.

Como ya se mencionó en el apartado correspondiente de la Memoria del presente Proyecto, el falsobastidor lo constituirán dos perfiles normalizados UPN-120, representándose esquemáticamente la sección del conjunto bastidor-falsobastidor en la figura siguiente:

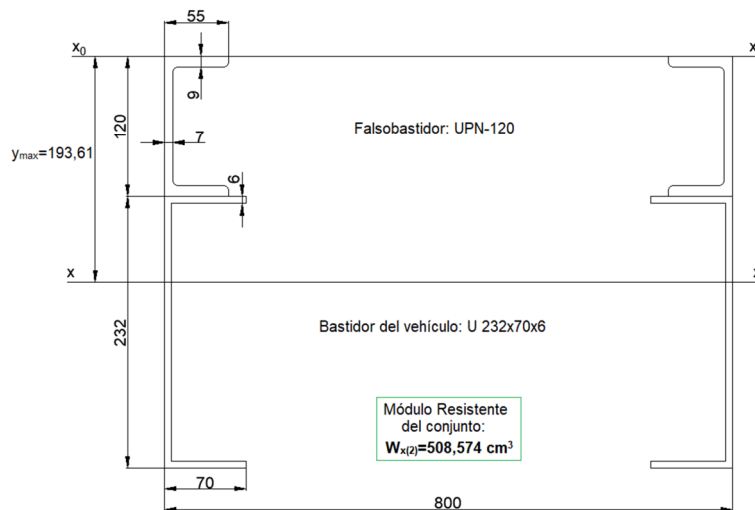


Figura 42. Sección del conjunto bastidor más falsobastidor

Teniendo en cuenta esto, y puesto que el citado conjunto contiene secciones de área constante, su módulo o momento resistente viene dado por la expresión siguiente, según las Leyes de la Resistencia de Materiales:

$$W_{x(s)} = \frac{I_{x(s)}}{y_{\max(s)}} \quad \text{[Ecuación 101]}$$

Donde:

- $W_{x(s)}$ ≡ módulo resistente de la sección (s) respecto del eje (x-x) que contiene la fibra neutra.
- $I_{x(s)}$ ≡ momento de inercia de la sección (s) respecto del eje (x-x) que contiene la fibra neutra.
- $y_{\max(s)}$ ≡ distancia de la fibra neutra a la fibra más alejada de la sección.

Su cálculo analítico ha sido implementado en la hoja de cálculo “Módulo Resistente del Bastidor. Cálculos Geométricos”.

3.7.4.1. Distancia de la fibra neutra a la fibra más alejada de la sección.

La obtención de esta magnitud se realiza aplicando la definición de momento estático de un área plana, para lo cual se descomponen las secciones de los perfiles en áreas de figuras geométricas de fácil integración (rectángulos en este caso), calculando el citado momento estático respecto a un eje auxiliar (x_0-x_0), que por simplicidad suele hacerse coincidir con la línea superior de la sección.

Una vez conocida ésta, la distancia de la fibra neutra a la fibra más alejada será el valor máximo entre la distancia a la fibra neutra y el valor absoluto de la sustracción de la misma la altura total de la sección.

Matemáticamente:

$$y_{0(s)} \cdot \sum_{i=1}^n s_{n(s)} = \sum_{i=1}^n (a_{n(s)} \cdot d_{n(s)}); \quad y_{0(s)} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_{n(s)} \cdot d_{n(s)})}{\sum_{i=1}^n s_{n(s)}} \quad [\text{Ecuación 102}]$$

$$y_{\max(s)} = \text{Max}[y_{0(s)}; |H_{(s)} - y_{0(s)}|] \quad [\text{Ecuación 103}]$$

Donde:

- $a_{n(s)} \equiv$ área o sección de cada uno de los rectángulos en que se descompone la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm^2 .
- $d_{n(s)} \equiv$ distancia del centro de gravedad de cada área descompuesta hasta el eje auxiliar (x_0-x_0) de la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm.
- $y_{0(s)} \equiv$ distancia entre el eje auxiliar (x_0-x_0) y el eje ($x-x$) que contiene la fibra neutra en la sección (s), en cm.
- $H_{(s)} \equiv$ altura total de perfiles de la sección (s) estudiada, en nuestro caso 23,2 cm para la primera sección del conjunto (sección 1) y 35,2 cm para la segunda (sección 2).
- $y_{\max(s)} \equiv$ distancia entre el eje ($x-x$) que contiene la fibra neutra y la fibra más alejada de la sección (s), en cm.

Como puede observarse en la hoja de cálculo denominada “Módulo Resistente del Bastidor. Cálculos Geométricos”, anteriormente mencionada, los valores obtenidos para cada una de las dos secciones son:

$$y_{\max(1)} = 11,600 \text{ cm (116,00 mm)} \quad [\text{Ecuación 104}]$$

$$y_{\max(2)} = 19,361 \text{ cm (193,61 mm)} \quad [\text{Ecuación 105}]$$

3.7.4.2. Momento de inercia de la sección respecto del eje que contiene la fibra neutra.

De igual manera que en el caso anterior, la obtención de esta magnitud se realiza aplicando la definición de momento de inercia de un área plana respecto de su centro de gravedad, descomponiéndose las secciones de los perfiles en las mismas áreas planas del anterior apartado.

Una vez obtenidos estos datos, se aplicará el Teorema de Steiner para calcular el momento de inercia total respecto del eje (x-x) que contiene la fibra neutra.

Es decir:

$$I_{n(s)} = \frac{b_{n(s)} \cdot h_{n(s)}^3}{12} \quad [\text{Ecuación 106}]$$

$$I_{x(s)} = \sum_{i=1}^n I_{n(s)} \pm \sum_{i=1}^n (a_{n(s)} \cdot c_{n(s)}^2) \quad [\text{Ecuación 107}]$$

Donde:

- $I_{n(s)}$ ≡momento de inercia respecto de su centro de gravedad de cada uno de los rectángulos en que se descompone la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm^4 .
- $b_{n(s)}$ ≡base de cada uno de los rectángulos en que se descompone la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm.
- $h_{n(s)}$ ≡altura de cada uno de los rectángulos en que se descompone la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm.
- $a_{n(s)}$ ≡área o sección de cada uno de los rectángulos en que se descompone la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm^2 .
- $c_{n(s)}$ ≡distancia del centro de gravedad de cada área descompuesta hasta el eje (x-x) que contiene la fibra neutra, en la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm.
- $I_{x(s)}$ ≡momento de inercia de la sección respecto del eje que contiene la fibra neutra, en la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm^4 .

Como puede observarse en la hoja de cálculo “Módulo Resistente del Bastidor. Cálculos Geométricos”, los valores obtenidos (por larguero) para cada una de las dos secciones son:

$$I_{x(1)} = 1605,2480 \text{ cm}^4 \quad (16052480 \text{ mm}^4) \quad [\text{Ecuación 108}]$$

$$I_{x(2)} = 4923,3731 \text{ cm}^4 \quad (49233731 \text{ mm}^4) \quad [\text{Ecuación 109}]$$

Con todo ello, los valores del módulo o momento resistente a flexión del conjunto bastidor-falsobastidor, por larguero, en las secciones estudiadas son los siguientes:

$$W_{x(1)} = 138,383 \text{ cm}^3 \quad (138383 \text{ mm}^3) \quad [\text{Ecuación 110}]$$

$$W_{x(2)} = 254,287 \text{ cm}^3 \quad (254287 \text{ mm}^3) \quad [\text{Ecuación 111}]$$

3.7.5. Módulo o Coeficiente Elástico Equivalente del Conjunto Bastidor-Falsobastidor.

La resistencia a la rotura y el límite elástico del bastidor difieren de los correspondientes al falsobastidor, pues el primero está construido por el fabricante del vehículo en acero de altas prestaciones y para el segundo, como para el resto de la carrocería se utilizan perfiles estructurales normalizados de los que comúnmente se utilizan para las estructuras metálicas, principalmente por motivos de economía.

Según el Manual de Carrozado el valor del límite elástico (σ_{e-b}) del material del bastidor de origen es el siguiente:

$$\sigma_{e-b} = 3550 \frac{kg}{cm^2} = 348,14 MPa \quad [\text{Ecuación 112}]$$

Sin embargo, el valor que toma la tensión en el límite elástico (σ_{e-c}) del acero empleado para la construcción del falsobastidor, denominado S275JR conforme se indicó en el apartado correspondiente de la Memoria del presente Proyecto, es el siguiente:

$$\sigma_{e-c} = 2650 \frac{kg}{cm^2} = 259,88 MPa \quad [\text{Ecuación 113}]$$

Algunos de los técnicos profesionales consultados por el Autor que suscribe utilizan en la justificación de la resistencia del bastidor-falsobastidor exclusivamente el valor inferior, indicando que están del lado de la seguridad.

Otros, por el contrario, utilizan el módulo o coeficiente elástico equivalente, mediante el cual se obtiene un valor para el conjunto de perfiles, dependiendo de la geometría del mismo.

De igual forma que en los casos anteriores, obtendremos el módulo elástico equivalente ($\sigma_{e-e(s)}$) descomponiendo las secciones de los perfiles en las mismas áreas planas simples anteriormente utilizadas. Según las Leyes de la Resistencia de Materiales, matemáticamente tendríamos:

$$\sigma_{e-e(s)} = \frac{\sum_{i=1}^n [(I_{n(s)} \pm (a_{n(s)} \cdot c_{n(s)}^2)) \cdot \sigma_{n(s)}]}{I_{x(s)}} \quad [\text{Ecuación 114}]$$

Donde:

- $\sigma_{e-e(s)}$ ≡coeficiente o módulo elástico equivalente de cada sección (s) del conjunto bastidor-falsobastidor, en kg/cm².
- $I_{n(s)}$ ≡momento de inercia respecto de su centro de gravedad de cada uno de los rectángulos en que se descompone la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm⁴.
- $a_{n(s)}$ ≡área o sección de cada uno de los rectángulos en que se descompone la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm².

- $c_{n(s)}$ ≡distancia del centro de gravedad de cada área descompuesta hasta el eje (x-x) que contiene la fibra neutra en la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm.

- $I_{x(s)}$ ≡momento de inercia de la sección respecto del eje que contiene la fibra neutra en la sección (s), siendo $i=1 \dots i=n$, en cm^4 .

Implementado todo ello en la hoja de cálculo “Módulo Resistente del Bastidor. Cálculos Geométricos”, el valor obtenido para el coeficiente elástico equivalente es, para cada una de las dos secciones:

$$\sigma_{e-e(1)} = 3550,00 \text{ kg/cm}^2 \text{ (348,14 MPa)} \quad [\text{Ecuación 115}]$$

$$\sigma_{e-e(2)} = 3181,30 \text{ kg/cm}^2 \text{ (311,98 MPa)} \quad [\text{Ecuación 116}]$$

Lógicamente, el valor obtenido para la primera sección coincide con el valor del límite elástico del material, pues su composición es única y homogénea.

3.7.6. Comprobación de la Resistencia del Conjunto Bastidor-Falsobastidor y Coeficientes de Seguridad.

Comprobaremos bajo este epígrafe que el conjunto bastidor-falsobastidor es idóneo desde el punto de vista estructural para soportar todos los esfuerzos que lo solicitan, deducidos en los apartados anteriores, especificando en cada caso el coeficiente de seguridad obtenido, que deberá ser superior a los fijados en el primer apartado de esta sección de Cálculos Justificativos.

Para el caso del **momento flector**, la expresión que justifica que una viga o conjunto estructural es válido viene dada por las Leyes de la Resistencia de Materiales; a saber:

$$\sigma_{t(s)} = \frac{Mf_{\max(s)}}{W_{x(s)}} \leq \sigma_{e-e(s)} \quad [\text{Ecuación 117}]$$

Donde:

- $\sigma_{t(s)}$ ≡tensión de trabajo del material en la sección (s) del conjunto estructural, en kg/cm^2 .

- $Mf_{\max(s)}$ ≡momento flector máximo que se produce en la sección (s) estudiada, en $\text{kg} \cdot \text{cm}$.

- $W_{x(s)}$ ≡momento resistente respecto del eje (x-x) que contiene la fibra neutra de la sección(s), en cm^3 .

- $\sigma_{e-e(s)}$ ≡coeficiente o módulo elástico equivalente de cada sección (s), en kg/cm^2 .

Por otro lado, la expresión que nos trae el coeficiente de seguridad ($k_{e(s)-\sigma}$) respecto del límite elástico del material es:

$$k_{e(s)-\sigma} = \frac{\sigma_{e-e(s)}}{\sigma_{t(s)}} \quad [\text{Ecuación 118}]$$

Siendo:

- $k_{e(s)-\sigma}$ ≡ coeficiente de seguridad respecto del límite elástico del material, en la sección (s).
- $\sigma_{e-e(s)}$ ≡ coeficiente o módulo elástico equivalente de la sección (s), en kg/cm^2 .
- $\sigma_{t(s)}$ ≡ tensión de trabajo del material en la sección (s), en kg/cm^2 .

Para la comprobación del **esfuerzo cortante** seguiremos el criterio de Von Mises-Hencky para obtener el límite elástico del material a cortadura; según este criterio matemáticamente puede escribirse:

$$\tau_{e-e(s)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{e-e(s)} \quad [\text{Ecuación 119}]$$

Donde:

- $\tau_{e-e(s)}$ ≡ límite elástico a cortadura de la sección (s) del conjunto estructural, en kg/cm^2 .
- $\sigma_{e-e(s)}$ ≡ coeficiente o módulo elástico equivalente de cada sección (s), en kg/cm^2 .

Y la expresión que nos devuelve la tensión a cortadura en una determinada sección es la que distribuye el esfuerzo en el área sobre la que actúa. Así:

$$\tau_{t(s)} = \frac{F_{\max(s)}}{S_{(s)}} \leq \tau_{e-e(s)} \quad [\text{Ecuación 120}]$$

Donde:

- $\tau_{t(s)}$ ≡ tensión de trabajo del material en la sección (s) de la viga, en kg/cm^2 .
- $F_{\max(s)}$ ≡ esfuerzo cortante máximo que se produce en la sección (s) estudiada, en kg.
- $S_{(s)}$ ≡ superficie sobre la que actúa el esfuerzo cortante máximo en la sección (s), en cm^2 .
- $\tau_{e-e(s)}$ ≡ coeficiente o módulo elástico equivalente de cada sección (s), en kg/cm^2 .

De la misma forma que para el caso del momento flector que se acaba de exponer, la expresión que nos facilita el coeficiente de seguridad ($k_{e(s)-\tau}$) respecto del límite elástico del material es:

$$k_{e(s)-\tau} = \frac{\tau_{e-e(s)}}{\tau_{t(s)}} \quad [\text{Ecuación 121}]$$

Siendo:

- $k_{e(s)-\tau}$ ≡ coeficiente de seguridad a cortadura respecto del límite elástico del material, en la sección (s).

- $\tau_{e-e(s)}$ ≡coeficiente o módulo elástico equivalente a cortadura de cada sección (s), en kg/cm^2 .

- $\tau_{t(s)}$ ≡tensión de trabajo del material en la sección (s), en kg/cm^2 .

Sobre este último coeficiente de seguridad (ecuación 121), cabe mencionar que según la bibliografía consultada, en los casos de tensión a cortadura pura elevada, combinada con esfuerzos derivados de momentos flectores, y puntualmente por momentos torsores cuya aparición y cuantificación es de difícil predicción, la fatiga del material aparece antes, por lo que para este caso se tomarán como coeficientes de seguridad mínimos los indicados en la siguiente tabla:

COEFICIENTES de SEGURIDAD a CORTADURA	
Tipo de cargas	Valor mínimo
Continuas, de acción constante	20,0
No continuas, acción y aparición esporádica	15,0

Tabla 34

3.7.6.1. Comprobación y coeficientes de seguridad en orden de marcha.

- Momentos flectores:

Teniendo en cuenta, por un lado, el resultado plasmado en las ecuaciones 83 y 110, aplicados a la ecuación 117, y por otro, los resultados de las ecuaciones 115 y 122, aplicados a la ecuación 118, tendríamos:

$$\sigma_{t(1)} = \frac{61500}{2 \cdot 138,383} = 222,21 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 21,79 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 122}]$$

$$k_{e(1)-\sigma} = \frac{3550,00}{221,21} = 16,05 \gg 3,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 123}]$$

Del mismo modo, para la segunda sección del conjunto bastidor-falsobastidor, utilizamos las ecuaciones 84 y 111 aplicadas a la 117, por un lado, y por otro los resultados de las ecuaciones 116 y 124, aplicados a la ecuación 118; operando:

$$\sigma_{t(2)} = \frac{254100}{2 \cdot 253,287} = 499,63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 49,00 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 124}]$$

$$k_{e(2)-\sigma} = \frac{3181,30}{499,63} = 6,37 \gg 3,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 125}]$$

- Esfuerzos Cortantes:

Primeramente, con el uso de las ecuaciones 115, 116 y 119 vamos a obtener el límite elástico de las dos secciones del conjunto bastidor-falsobastidor, que además deberá utilizarse para la justificación de otras situaciones de carga distintas a la de vehículo en orden de marcha que nos ocupa.

$$\tau_{e-e(1)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 3550,00 = 2049,59 \frac{kg}{cm^2} = 201,00 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 126}]$$

$$\tau_{e-e(2)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 3381,30 = 1836,72 \frac{kg}{cm^2} = 180,12 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 127}]$$

De igual manera que se hizo para el momento flector, operando con las ecuaciones 85, 120, 128 y 121, 126, 129, tendríamos para la primera sección del conjunto bastidor-falsobastidor, cuya área ($s_{(1)}$) a continuación se indica:

$$s_{(1)} = 2 \cdot 21,60 = 43,20 \text{ cm}^2 = 4320 \text{ mm}^2 \quad [\text{Ecuación 128}]$$

$$\tau_{t(1)} = \frac{1463}{43,20} = 33,87 \frac{kg}{cm^2} = 3,32 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 129}]$$

$$k_{e(1)-\tau} = \frac{2049,59}{33,87} = 60,51 \gg 20,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 130}]$$

Y para la segunda sección, utilizando las ecuaciones 86, 120, 121, 127, 131 y 132, incluyendo la superficie de la sección ($s_{(2)}$):

$$s_{(2)} = 2 \cdot 38,64 = 77,28 \text{ cm}^2 = 7728 \text{ mm}^2 \quad [\text{Ecuación 131}]$$

$$\tau_{t(2)} = \frac{3693}{77,98} = 47,78 \frac{kg}{cm^2} = 4,69 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 132}]$$

$$k_{e(2)-\tau} = \frac{1836,72}{47,78} = 38,44 \gg 20,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 133}]$$

3.7.6.2. Comprobación y coeficientes de seguridad al inicio de la elevación de la carrocería.

En todos estos apartados dedicados a la comprobación de la seguridad de los elementos estructurales principales, por claridad de exposición y de lectura, seguiremos una misma forma de sistemática descriptiva y nomenclatura que en anteriores apartados, sin nombrar ya las ecuaciones que se aplican, pues la mayoría son las mismas.

- Momentos flectores:

Para la primera sección de conjunto tendríamos:

$$\sigma_{tC,0(1)} = \frac{65100}{2 \cdot 138,383} = 222,21 \frac{kg}{cm^2} = 21,79 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 134}]$$

$$k_{eC,0(1)-\sigma} = \frac{3550,00}{221,21} = 16,05 \gg 1,5 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 135}]$$

Del mismo modo, para la segunda sección del conjunto bastidor-falsobastidor se tiene:

$$\sigma_{tC,0(2)} = \frac{314600}{2.254,287} = 618,59 \frac{kg}{cm^2} = 60,66 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 136}]$$

No obstante, esta tensión resultante del momento flector, deberá ser incrementada por la que provocan los esfuerzos axiales ($C_{x,\alpha}$ -ver ecuación 54-) que aparecen, derivados de la fuerza que produce la elevación (E_α -ver ecuación 47-) de la carrocería, representados en el esquema de cargas de la figura 38, y cuyo valor está recogido en la tabla 28. La tensión resultante del mismo podemos obtenerla de la siguiente expresión:

$$\sigma_{txC,0(2)} = \frac{E_{x,0}}{s_2} \quad [\text{Ecuación 137}]$$

Siendo:

- $\sigma_{txC,0(2)}$ ≡tensión de trabajo debida al esfuerzo axial en la segunda sección del conjunto bastidor-falsobastidor para un ángulo de elevación nulo, en kg/cm^2 .
- $E_{x,0}$ ≡esfuerzo axial en la segunda sección del conjunto bastidor-falsobastidor para el inicio de la elevación de la carrocería, siendo su valor 483 kg.
- s_2 ≡área de la segunda sección del conjunto bastidor-falsobastidor, siendo su valor 77,28 cm^2 .

Operando:

$$\sigma_{txC,0(2)} = \frac{483}{77,28} = 6,25 \frac{kg}{cm^2} = 0,61 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 138}]$$

Así, teniendo en cuenta los resultados de las ecuaciones 136 y 138, se obtiene:

$$k_{eC,0(2)-\sigma} = \frac{3181,30}{618,59 + 6,25} = 5,09 \gg 1,5 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 139}]$$

• Esfuerzos Cortantes:

Para la primera sección:

$$\tau_{tC,0(1)} = \frac{1463}{43,20} = 33,87 \frac{kg}{cm^2} = 3,32 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 140}]$$

$$k_{eC,0(1)-\tau} = \frac{2049,59}{33,87} = 60,51 \gg 15,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 141}]$$

Y para la segunda sección:

$$\tau_{tC,0(2)} = \frac{4666}{77,28} = 60,38 \frac{kg}{cm^2} = 5,92 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 142}]$$

$$k_{eC,0(2)-\tau} = \frac{1836,72}{60,35} = 30,42 \gg 15,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 143}]$$

3.7.6.3. Comprobación y coeficientes de seguridad al final de la elevación de la carrocería.

- Momentos flectores:

Para la primera sección:

$$\sigma_{tC,45(1)} = \frac{36400}{2.138,383} = 131,52 \frac{kg}{cm^2} = 12,90 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 144}]$$

$$k_{eC,45(1)-\sigma} = \frac{3550,00}{131,52} = 26,99 \gg 1,5 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 145}]$$

Y para la segunda, donde se produce el máximo absoluto:

$$\sigma_{tC,45(2)} = \frac{548600}{2.254,287} = 1078,70 \frac{kg}{cm^2} = 105,78 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 146}]$$

Al igual que para el caso anterior, habrá de sumarse la tensión provocada por los esfuerzos axiales; siguiendo una misma sistemática, tendríamos:

$$\sigma_{tC,45(2)} = \frac{2430}{77,28} = 31,44 \frac{kg}{cm^2} = 3,08 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 147}]$$

$$k_{eC,45(2)-\sigma} = \frac{3181,30}{1078,70 + 31,44} = 2,87 \gg 1,5 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 148}]$$

- Esfuerzos Cortantes:

En la primera sección:

$$\tau_{tC,45(1)} = \frac{866}{43,20} = 20,05 \frac{kg}{cm^2} = 1,97 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 149}]$$

$$k_{eC,45(1)-\tau} = \frac{2049,59}{20,05} = 102,22 \gg 15,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 150}]$$

Y en la segunda:

$$\tau_{tC,45(2)} = \frac{3295}{77,28} = 42,64 \frac{kg}{cm^2} = 4,18 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 151}]$$

$$k_{eC,45(2)-\tau} = \frac{1836,72}{42,64} = 43,07 \gg 15,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 152}]$$

Como resumen de los tres apartados precedentes podemos concluir que puede considerarse que **el bastidor del vehículo es perfectamente válido para las solicitaciones a que va a ser sometido**, garantizándose la ausencia de riesgo de deformaciones y/o roturas, quedando garantizada su integridad estructural.

3.8. Justificación de la Resistencia del Bastidor o Largueros de la Carrocería, Travesaños del Piso de la Misma y Travesano de Ataque del Sistema Hidráulico.

3.8.1. Esfuerzos que Solicitan a los Largueros de la Carrocería.

Los largueros de la carrocería se ven sometidos a unos esfuerzos de similares propiedades a los expuestos en apartados anteriores para el conjunto bastidor más falsobastidor, por lo que su estudio se realiza de manera análoga, con las lógicas diferencias que impone sobre todo su singular configuración geométrica.

Lo mismo puede decirse para los principales elementos estructurales ligados a ellos, como son el travesano de ataque de los pistones hidráulicos y los que soportan el piso de la caja de carga.

Atendiendo a ello, pasamos a desarrollar las diferentes situaciones de carga a la que se están sujetos, justificando por último que son capaces de soportar los esfuerzos máximos a los que se verán sometidos, así como justificar que se cumplen los coeficientes de seguridad mínimos prefijados.

3.8.2. Momentos Flectores y Esfuerzos Cortantes en los Largueros de la Carrocería en Orden de Marcha.

Este caso, al igual que para el conjunto bastidor-falsobastidor, se presenta estando el vehículo totalmente cargado, en orden de marcha, dispuesto para la circulación.

Queda plasmada en la siguiente figura la situación de carga que sobre este elemento estructural se produce: se trata de una viga en voladizo desde el punto de giro (O_1) de la carrocería hasta el final de la misma, con una carga uniformemente distribuida, siendo su valor el mismo que se obtuvo con la ecuación 76.

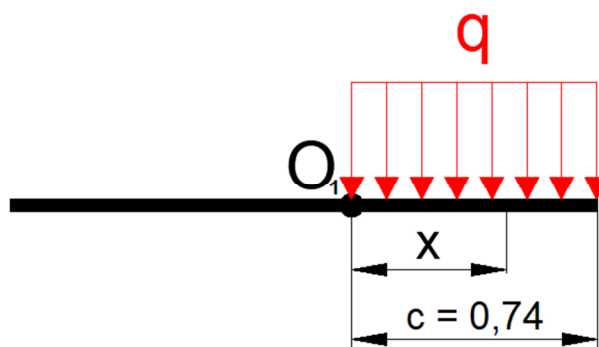


Figura 43. Esquema de cálculo de flectores y cortantes en orden de marcha -largueros de carrocería-

Donde:

O_1 , c y q tienen el mismo significado que el indicado en la figura 36 y en la tabla 27.

Dado que los largueros tienen una carga constante, sólo habrá un tramo a estudiar, tanto a flectores como a cortadura. Así, en este caso, tendríamos la siguiente expresión:

$$0 \leq x \leq c = 0,74; \quad M_{f_{C-I}} = \frac{q}{2}(0,74 - x)^2 \quad [\text{Ecuación 153}]$$

Donde el momento se expresa en kilogramos por metro (kg·m), siendo:

- $M_{f_{C-I}}$ ≡momento flector en el voladizo desde la articulación de la carrocería.
- x ≡abscisa, en m.

Derivando respecto de la variable se obtiene la ecuación del esfuerzo cortante:

$$0 \leq x \leq c = 0,74; \quad F = q(x - 0,74) \quad [\text{Ecuación 154}]$$

Donde el esfuerzo cortante viene expresado en kilogramos (kg), siendo:

- F_{C-I} ≡esfuerzo cortante en el voladizo desde la articulación de la carrocería.

Los valores máximos del momento flector ($M_{f_{C-I\max}}$) y del esfuerzo cortante ($F_{C-I\max}$), arrojados por la hoja de cálculo “Cálculos Justificativos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”, son los siguientes:

$$M_{f_{C-I\max}} = 499 \text{ kg} \cdot \text{m} = 49900 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (4,90 \text{ kN} \cdot \text{m}) \quad x = 0 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 155}]$$

$$F_{C-I\max} = 1348 \text{ kg} \quad (13,22 \text{ kN}) \quad x = 0 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 156}]$$

3.8.3. Momentos Flectores y Esfuerzos Cortantes en los Largueros de la Carrocería en Fase de Descarga.

Para el caso de los largueros de la carrocería, dado que los valores al final de la elevación son mucho más pequeños que los obtenidos al inicio de la misma (ver tablas 28 y 29), resulta obvio la no necesidad de la justificación de los mismos en la primera situación, pues se obtendrán valores para la tensión muy inferiores a las de comienzo de volteo.

La situación de carga al comienzo de la elevación de la carrocería podría esquematizarse conforme se indica en la siguiente figura, donde constan los esfuerzos que se producen y los datos necesarios.

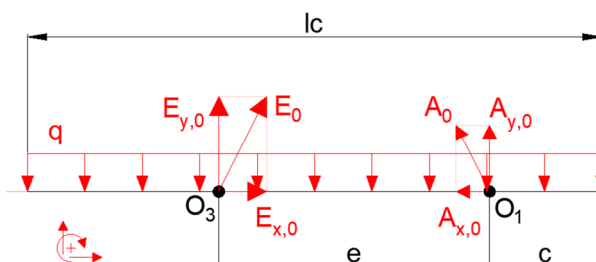


Figura 44. Esquema de cálculo de flectores y cortantes al inicio de la elevación -largueros de carrocería-

Como puede observarse, se ha utilizado la misma nomenclatura que en el resto de apartados en los que los elementos implicados en esta ocasión han aparecido, por lo que entendemos que huelga volver a detallar su significado.

Se van a tener en cuenta las mismas consideraciones que se indicaron en el estudio del bastidor más falsobastidor al comienzo de la fase de elevación de la carrocería.

Aparecen tres tramos donde estudiar el momento flector; a saber:

$$0 \leq x_1 \leq lc - e - c = 1,74 \quad \text{[Ecuación 157]}$$

$$Mf_{1C-l,0} = -\frac{q}{2}x_1^2 \quad \text{[Ecuación 158]}$$

$$lc - e - c = 1,74 \leq x_2 \leq lc - c = 3,76 \quad \text{[Ecuación 159]}$$

$$Mf_{2C-l,0} = -\frac{q}{2}x_2^2 + E_{y,0} \cdot (x_2 - 1,74) = -\frac{q}{2}x_2^2 + E_0 \cdot (x_2 - 1,74) \cdot \sin \beta \quad \text{[Ecuación 160]}$$

$$lc - c = 3,76 \leq x_3 \leq lc = 4,50 \quad \text{[Ecuación 161]}$$

$$\begin{aligned} Mf_{3C-l,0} &= -\frac{q}{2}x_3^2 + E_{y,0} \cdot (x_3 - 1,74) + A_{y,0} \cdot (x_3 - 3,76) = \\ &= -\frac{q}{2}x_3^2 + E_0 \cdot (x_3 - 1,74) \cdot \sin \beta + (Q - E_0 \cdot \sin \beta)(x_3 - 3,76) \end{aligned} \quad \text{[Ecuación 162]}$$

Donde el momento flector se expresa en kilogramos por metro (kg·m).

Para el esfuerzo cortante, se tendría:

$$0 \leq x_1 \leq lc - e - c = 1,74 \quad \text{[Ecuación 163]}$$

$$F_{1C-l,0} = -q \cdot x_1 \quad \text{[Ecuación 164]}$$

$$lc - e - c = 1,74 \leq x_2 \leq lc - c = 3,76 \quad \text{[Ecuación 165]}$$

$$F_{2C-l,0} = -q \cdot x_2 + E_0 \cdot \sin \beta \quad \text{[Ecuación 166]}$$

$$lc - c = 3,76 \leq x_3 \leq lc = 4,50 \quad \text{[Ecuación 167]}$$

$$F_{3C-l,0} = -q \cdot x_3 + E_0 \cdot \sin \beta + (Q - E_0 \cdot \sin \beta) = -q \cdot x_3 + Q \quad \text{[Ecuación 168]}$$

Donde el esfuerzo cortante viene expresado en kilogramos (kg).

Estas funciones han sido incorporadas a la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”, donde aparece la representación gráfica de las mismas y los valores máximos que se indican a continuación:

$$M_{f_{C-1,0\max}} = 2758 \text{ kg}\cdot\text{m} = 275800 \text{ kg}\cdot\text{cm} \text{ (27,06 kN}\cdot\text{m)} \quad x = 1,74 \text{ m} \text{ [Ecuación 169]}$$

$$F_{C-1,0\max} = 3171 \text{ kg} \text{ (31,11 kN)} \quad x = 1,74 \text{ m} \text{ [Ecuación 170]}$$

3.8.4. Módulo Resistente y Sección de los Largueros de la Carrocería.

Estos valores característicos del perfil podrían calcularse de igual forma que se realizó para el conjunto bastidor-falsobastidor, es decir, por descomposición en áreas simples y posterior integración de las mismas.

Sin embargo, y dado que el perfil utilizado para los largueros de la carrocería está normalizado (UPN-140), los valores de los parámetros que nos interesan para este caso pueden obtenerse directamente de un Prontuario de Estructuras Metálicas. De esta forma:

$$s_I = 20,4 \text{ cm}^2 = 2040 \text{ mm}^2 \text{ [Ecuación 171]}$$

$$W_{x-I} = 8,64 \text{ cm}^3 = 86400 \text{ mm}^3 \text{ [Ecuación 172]}$$

Donde:

- s_I ≡ sección del perfil.
- W_{x-I} ≡ módulo resistente respecto del eje (x-x) que contiene la fibra neutra, en este caso, dada la simetría de la sección de la viga coincide con el centro geométrico de la misma.

3.8.5. Comprobación de la Resistencia de los Largueros de la Carrocería y Coeficientes de Seguridad.

Seguiremos un método similar al que se ha utilizado para el conjunto bastidor más falsobastidor, con unos apartados idénticos, comprobando en cada caso que el coeficiente de seguridad obtenido es superior al prefijado.

3.8.5.1. Comprobación y coeficientes de seguridad en orden de marcha.

- Momentos flectores:

$$\sigma_{I-I} = \frac{49900}{286,4} = 288,77 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 23,84 \text{ MPa} \text{ [Ecuación 173]}$$

$$k_{e-\sigma} = \frac{2650,00}{288,77} = 9,18 \gg 3,0 \Rightarrow \text{Válido} \text{ [Ecuación 174]}$$

- Esfuerzos Cortantes:

Antes de justificar la idoneidad del perfil elegido para los largueros de la caja de carga, debemos obtener su límite elástico a cortadura; para ello nos serviremos de las

ecuaciones 113 y 119. Este valor nos servirá para el resto de justificaciones a cortadura, pues todos los elementos estructurales instalados son del mismo tipo de acero.

$$\tau_{e-l} = \frac{1}{\sqrt{3}} 2650,00 = 1529,98 \frac{kg}{cm^2} = 150,04 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 175}]$$

Y de esta forma tendríamos:

$$\tau_{t-l} = \frac{1348}{2.17,0} = 39,65 \frac{kg}{cm^2} = 3,89 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 176}]$$

$$k_{e-d} = \frac{1529,98}{39,65} = 38,58 \gg 20,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 177}]$$

3.8.5.2. Comprobación y coeficientes de seguridad al inicio de la elevación de la carrocería.

- Momentos flectores:

$$\sigma_{t-l,0} = \frac{275800}{2.86,4} = 1596,61 \frac{kg}{cm^2} = 146,57 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 178}]$$

No obstante, esta tensión resultante del momento flector, debe ser incrementada por la que provocan los esfuerzos axiales ($E_{x,\alpha}$ -ver ecuación 48-) que aparecen, derivados de la fuerza que produce la elevación (E_α -ver ecuación 47-) de la carrocería, representados en el esquema de cargas de la figura 44, y cuyo valor está recogido en la tabla 28. La tensión resultante del mismo podemos obtenerla de la siguiente expresión, donde sus componentes ya han sido mencionados:

$$\sigma_{t-c,0} = \frac{E_{x,0}}{s_1} = \frac{483}{2.20,4} = 11,84 \frac{kg}{cm^2} = 1,16 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 179}]$$

Por lo que:

$$k_{e-\sigma,0} = \frac{2650,00}{1596,61 + 11,84} = 1,65 \gg 1,5 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 180}]$$

- Esfuerzos Cortantes:

$$\tau_{t-l,0} = \frac{3171}{2.20,4} = 77,72 \frac{kg}{cm^2} = 7,62 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 181}]$$

$$k_{e-\tau,0} = \frac{1529,98}{77,72} = 19,9 > 15,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 182}]$$

3.8.6. Estudio del Travesaño de Ataque de los Pistones Hidráulicos.

Pasaremos bajo este apartado a justificar la resistencia del travesaño donde los pistones hidráulicos que producen la elevación de la caja de carga ejercen el esfuerzo que provoca el volteo de la misma.

Como ya hemos demostrado en apartados anteriores, el esfuerzo máximo que soportará este elemento estructural se producirá al inicio de la elevación de la carrocería; esquemáticamente puede describirse esta situación de carga como la que aparece en la figura siguiente:

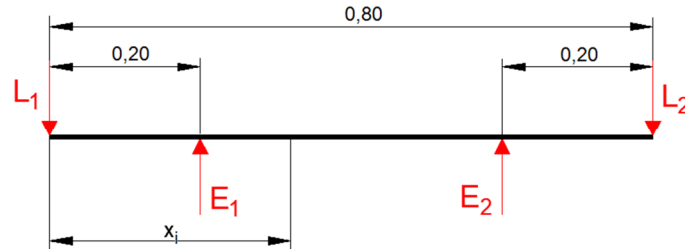


Figura 45. Esfuerzos sobre el travesaño de ataque del sistema hidráulico

Siendo:

- $E_{y1,0}$ y $E_{y2,0}$ ≡ esfuerzos simétricos y de igual cuantía generados por los cilindros hidráulicos gemelos para vencer la oposición que comporta la carga útil. Su valor conjunto viene dado por lo deducido de la ecuación 49, reflejado en la tabla 28, en este caso 6130 kg.

- L_1 y L_2 ≡ reacciones simétricas que aparecen en los largueros de la carrocería, donde se ancla el travesaño que estudiamos, en kg.

Dada la simetría de la configuración y de la cuantía de los esfuerzos, resulta evidente que:

$$E_{y1,0} = E_{y2,0} = \frac{6130}{2} = 3065 \text{ kg} = 30,07 \text{ kN} \quad [\text{Ecuación 183}]$$

Y por tanto:

$$L_1 = L_2 = -3065 \text{ kg} = -30,07 \text{ kN} \quad [\text{Ecuación 184}]$$

3.8.6.1. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en el travesaño de ataque.

Vista la figura anterior, se detectan diversos tramos para el cálculo del momento flector en esta viga, a saber:

$$0 \leq x_1 \leq 0,20; \quad Mf_{1r} = -L_1 \cdot x_1 \quad [\text{Ecuación 185}]$$

$$0,20 \leq x_2 \leq 0,60; \quad Mf_{2r} = -L_1 \cdot x_2 + E_{y1,0} \cdot (x_2 - 0,20) \quad [\text{Ecuación 186}]$$

$$0,60 \leq x_3 \leq 0,80; \quad Mf_{3r} = -L_1 \cdot x_3 + E_{y1,0} \cdot (x_3 - 0,20) + E_{y2,0} \cdot (x_3 - 0,60) \quad [\text{Ecuación 187}]$$

Donde el momento se expresa en kilogramos por metro (kg·m), siendo:

- M_{f1} ≡momento flector en la primera sección del travesaño.
- M_{f2} ≡momento flector en la segunda sección del travesaño.
- M_{f3} ≡momento flector en la tercera sección del travesaño.
- x_1 ≡abscisa en la primera sección, en m.
- x_2 ≡abscisa en la segunda sección, en m.
- x_3 ≡abscisa en la tercera sección, en m.

Derivando en cada caso respecto de la variable se obtienen las ecuaciones del esfuerzo cortante:

$$0 \leq x_1 \leq 0,20; \quad F_{1r,0} = -L_1 \quad \text{[Ecuación 188]}$$

$$0,20 \leq x_2 \leq 0,60; \quad F_{2r,0} = -L_1 + E_{y1,0} \quad \text{[Ecuación 189]}$$

$$0,60 \leq x_3 \leq 0,80; \quad F_{3r,0} = -L_1 + E_{y1,0} + E_{y2,0} \quad \text{[Ecuación 190]}$$

Donde el esfuerzo cortante viene expresado en kilogramos (kg), siendo:

- $F_{1t,0}$ ≡esfuerzo cortante en la primera sección.
- $F_{2t,0}$ ≡esfuerzo cortante en la segunda sección.
- $F_{3t,0}$ ≡esfuerzo cortante en la tercera sección.

En la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos” aparece la representación gráfica de las mismas. Los valores máximos para el momento flector ($M_{f_{\max}}$) y esfuerzo cortante ($F_{t_{\max}}$) obtenidos de la misma son los reflejados en las siguientes expresiones:

$$M_{f_{\max}}=613 \text{ kg}\cdot\text{m}=61300 \text{ kg}\cdot\text{cm} \quad (60,11 \text{ kN}\cdot\text{m}) \quad 0,20 \leq x \leq 0,60 \text{ m} \quad \text{[Ecuación 191]}$$

$$F_{t_{\max}}=3065 \text{ kg} \quad (30,07 \text{ kN}) \quad 0 \leq x \leq 0,20 \text{ y } 0,60 \leq x \leq 0,80 \text{ m} \quad \text{[Ecuación 192]}$$

3.8.6.2. Módulo resistente y sección del travesaño.

Puesto que los dos tipos de perfiles utilizados para el travesaño de ataque están normalizados ($\square 100 \times 60 \times 6$), los valores de los parámetros que nos interesan para este caso pueden obtenerse directamente de un Prontuario de Estructuras Metálicas. De esta forma:

$$s_t = 17,71 \text{ cm}^2 = 1771 \text{ mm}^2 \quad \text{[Ecuación 193]}$$

$$W_{xt} = 45,48 \text{ cm}^3 = 454800 \text{ mm}^3 \quad \text{[Ecuación 194]}$$

Donde:

- s_t ≡sección de cada uno de los dos perfiles que conforman el travesaño.
- W_{xt} ≡módulo resistente de cada uno de los perfiles respecto del eje (x-x) que contiene la fibra neutra.

3.8.6.3. Comprobación y coeficientes de seguridad del travesaño.

- Momentos flectores:

Utilizando una simbología y nomenclatura similar a la que se viene usando para estos casos, tendríamos:

$$\sigma_{t-t,0} = \frac{61300}{2.45,48} = 673,92 \frac{kg}{cm^2} = 66,09 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 195}]$$

$$k_{e-\sigma,0} = \frac{2650,00}{673,92} = 3,93 \gg 1,5 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 196}]$$

- Esfuerzos Cortantes:

$$\tau_{t-t,0} = \frac{3065,0}{2.17,71} = 86,53 \frac{kg}{cm^2} = 8,49 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 197}]$$

$$k_{e-\tau,0} = \frac{1529,98}{86,53} = 17,98 \gg 15,0 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 198}]$$

Resultados que justifican la elección de los **perfiles para el travesaño del punto de ataque** del sistema hidráulico, siendo **válidos desde el punto de vista estructural** para soportar las solicitaciones a las van a verse sometidos, manteniéndose los coeficientes de seguridad por debajo de los máximos prefijados.

3.8.7. Estudio de los Travesaños del Piso de la Carrocería o Palomillas.

Como ya se ha explicado en la Memoria del presente Proyecto, estos elementos transversales son los que apoyándose en los largueros principales de la carrocería antes estudiados, soportan el piso y por tanto la carga de la misma.

Dado que son varios, sobre cada uno recaerá una carga uniformemente repartida correspondiente a la separación entre ejes de dos consecutivos, en este caso de seiscientos cuarenta milímetros (640 mm).

Esquemáticamente podemos describir esta situación de carga conforme se indica en la siguiente figura:

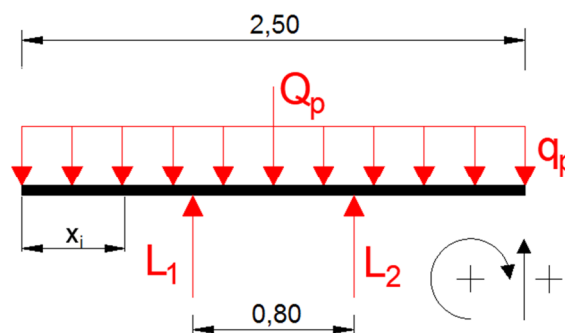


Figura 46. Esfuerzos sobre las palomillas de la

carrocería

Siendo:

- Q_p ≡carga útil que recae sobre cada uno de los travesaños del piso de la carrocería, que en este caso se obtiene repartiendo la carga útil (Q) entre el número total de huecos que quedan entre los citados travesaños, en este caso siete (7), por lo que su valor es 1171,43 kg.

- q_p ≡carga útil unitaria que solicita a cada palomilla, obtenida de repartir la anterior en la longitud total de cada una de ellas, siendo en este caso 468,57 kg/m.

- L_1 y L_2 ≡reacciones simétricas que aparecen en los largueros de la carrocería, donde se apoya la palomilla, en kg.

Como en el caso del estudio del travesaño de ataque del sistema hidráulico, dado la simetría de la configuración, resulta evidente que:

$$L_1 = L_2 = \frac{1171,43}{2} = 585,72 \text{ kg} = 5,75 \text{ kN} \quad [\text{Ecuación 199}]$$

3.8.7.1. Momentos flectores y esfuerzos cortantes en las palomillas.

Vista la figura anterior, se detectan diversos tramos para el cálculo del momento flector en esta viga, a saber:

$$0 \leq x_1 \leq 0,85; \quad Mf_{1p} = -\frac{q_p}{2} \cdot x_1^2 \quad [\text{Ecuación 200}]$$

$$0,85 \leq x_2 \leq 1,65; \quad Mf_{2p} = -\frac{q_p}{2} \cdot x_2^2 + L_1 \cdot (x_2 - 0,85) \quad [\text{Ecuación 201}]$$

$$1,65 \leq x_3 \leq 2,50; \quad Mf_{3p} = -\frac{q_p}{2} \cdot x_3^2 + L_1 \cdot (x_3 - 0,85) + L_2 \cdot (x_3 - 1,65) \quad [\text{Ecuación 202}]$$

Donde el momento se expresa en kilogramos por metro (kg·m), siendo:

- Mf_{1p} ≡momento flector en la primera sección dela palomilla.
- Mf_{2p} ≡momento flector en la segunda sección dela palomilla.
- Mf_{3p} ≡momento flector en la tercera sección dela palomilla.
- x_1 ≡abscisa en la primera sección, en m.
- x_2 ≡abscisa en la segunda sección, en m.
- x_3 ≡abscisa en la tercera sección, en m.

Derivando en cada caso respecto de la variable se obtienen las ecuaciones del esfuerzo cortante:

$$0 \leq x_3 \leq 0,85; \quad F_{1p} = -q \cdot x_1 \quad [\text{Ecuación 203}]$$

$$0,85 \leq x_2 \leq 1,65; \quad F_{2p} = -q \cdot x_2 + L_1 \quad [\text{Ecuación 204}]$$

$$1,65 \leq x_3 \leq 2,50; \quad F_{3p} = -q \cdot x_1 + L_1 + L_2 \quad [\text{Ecuación 205}]$$

Donde el esfuerzo cortante viene expresado en kilogramos (kg), siendo:

- F_{1p} ≡ esfuerzo cortante en la primera sección.
- F_{2p} ≡ esfuerzo cortante en la segunda sección.
- F_{3p} ≡ esfuerzo cortante en la tercera sección.

Los valores máximos ($M_{f_{pmax}}$ y F_{pmax}) que arrojan estas expresiones, deducidos de la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”, se indican a continuación:

$$M_{f_{pmax}} = 169 \text{ kg} \cdot \text{m} = 16900 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (16,57 \text{ kN} \cdot \text{m}) \quad x=0,85\text{m} \text{ y } x=1,65\text{m} \quad [\text{Ecuación 206}]$$

$$F_{pmax} = 398 \text{ kg} \quad (3,90 \text{ kN}) \quad x=0,85\text{m} \text{ y } x=1,65\text{m} \quad [\text{Ecuación 207}]$$

3.8.7.2. Módulo resistente y sección de las palomillas.

Los valores que nos interesan pueden obtenerse directamente de un Prontuario de Estructuras Metálicas. De esta forma:

$$s_p = 7,57 \text{ cm}^2 = 757 \text{ mm}^2 \quad [\text{Ecuación 208}]$$

$$W_{xp} = 19,50 \text{ cm}^3 = 195000 \text{ mm}^3$$

[Ecuación 209]

Donde:

- s_p ≡ sección de cada uno de los dos perfiles que conforman el travesaño.
- W_{xp} ≡ módulo resistente de cada uno de los perfiles respecto del eje (x-x) que contiene la fibra neutra.

3.8.7.3. Comprobación y coeficientes de seguridad de las palomillas.

• Momentos flectores:

Utilizando una simbología y nomenclatura similar a la que se viene usando para estos casos, tendríamos:

$$\sigma_{t-p,0} = \frac{16900}{19,50} = 866,67 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 84,99 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 210}]$$

$$k_{e-\sigma p,0} = \frac{2650,00}{866,67} = 3,06 \gg 1,5 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 211}]$$

• Esfuerzos Cortantes:

$$\tau_{t-p,0} = \frac{398}{7,57} = 52,58 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 5,16 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 212}]$$

$$k_{e-\eta,0} = \frac{1529,98}{52,58} = 29,10 \gg 15,0 \Rightarrow \text{Válido}$$

[Ecuación 213]

Por lo que podemos concluir que los **travesaños del piso de la carrocería son válidos**, con ausencia de deformaciones permanentes, manteniendo su integridad estructural.

3.9. Reparto de Cargas en el Arranque y en el Frenado. Cálculo de la Unión Bastidor-Falsobastidor.

Tanto en el instante del arranque, es decir, en el momento de poner en movimiento el vehículo, como durante la acción contraria, que sería detenerlo, aparece una fuerza de inercia que se opone a uno u otro cambio, lo que se transforma en una transferencia de masa entre los apoyos del vehículo: sus ejes.

En el primer caso hay una transferencia de masa del primer al segundo eje y al revés ocurre en el frenado.

Resulta evidente que el fabricante del vehículo en las fases de desarrollo, ensayo y homologación del mismo ha dimensionado los diferentes elementos estructurales y de seguridad (como por ejemplo el sistema de frenado...) teniendo en cuenta estas y otras muchas circunstancias, por lo cual es irrelevante y banal calcular este tipo de transferencias de masa entre los ejes, siendo lógicamente la más desfavorable la que provoca la acción de frenado.

No obstante, teniendo en cuenta esta última afirmación, el esfuerzo máximo que soportará el sistema de unión entre la carrocería y el bastidor del vehículo vendrá dado durante esta acción.

Siguiendo las indicaciones del Manual de Carrozado, como ya se ha descrito en el apartado correspondiente de la Memoria del presente Proyecto, se ha diseñado una unión flexible inicial seguida de cinco (5) uniones rígidas, con tres tornillos de catorce milímetros (14 mm) de diámetro nominal cada uno de calidad 10.9 para cada larguero; por tanto, sin tener en cuenta la primera unión no rígida, contaremos con un total de treinta (30) tornillos.

Dada la configuración de esta unión, la fuerza de inercia durante el frenado tenderá a cizallar los tornillos de las uniones. Pasaremos pues a justificar la validez de la misma.

La fuerza de inercia (I_f) que actúa sobre la carga útil durante el frenado y la consiguiente tensión (τ_{I_f}) que produce, vendrán dadas por las expresiones:

$$I_f = Q \cdot \mu \cdot a$$

[Ecuación 214]

$$\tau_{I_f} = \frac{I_f}{s \cdot n}$$

[Ecuación 215]

Siendo:

- I_f ≡ fuerza de inercia que aparece en el momento del frenado, en N.
- Q ≡ carga útil, en este caso con un valor de 8200 kg.
- μ ≡ coeficiente de rozamiento entre los neumáticos y el suelo, que en un caso ideal podría ser, como máximo igual a la unidad, adimensional.
- a ≡ aceleración negativa imprimida por el sistema de frenos, que en vehículos convencionales podría ser, en un caso ideal, como máximo igual a la aceleración de la gravedad, en m/s^2 .
- τ_{II} ≡ tensión máxima que se produce durante el frenado, en kg/cm^2 .
- s ≡ sección del núcleo de cada uno de los tornillos implicados en la unión, en este caso de $0,99 \text{ cm}^2$.
- n ≡ número total de tornillos de que está dotada la unión, en este caso 30, adimensional.

Sustituyendo valores, se obtiene:

$$I_f = 80442 \text{ N} \quad [\text{Ecuación 216}]$$

$$\tau_{I_f} = 276,09 \frac{kg}{cm^2} = 27,08 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 217}]$$

El límite elástico a tracción ($\sigma_{et,t}$) de los tornillos de la calidad mencionada más arriba es:

$$\sigma_{et,t} = 9170 \frac{kg}{cm^2} = 899,27 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 218}]$$

Por tanto, aplicando la ecuación 119, el límite elástico a cortadura ($\tau_{ec,t}$) de los tornillos será:

$$\tau_{ec,t} = 5294 \frac{kg}{cm^2} = 519,16 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 219}]$$

Con ello el coeficiente de seguridad ($k_{e,t}$) obtenido para la unión será:

$$k_{e,t} = \frac{\tau_{ec,t}}{\tau_{I_f}} = \frac{5294}{276,09} = 19,17 > 15 \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 220}]$$

Puede considerarse por tanto que la **unión entre carrocería y bastidor** diseñada es **perfectamente válida**, garantizándose la ausencia de riesgo de deformaciones y/o roturas, y su integridad estructural.

3.10. Justificación de la Estabilidad del Vehículo.

Bajo este epígrafe justificaremos la seguridad en la conducción del vehículo, en cualquier condición de carga en orden de marcha, y su estabilidad estática estando situado en una vía en pendiente (plano inclinado), tanto longitudinal como transversalmente.

3.10.1. Maniobrabilidad y Seguridad en la Conducción.

Comprobaremos en este apartado que, tal y como se prescribe en la Directiva 97/27/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22-07-1997, que la carga que gravita sobre el primer eje, directriz, sobre un plano horizontal, en cualquier situación de carga en orden de marcha, sea al menos un veinte por ciento (20%) de la masa total del vehículo, para vehículos de la categoría N2, como el que nos ocupa.

Con ello, según esta Norma, se consigue asegurar una correcta maniobrabilidad y seguridad en la conducción, manteniéndose la adherencia necesaria para el frenado y la dirección.

No obstante, todos los profesionales consultados utilizan en sus cálculos un porcentaje del veinticinco por ciento (25%), reservado en la Directiva antes mencionada para vehículos de categorías M2 y M3, aunque no han dado al Autor que suscribe una razón documentada para ello, salvo que están del lado de la seguridad.

Comprobaremos si en todas las situaciones de carga en la que el vehículo está dispuesto para la circulación (en orden de marcha) se mantiene un porcentaje superior al mínimo exigido por la Directiva antes citada.

Partiendo de las ecuaciones 12 y 14, podemos escribir:

$$R_{2C} = \frac{\frac{lc}{2} + cc}{d} \cdot Q \quad \text{[Ecuación 221]}$$

$$R_{1C} = \frac{d - cc - \frac{lc}{2}}{d} \cdot Q \quad \text{[Ecuación 222]}$$

Por otro lado, utilizando la simbología y operativa de la tabla 26, pero por simplicidad analítica, incluyendo la masa correspondiente a los ocupantes (P_0) en la masa del peso propio del primer eje, que denominaremos como " R_{1P,P_0} " y en el total del peso propio, que nombraremos como " R_{P,P_0} ", tendríamos:

$$R_{P,P_0} = R_{1P,P_0} + R_{2P} \quad \text{[Ecuación 223]}$$

$$R_1 = R_{1P,P_0} + R_{1C} \quad \text{[Ecuación 224]}$$

$$R_2 = R_{2P} + R_{2C} \quad \text{[Ecuación 225]}$$

$$R = R_1 + R_2 \quad [\text{Ecuación 226}]$$

Dividiendo las ecuaciones 224 y 226 entre sí, nos queda:

$$\frac{R_1}{R} = \frac{R_{1P,P_0} + R_{1C}}{R_1 + R_2}; \quad R_1 = \frac{R_{1P,P_0} + R_{1C}}{R_1 + R_2} \cdot R \quad [\text{Ecuación 227}]$$

Y sustituyendo con las ecuaciones 221, 222, 223, 224 y 225, se tiene lo siguiente:

$$R_1 = \frac{R_{1P,P_0} + \frac{d - cc - \frac{lc}{2}}{d} \cdot Q}{R_{1P,P_0} + \frac{d - cc - \frac{lc}{2}}{d} \cdot Q + R_{2P} + \frac{\frac{lc}{2} + cc}{d} \cdot Q} \cdot R \quad [\text{Ecuación 228}]$$

$$R_1 = \frac{R_{1P,P_0} + \frac{d - cc - \frac{lc}{2}}{d} \cdot Q}{R_{1P,P_0} + R_{2P} + \frac{Q}{d} \left(d - cc - \frac{lc}{2} + \frac{lc}{2} + cc \right)} \cdot R \quad [\text{Ecuación 229}]$$

$$R_1 = \frac{R_{1P,P_0} + \frac{d - cc - \frac{lc}{2}}{d} \cdot Q}{R_{P,P_0} + Q} \cdot R; \quad \text{donde } 0 \leq Q \leq 8200 \quad [\text{Ecuación 230}]$$

Esta última expresión, con la carga útil (Q) como variable, nos devuelve cómo evoluciona el valor de la reacción total en el primer eje (R_1) con respecto a la masa total del vehículo (R).

También ha sido incluida en la hoja de cálculo “Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos”, donde aparece la representación gráfica de la misma, siendo el valor más desfavorable ($R_{1\min}$), según lo estudiado en el presente apartado el que aparece a continuación:

$$Q = 8200 \text{ kg} \rightarrow R_{1\min} = 0,3449 \cdot R = \frac{34,49}{100} \cdot R \gg 20\% \cdot R \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 231}]$$

231]

Por lo tanto, y dado que la resultante mínima sobre el primer eje directriz es muy superior al veinte por ciento (20%) de la masa total en cualquier situación de carga en orden de marcha, **queda justificada y asegurada la maniobrabilidad y seguridad en la conducción.**

3.10.2. Estabilidad Longitudinal y Transversal.

En el Manual de Carrozado editado por el fabricante del vehículo se indica que, con el objetivo de conseguir una adecuada estabilidad, tanto longitudinal como transversal, la situación del centro de gravedad del vehículo completo, en orden de marcha, en cualquier condición de carga, estando este en un pavimento nivelado, debe cumplir las siguientes condiciones:

- En horizontal, dentro de la distancia entre ejes del vehículo, es decir, entre el primer y segundo eje.
- En vertical, a altura máxima de mil ochocientos milímetros (1800 mm) medidos desde el pavimento.
- En todas las situaciones de carga se cumplirá la condición de maniobrabilidad y seguridad en la conducción mencionada para esta categoría en la Directiva 97/27/CE.

Si el centro de gravedad no cumpliera las dos primeras condiciones, pues la tercera debe cumplirse en todos los casos, deberá estudiarse pormenorizadamente la estabilidad longitudinal y transversal, de manera que se demuestre que se obtienen unos valores satisfactorios.

Gráficamente, el centro de gravedad o de masas del vehículo completo, debe pues encontrarse dentro del rectángulo rayado que aparece en la siguiente figura:

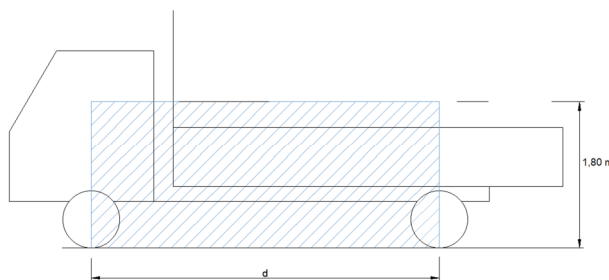


Figura 47. Situación del CDG del vehículo para la adecuada estabilidad longitudinal y transversal

Ha quedado demostrado a la vista del apartado anterior que la tercera de las condiciones antes enumeradas se cumple, en cualquier condición de carga; pasemos a la comprobación de las dos primeras.

Para ello será necesario calcular la situación del centro de masas del vehículo; en el caso que nos ocupa es evidente que la situación más desfavorable se producirá a plena carga, es decir, el vehículo en orden de marcha cargado hasta su masa máxima autorizada.

Podemos partir de la situación reproducida en la siguiente figura, en la que los ejes cartesianos están centrados en el punto de contacto de las ruedas del segundo eje del vehículo con el pavimento.

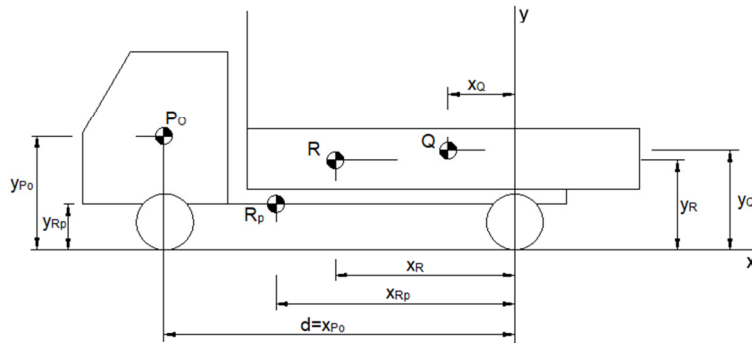


Figura 48. Cálculo de la ubicación del CDG del vehículo completo a plena carga

Donde:

- R , R_p , Q , y P_o ⇒ mismo valor y significado que el indicado en la tabla 26, en kg.

- x_R ⇒ abscisa del centro de masas del vehículo completo, en mm.

- y_R ⇒ ordenada o altura del centro de masas del vehículo completo, en mm.

- x_{Rp} ⇒ abscisa del centro de masas del peso propio del vehículo, obtenida del Manual de Carrozado, siendo su valor 2250 mm.

- y_{Rp} ⇒ ordenada del centro de gravedad correspondiente al peso propio del vehículo, obtenida del Manual de Carrozado, siendo su valor 800 mm.

- x_Q ⇒ abscisa del centro de masas de la carga útil, siendo su valor 580 mm, como ya hemos calculado en otros apartados.

- y_Q ⇒ ordenada del centro de gravedad correspondiente a la carga útil, con un valor también utilizado en otros apartados de 1550 mm.

- x_{Po} ⇒ abscisa del centro de gravedad de los ocupantes, siendo su valor coincidente con la distancia entre ejes (d) del vehículo, es decir 3250 mm.

- y_{Po} ⇒ ordenada del centro de gravedad de los ocupantes, obtenida por medición directa de la altura del cojín del asiento del conductor: 1400 mm; se estima un aumento de 300 mm para el centro de masas de los ocupantes, quedando un valor de 1700 mm.

Así, tomando momentos respecto de cada uno de los ejes, tendríamos, respectivamente:

$$\text{Eje } x; R \cdot y_R = R_p \cdot y_{Rp} + P_o \cdot y_{Po} + Q \cdot y_Q \quad [\text{Ecuación 232}]$$

$$\text{Eje } y; R \cdot x_R = R_p \cdot x_{Rp} + P_o \cdot x_{Po} + Q \cdot x_Q \quad [\text{Ecuación 233}]$$

Sustituyendo datos y operando, se obtiene que la situación del centro de masas del vehículo completo es:

$$0 \leq x_R = 1121 \text{ mm} \leq d \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 234}]$$

$$y_R = 1324 \text{ mm} < 1800 \text{ mm} \Rightarrow \text{Válido} \quad [\text{Ecuación 235}]$$

Queda, por tanto demostrado que **la estabilidad longitudinal y transversal es adecuada**, manteniéndose el centro de masas del vehículo dentro de los límites fijados por su fabricante.

3.11. Estudio y Elección de los Componentes del Sistema Hidráulico de Elevación de la Carrocería.

En este apartado se recogen los parámetros que han sido estudiados y deducidos para la elección de los elementos que hacen posible la elevación de la caja de carga.

En unos casos se trata de análisis geométrico y en otros de cálculos elementales de hidráulica; se desarrollan y exponen a continuación.

3.11.1. Longitud o Carrera Necesaria para la Elevación Máxima de la Carrocería.

Del esquema representado en la figura 37 podemos deducir:

$$\overline{O_2O_3}^2 = (g - f')^2 + (a + f'')^2 \quad \text{[Ecuación 236]}$$

Y con el concurso de las ecuaciones 24 y 25, tendríamos:

$$\overline{O_2O_3}^2 = (g - e \cdot \cos \alpha)^2 + (a + e \cdot \sin \alpha)^2 \quad \text{[Ecuación 237]}$$

Siendo:

- O_2O_3 ≡ distancia entre el punto de giro de los cilindros hidráulicos y el punto de ataque de los pistones que de los mismos se extraen, y por tanto carrera (cr) del sistema hidráulico para determinado ángulo (α) de elevación de la carrocería, en mm.

- a, e, g ≡ parámetros dimensionales del sistema de elevación, obtenidos de la tabla 27, en mm.

Operando para el ángulo ($\alpha=45^\circ$) de máxima elevación de la carrocería, se obtiene:

$$\begin{aligned} \overline{O_2O_3} &= \sqrt{(2030 - 2020 \cdot \cos 45^\circ)^2 + (127 + 2020 \cdot \sin 45^\circ)^2} = \\ &= 1667,66 \text{ mm}; \rightarrow cr \approx 1668 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{[Ecuación 238]}$$

Por tanto, la **carrera máxima de los pistones** del sistema de elevación de la carrocería es **1668 mm**.

No obstante, deberá elegirse un sistema que sobrepase en cierta cantidad este valor, de manera que exista un margen práctico a la hora de instalar físicamente el sistema de elevación en el vehículo; para no rebasar el ángulo máximo ($\alpha=45^\circ$) de elevación prefijado se instalará, como ya se mencionó en la Memoria del presente

Proyecto, un sistema de finales de carrera que limitan el recorrido total a su valor máximo antes expuesto.

Se identifica a continuación el sistema de cilindros hidráulicos elegido de entre los ofertados por el fabricante de los mismos, cuyas características fueron exhaustivamente expuestas en el apartado correspondiente de la Memoria.

CILINDROS HIDRAULICOS	
Marca o fabricante	Industrias J Cortés
Referencia	L065ZFS0
Tipo	L06/5Z CR
Número de expansiones	5
Carrera útil	1443 mm
Presión de trabajo nominal	150 bar
Capacidad de fluido hidráulico	6,9 dm ³

Tabla 35

Los cilindros hidráulicos, y por ende los pistones que los ocupan, como ya se mencionó en la Memoria de este Proyecto, se solicitarán con un aumento de longitud de cincuenta y cuatro milímetros (54 mm), lo que proporciona una carrera total de mil setecientos trece milímetros (1713 mm), algo superior, como es idóneo, a la mínima necesaria deducida en el presente apartado.

En el siguiente apartado comprobaremos también su idoneidad desde el punto de vista del esfuerzo a que van a estar sometidos.

3.11.2. Esfuerzo Máximo de la Última Expansión del Sistema Hidráulico de Elevación de la Caja de Carga.

El sistema hidráulico que acabamos de elegir es del tipo telescópico, es decir, está compuesto de varios pistones que van expandiéndose paulatinamente desde el de mayor diámetro al de menor diámetro, y por tanto para una presión de trabajo constante va reduciéndose el esfuerzo de empuje que es capaz de entregar.

Por ello, habrá de comprobarse que el esfuerzo máximo que puede ejercer la expansión de menor diámetro, en este caso de cuarenta y cinco milímetros (45 mm) es capaz de vencer la fuerza que la carga útil opone a su elevación.

Esta fuerza viene dada por la ecuación 49, habiéndose recogido su valor para el ángulo de máxima elevación de la carrocería en la tabla 29, siendo su valor:

$$E_{y,45} = 2430 \text{ kg} = 23,84 \text{ kN} \quad [\text{Ecuación 239}]$$

El valor de la presión ejercida por un fluido comprimido viene dado por la expresión siguiente:

$$P = \frac{F}{s}; \quad F = P \cdot s \quad [\text{Ecuación 240}]$$

Donde:

$$s = \pi \cdot r^2$$

[Ecuación 241]

Y por tanto:

$$F = P \cdot s = P \cdot \pi \cdot r^2$$

[Ecuación 242]

Siendo:

- P ≡presión ejercida por el fluido, en nuestro caso los 150 bar de presión nominal de trabajo de los cilindros hidráulicos, según su fabricante, que equivalen a $152,95 \text{ kg/cm}^2$.

- F ≡fuerza que ejerce el fluido comprimido, en kg.

- r ≡radio del círculo sobre el que se ejerce la presión, en nuestro caso correspondiente al radio del pistón de la última expansión, de valor 2,25 cm.

- s ≡sección sobre la que se reparte la fuerza ejercida, en nuestro caso la que corresponde a la superficie del círculo del pistón de la última expansión, en cm^2 .

Operando:

$$F = 15295 \cdot \pi \cdot 2,25^2 = 2432,64 \approx 2433 \text{ kg} = 23,87 \text{ kN}$$

[Ecuación 243]

A la vista de este resultado, curiosamente tan próximo al valor necesario de la ecuación 239, se decide por **instalar dos cilindros hidráulicos gemelos**, que trabajarán al unísono, **resultando** con ello, como necesitamos, **un esfuerzo superior al mínimo requerido**.

Trae consigo **esta disposición** una ventaja adicional: **se consigue** mucha **mayor estabilidad** durante la fase de elevación de la carrocería, pues se apoyará la misma sobre cuatro puntos, las dos articulaciones del falsobastidor y los dos sistemas hidráulicos gemelos, en vez de tres puntos, como sería el caso si sólo contásemos con un sistema hidráulico.

3.11.3. Obtención del Volumen Desalojado por los Sistemas Hidráulicos Solicitados Bajo Pedido.

Puesto que por necesidades de carrozado el sistema hidráulico para elevación de la carrocería va a ser solicitado en ejecución no estándar bajo pedido con una carrera total mayor (y por tanto con un volumen mayor) de la que se sirve en los pedidos estándar, deberá de calcularse el incremento de volumen que experimenta, al objeto de entre otras cosas, poder elegir correctamente, con datos fiables el depósito de fluido hidráulico que contendrá la prácticamente totalidad del mismo en situación de orden de marcha, con el sistema de elevación desconectado.

En la tabla siguiente se especifican las carreras y diámetros de cada una de las expansiones que se solicitan en ejecución no estándar:

EXPANSIONES de los CILINDROS a INSTALAR						
Denominación	cr ₁	cr ₂	cr ₃	cr ₄	cr ₅	cr
Nº Expansión	1	2	3	4	5	
Longitud Solicitada (mm)	343	343	346	337	344	1713
Diámetro (mm)	105	90	75	60	45	

Tabla 36

La relación que nos devuelve el volumen de un cilindro de dimensiones conocidas, personalizada para nuestro caso, es la siguiente:

$$V_i = \pi \cdot r_i^2 \cdot cr_i \quad \text{[Ecuación 244]}$$

Siendo:

- V_i≡volumen desalojado por cada expansión “i” una vez efectuada su carrera completa, y “V” el total de todas las expansiones, en dm³(L).
- r_i≡radio de la expansión “i” estudiada, en dm.
- cr_i≡carrera efectiva de la expansión “i” sobre la que se esté operando, en dm.

Operando para las distintas expansiones indicadas en la anterior tabla se obtendría, también tabulado, el siguiente resultado:

VOLUMEN de las EXPANSIONES NO ESTANDAR						
Denominación	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V
Nº Expansión	1	2	3	4	5	
Volumen (dm ³)	2,97	2,18	1,53	0,95	0,55	8,18
Diámetro (mm)	105	90	75	60	45	

Tabla 37

Lo que representa un incremento de mil doscientos ochenta centímetros cúbicos (1,280 L); dado que debemos contar con dos sistemas hidráulicos gemelos, el **incremento total** será de dos mil quinientos sesenta centímetros cúbicos (**2,560 L**).

El **depósito de fluido hidráulico** deberá tener una capacidad mínima **de treinta litros (30 L)**, de manera que exista un sobrenivel (de aproximadamente cinco o seis litros -5 a 6 L-) que evite que pueda incorporarse aire ambiente a las conducciones y la existencia de una cámara en la parte superior del mismo, que entre otras cosas albergue los vapores que puedan producirse por el calentamiento del fluido.

Se ha optado por el depósito que a continuación se identifica:

DEPOSITO de FLUIDO HIDRAULICO	
Marca o fabricante	Bezares
Modelo	30L HDPE
Referencia	90PS03TB
Capacidad	30 L

Tabla 38

3.11.4. Potencia y Caudal Requerido para la Elevación de la Carrocería.

En el caso de que el mecanismo basculante fuese ideal, es decir, no sufriese pérdidas por rozamientos, dilataciones..., **el trabajo realizado por el sistema hidráulico** desde el comienzo hasta el final de la elevación tal y como se describe en la figura 37, vendría dado por la diferencia de energía potencial gravitatoria entre el estado inicial ($\alpha=0^\circ$) y el final ($\alpha=45^\circ$), que podemos expresar como:

$$E_b = Q \cdot g \cdot (n' - n) \quad [\text{Ecuación 245}]$$

Donde:

- E_b = energía total consumida durante el proceso de basculamiento, en J.
- Q = carga útil, definida en apartados anteriores, con un valor de 8200 kg.
- g = aceleración de la gravedad, con un valor de $9,81 \text{ m/s}^2$.
- n' = distancia vertical desde el CDG de la carga útil y el punto de giro de la carrocería (O_1) en la posición de máxima elevación, en m.
- n = distancia vertical desde el CDG de la carga útil y el punto de giro de la carrocería (O_1) en la posición de inicio de elevación, fijado en la tabla 27, con un valor de 0,68 m.

Del esquema de carga reproducido en la figura 37 podemos deducir:

$$\text{sen}(\alpha + \omega) = \frac{n'}{b}; \quad n' = \text{sen}(\alpha + \omega) \quad [\text{Ecuación 246}]$$

$$\text{tg } \omega = \frac{n}{b}; \quad \omega = \text{arctg } \frac{n}{b} \quad [\text{Ecuación 247}]$$

Y así, operando:

$$\omega = \text{arctg } \frac{0,68}{1,51} = 24,24^\circ; \quad n' = 1,51 \cdot \text{sen}(45 + 24,24) = 1,41 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 248}]$$

Luego, aplicado a la ecuación 245:

$$E_b = 8200 \cdot 9,81 \cdot (1,41 - 0,68) = 58722,66 \text{ J} \quad [\text{Ecuación 249}]$$

Lógicamente, el sistema de elevación es más que suficiente para suministrar esta energía; lo importante no es este dato, sino con qué rapidez debe suministrarla, es decir, cuánto tiempo tiene para ello.

Los profesionales del sector consultados por el Autor que suscribe, indican que en un vehículo de este tipo el **tiempo (t_b) de basculamiento** (sin interrupciones voluntarias) debe estar entre los **treinta a cuarenta y cinco** (30-45 s), como se expuso en el apartado correspondiente de la Memoria del presente Proyecto.

La **potencia mínima necesaria** en el **conjunto toma de fuerza y bomba hidráulica** vendrá dada por la siguiente expresión, definición de potencia mecánica:

$$P_b = \frac{E_b}{t_b} \quad \text{[Ecuación 250]}$$

Donde:

- P_b ≡potencia mínima necesaria para el llevar a efecto la elevación total de la carrocería, en kW.
- t_b ≡tiempo total empleado en el basculamiento, empujando en este caso el valor mínimo de entre los recomendados, es decir de 30 s.
- E_b ≡mismo significado que en la ecuación 249, en J.

Por tanto, en el caso más restrictivo, nos queda:

$$P_b = \frac{58722,66}{30} = 1957,42 \text{ W} \approx 1,96 \text{ kW} \quad \text{[Ecuación 251]}$$

Esta **potencia** está muy **por debajo de la capacidad del conjunto toma de fuerza y bomba elegidos**, ya descritos en el apartado correspondiente de la Memoria de este Proyecto, cuyos datos principales recordamos en las siguientes tablas:

TOMA de FUERZA	
Marca o fabricante	Bezares
Modelo	B9-150
Referencia	026003
Potencia a 1000 rpm	37 kW
Relación cinemática con motor	1:1,26

Tabla 39

BOMBA HIDRAULICA	
Marca o fabricante	Bezares
Modelo	BEA 17
Referencia	5060906
Presión máxima	250 bar
Velocidad de funcionamiento	500-2000 rpm
Desplazamiento de fluido hidráulico	16 cm ³ /rev

Tabla 40

Por otro lado, comprobaremos que el conjunto toma de fuerza y bomba hidráulica es capaz de suministrar el **caudal** mínimo **necesario** para producir la **expansión de los pistones hidráulicos**.

Suponiendo una velocidad angular nominal de funcionamiento del sistema de mil quinientas revoluciones por minuto (1500 rpm), que quedan fijadas automáticamente por la centralita electrónica del sistema, tendríamos un caudal (C_h) de fluido hidráulico de:

$$C_h = d_h \cdot \omega \quad [\text{Ecuación 252}]$$

Siendo:

- C_h ≡caudal de fluido hidráulico a la velocidad angular de funcionamiento de la bomba, en cm^3/s .
- d_h ≡desplazamiento de fluido hidráulico característico de la bomba, con un valor de $16 \text{ cm}^3/\text{rev}$.
- ω ≡velocidad angular de funcionamiento del bomba, en este caso 1500 rpm, o lo que es lo mismo 25 rps.

Luego:

$$C_{h,1500} = 15 \cdot 25 = 400 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \quad [\text{Ecuación 253}]$$

Dado que el sistema a plena expansión necesita, según se ha expuesto en la tabla 37, un total de dieciséis mil trescientos sesenta centímetros cúbicos (16360 cm^3 , es decir 16,36 L), la bomba necesitaría, a la velocidad angular de funcionamiento elegida (1500 rpm), un tiempo (t_b) para el conseguir el basculamiento total de:

$$t_b = \frac{16360}{400} = 40,9 \text{ s} \quad [\text{Ecuación 254}]$$

Valor que está dentro del margen anteriormente prefijado.

Como resumen del presente apartado podemos concluir lo indicado en la siguiente tabla:

PARAMETROS para la ELECCION del CONJUNTO TOMA de FUERZA y BOMBA			
Parámetro	Valor Obtenido	Criterio	Aceptación
Potencia requerida	1,96 kW	max 37 kW	<i>Válido</i>
Velocidad angular de funcionamiento	1500 rpm	500-2000 rpm	<i>Válido</i>
Tiempo de elevación total	40,9 s	30-45 s	<i>Válido</i>
Presión de funcionamiento	150 bar	max 250 bar	<i>Válido</i>

Tabla 41

Como vemos, todos los parámetros implicados en la viabilidad de la de la elevación de la carrocería desde el punto de vista energético son adecuados por lo cual **queda demostrada la idoneidad** de la elección **del conjunto bomba y toma de fuerza**.

3.12. Estimación Teórica de la Masa de la Carrocería y sus Accesorios.

A pesar de que los cálculos analíticos que se han expuesto en los anteriores apartados han sido efectuados sin necesidad de conocer la masa de la carrocería y los elementos y accesorios que la completan o complementan, incluido el falsobastidor, se ha creído conveniente realizar una estimación teórica de la misma, aunque lógicamente resulte aproximada; de esta forma podrá fijarse con cierto nivel de precisión la masa real (MR) del vehículo reformado, que debe figurar entre las nuevas características a indicar en su tarjeta de inspección técnica.

En la página siguiente se reproduce una tabla en la que constan los principales perfiles, materiales, elementos... de la superestructura diseñada para el vehículo, resumiéndose en la siguiente expresión la masa total (Q_c) de la misma:

$$Q_c \approx 1520 \text{ kg} \quad \text{[Ecuación 255]}$$

Es decir, que la superestructura o **carrocería con todos sus accesorios** que se instala en el vehículo tiene una **masa total** de aproximada de **mil quinientos veinte kilogramos** (1520 kg).

Por tanto, teniendo en cuenta lo indicado en la tabla 23 podremos resumir en las siguientes expresiones la masa real (MR) y la masa en orden de marcha (MOM) del vehículo reformado son, respectivamente:

$$MR \approx 3650 + 1520 = 5170 \text{ kg} \quad \text{[Ecuación 256]}$$

$$MOM \approx 5170 + 75 = 5245 \text{ kg} \quad \text{[Ecuación 257]}$$

Queda recogida esta última cantidad en el registro correspondiente de la tabla 13, que reproduce la ficha reducida de características del vehículo después de la reforma.

ESTIMACION de la MASA de la CARROCERIA y sus ACCESORIOS								
Elemento	Perfil/Ref. Material	Cantidad	Dimensiones		Peso unitario			Total Parcial
			Longitud (m)	Anchura (m)	kg/m	kg/m2	kg/ud	
FALSO BASTIDOR	Largueros falsobastidor	UPN-120	2	3,88	13,40			103,98
	Cruz San Andrés	UF 100.5	2	1,97	7,09			27,93
	Chapa 5 mm	2	0,30	0,30		40,00		7,20
	Travesaños	UPN-100	2	0,80	10,60			16,96
	Unión bastidor con falsobastidor	240x200x8	10				0,28	2,80
CARROCERIA	Largueros carrocería	UPN-140	2	4,50	16,00			144,00
	Cruz San Andrés	UF 100.5	2	1,97	7,09			27,93
	Chapa 5 mm	2	0,30	0,30		40,00		7,20
	Cierre delantero y trasero	UPN-140	2	0,80	16,00			25,60
	Travesaño ataque cilindros hidráulicos	□100x60x6	2	0,80	13,90			22,24
	Articulación carrocería	GIRO60EL	1				32,20	32,20
	Marco perimetral	UF 100.4	2	4,50	5,81			52,29
		UF 100.4	2	2,40	5,81			27,89
	Refuerzo esquinas marco perimetral	LF 50.4	4	0,09	2,88			1,04
	Palomillas	IPN-80	8	2,50	5,94			118,80
	Piso	Chapa 4mm	1	4,40	2,40	32,00		337,92
	Pilares frontal		2	1,73	9,28			32,02
	Travesaño superior frontal	BP60	1	2,50	2,88			7,20
	Travesaño inferior frontal	KFCA	1	2,50	3,20			8,00
	Chapa plegada frontal	DFC	1	2,48	1,51	17,19		64,37
	Pilares laterales y traseros		4	0,60	7,68			18,43
	Pies pilares laterales y traseros	B105A	4				3,97	15,88
	Marco laterales	□40x30x2	8	2,02	2,24			36,20
		□40-x30x2	8	0,52	2,24			9,32
	Chapa plegada laterales	DFC	4	2,02	0,52	17,19		72,23
	Portera trasera	□40x30x2	2	2,40	2,24			10,75
		□40x30x2	2	0,52	2,24			2,33
	Chapa plegada portera trasera	DFC	1	2,40	0,52	17,19		21,45
	Bisagras compuertas	B23	16				0,40	6,40
	Cerrojos compuertas	B41C	16				0,71	11,36
	Cierres compuertas	B66M+B66H	10				0,44	4,40
HIDRAULICA	Cilindros hidráulicos	L065ZSF0	2				35,00	70,00
	Kit gemelación cilindros hidráulicos	SOPORT40	1				30,00	30,00
	Toma de fuerza	B9-150	1				19,30	19,30
	Bomba hidráulica	BA 17	1				4,82	4,82
	Depósito con fluido hidráulico	30L HDPE	1				30,00	30,00
	Racorería y resto material hidráulico		1				10,00	10,00
OTROS	Tornillería y pequeño material		1				10,00	10,00
	Dispositivos antiproyección 2º eje		2				20,00	40,00
	Dispositivos protección lateral		2				15,00	30,00
					TOTAL			1520,45

Tabla 42

3.13. Cálculos Analíticos. Datos Iniciales y Resultados Obtenidos.

Se reproduce a continuación la hoja de cálculo cuyo nombre da título a este apartado, que ha sido mencionada en diversas ocasiones en la presente sección de Cálculos Justificativos, remitiéndose a la misma para consulta de ciertos resultados.

En el siguiente apartado aparece la denominada “Módulo Resistente del Bastidor. Cálculos Geométricos”, a la que también se ha hecho referencia en apartados anteriores.

CALCULOS ANALITICOS DATOS INICIALES y RESULTADOS OBTENIDOS

DATOS INICIALES

	Descripción	Intervalo	Símbolo	Valor	Uds
	<u>CONFIGURACION DIMENSIONAL</u>				
Vehículo	Longitud total		lt	6,195	m
	Anchura total		at	2,550	m
	Altura total		ht	2,900	m
	Voladizo posterior		vp	1,670	m
	Voladizo anterior		va	1,275	m
	Distancia entre ejes		d	3,250	m
	Distancia entre inicio de carrocería y el primer eje		cc	0,420	m
	Altura a parte superior del bastidor		h	0,830	m
	Distancia entre el CDG de los ocupantes y el primer eje			0,000	m
Carrocería	Longitud nominal		lc	4,500	m
	Altura del falsobastidor			0,120	m
	Altura del bastidor o largueros de caja (UPN140)			0,140	m
	Altura de laterales y base de la carrocería (UPN120)			0,700	m
	Altura del CDG de la carga útil al piso de la carrocería			0,380	m
	Distancia vertical del CDG de la carga útil y el punto de giro de la carrocería, estando esta en posición de marcha		n	0,680	m
	Distancia vertical entre el punto de giro de los cilindros hidráulicos y el punto de giro de los pistones en los largueros de la caja		a	0,127	m
	Distancia horizontal entre la articulación de la carrocería y el centro geométrico (CDG) de la misma		b	1,510	m
	Distancia horizontal entre la articulación de la carrocería y el final de la misma		c	0,740	m
	Distancia horizontal entre el punto de ataque de los pistones en los largueros de la caja y la articulación de la misma		e	2,020	m
	Distancia horizontal entre el punto de giro de los cilindros hidráulicos y la articulación de la carrocería		g	2,030	m
	Distancia horizontal entre la articulación de la caja de carga y el segundo eje		m	0,930	m
	<u>CONFIGURACION de ESFUERZOS</u>				
	Masa máxima técnicamente admisible		MMTA	12000,00	kg
	Masa máxima técnicamente admisible en primer eje		MMTA1	5000,00	kg
	Masa máxima técnicamente admisible en segundo eje		MMTA2	8480,00	kg
	Masa máxima autorizada para circulación		MMA	12000,00	kg

Masa máxima autorizada para circulación en primer eje	MMA1	5000,00	kg
Masa máxima autorizada para circulación en segundo eje	MMA2	8480,00	kg
Masa propia en primer eje	R1p	2525,00	kg
Masa propia en segundo eje	R2p	1125,00	kg
Carga útil	Q	8200,00	kg
Carga útil unitaria	q	1822,22	kg/m
Masa de los tripulantes u ocupantes	Po	150,00	kg

CONFIGURACION de PERFILES

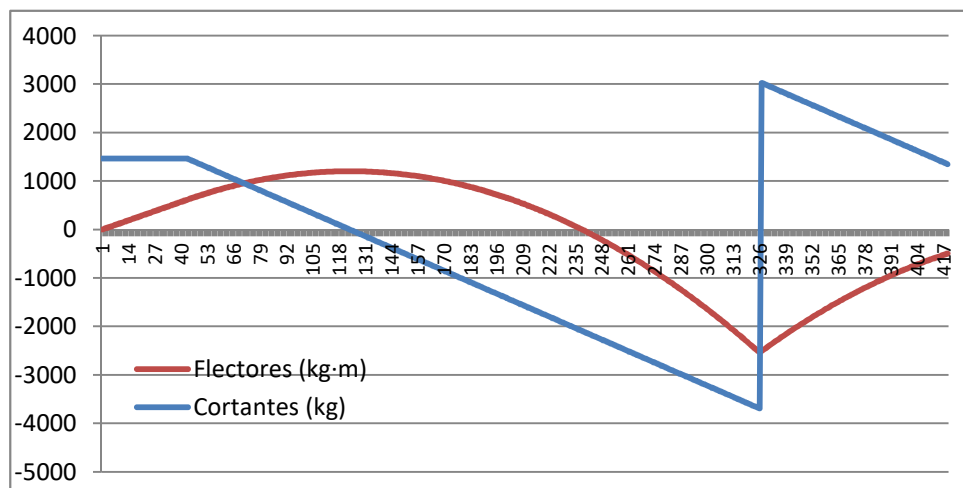
Vehículo	Distancia de la primera sección perfiles a primer eje	0,42	m
	Superficie de la primera sección de perfiles	a(1)	2·21,60 cm ²
	Módulo resistente de la primera sección de perfiles	Wx(1)	2·138,38 cm ³
	Límite elástico equivalente de la primera sección de perfiles	σe-e(1)	3550,00 kg/cm ²
	Distancia de la segunda sección perfiles a primer eje	4,22	m
	Superficie de la segunda sección de perfiles	a(2)	2·38,64 cm ²
	Módulo resistente de la segunda sección de perfiles	Wx(2)	2·254,29 cm ³
	Límite elástico equivalente de la segunda sección de perfiles	σe-e(1)	3181,30 kg/cm ²
Caja de Carga	Superficie de la sección de los largueros de la caja de carga	sl	2·20,40 cm ²
	Módulo resistente de los largueros de la caja de carga	Wx-l	2·86,40 cm ³
	Limite elástico de los largueros de la caja de carga	σe-l	2650,00 kg/cm ²

RESULTADOS OBTENIDOS

Descripción	Intervalo	Símbolo	Valor	Uds
-------------	-----------	---------	-------	-----

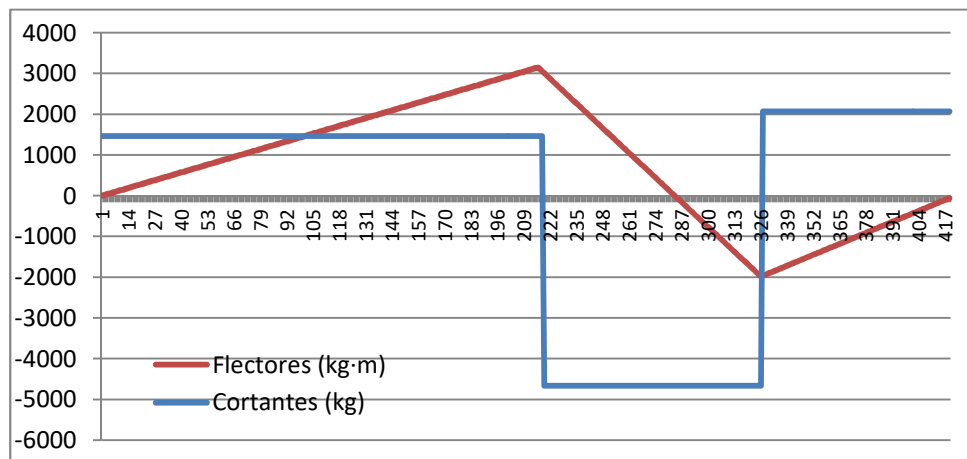
MOMENTOS FLECTORES y ESFUERZOS CORTANTES en BASTIDOR-FALSOBASTIDOR
ORDEN de MARCHA

Reacción en primer eje de la carga útil y ocupantes		R1c+Po	1613	kg
Reacción en segundo eje de la carga útil		R2c	6737	kg
Momento flector máximo en la primera sección	x=0,42	Mfcmax(1)	615	kg·m
Momento flector máximo en la segunda sección	x=3,25	Mfcmax(2)	2541	kg·m
Esfuerzo cortante máximo en la primera sección	0≤x≤0,42	Fcmax(1)	1463	kg
Esfuerzo cortante máximo en la segunda sección	x=3,25	Fcmax(2)	3693	kg



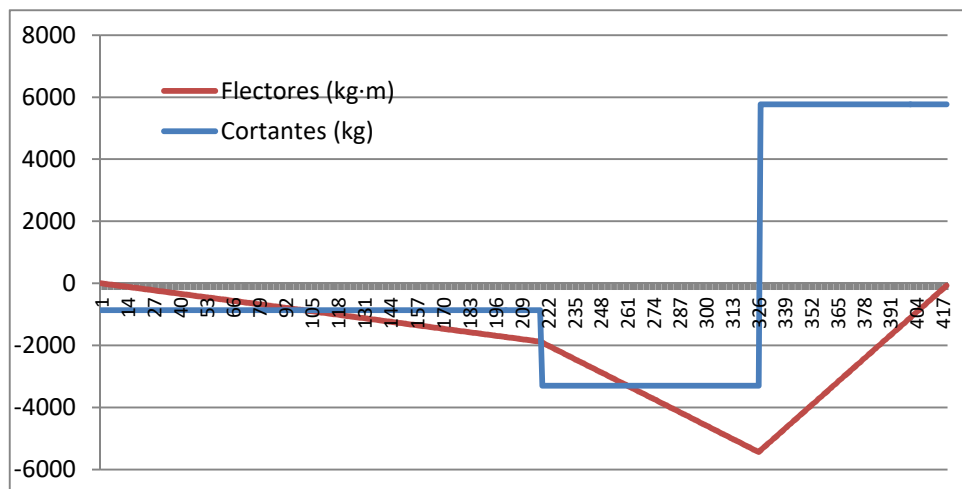
MOMENTOS FLECTORES y ESFUERZOS CORTANTES en BASTIDOR-FALSOBASTIDOR
INICIO de ELEVACION ($\alpha=0$)

Reacción en primer eje de la carga útil y ocupantes		$R1c,o+Po$	1613	kg
Reacción en segundo eje de la carga útil		$R2c,o$	6737	kg
		$Eo=Co$	6149	kg
Esfuerzo en pistones y cilindros hidráulicos		$Ex,o=Cx,o$	483	kg
		$Ey,o=Cy,o$	6130	kg
		$Ao=Bo$	2126	kg
Esfuerzo en articulación carrocería y falsobastidor		$Ax,o=Bx,o$	-483	kg
		$Ay,o=By,o$	2070	kg
Momento flector máximo en la primera sección	$x=0,42$	$Mfcmax,o(1)$	615	kg·m
Momento flector máximo en la segunda sección	$x=2,15$	$Mfcmax,o(2)$	3146	kg·m
Esfuerzo cortante máximo en la primera sección	$0 \leq x \leq 0,42$	$Fcmax,o(1)$	1463	kg
Esfuerzo cortante máximo en la segunda sección	$2,15 \leq x \leq 3,25$	$Fcmax,o(2)$	4666	kg



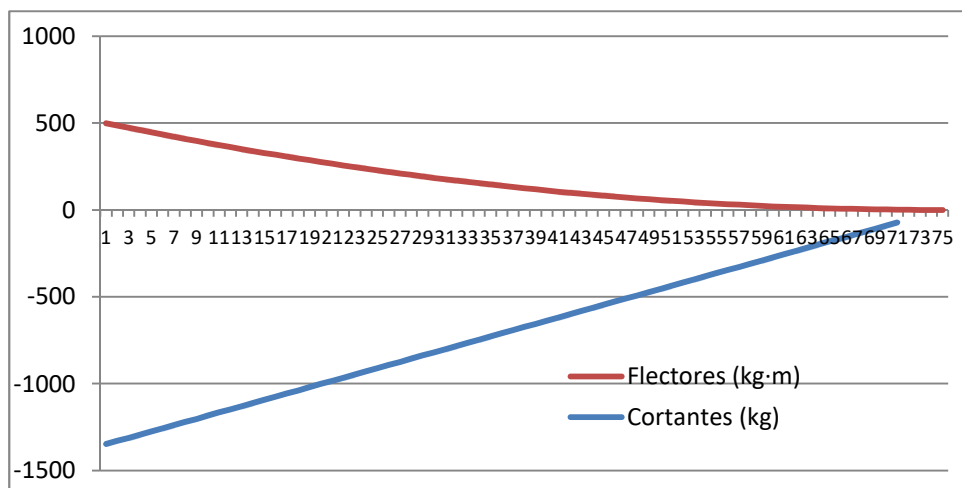
MOMENTOS FLECTORES y ESFUERZOS CORTANTES en BASTIDOR-FALSOBASTIDOR
FINAL de ELEVACION ($\alpha=45$)

Reacción en primer eje de la carga útil y ocupantes		$R1c,45+Po$	-716	kg
Reacción en segundo eje de la carga útil		$R2c,45$	9066	kg
		$E45=C45$	2605	kg
Esfuerzo en pistones y cilindros hidráulicos		$Ex,45=Cx,45$	940	kg
		$Ey,45=Cy,45$	2430	kg
		$Ao=Bo$	5847	kg
Esfuerzo en articulación carrocería y falsobastidor		$Ax,45=Bx,45$	-940	kg
		$Ay,45=By,45$	5770	kg
Momento flector máximo en la primera sección	$x=0,42$	$Mfcmax,45(1)$	364	kg·m
Momento flector máximo en la segunda sección	$x=3,25$	$Mfcmax,45(2)$	5486	kg·m
Esfuerzo cortante máximo en la primera sección	$0 \leq x \leq 0,42$	$Fcmax,45(1)$	866	kg
Esfuerzo cortante máximo en la segunda sección	$3,25 \leq x \leq 4,18$	$Fcmax,45(2)$	3298	kg



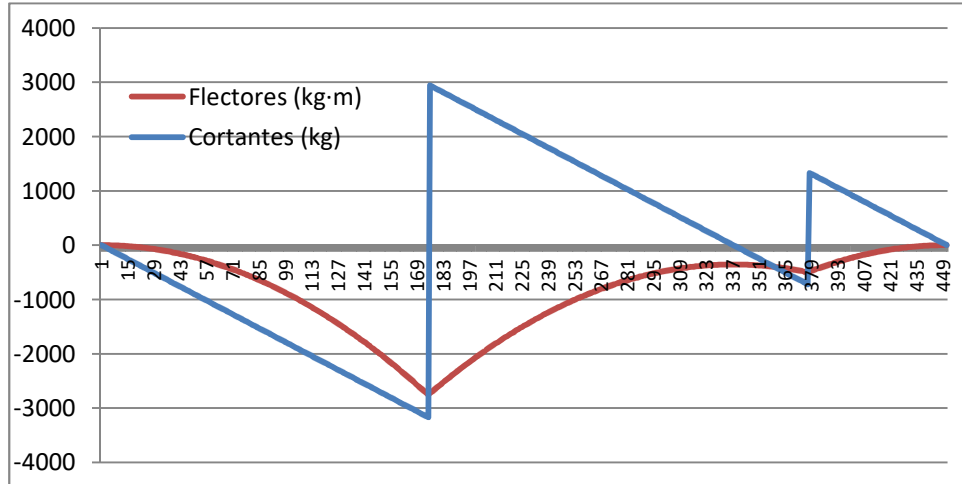
MOMENTOS FLECTORES y ESFUERZOS CORTANTES en LARGUEROS de CAJA
ORDEN de MARCHA

Momento flector máximo	x=0	Mfc-lmax	499 kg·m
Esfuerzo cortante máximo	x=0	Fc-lmax	1348 kg



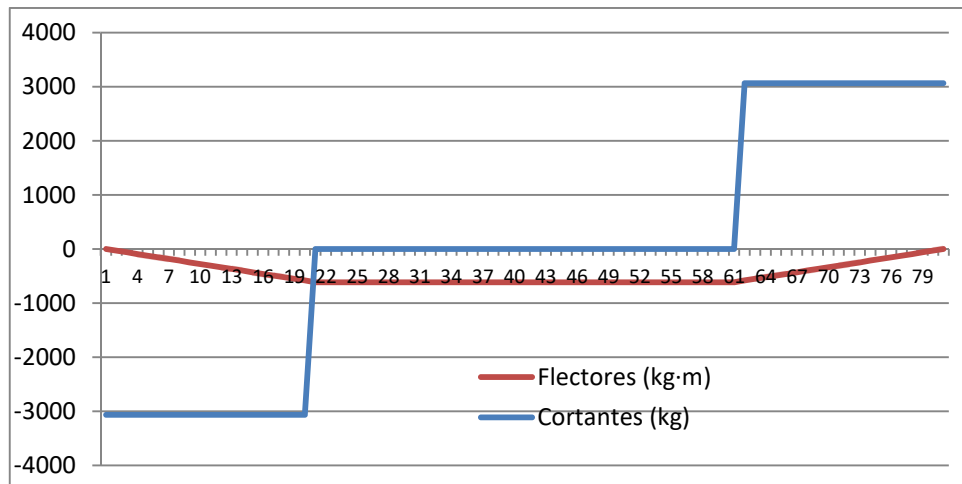
MOMENTOS FLECTORES y ESFUERZOS CORTANTES en LARGUEROS de CAJA
INICIO de ELEVACION ($\alpha=0$)

Momento flector máximo	$x=1,74$	Mfc-l,omax	2758 kg·m
Esfuerzo cortante máximo	$x=1,74$	Fc-l,omax	3171 kg



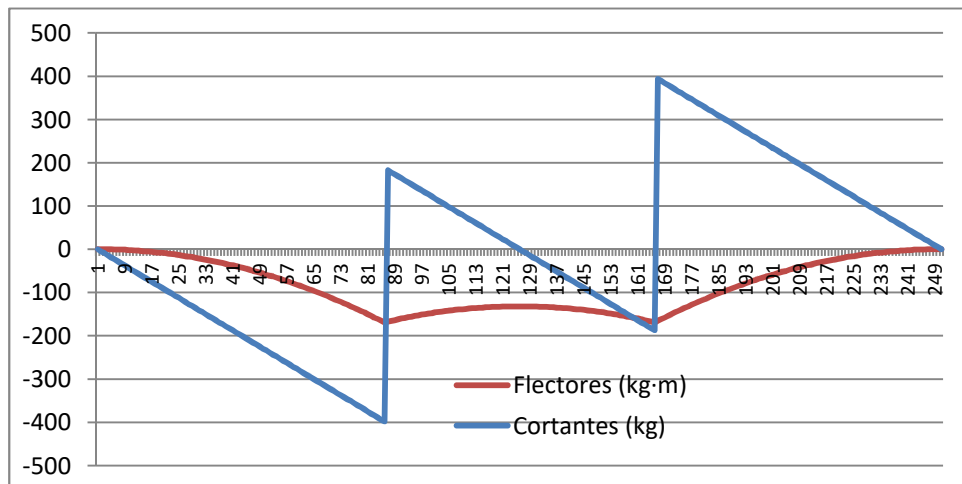
MOMENTOS FLECTORES y ESFUERZOS CORTANTES en TRAVESAÑO de ATAQUE
SISTEMA HIDRAULICO

Esfuerzo de cada uno de los pistones hidráulicos		$Ey1,o=Ey2,o$	3065 kg
Esfuerzo en los extremos del travesaño		$L1=L2$	3065 kg
Momento flector máximo	$0,20 \leq x \leq 0,60$	Mftmax	613 kg·m
Esfuerzo cortante máximo	$0 \leq x \leq 0,20$ $0,80 \leq x \leq 0,80$	Ftmax	3065 kg



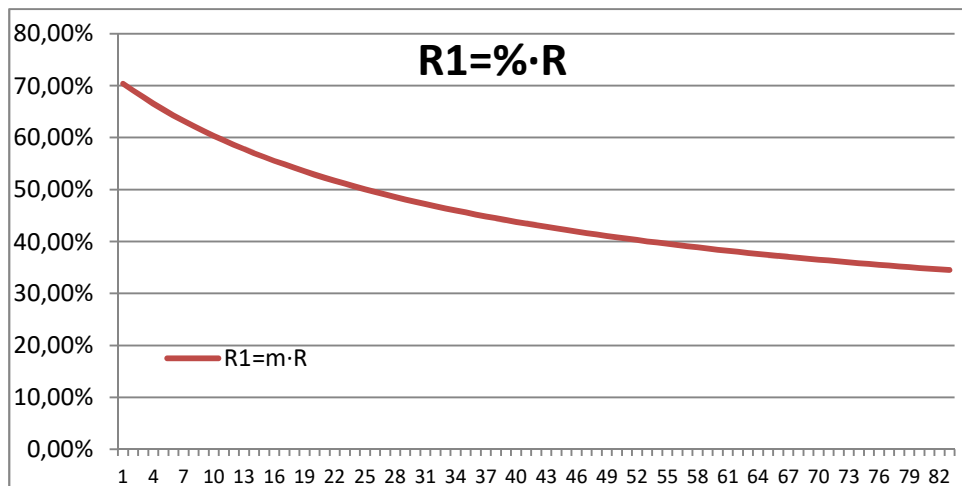
MOMENTOS FLECTORES y ESFUERZOS CORTANTES en las PALOMILLAS

Carga útil sobre cada palomilla	Qp	1171	kg
Carga útil unitaria sobre cada palomilla	qp	469	kg/m
Reacciones de cada palomilla sobre los largueros de la caja	L1=L2	586	kg
Momento flector máximo	x=0,85	Mfpmax	169 kg·m
Esfuerzo cortante máximo	x=1,65	Fpmax	398 kg



MANIOBRABILIDAD y SEGURIDAD en la CONDUCCION

Carga mínima sobre el primer eje	Q=8200	R1min	34,49·R	%
----------------------------------	--------	-------	---------	---



3.14. Módulo Resistente del Bastidor. Cálculos Geométricos.

MODULO RESISTENTE del BASTIDOR. CALCULOS GEOMETRICOS																
DATOS INICIALES							RESULTADOS al EJE x0-x0		RESULTADOS al EJE x-x				RESULTADOS FINALES			
Nº Sección	Altura total de la sección (cm)	Nº Area	Base (cm)	Altura (cm)	Distancia de su CDG al eje x0-x0 (cm)	Límite Elástico del área (kg/cm2)	Superficie (cm2)	Momento Estático respecto al eje x0-x0 (cm3)	Distancia de su CDG al eje x-x (cm)	Momento de Inercia respecto a su CDG (cm4)	Momento de Inercia respecto al eje x-x -Teorema Steiner- (cm4)	Producto Momento de Inercia respecto al eje x-x por Límite Elástico (kg·cm2)	Distancia entre el eje auxiliar (x0-x0) y el eje (x-x) que contiene la fibra neutra (cm)	Distancia entre el eje (x-x) que contiene la fibra neutra y la fibra más alejada de la sección (cm)	Módulo Resistente a Flexión de cada sección (cm3)	Coefficiente de Elasticidad Equivalente (kg/cm2)
1	23,2	1	7,0	0,6	22,90	3550	4,20	96,180	11,30	0,1260	536,4240	1904305	11,600	11,600	138,383	3550,00
		2	0,6	22,0	11,60	3550	13,20	153,120	0,00	532,4000	532,4000	1890020				
		3	7,0	0,6	0,30	3550	4,20	1,260	11,30	0,1260	536,4240	1904305				
		4					0,00	0,000								
		5					0,00	0,000								
		Totales Parciales Sección 1					21,60	250,560			1605,2480	5698630				
2	35,2	1	7,0	0,6	34,90	3550	4,20	146,580	19,06	0,1260	1526,1558	5417853	15,839	19,361	254,287	3181,30
		2	0,6	22,0	23,60	3550	13,20	311,520	7,76	532,4000	1327,5777	4712901				
		3	7,0	0,6	12,30	3550	4,20	51,660	3,54	0,1260	52,7144	187136				
		4	5,5	0,9	11,55	2650	4,95	57,173	4,29	0,3341	91,3711	242133				
		5	0,7	10,2	6,00	2650	7,14	42,840	9,84	61,9038	753,0291	1995527				
		6	5,5	0,9	0,45	2650	4,95	2,228	15,39	0,3341	1172,5249	3107191				
		7						0,000								
		8						0,000								
		Totales Parciales Sección 2					38,64	612,000			4923,3731	15662742				

Linares, 13 de Agosto de 2021.

Fdo. Daniel Caler Aguilar.
Ingeniero Técnico Industrial.
Colegiado nº. C895C del COITI Jaén

4. PLIEGO DE CONDICIONES.

CAPITULO I. CONDICIONES GENERALES.

Artículo 1. Objeto del presente Pliego y documentación complementaria.

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones técnicas, administrativas y facultativas que regirán la ejecución de la reforma descrita en el Proyecto Técnico del que forma parte, titulado:

PROYECTO DE EJECUCION DE REFORMA SOBRE LA TRANSFORMACION DEL VEHICULO MARCA RENAULT, MODELO D, MATRICULA 7XXX-ZZZ, CONSISTENTE EN SUSTITUCION DE LA CARROCERIA POR OTRA DE DISTINTAS CARACTERISTICAS.

Este Pliego será completado con la legislación y reglamentación que le sirve de base y que se relacionó de manera no exhaustiva en uno de los apartados del presente Proyecto Técnico.

Artículo 2. Reforma que comprende el Proyecto Técnico y vehículo sujeto de la misma.

El Proyecto comprende la sustitución de la carrocería por otra de distintas características y dimensiones, y todos aquellos trabajos y/o modificaciones que dicha implantación origine.

Se realizará sobre el vehículo cuya identificación se indicó en el apartado 2.1. de este Proyecto Técnico.

CAPITULO II. CONDICIONES DE INDOLE TECNICA Y ADMINISTRATIVA.

Artículo 3. Calidad de los materiales empleados.

Todos los materiales tendrán las condiciones que para cada uno de ellos se especifican en los distintos apartados del presente Proyecto Técnico.

Queda a juicio del Técnico Facultativo, Director Técnico, quién dentro del criterio de justicia, se reserva el derecho de ordenar sean retirados y/o reemplazados dentro de cualquiera de las etapas de la ejecución de los trabajos, los materiales que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la transformación.

Artículo 4. Condiciones que debe satisfacer la mano de obra.

El personal que intervenga en la ejecución material de la reforma, por parte de la Empresa que la realiza, estará en todo momento al corriente de los pagos a la Seguridad Social, y tendrá implantado el sistema de Prevención de Riesgos Laborales conforme a la vigente legislación.

Asimismo, los operarios serán personal cualificado de aptitud reconocida y experiencia en su oficio.

Artículo 5. Normas para la ejecución material de la reforma.

Para la realización de la presente reforma se tendrán en cuenta las siguientes normas y prescripciones, que se ven completadas, siendo también de obligada observancia, con las indicaciones del Manual de Carrozado editado por el fabricante del vehículo.

Para la calidad y vida útil del vehículo completado, es de importancia que el chasis, antes de empezar el carrozado, se encuentre en posición completamente plana, esto es:

- Los largueros del bastidor deben estar horizontales.
- Los largueros del bastidor no estarán sometidos a esfuerzo de torsión.

Durante la ejecución de la reforma se prestará especial atención a los siguientes elementos:

- La disposición de los largueros principales, tanto del falso-bastidor como de la caja de carga.
- La ejecución de los travesaños y refuerzos.
- El tipo de anclaje a emplear en cada elemento.
- La correcta colocación y ubicación de los elementos o accesorios finales que prescribe la reglamentación vigente.

Respecto a esto, indicar que, se deberá respetar lo indicado en los apartados correspondientes, donde se describe como debe ejecutarse y la configuración de las diferentes partes y accesorios de que se compone la carrocería que se construye, hasta dejar la vehículo reformado en las condiciones reglamentarias legalmente exigibles para ser autorizada su circulación por la vía pública.

Los trabajos se realizarán siguiendo los pasos descritos en la documentación que compone el presente Proyecto Técnico, con las lógicas variaciones de detalle que pudiesen ser introducidas por el Director Técnico de los mismos.

Una vez finalizada la reforma deberá comprobarse que todos los sistemas están correctamente instalados y probar su funcionamiento.

5.1. Soldadura.

Según el Manual de Carrozado, no deben realizarse soldaduras en los largueros del chasis ni en ningún otro elemento del vehículo, salvo casos muy concretos que en este caso no proceden. No se realizarán por tanto soldaduras en elemento alguno del vehículo distinto de la carrocería que se construye.

Durante la ejecución de las soldaduras se desconectarán previamente las baterías y se desmontarán del mismo. Igualmente se desconectará el alternador y regulador. El terminal de masa no debe fijarse nunca a componentes del chasis, tales como ejes, ballestas, motor, etc. No está permitido ejecutar arcos sobre los componentes antes citados, ya que podrían causar daños en los cojinetes, ejes y/o muelles.

Se tomarán las debidas precauciones para que las tuberías fabricadas con material plástico o caucho no sean dañadas por las proyecciones de soldadura o por exponerlas a temperaturas inadecuadas.

Para efectuar soldaduras el proceso a seguir será el siguiente: se biselarán las piezas a soldar con un ángulo de cuarenta y cinco grados (45°) y se colocarán aproximadamente a un milímetro (1 mm) una de otra; se procederá a rellenar la ranura entre las piezas por ambos lados utilizando la intensidad adecuada. Una vez ejecutada se alisarán los sobrantes por ambos lados.

El material de aporte debe tener una resistencia igual a la del material que se suelda.

En ningún caso se soldará en los bordes de los largueros del falsobastidor, ni a menos de diez milímetros (10 mm) del borde o radio de curvatura entre ala y alma. Tampoco se soldará a menos de quince milímetros (15 mm) del borde de un taladro.

Una vez ejecutadas las soldaduras se cepillarán y alisarán como antes se indicó y finalmente se pintarán con la misma pintura de imprimación y de acabado que para el resto de la carrocería.

5.1.1. Soldadura con electrodo.

Los electrodos a usar deben ser de los siguientes tipos:

- ISO 2540 E 515 B 24 (H).
- DIN 1913 E 5155 B 10.
- BS 639 E 5154 24 (H).
- PHILIPS 56 S.

La intensidad media de trabajo será de cincuenta y cinco (55) a noventa (90) amperios para las primeras labores de espunteo y premontajes (electrodos de diámetro hasta dos milímetros y medio -2,5 mm-), de noventa (90) a ciento treinta y cinco (135) amperios para fijación de pletinas (electrodos de diámetro desde dos -2 mm- hasta cuatro milímetros -4 mm-) y de ciento treinta y cinco (135) a doscientos diez (210) amperios para soldar largueros, conjuntos de travesaños y refuerzos (electrodos de diámetro desde cuatro -4 mm- hasta cinco milímetros y medio -5,5 mm-).

La soldadura seguirá las Normas E-02008 y E-02003 para una buena unión; en lo referente a la calidad se observará la Norma DIN 8563III nivel BK para soldaduras en ángulo y nivel CS para soldadura a tope.

5.1.2. Soldadura bajo atmósfera de gas inerte.

Está permitido, y hasta es recomendable, la utilización de sistemas de soldadura bajo atmósfera de protección de gas inerte (argón y helio principalmente), que entre otras cosas no crean escorias.

El diámetro del hilo a utilizar será de ocho décimas de milímetro (0,8 mm) para espesores de hasta dos milímetros (2 mm) y de un milímetro (1,0 mm) para espesores de hasta ocho milímetros (8 mm).

5.2. Taladrado del bastidor.

Según el Manual de Carrozado, no debe realizarse taladrado alguno en los largueros del chasis ni en ningún otro elemento del vehículo, salvo casos muy concretos que en este caso no proceden, pues los largueros del bastidor donde se fijará la nueva carrocería ya tienen practicados de origen los taladros adecuados. No se realizarán por tanto taladros en elemento alguno del vehículo distinto de la carrocería que se construye.

En caso que fuese necesario realizar taladros en los largueros del falsobastidor o en otros elementos resistentes de la carrocería (largueros de caja, travesaños, refuerzos del falsobastidor,...), se tendrán en cuenta las siguientes observaciones:

- No deben taladrarse en los bordes o zonas curvadas de los largueros.
- No debe taladrarse las alas de los perfiles.
- El diámetro de los taladros a efectuar no debe exceder de diecisiete milímetros (17 mm).
- La distancia entre taladros y la distancia de éstos al ala de los perfiles debe ser como mínimo cuatro veces el diámetro del taladro y en ningún caso inferior a cuarenta y cinco milímetros (45 mm), sobre todo en los largueros del falsobastidor y largueros de caja.

- Se evitarán en lo posible más de dos taladros en la misma vertical. No deben taladrarse las zonas donde se encuentren los puntos de aplicación de cargas, ni en puntos de máximos de esfuerzos (flectores, cortantes, ...)
- Después del taladrado hay que desbarbar y escariar todos los taladros efectuados.

5.3. Instalación eléctrica.

En aquellos trabajos que requieran la modificación, acceso o ampliación de la instalación eléctrica o sus componentes se tendrán en cuenta las siguientes observaciones:

- El emplazamiento de la batería debe contar con suficiente aireación y fácil acceso para su revisión periódica.
- Las tomas de corriente deben hacerse en la caja de fusibles, nunca en los tramos intermedios de la instalación.
- Cualquier línea auxiliar debe estar protegida por un fusible adecuado y ser dimensionada correctamente.
- En la instalación de dispositivos eléctricos de gran consumo debe verificarse la suficiente capacidad del alternador y la batería.
- Se utilizarán pasamuros para evitar el deterioro y contactos no deseados de los conductores.
- Las líneas adicionales deben tener la misma protección exterior que las de origen, embridándose convenientemente, con distancias máximas entre bridas de seiscientos milímetros (600 mm).
- En los casos en que existan equipos o partes móviles (cabinas abatibles...) se tendrá la precaución de que la instalación no resulte aprisionada o estirada por éstos.
- No se embridará circuito eléctrico alguno al sistema de combustible.
- Todo circuito eléctrico estará alejado de fuentes de calor tales como el sistema de escape, motor, etc.

5.4. Pinturas.

En ningún caso el chasis del vehículo deberá ser sometido a temperaturas que superen los ochenta grados centígrados (80 °C) como consecuencia de las operaciones de secado de la pintura.

Se protegerán de la pintura todas las superficies de asiento, respiraderos de diferencial o caja de cambio, cabina, válvulas, sensores electrónicos... de forma que sólo sean pintadas, previo desengrase e imprimación anticorrosiva o fosfatante, las superficies de la nueva carrocería.

Especial cuidado deberá tenerse con la identificación de los tubos neumáticos o hidráulicos y líneas de la instalación eléctrica.

La calidad de acabado, tanto de la imprimación como de la pintura de acabado debe ser adecuada, con un espesor uniforme y sin defectos superficiales.

Artículo 6. Certificados y autorizaciones.

El vigente Real Decreto 866/10, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, y vigente Manual de Reformas, Rev 6ª, Corr1 (editado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo) regulan la tramitación reglamentaria de las reformas en los vehículos ante los Organismos Oficiales de la Administración Pública, así como las prescripciones que deben cumplirse y los documentos a aportar y las condiciones que estos deben cumplir.

En este caso, para la reforma que se describe en el presente Proyecto Técnico, deben presentarse ante los servicios competentes de la Administración Pública en materia de inspección técnica de vehículos (ITV) los siguientes documentos:

- Certificado de Taller (empresa carrocera).
- Certificado de Dirección Final de Obra del presente Proyecto Técnico.
- Informe de Conformidad.

Todos los documentos deberán cumplir con la prevalencia de fechas indicadas en el vigente Manual de Reformas.

Tras las comprobaciones documentales y físicas realizadas por el Organismo Inspector anteriormente indicado, y en caso de ser favorables, se reflejará por el mismo la nueva situación, características y datos en su documentación oficial (tarjeta de inspección técnica de vehículos), quedando autorizado para la circulación por la vía pública.

En algunos casos, esto es, si varía alguno de los datos incluidos en el permiso de circulación del vehículo, será preceptiva la emisión de un nuevo documento por parte de la Jefatura Provincial de Tráfico.

CAPITULO III. CONDICIONES DE INDOLE FACULTATIVA.

Artículo 7. Contradicciones y omisiones.

Las posibles omisiones o contradicciones que surgieren serán resueltas por el Director Técnico, quién a su juicio se responsabilizará de la calidad y buena ejecución de la reforma.

Artículo 8. Obligaciones del Técnico Facultativo.

Es obligación del Técnico Facultativo la inspección y vigilancia de los trabajos, hacer cumplir a los Talleres Autorizados las prescripciones fijadas en el Proyecto, controlar los materiales a emplear... y en definitiva todas aquellas acciones que puedan comprometer la adecuada ejecución de la reforma, técnica o reglamentariamente.

Artículo 9. Obligaciones de los Talleres Autorizados donde se ejecuta la reforma.

Tienen la obligación de ejecutar esmeradamente los trabajos y cumplir escrupulosa y estrictamente las condiciones estipuladas y cuantas órdenes verbales o escritas le sean dadas por el Técnico Facultativo.

Será asimismo responsable de las maniobras erróneas que pudiese cometer, así como de la mala interpretación y ejecución de las órdenes que le dictare la Dirección Técnica.

Las aprobaciones de la Dirección Facultativa, no eximirán a los Talleres Autorizados de su responsabilidad ante vicios ocultos no observados en el momento de la aprobación.

Artículo 10. Obligaciones de la Propiedad.

La Propiedad tiene la obligación de manipular el vehículo reformado y sus elementos de manera adecuada, no poniendo en peligro la integridad del mismo y/o seguridad de bienes o personas.

Especialmente se tendrán en cuenta las siguientes premisas:

- No se deberán sobrepasar en situación alguna las masas máximas autorizadas que figuran en la documentación oficial de vehículo, ni la total ni por eje.

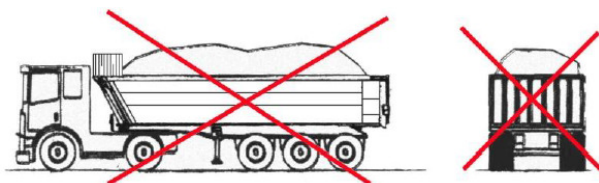


Figura 49. No sobrecargar el vehículo

- Se procurará que el centro de gravedad de la mercancía que se transporte se encuentre sobre el centro de gravedad de la carrocería, situado en el centro geométrico de la misma: repartir la carga uniformemente.

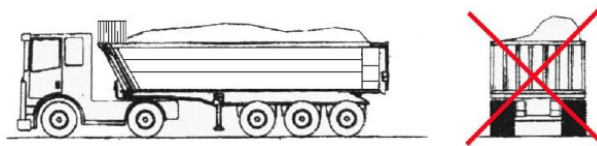


Figura 50. Repartir uniformemente la carga

- En caso de cargarse mercancías con distintas granulometrías, se tendrá la precaución de cargarlas de forma que el centro de gravedad de la mercancía en su conjunto esté lo más bajo posible.
- El basculamiento de la carga se realizará siempre a vehículo parado, con la portera de descarga abierta, no debiendo moverse el mismo mientras dure la maniobra.

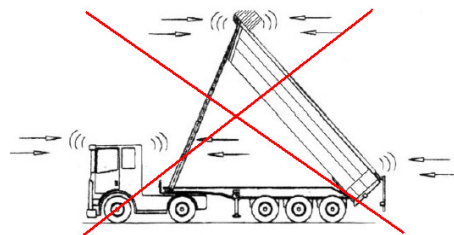


Figura 51. No mover el vehículo durante la maniobra de descarga

- El basculamiento se llevará a cabo solamente en superficies duras y niveladas, sin pendientes ni peraltes.

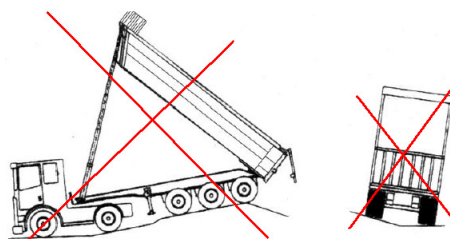


Figura 52. No bascular en superficies blandas o irregulares

- Deberá vigilarse el proceso de descarga para comprobar que la mercancía va saliendo, comprobándose que no existen impedimentos para ello y que se descarga totalmente.
- El vehículo no deberá ponerse nuevamente en movimiento hasta que la carrocería esté totalmente posada sobre el mismo, en orden de marcha; sólo está permitido circular en esta situación.

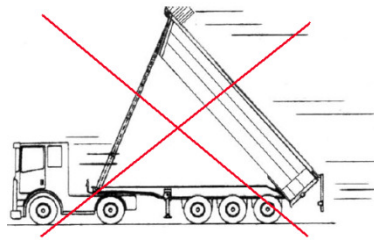


Figura 53. Circular sólo con la caja de carga totalmente posada

- No está permitido situarse bajo la carrocería o su zona de influencia, o permanecer en la zona de trabajo durante el basculamiento.

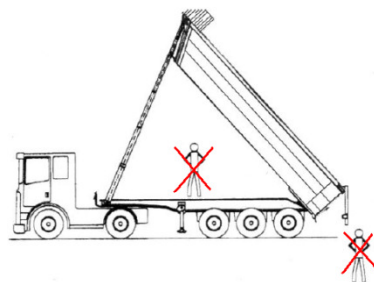


Figura 54. No situarse bajo la carrocería o en la zona de trabajo

CAPITULO IV. DISPOSICIONES FINALES.

Artículo 11. Visado del presente Proyecto Técnico.

A pesar de que reglamentariamente existe la posibilidad de presentar el presente Proyecto Técnico ante los organismos oficiales correspondientes adjuntando al mismo la denominada Declaración Responsable del/de la Técnico/a Competente Autor/a de Trabajos Profesionales, instaurada mediante Resolución de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Junta de Andalucía, se fija como preceptivo mediante el presente artículo la obligación de proceder al visado del mismo ante el Colegio Oficial en el cual el Autor que suscribe esté colegiado.

De igual forma se actuará con la Dirección Técnica de Obra del presente Proyecto Técnico.

Artículo 12. Entrada en vigor de este Pliego.

Este Pliego entrará en vigor en la totalidad de su contenido en el momento de dar comienzo los trabajos, entendiéndose que se aceptan todos los extremos expresados en él, aunque no lleven las firmas autógrafas del Propietario y Taller Autorizado.

Linares, 13 de Agosto de 2021.

Fdo. Daniel Caler Aguilar.
Ingeniero Técnico Industrial.
Colegiado nº. C895C del COITI Jaén.



Escuela Politécnica
Superior de Linares

Trabajo de Fin de Grado

Ref. Proyecto: 001/21 rev.0



5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

5.1. Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud (en lo sucesivo E.B.S.S.), tiene por objeto cumplimentar las previsiones contenidas en el Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud, (dentro del marco de la ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales) presentándose como parte del presente Proyecto Técnico, e incluye la descripción de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse en la ejecución de la reforma, así como con los sistemas de ejecución de las empresas subcontratadas, trabajadores autónomos, industriales y oficios que puedan intervenir en dichos trabajos.

Se pretende, pues, desarrollar unas directrices básicas que sirvan para las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales durante los trabajos derivados de lo estipulado en este Proyecto Técnico. Tiene también, por tanto, el objetivo de dar unas directrices básicas a los Talleres Autorizados donde se lleven a cabo los trabajos, para el cumplimiento a sus obligaciones legales en el campo de la legislación laboral vigente, de las cuales el presente Estudio no le exime.

5.1.1. Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Según el artículo 4.1. del citado Real Decreto 1627/97 el Promotor (Peticionario) estará obligado a que en la fase de redacción del Proyecto Técnico se

elabore un estudio de seguridad y salud en el caso de que se den alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución incluido en el proyecto sea igual o superior a cuatrocientos cincuenta mil setecientos sesenta euros (450.760 €).
- Que la duración estimada sea superior a treinta (30) días laborables, empleándose en algún momento a más de veinte (20) trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal, la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a quinientos (500).
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En la reforma que se pretende ejecutar:

- El presupuesto de ejecución incluido en el Proyecto Técnico es inferior a cuatrocientos cincuenta mil setecientos sesenta euros (450.760 €).
- La duración estimada es de quince (15) días empleándose en trabajo en punta un máximo de tres (3) trabajadores (dada la entidad de la obra y sus características, con una media de dos -2-).
- El volumen de mano de obra es de cincuenta (50).
- No se incluye en el Proyecto Técnico la ejecución de obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Teniendo en cuenta lo anterior es por lo que se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud en lugar de un Estudio de Seguridad y Salud.

5.1.2. Ambito de Aplicación.

La vigencia del Estudio Básico de Seguridad y Salud se inicia desde la fecha en que se produzca el visado del Proyecto Técnico por el Colegio Oficial correspondiente y la aprobación expresa del Plan de Seguridad, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, responsable de su control y seguimiento.

Su aplicación será vinculante para todo el personal propio de la empresa que ejecute los trabajos, el dependiente de otras empresas subcontratadas por esta y los distintos trabajadores autónomos, para realizar sus trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en la misma.

5.2. Promotor o Peticionario.

El indicado en el apartado correspondiente de la Memoria del Presente Proyecto.

5.3. Situación.

Los trabajos se llevarán a cabo en los Talleres Autorizados indicados en el apartado correspondiente de la Memoria del Presente Proyecto.

5.4. Legislación y demás Normativa de Aplicación.

- Ley 8/80, Estatuto de los Trabajadores.
- Ley 31/95, Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 1627/97, por el que se establece la obligatoriedad de la inclusión de un estudio básico de seguridad y salud en los proyectos.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en sus capítulos que no estén derogados.
- Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, vigente capítulo VII.
- Real Decreto 1316/89, Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real Decreto 485/97, Señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión vigente.
- Real Decreto 1407/92, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (EPI's).
- Real Decreto 773/97, Disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/97, Disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 39/97, Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 486/97, Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

- Real Decreto 487/97, Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbales, para los trabajadores.

5.5. Riesgos Laborales.

5.5.1. Riesgos Ajenos a la Ejecución de la Reforma.

La reforma se realizará en el interior del Taller Autorizado mencionado en la Memoria del presente Proyecto Técnico, elegido por la Propiedad, cumpliendo las siguientes medidas:

- Edificación segura desde el punto de vista estructural.
- Altura de la zona de trabajo superior a tres metros, con una superficie de trabajo superior a dos metros cuadrados por trabajador y un volumen por trabajador superior a diez metros cúbicos.
- Suelo liso, antideslizante e impermeable.
- No existirán aberturas ni huecos en la zona de trabajo, así como tampoco escaleras.
- Puerta de acceso de giro sobre eje vertical.
- Puerta de salida de la zona de trabajo de un metro y apertura en el sentido de evacuación.
- No existirán obstáculos que impidan una salida de emergencia.
- Se dispondrá de alumbrado de emergencia.
- La instalación de protección contra incendios estará realizada conforme con la reglamentación vigente.
- La instalación eléctrica estará realizada conforme al R.E.B.T.
- Se mantendrá el local de trabajo en condiciones adecuadas de higiene, realizando operaciones de limpieza y orden periódicamente.
- La ventilación del local podrá ser tanto natural (proporcionada por las ventanas) como artificial, asegurándose los mínimos establecidos en las normas que nos ocupan.
- Los niveles de iluminación estarán garantizados con iluminación artificial, manteniéndose éstos superiores a ciento cincuenta (150) lux.
- Existirá suministro de agua potable, tanto fría como caliente, y se contará con los elementos necesarios para la higiene.

- Existirán aseos-vestuarios equipados con inodoro, ducha, lavabo y taquillas, así como todos los demás elementos para su correcta utilización.

- Se dispondrá un botiquín de primeros auxilios en el que se contará como mínimo con los siguientes elementos: desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables. Este botiquín se revisará periódicamente.

- Se deberá de tener en cuenta, y así se le hace saber al Promotor, las premisas relacionadas en la Ley de Prevención Laboral y los reglamentos que la desarrollan.

- La zona de ejecución de los trabajos en el interior del taller se limitará físicamente de forma que el área de trabajo no interfiera con las demás zonas del taller, contando con espacio suficiente para poder realizar todas las tareas de forma segura.

5.5.2. Riesgos en el Proceso de Ejecución.

5.5.2.1. Soldadura y construcción de estructuras o superestructuras.

5.5.2.1.1. Riesgos.

- Electrocuciones, por contacto indirecto y directo.
- Caídas al mismo nivel, por falta de orden y limpieza.
- Afecciones en mucosas.
- Afecciones en la piel.
- Afecciones oculares.
- Caídas de altura.
- Caídas de objetos.
- Quemaduras por partículas incandescentes.
- Quemaduras por contacto directo con objetos calientes.
- Inhalación de gases procedentes de la soldadura, atmósferas tóxicas, irritantes.
- Atmósfera anaerobia producida por gases inertes.
- Lumbalgia por sobreesfuerzo.
- Lesiones en manos y pies.
- Choques o golpes contra objetos.
- Exposición a fuentes luminosas peligrosas.

5.5.2.1.2. Normas básicas de seguridad.

- Se comprobará la situación, estado y requisitos de los medios de transporte, elevación y puesta en obra de los materiales con anterioridad a su utilización.

- La estabilidad de los elementos estructurales y portantes del vehículo, tanto en su presentación como en su ensamblaje definitivo, debe ser absoluta y certificada documentalmente por el responsable del taller o por encargado de los trabajos de montaje.

- Se restringirá el paso de personas bajo las zonas afectadas por el montaje y las soldaduras.

- El acople de los diversos elementos se efectuará teniendo cuidado de que las acciones dinámicas repercutan lo menos posible sobre la estructura en ejecución.

- Durante el izado y la colocación de los elementos deberá disponerse de una sujeción de seguridad, en previsión de la rotura de los ganchos o ramales de las eslingas de transporte.

- Se procurará no rebasar nunca el máximo de carga manual transportada por un solo trabajador, por encima de cincuenta (50) kg (se recomienda treinta -30- y quince -15- kg en varones y mujeres respectivamente).

- Válvulas antirretorno para equipos de soldadura oxiacetilénica.

- Señalizar los movimientos de vehículos de acuerdo con las vigentes normas de Seguridad Vial, e incluso de forma más patente según el caso.

5.5.2.1.3. Medidas técnicas de seguridad.

5.5.2.1.3.1. Protecciones personales.

- Uso obligatorio de casco homologado.

- Calzado con suelo y/o puntera reforzada.

- Guantes de goma.

- Protector de sierra.

- Guantes de protección.

- Gafas de seguridad.

- Protectores auditivos.

- Mascarillas buconasales con filtro mecánico y de carbono activo contra los humos metálicos.

5.5.2.1.3.2. Protecciones colectivas.

Además de las incluidas en las normas básicas de seguridad:

- Estará prohibido el uso de cuerdas con banderolas de señalización, a manera de protección, aunque se pueden emplear para delimitar zonas de trabajo en modo de advertencia.

5.5.2.2. Instalaciones eléctricas.

5.5.2.2.1. Riesgos.

- Caídas de personal al mismo nivel, por uso indebido de las escaleras.
- Electrocuciiones.
- Cortes en extremidades superiores.
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas.
- Caídas de objetos y materiales a niveles inferiores.

5.5.2.2.2. Normas básicas de seguridad.

- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.
- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión, se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad para evitar cortes y golpes en su uso.
- Los cuadros generales distribuidores de la corriente, deberán tener instalados relés diferenciales para la fuerza y para alumbrado.
- Los relés para fuerza serán de trescientos (300) miliamperios de sensibilidad máxima y tendrán que estar forzosamente conectados a la toma de tierra de resistencia no superior a veinte (20) Ω .
- Todos los bornes de maquinaria y cuadros eléctricos que estén en tensión o sean susceptibles de estarlo deben estar protegidos con carcasa de material aislante.
- La conducción eléctrica debe estar protegida del paso de máquinas y personas en previsión de deterioro de la cubierta aislante de los cables, mediante enterramiento en el suelo.
- Está prohibida la utilización directa de las puntas de los conductores como clavijas de toma de corriente, empleándose para ello aparallaje eléctrico debidamente aislado.
- Los portalámparas deberán ser de material aislante de tal manera que no puedan transmitir corriente por contactos con otros elementos y estarán completamente aislados de los contactos que pudieran producirse en el montaje y desmontaje de las lámparas.

5.5.2.2.3. Medidas técnicas de protección.

5.5.2.2.3.1. Protecciones personales.

- Mono de trabajo.
- Casco aislante homologado.
- Guante aislante
- Las herramientas a emplear estarán provistas de doble aislante.

5.5.2.2.3.2. Protecciones colectivas.

- La zona de trabajo estará siempre limpia y ordenada, e iluminada adecuadamente.

- Se señalizarán convenientemente las zonas donde se esté trabajando.

5.5.2.3. Pinturas.

5.5.2.3.1. Riesgos.

- Intoxicaciones por emanaciones.
- Explosiones e incendios.
- Salpicaduras a la cara en su aplicación.
- Caídas al mismo nivel por uso inadecuado de los medios auxiliares.
- Atrapamiento por órganos de transmisión de máquinas proyectoras de pintura que a estos efectos se encuentre desprovistas de resguardos en sus poleas de transmisión, falta de protección.

5.5.2.3.2. Normas básicas de seguridad.

- Al iniciar la jornada se revisarán todos los medios auxiliares.
- Se acotará la parte donde se vaya a aplicar la pintura.
- Se evitará en lo posible el contacto directo de todo tipo de pinturas con la piel, para lo cual se dotará a los trabajadores que realicen la imprimación de prendas de trabajo adecuadas, que los protejan de salpicaduras y permitan su movilidad.
- El vertido de pinturas y materias primas sólidas como pigmentos y otros se llevará a cabo desde poca altura para evitar salpicaduras y formación de nubes de polvo. Cuando se trabaje con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos no se deberá fumar, comer ni beber cerca del lugar de vertido.
- Cuando se apliquen imprimaciones que desprendan vapores orgánicos, los trabajadores estarán dotados de adaptador facial debidamente homologado por el Ministerio de Trabajo con su correspondiente filtro químico, o filtro mecánico cuando la

pintura contenga una elevada carga pigmentaria y sin disolventes orgánicos que eviten la ingestión de partículas sólidas.

- Cuando se apliquen pinturas con riesgo de inflamación se alejarán del trabajo las fuentes radiantes de calor como trabajos de soldaduras y otros, tenemos previsto en las cercanías del tajo un extintor adecuado.

- El almacenamiento de pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables deberá hacerse en recipientes cerrados alejándolos de fuentes de calor y en particular cuando se almacenen recipientes que contengan nitrocelulosa, se deberá realizar un volteo periódico de los mismos para evitar el riesgo de inflamación. El local estará provisto de extintores adecuados.

- Ventilación adecuada de los lugares donde se realizan los trabajos.

5.5.2.3.3. Medidas técnicas de protección.

5.5.2.3.3.1. Protecciones personales.

- Se usarán gafas para los trabajos de pinturas.
- Uso de mascarilla protectora
- Ventilación adecuada del lugar donde se realizan los trabajos.
- No fumar ni utilizar máquinas que puedan producir chispas.

5.5.2.3.3.2. Protecciones colectivas.

- Tener cerrados los recipientes que contengan disolventes y almacenarlos lejos del calor y el fuego.

5.5.2.4. Uso de maquinaria de elevación.

5.5.2.4.1. Riesgos.

- Caída de la propia máquina, por deficiente anclaje.
- Caídas en altura de materiales, en las operaciones de subida o bajada.
- Descargas eléctricas por contacto directo o indirecto.

5.5.2.4.2. Normas básicas de seguridad.

- Estará prohibido circular o situarse bajo la carga suspendida.
- Los movimientos simultáneos de elevación y descenso, estarán prohibidos.
- Estará prohibido arrastrar cargas por el suelo; hacer tracción oblicua de las mismas; dejar cargas suspendidas con la máquina parada o intentar elevar cargas sujetas al suelo o a algún otro punto.
- Cualquier operación de mantenimiento, se hará con la máquina parada.

- Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impida el choque de la carga contra los extremos que la sustentan.

5.5.2.4.3. Medidas técnicas de protección.

5.5.2.4.3.1. Protecciones personales.

- Casco homologado de seguridad.
- Guantes de cuero.

5.5.2.4.3.2. Protecciones colectivas.

- La manguera de alimentación estará en perfecto estado de conservación
- La carga estará colocada adecuadamente, sin que pueda dar lugar a basculamientos.
- Antes de comenzar el trabajo, se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, así como el cable de suspensión de cargas, y de las eslingas a utilizar.
- Será visible claramente, un cartel que indique el peso máximo a elevar.
- El gancho de suspensión de carga, con cierre de seguridad, estará en buen estado.
- El motor y los órganos de transmisión, estarán correctamente protegidos.
- Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.

5.5.2.5. Pequeñas herramientas.

5.5.2.5.1. Riesgos.

- Descargas eléctricas.
- Explosiones e incendios.
- Cortes en extremidades.

5.5.2.5.2. Normas básicas de seguridad.

- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- El personal que utilice estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso.
- Las herramientas serán revisadas periódicamente, de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante.

- Estarán acopiadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.

- La desconexión de las herramientas no se hará con un tirón brusco.

- No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe; si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.

- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

5.5.2.5.3. Medidas técnicas de protección.

5.5.2.5.3.1. Protecciones personales.

- Casco homologado de seguridad.

- Guantes de cuero.

- Protecciones auditivas y oculares.

- Mascarillas.

5.5.2.5.3.2. Protecciones colectivas.

- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.

- Las mangueras de alimentación a herramientas estarán en buen uso.

- Las herramientas de mano, se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar su caída a otro nivel.

Linares, 13 de Agosto de 2021.

Fdo. Daniel Caler Aguilar.
Ingeniero Técnico Industrial.
Colegiado nº. C895C del COITI Jaén.



6. PRESUPUESTO.

Descripción	Precio Unitario (€)	Udes	Total Parcial (€)
Acondicionamiento previo del vehículo con desmontaje de elementos de alumbrado y señalización, antiempotramiento trasero, protecciones laterales, guardabarros y carrocería, conforme a lo indicado en el presente Proyecto	600,00	1	600,00
Construcción e instalación de carrocería basculante ejecutada conforme a las prescripciones contenidas en los diversos documentos que componen el presente Proyecto, incluso mano de obra y p.p. de pequeño material	4000,00	1	4000,00
Cilindro hidráulico telescópico marca Industrias J. Cortes, referencia L065ZFS0, en ejecución no estándar, con una longitud de botella de 500 mm, carrera total de 1713 mm y rótula de ataque con base de apoyo de 120 mm.	450,00	2	900,00
Kit de gemelación para los cilindros hidráulicos marca Industrias J. Cortes, referencia SOPORT40	350,00	1	350,00
Articulación para carrocería marca Industrias J. Cortes referencia GIRO60EL	250,00	1	250,00
Toma de fuerza para caja de cambio marca Bezares, modelo B9-150, referencia 026003	550,00	1	550,00
Bomba hidráulica marca Bezares, modelo BEA 17, referencia 5060906	600,00	1	600,00
Depósito para fluido hidráulico marca Bezares, modelo 30L HDPE, referencia 90PS03TB	150,00	1	150,00
Resto de elementos para la instalación hidráulica , tales como distribuidor, finales de carrera, controles en cabina, racorería, y p.p. de pequeño material	300,00	1	300,00
Terminación del vehículo , montando antiempotramiento trasero, elementos de alumbrado y señalización, protecciones laterales, dispositivos antiproyección, resto de elementos finales, pintura de imprimación y acabado, incluso mano de obra y p.p. de pequeño material, conforme a las prescripciones del presente Proyecto	1000,00	1	1000,00
Legalización de la reforma , incluyendo documentación informe de conformidad y certificado de taller, tasas y gastos de tramitación en ITV, y resto de actuación necesarias para obtener autorización para circular por la vía pública	500,00	1	500,00
TOTAL PRESUPUESTO			9200,00

Asciende el presente **presupuesto de ejecución material** a la figurada cantidad de **nueve mil doscientos euros** (9200,00 €).

Linares, 13 de Agosto de 2021.

Fdo. Daniel Caler Aguilar.
Ingeniero Técnico Industrial.
Colegiado nº. C895C del COITI Jaén.

7. BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN.

Han sido consultadas con más o menos profusión o intensidad diversas obras, dependiendo del tema o estudio de que se tratase en cada momento durante la redacción del presente Proyecto Técnico.

Están escritas por autores de reconocido prestigio, o por los departamentos técnicos de los fabricantes de vehículos industriales, y editadas por editoriales especializadas en temas de ingeniería y/o automoción.

Son las que se mencionan a continuación, sin que el orden en que aparecen sea relevante en circunstancia alguna.

[1] Baselga Ariño, Santiago. 2018. “Manual Teórico sobre Reformas de Vehículos”. 2ª Edición. Editorial Kronos.

[2] Baselga Ariño, Santiago. 2021. “El Frenado en Vehículos de Carretera. Descripción, Cálculo y Reglamentación”. 2ª Edición, 1ª Revisión. Editorial Kronos.

[3] Baselga Ariño, Santiago. 2018. “Cálculo de la Cadena de Transmisión y de las Prestaciones del Automóvil. (Volúmenes I-II)”. 6ª Edición, 1ª Revisión. Editorial Kronos.

[4] Cascajosa Soriano, Manuel. “Ingeniería de Vehículos. Sistemas y Cálculos”. 4ª Edición. Editorial Tébar Flores.

[5] Álvarez Mantaras, Daniel, Rodríguez Luque, Pablo & Vera, Carlos. 2004. “Ingeniería del Automóvil. Sistemas y Comportamiento Dinámico”. Editorial Paraninfo.

- [6] Arias-Paz Guitian, Manuel. 1990. “Manual de Automóviles”. 50ª Edición. Editorial Dossat, SA.
- [7] Arias-Paz Guitian, Manuel. 2008. “Manual de Automóviles”. 56ª Edición, 1ª Reimpresión. Editorial Cie. Inversiones Editoriales Dossat 2000, SL.
- [8] Muñoz, M, Payri, F. & otros. 1989. “Motores de Combustión Interna Alternativos”. 2ª Edición. Editorial Servicio de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Fundación General, Universidad Politécnica de Madrid.
- [9] Rodríguez-Borlano, Ramiro & Martínez Lasheras, Carlos. 1981. “Prontuario de Estructuras Metálicas. Editorial Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas del MOPU.
- [10] Larburu Arrizabalaga, Nicolás. 2007. “Máquinas. Prontuario”. 13ª Edición, 6ª Reimpresión. Editorial International Thomson Editores Spain Paraninfo, SA.
- [11] Sánchez Lencero, T., Muñoz Blanco, A., Ruíz Marín, J. J., Cascajosa Soriano, M. & Valderrama Gual, F. 1990. “Curso sobre Reformas de Importancia en Vehículos Automóviles”. Editorial Servicio de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla.
- [12] Alonso Pérez, J. Manuel. 1979. “Mecánica del Automóvil”. 2ª Edición. Editorial Paraninfo.
- [13] Eliche Rubio, Antonio. “Automoción”. Edita Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera de la Universidad de Jaén.
- [14] Area Técnica de AECA-ITV. 2017. “Guía Gráfica Interpretativa del Manual de Reformas de Vehículos para Vehículos de Categorías M, N y O”. Revisión 3ª, Versión 1ª. Edita Area Técnica de AECA-ITV. (Consulta de 16-03-21 en <https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2018/01/Guiagrafica2017-V01-Enero2017.pdf>).
- [15] Rodríguez Martín, Guillermo Emilio. 2017. “Poster de Masas y Dimensiones AECA-ITV”. 2017. Revisión 5ª. Edita Area Técnica de AECA-ITV. (Consulta de 16-03-21 en <https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2018/01/Poster-Masas-y-Dimensiones-AECA-ITV-Rev5-2017.pdf>).
- [16] Muñoz Gracia, Francisco. 1974. “Cálculo Teórico-Práctico de los Elementos y Grupos del Vehículo Industrial y Automóvil. (Tomo I)”. Editorial Dossat, SA.
- [17] Muñoz Gracia, Francisco. “Cálculo Teórico-Práctico de los Elementos y Grupos del Vehículo Industrial y Automóvil. (Tomo II)”. Editor Francisco Muñoz Gracia.
- [18] Muñoz Gracia, Francisco. 1982. “Cálculo Teórico-Práctico de los Elementos y Grupos del Vehículo Industrial y Automóvil. (Tomo III)”. Editor Francisco Muñoz Gracia.

[19] Muñoz Gracia, Francisco. 1988. “Cálculo Teórico-Práctico de los Elementos y Grupos del Vehículo Industrial y Automóvil. (Tomo VI)”. Editor Francisco Muñoz Gracia.

[20] Muñoz Gracia, Francisco. 1990. “Cálculo Teórico-Práctico de los Elementos y Grupos del Vehículo Industrial y Automóvil. (Tomo VII)”. Editor Francisco Muñoz Gracia.

[21] Muñoz Gracia, Francisco. 1991. “El Vehículo Industrial y Automóvil. Cálculo Teórico-Práctico de los Elementos y Grupos. (Tomo I Superior)”. Editor Francisco Muñoz Gracia.

[22] Muñoz Gracia, Francisco. 1995. “El Vehículo Industrial y Automóvil. Cálculo Teórico-Práctico de los Elementos y Grupos. (Tomo II Superior)”. Editor Francisco Muñoz Gracia.

[23] Dirección de Asistencia Técnica de Nissan Motor Ibérica, SA. 1989. “Norma de Carrocero”. 2ª Edición. Edita Dirección de Asistencia Técnica de Nissan Motor Ibérica, SA.

[24] Dirección de Asistencia Técnica de ENASA. 1993. “Normas de Carrozado para Furgones Pegaso Ekus. Edita Dirección de Asistencia Técnica de ENASA.

[25] Departamento de Asistencia Técnica de IVECO. 1991. “Directrices para la Transformación y el Equipamiento de los Vehículos”. Edita Departamento de Asistencia Técnica de IVECO.

[26] IVECO Technical Publications. 2009. “M.Y. 2008. Instrucciones para Transformar y Equipar Vehículos. Editorial Technical Application.

[27] Dirección de Asistencia Técnica de Renault Vehículos Industriales, SA. 1985. “Manual de Montaje de Carrocerías”. Edita Departamento de Formación y Servicios Técnicos de la Dirección de Asistencia Técnica de Renault Vehículos Industriales, SA.

[28] Dirección de Asistencia Técnica de Renault Vehículos Industriales, SA. 1987. “Manual de Montaje de Carrocerías”. Edita Departamento de Formación y Servicios Técnicos de la Dirección de Asistencia Técnica de Renault Vehículos Industriales, SA.

[29] Dirección de Asistencia Técnica de Renault V.I. 1993. “Manual de Montaje de Carrocerías”. Edita Renault V.I.

[30] Renault Trucks. 2010. “Manual de Montaje de Carrocerías”. Edita Renault Trucks.

[31] Catálogo de Cilindros de Industrias J. Cortés, SL. (Consulta de 28-12-20 en <http://industriasjcortes.com/web/productos/productos.asp>).

[32] Catálogo Técnico Hidráulico de Bezares, SA. (Consulta de 26-06-21 en <https://bezares.com/wp-content/uploads/2017/04/catalogo-tecnico-hidraulico.pdf>).

[33] Catálogo Técnico de PTO (Tomas de Fuerza) de Bezares, SA. (Consulta de 26-06-21 en <https://bezares.com/wp-content/uploads/2017/04/catalogo-tecnico-PTO.pdf>).

[34] Catálogo General de Auxiliar Carrocera, SA. (Consulta de 26-06-21 en <http://www.auxiliarcarrocera.com/descargas/Catalogo-completo.pdf>).

[35] Catálogo Soluciones Basculantes Hidráulicas de Hyva Holding, B.B. (Consulta de 14-07-21 en https://www.hyva.com/globalassets/product-catalog-images/01.tipping/tipping-brochures/0390-hydraulic-tipping-solutions-catalogues_lr.pdf).

[36] Catálogo General de 2019 de Manufacturas Echarte, SL. (Consulta de 12-06-21 en <https://www.echarte.com/pdf/catalogo-echarte-2019.pdf>).

[37] Catálogo de Vehículos Industriales de 2019 de Domar. (Consulta de 13-07-21 en <https://www.domar.it/cataloghi/01.pdf>).

[38] Catálogo de Accesorios para Carrocerías de Kits y Carrocerías, SL. (Consulta de 13-07-21 en <https://www.kitsycarrocerias.es/storage/pdf/catalogo.pdf>).

[39] Manual de Usuario de Basculantes de Rojo Trailer, SL. (Consulta de 14-07-21 en <https://www.rojotrailer.com/descargas2/postventa/2019/Manual-de-Usuario-Basculantes.pdf>).

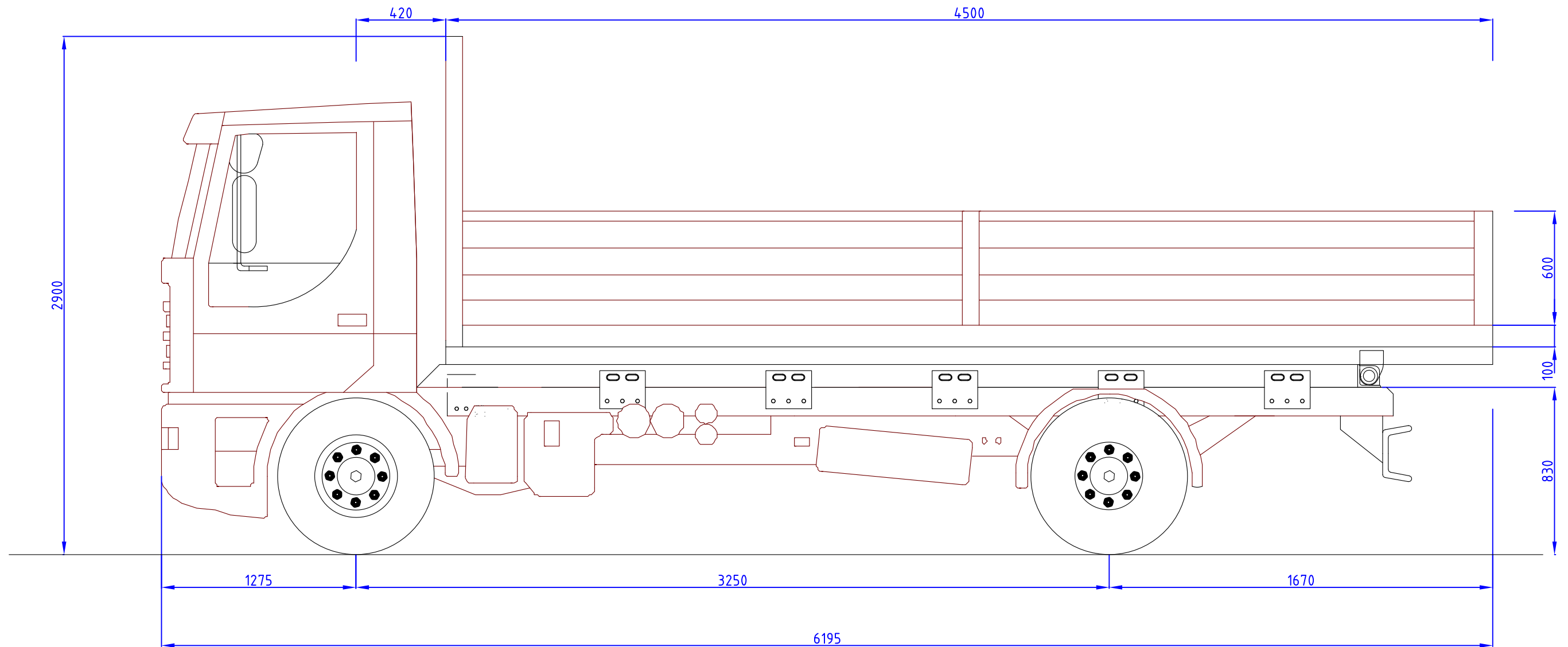
[40] Modelo de Informe de Idoneidad para el Carrozado Inicial de la Empresa Carrocerías Jankar, SCA. 2013.

[41] Información Técnica sobre las Propiedades Mecánicas de los Tornillos de la Empresa Tornillera Aragonesa, SA. (Consulta de 11-08-21 en http://www.tornilleraaragonesa.com/archivos/info_tecnica/esp/propiedades_tornillos.pdf).

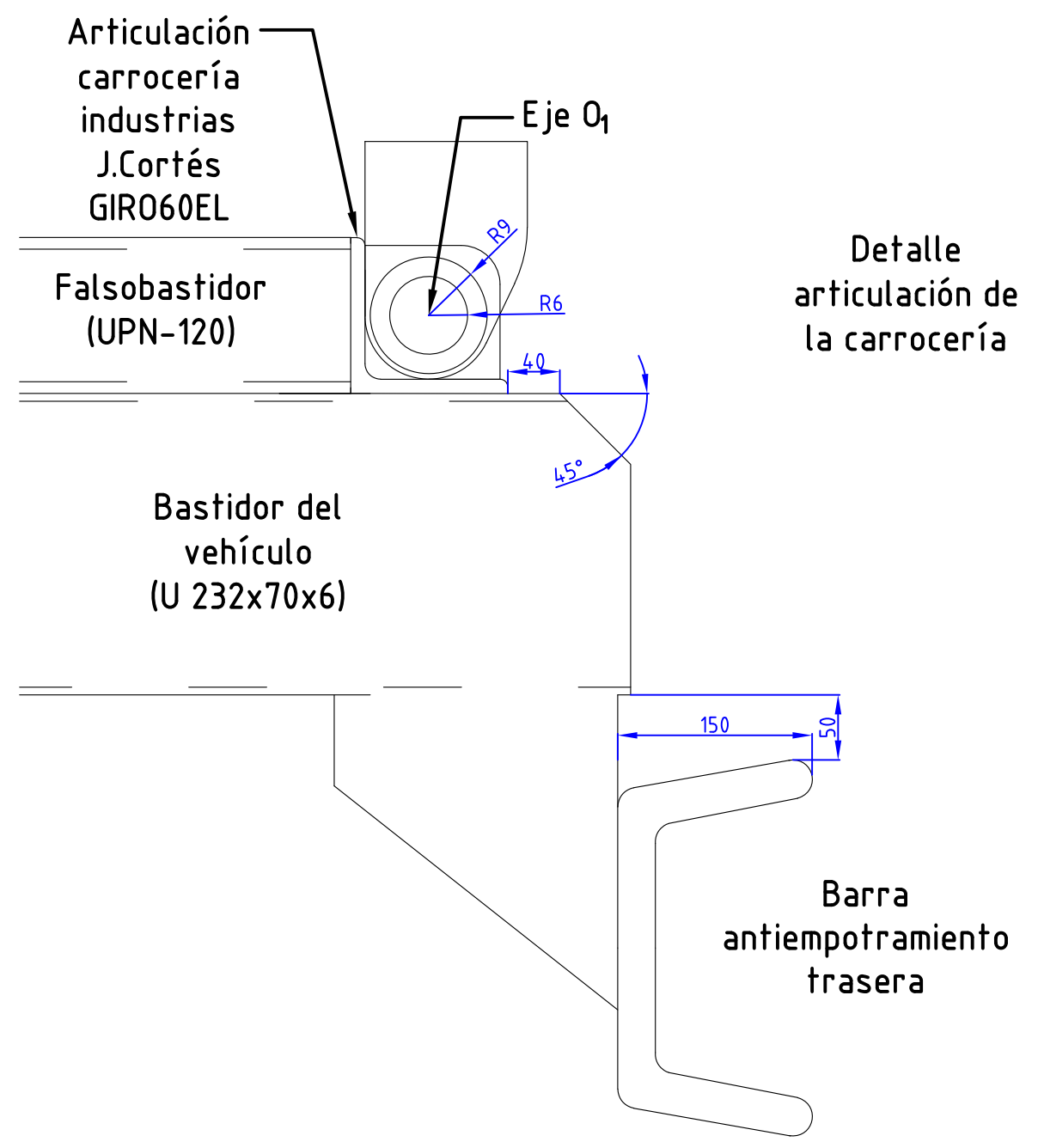
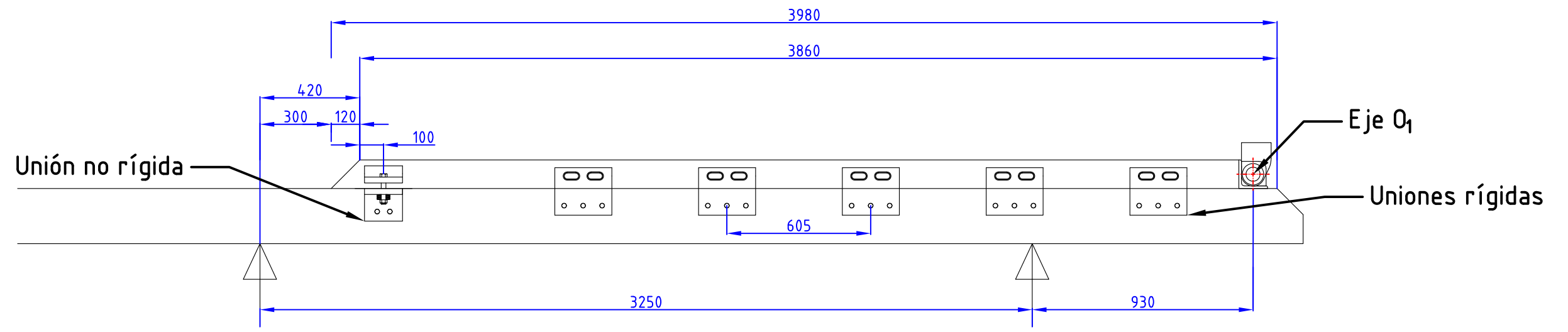
8. PLANOS.

Se reproducen a continuación los planos que han sido confeccionados para aclarar o ampliar la información sobre la ejecución de la reforma que justifica el presente Proyecto Técnico.

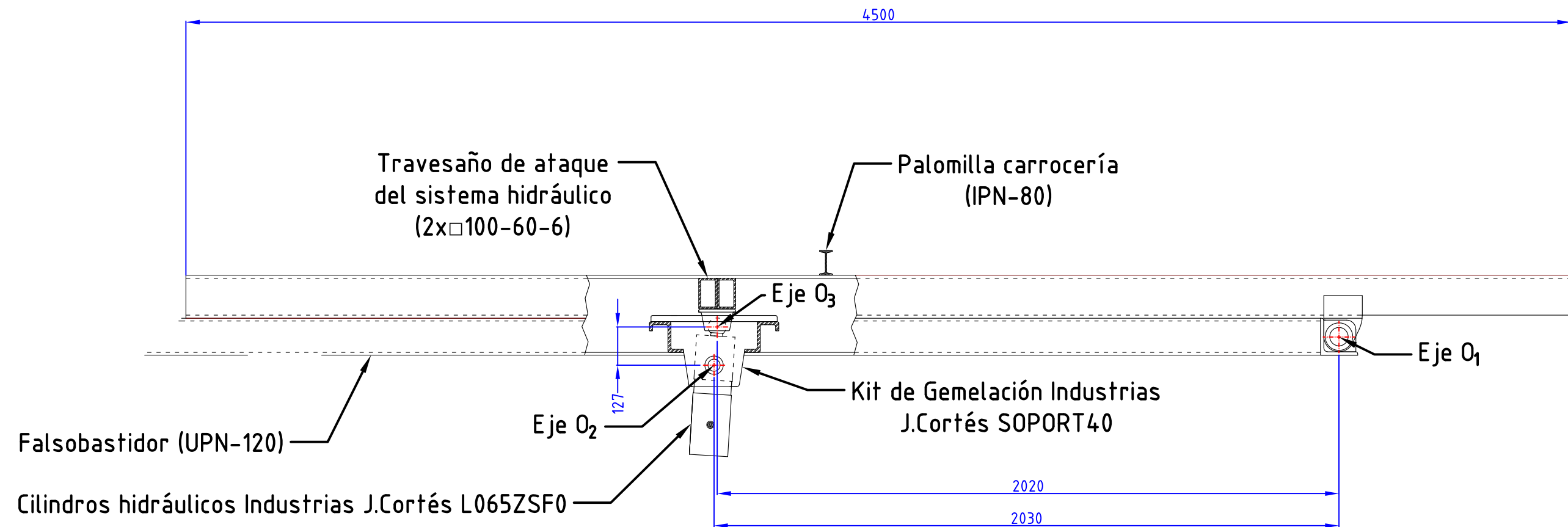




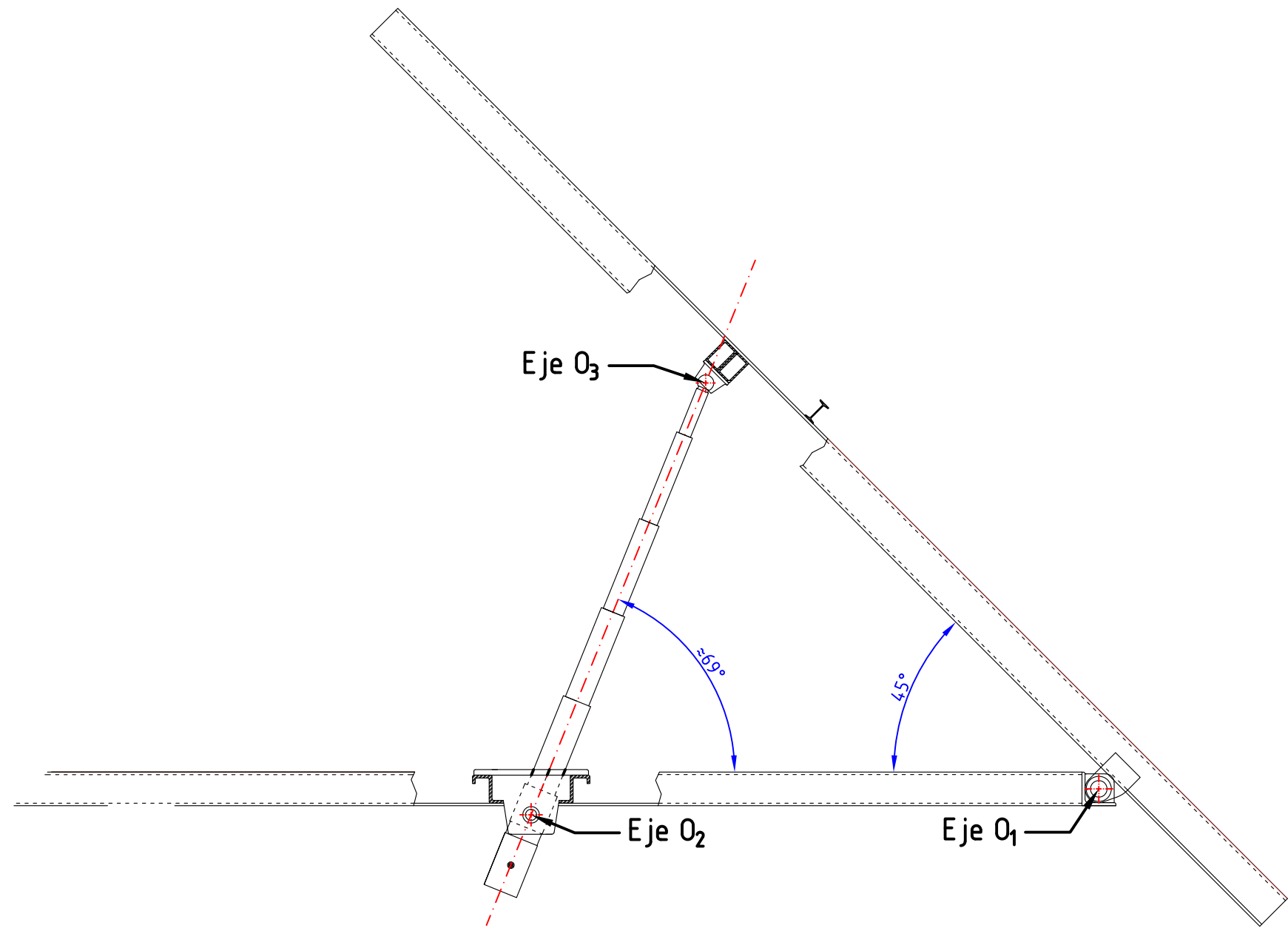
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	13-08-21	DANIEL CALER		
COMPROBADO				
ESCALA:	Proyecto Técnico de Reforma de un Vehículo Comercial 7XXX-ZZZ - Ref.Proyecto: 001/21 rev.0 Vehículo Reformado			Nº PLANO: 1
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	13-08-21	DANIEL CALER		
COMPROBADO				
ESCALA:	Proyecto Técnico de Reforma de un Vehículo Comercial 7XXX-ZZZ - Ref.Proyecto: 001/21 rev.0 Conjunto Bastidor-Falsobastidor			Nº PLANO: 2
1/20 y 1/5				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	13-08-21	DANIEL CALER		
COMPROBADO				
ESCALA:	Proyecto Técnico de Reforma de un Vehículo Comercial 7XXX-ZZZ - Ref.Proyecto: 001/21 rev.0 Sistema Hidráulico -inicio elevación-			Nº PLANO: 3
1/15				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	13-08-21	DANIEL CALER		
COMPROBADO				
ESCALA:	Proyecto Técnico de Reforma de un Vehículo Comercial 7XXX-ZZZ - Ref.Proyecto: 001/21 rev.0			Nº PLANO: 4
1/20	Sistema Hidráulico - final elevación-			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

ANEXO I: NOMENCLATURA Y DEFINICIONES

A continuación se explican los principales términos que se emplearan a lo largo del proyecto, que podemos encontrar en el Artículo 3, de la Sección I del Real Decreto 866/2010 o en el Artículo 2 del capítulo I del RD 750/2010. Definiciones:

- **Homologación de tipo:** Procedimiento mediante el cual un Estado miembro certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos pertinentes.
- **Homologación de tipo nacional:** Procedimiento de homologación de tipo establecido por la legislación nacional de un Estado miembro; la validez de dicha homologación queda limitada al territorio de ese Estado miembro.
- **Homologación de tipo CE:** Procedimiento mediante el cual un Estado miembro certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos de las Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 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 y componentes y unidades técnicas independientes destinadas a dichos vehículos; Directiva 2003/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, relativa a la homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos, y por la que se deroga la Directiva 74/150/CEE; Directiva 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo del 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos y tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo, y de los actos reglamentarios enumerados en los anexos de las referidas Directivas.
- **Homologación individual:** Procedimiento por el cual un Estado miembro certifica que un vehículo en particular, ya sea singular o no, cumple las disposiciones administrativas y requisitos técnicos establecidos en la legislación aplicable.
- **Homologación de tipo multifásico:** Procedimiento mediante el cual un tipo de vehículo incompleto o completado cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos establecidos en la legislación aplicable.

- **Vehículo base:** Todo vehículo que se utiliza en la fase inicial de un proceso de homologación de tipo multifásico.
- **Vehículo incompleto:** Todo vehículo que deba pasar por lo menos por una fase más para ser completado y cumplir los requisitos técnicos pertinentes establecidos en la legislación aplicable.
- **Vehículo completado:** El vehículo, producto del procedimiento de homologación de tipo multifásico, que cumpla los requisitos técnicos establecidos en la legislación aplicable.
- **Vehículo completo:** Todo vehículo que no necesita ser completado para satisfacer los requisitos técnicos pertinentes establecidos en la legislación aplicable.
- **Fabricante:** La persona u organismo responsable ante la autoridad de homologación de todos los aspectos del proceso de homologación o de autorización, y de garantizar la conformidad de la producción. No es esencial que la persona u organismo participe directamente en todas las fases de la fabricación de un vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente sujeta al proceso de homologación.
- **Autoridad de homologación:** La autoridad con competencias en todos los aspectos de la homologación de un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente o de la homologación individual de un vehículo, del proceso de autorización, de la emisión y, en su caso, retirada de certificados de homologación, así como para actuar como punto de contacto con las autoridades de homologación de los demás Estados miembros, para designar los servicios técnicos y garantizar que el fabricante cumple sus obligaciones sobre conformidad de la producción. En la actualidad, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- **Reforma de vehículo:** Toda modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación 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 contenidos en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio. Este término incluye cualquier actuación que implique alguna modificación de los datos que figuran en la tarjeta de ITV del vehículo.

- **Actos reglamentarios:** Una directiva particular, un reglamento (CE) o un reglamento CEPE/ONU anexo al Acuerdo revisado de 1958 relativo a la adopción de prescripciones técnicas para los vehículos de ruedas, el equipo y piezas que pueden montarse y/o usarse en los vehículos de ruedas y las condiciones para el reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas en base a estas prescripciones.
- **Servicio técnico de reformas:** 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.
- **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 Real Decreto 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 firmas autorizadas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- **Estación de Inspección Técnica de Vehículos (ITV):** Las instalaciones que tienen por objeto la ejecución material de las inspecciones técnicas que, de acuerdo con el Reglamento General de Vehículos, aprobado por Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, y demás normas aplicables, deban hacerse en los vehículos y sus componentes y accesorios, y que estén habilitadas por el órgano competente de la Comunidad Autónoma del territorio donde estén radicadas.

ANEXO II: ANÁLISIS NORMATIVO

➤ Real Decreto 866/2010

El Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de vehículos, deroga al anterior Real Decreto 736/1988, de 8 de julio. En éste Real Decreto se modifica la definición de “Reformas de Importancia” por “Reformas de Vehículos”.

Constituye el objeto de este Real Decreto la regulación del procedimiento para la regularización y tramitación de las 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.

Este Real Decreto se aplicará a todos los vehículos matriculados definitivamente y remolques ligeros (categoría O1) autorizados a circular.

Este Real Decreto no se aplicará a los vehículos antes de su matriculación definitiva. Las modificaciones efectuadas en los vehículos antes de su matriculación definitiva deberán estar incluidas en la homologación de tipo o tramitarse a través del procedimiento de homologación individual. Además, incluye tres anexos:

ANEXO I: Tipificación de las reformas de vehículos.

Las reformas de vehículos se refieren a las modificaciones introducidas en las funciones que se relacionan a continuación y que, en su caso, serán desarrolladas según convenga en el manual de reformas de vehículos.

Se consideran reformas de vehículos las modificaciones relativas a las funciones siguientes:

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.

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

ANEXO III: Certificado de 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.:

➤ **Manual de Reformas de Vehículos, Rev.6ª-Corr.1.**

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. Este Manual estará disponible para consulta de los solicitantes de una reforma en todas las estaciones de ITV. El Manual será actualizado 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.

Este Real Decreto mantiene la coherencia entre la normativa europea de homologación de vehículos y la nacional sobre las reformas de los mismos; su aplicación permitirá mantener las condiciones de seguridad activa y pasiva de los vehículos y su comportamiento en lo que se refiere a la protección al medio ambiente.

Asimismo, establece la documentación que se debe presentar ante los Órganos de la Administración competente en materia de Inspección Técnica de Vehículos, la tramitación y los requisitos específicos exigibles serán los contenidos en este Manual de Reformas de vehículos.

El citado Manual de Reformas tiene la siguiente estructura:



Figura 55. Estructura del manual de reformas del vehículos

En el preámbulo se explica la estructura del Manual, tipos de documentos necesarios para la tramitación de la reforma e interpretación de cada una de las fichas correspondientes a cada reforma.

Antes de hablar de las siguientes secciones, conviene definir las principales categorías de vehículos, obtenidas de los siguientes documentos oficiales:

- **Directiva 2007/46/CE:** Homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.
- **Directiva 2002/24/CE:** Homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y cuadriciclos.

- **Directiva 2003/37/CE:** Homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos.
- **Real Decreto 750/2010:** Homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

Categoría M: Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.

- Categoría M1: Vehículos de ocho plazas como máximo (excluida la del conductor) diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
- Categoría M2: Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima no supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
- Categoría M3: Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.

Categoría N: Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

- Categoría N1: Vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
- Categoría N2: Vehículos cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas y no supere las 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Categoría O: Remolques (incluidos los semirremolques).

- Categoría O1: Remolques con una masa máxima que no supere las 0,75 toneladas.
- Categoría O2: Remolques cuya masa máxima sea superior a 0,75 toneladas y no supere las 3,5 toneladas.
- Categoría O3: Remolques cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas y no supere las 10 toneladas.
- Categoría O4: Remolques cuya masa máxima sea superior a 10 toneladas.

Categoría L:

- Categoría L1e: Ciclomotores, es decir, los vehículos de dos ruedas, con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h y caracterizados:
 - De cilindrada inferior o igual a 50 cm³, si es de combustión interna, o bien
 - Con una potencia continua nominal máxima inferior o igual a 4 kW si es de motor eléctrico.
- Categoría L2e: Ciclomotores, es decir, los vehículos de tres ruedas, con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h y caracterizados:
 - Cuya cilindrada sea inferior o igual a 50 cm³ para los motores de encendido por chispa (positiva), o bien
 - Cuya potencia máxima neta sea inferior o igual a 4 kW para los demás motores de combustión interna, o bien
 - Cuya potencia continua nominal máxima sea inferior o igual a 4 kW para los motores eléctricos.
- Categoría L3e: Motocicletas, es decir, vehículos de dos ruedas sin sidecar con un motor cuya cilindrada sea superior a 50 cm³ para los motores de combustión interna y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
- Categoría L4e: Motocicletas, es decir, los vehículos de dos ruedas con sidecar con un motor cuya cilindrada sea superior a 50 cm³ para los motores de combustión interna y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
- Categoría L5e: Vehículos de tres ruedas, es decir, los vehículos con tres ruedas simétricas y con un motor cuya cilindrada sea superior a 50 cm³ para los motores de combustión interna y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
- Categoría L6e: Cuadriciclos ligeros cuya masa en vacío sea inferior o igual a 350 kg, no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, cuya velocidad máxima por construcción sea inferior o igual a 45 km/h, y:
 - Cuya cilindrada del motor sea inferior o igual a 50 cm³ para los motores de encendido por chispa (positiva), o
 - Cuya potencia máxima neta sea inferior o igual a 4 kW para los demás motores de combustión interna, o
 - Cuya potencia continua nominal máxima sea inferior o igual a 4 kW para los motores eléctricos.

- Categoría L7e: Los cuadriciclos distintos de los L6e, cuya masa en vacío sea inferior o igual a 400 kg (550 kg para los vehículos destinados al transporte de mercancías), sin incluir la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y con un motor cuya potencia máxima sea inferior o igual a 15 kW.

Categoría T:

- Categoría T1: Tractores de ruedas con una velocidad máxima de fabricación inferior o igual a 40 km/h, una vía mínima de al menos el eje más cercano al conductor superior o igual a 1150 mm, una masa en vacío y en marcha superior a 600 kg y una altura libre sobre el suelo inferior o igual a 1000 mm.
- Categoría T2: Tractores de ruedas con una velocidad máxima de fabricación inferior o igual a 40 km/h, una vía mínima inferior a 1150 mm, una masa en vacío y en marcha superior a 600 kg y una altura libre sobre el suelo menor o igual a 600 mm. No obstante, cuando el valor de la altura del centro de gravedad del tractor (medido en relación al suelo), dividido por la media de las vías mínimas de cada eje, sea superior a 0,90 m, la velocidad máxima de fábrica se limitará a 30 km/h.
- Categoría T3: Tractores de ruedas con una velocidad máxima de fabricación inferior o igual a 40 km/h y una masa en vacío y en marcha inferior o igual a 600 kg.
- Categoría T4: Tractores de ruedas especializados con una velocidad máxima de fabricación inferior o igual a 40 km/h.
- Categoría T5: Tractores de ruedas con una velocidad máxima de fabricación superior a 40 km/h.

Se han obviado las categorías especiales RA, MAA, MA2, MA3, MAR (S1, S2 S3, S4), TCA, MTC. T5.1 y T5.2.

Continuando con la estructura del Manual, tras el preámbulo nos encontramos con cuatro secciones diferentes, que reúnen y definen las posibles reformas en función de la categoría del vehículo.

A su vez, cada sección del Manual se divide en once partes iguales, donde se recogen todos los sistemas susceptibles de ser transformados, definidos en el Anexo I del Real Decreto 866/2010.

Se recogen en la siguiente figura:

- ✓  **SECCIÓN I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O**
 -  **ÍNDICE**
 - >  **GRUPO 1 - IDENTIFICACIÓN**
 - >  **GRUPO 2 - UNIDAD MOTRIZ**
 - >  **GRUPO 3 - TRANSMISIÓN**
 - >  **GRUPO 4 - EJES Y RUEDAS**
 - >  **GRUPO 5 - SUSPENSIÓN**
 - >  **GRUPO 6 - DIRECCIÓN**
 - >  **GRUPO 7 - FRENOS**
 - >  **GRUPO 8 - CARROCERÍA**
 - >  **GRUPO 9 - ALUMBRADO**
 - >  **GRUPO 10 - UNIÓN ENTRE VEHÍCULOS**
 - >  **GRUPO 11 - OTROS**
- >  **SECCIÓN II.- L, QUADS Y UTV**
- >  **SECCIÓN III.- AGRÍCOLAS**
- >  **SECCIÓN IV.- OBRAS Y SERVICIOS**

Figura 56. Sistemas de los vehículos susceptibles de ser transformados

Cada grupo se divide en diferentes Códigos de Reforma (CR) que identifican las modificaciones realizadas sobre un vehículo. Cada CR se compone de una ficha con una descripción de la reforma, el campo de aplicación, los Actos Reglamentarios (AR) que se deben justificar una vez transformado el vehículo, la documentación necesaria y los puntos a inspeccionar en la ITV:

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O Grupo N° 8. Carrocería (8.20)														
DESCRIPCIÓN: Reformas que afecten al acondicionamiento interior de los vehículos														
ACONDICIONAMIENTO INTERIOR Acondicionamiento del espacio destinado a pasajeros y equipaje en vehículos M 8.20.- Instalación o desinstalación de elementos permanentes en la zona frontal del interior del habitáculo del vehículo														
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	NO	NO	NO	NO	NO	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			
Acondicionamiento interior	74/60/CEE	(2)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Parasitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE	(2)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Identificación de los mandos, luces testigo e indicadores	76/316/CEE	(1)	x	x	x	x	x	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										
- Informe de conformidad - Certificado del Taller														
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 40%; vertical-align: top;"> MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO </td> <td style="width: 20%; vertical-align: top; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> REVISIÓN: 2ª Fecha: Marzo 2014 </td> <td style="width: 40%; vertical-align: top; padding: 0 10px;"> SECCIÓN: I GRUPO: 8 (8.20) Carrocería Página 1 de 2 </td> </tr> </table>												MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	REVISIÓN: 2ª Fecha: Marzo 2014	SECCIÓN: I GRUPO: 8 (8.20) Carrocería Página 1 de 2
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	REVISIÓN: 2ª Fecha: Marzo 2014	SECCIÓN: I GRUPO: 8 (8.20) Carrocería Página 1 de 2												

Figura 57. Ficha del código de reforma (CR) 8.20, de la sección I

Los Actos Reglamentarios (AR) se aplicarán según columna 3 o requisitos alternativos de la columna 4 del Anexo I del Real Decreto 2028/86, de 6 de junio, teniendo en cuenta los siguientes criterios de aplicación:

- (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. 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).
- (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.

La documentación exigible en función de la reforma puede ser:

Proyecto técnico

Deberán identificarse: técnico competente, el vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula) y las reformas realizadas. El contenido mínimo del proyecto técnico, además de lo que se determine en cada una de las fichas de este Manual, deberá incluir: Memoria, Pliego de condiciones y Planos.

Certificación de dirección final de obra

Deberá identificarse: técnico competente, el 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.

Informe de conformidad

Es un documento emitido por el fabricante de primera fase del vehículo o por el servicio técnico de reformas. Garantiza que el vehículo reformado sigue cumpliendo los Actos Reglamentarios afectados, éste documento puede encontrarse en el Anexo II del RD 866/2010.

Además, 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 especial, lo indicado para cada CR.

Certificado de Taller

Es un documento en el que figuran los datos del taller donde se han realizado las reformas al vehículo, así como los datos del mismo, asumiendo la responsabilidad de la reforma de acuerdo con la normativa vigente.

➤ Real Decreto 2028/1986.

El Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la Comunidad Económica Europea, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.

Por medio de este Real Decreto se trasponen a la Ordenación Jurídica Española las Directivas Europeas en materia de homologación relativa a la automoción, para lo cual se actualiza con la frecuencia requerida a través de Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), que se aprueban por medio de Órdenes Ministeriales publicadas en el BOE.

Consta de dos Anexos, que son los que se van actualizando, en los que se establece la fecha de entrada en vigor de los diferentes Actos Reglamentarios que se van incluyendo.

A continuación se indican la estructura y contenido de cada uno de ellos.

- Anexo I

Se divide en cuatro partes con idéntica estructura, que explicaremos más adelante:

1. Vehículos automóviles, sus partes y piezas (categorías M, N y O).
2. Vehículos agrícolas o forestales.
3. Vehículos de 2, 3 ruedas y cuatriciclos.
4. Varios.

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				
Directiva 70/156	(-)	(-)	Real Decreto 750/2010, de 4 de junio ⁽¹⁾	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				
Directiva 2007/46 ⁽¹⁾	(A)	(A)	Real Decreto 750/2010, de 4 de junio ⁽²⁾	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. ⁽¹⁾ Obligatoria para todos los anexos no contemplados en las posteriores modificaciones. ⁽²⁾ Sustituye los anexos I, III, IV, VI, VII, XI y XV de la Directiva 2007/46/CE. ⁽³⁾ Sustituye el anexo IX de la Directiva 2007/46/CE. ⁽⁴⁾ Reglamento de Seguridad General de los Vehículos. Recoge los Actos Reglamentarios obligatorios para la Homologación de Tipo CE. ⁽⁵⁾ Sustituye los anexos V, X, XV y XVI de la Directiva 2007/46/CE. ⁽⁶⁾ Sólo obligatoria para Homologación Individual. ⁽⁷⁾ Desarrolla la lista de reglamentos CEPE/ONU que se aplican con carácter obligatorio. ⁽⁸⁾ Sustituye el anexo II y modifica los anexos IV, IX y XI de la Directiva 2007/46/CE. ⁽⁹⁾ Excepto para extensiones de homologación de Tipo Europea y Series Cortas Nacionales concedidas con anterioridad al 29-10-12. ⁽¹⁰⁾ Incorpora Reglamentos CEPE/ONU de carácter obligatorio. ⁽¹¹⁾ Modifica los anexos IV y XII de la Directiva 2007/46/CE. ⁽¹²⁾ Modifica el anexo IX de la Directiva 2007/46/CE. ⁽¹³⁾ Modifica los anexos I y IX de la Directiva 2007/46/CE. ⁽¹⁴⁾ Sustituye el anexo VIII y modifica los anexos I y IX de la Directiva 2007/46/CE. ⁽¹⁵⁾ Modifica los anexos I, III, IV, IX y XI de la Directiva 2007/46/CE. ⁽¹⁶⁾ Modifica los anexos I, III, IV y IX de la Directiva 2007/46/CE. ⁽¹⁷⁾ Modifica los anexos II, IV, XI y XII y anula el anexo XVIII de la Directiva 2007/46/CE.
R(CE) 1060/2008 ⁽²⁾	(A)	(A)		
R(CE) 385/2009 ⁽³⁾	(A)	(A)		
R(CE) 661/2009 ⁽⁴⁾	(A)	(A)		
R(UE) 371/2010 ⁽⁵⁾	(A)	(A)		
R(UE) 183/2011 ⁽⁶⁾	(A)	(A)		
R(UE) 407/2011 ⁽⁷⁾	(A)	(A)		
R(UE) 678/2011 ⁽⁸⁾	(A)	(A) ⁽⁹⁾		
R(UE) 523/2012 ⁽¹⁰⁾	(A)	(A)		
R(UE) 1229/2012 ⁽¹¹⁾	(A)	(A)		
R(UE) 1230/2012 ⁽¹²⁾	(A)	(A)		
R(UE) 143/2013 ⁽¹³⁾	(A)	(A)		
R(UE) 195/2013 ⁽¹⁴⁾	(A)	(A)		
R(UE) 136/2014 ⁽¹⁵⁾	(A)	(A)		
R(UE) 133/2014 ⁽¹⁶⁾	(A)	(A)		

Figura 58. Estructura del Anexo I del Real Decreto 2028/86

Columna 1: Recoge el nombre e identificación numérica unívoca de cada directiva base y sus consiguientes directivas de corrección.

Columna 2: Incluye la legislación aplicable para la homologación de nuevos tipos, dicho de otro modo, la fecha a partir de la cual es necesario cumplir un AR para poder llevar a cabo una homologación de para un nuevo tipo de vehículo.

Columna 3: Incorpora la legislación atribuible a nuevas matrículas, de igual modo que la columna 2, establece las fechas límite para la aplicación de los actos reglamentarios a los vehículos de nueva matriculación.

Columna 4: Encontramos la reglamentación alternativa a las directivas, correspondiente a la Reglamentación Nacional vigente u otros Reglamentos Internacionales.

Columna 5: Observaciones.

En las diversas columnas se incluyen llamadas o notas denominadas con letras mayúsculas entre paréntesis, como por ejemplo: “(A)”, tal y como puede verse en la figura anterior; al final del Anexo se incluye el significado de cada una de ellas.

Conviene, por su relevancia en la legalización de la reforma que describe y justifica el presente Proyecto Técnico, desarrollar el significado y alcance de una de ellas, denominada con la letra “(H)”, recogida en la figura siguiente:

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				
de equivalencia no presupone que estas reglamentaciones puedan tener idénticos requisitos técnicos o administrativos.				
(H) Podrá aceptarse como alternativa y previa autorización de la Autoridad de Homologación, un informe favorable del servicio técnico en el que se evalúen las discrepancias con la reglamentación que se menciona en las columnas 1 y 4.				
(L) Reglamentos CEPE/ONU a los que la Unión Europea se ha adherido a su reconocimiento y aprobación, según Decisiones del Consejo.				
(M) En los casos en los que no se especifique versión de una reglamentación, se deberá entender que se refiere a la versión en vigor.				
(N) Obligatorio para su comercialización en España cuando estén destinados a su utilización en o por vehículos automóviles.				
(Ñ) Obligatorio para su comercialización en España.				
(O) Para el capítulo 4 «Varios» el título de la columna 3 «Nueva matrícula», debe entenderse como «Fecha de puesta en servicio» o «Fecha de introducción en el mercado».				

Figura 59. Nota (H) del Anexo I del Real Decreto 2028/86

Esta nota da lugar a lo que se conoce como **“Informe H”**, en definitiva es la **autorización a un determinado fabricante de la aplicación de un Acto Reglamentario previo informe positivo de un laboratorio oficial autorizado para homologación de tipo de vehículos** (INTA, INSIA, etc.).

El informe favorable del servicio técnico o laboratorio puede contener discrepancias con la aplicación del AR sobre el que se informa, bien por circunstancias administrativas o por cuestiones sin trascendencia para la seguridad, de manera que pueda ser admitido por la Autoridad de Homologación.

La autorización por parte de la citada Autoridad, dependiente del Ministerio competente en Seguridad Industrial, es decir, el propio Informe H es una Resolución Ministerial, que faculta a su beneficiario para la aplicación del mismo conforme a las condiciones comprobadas por el servicio técnico.

El Informe H sólo tiene validez nacional, y para el caso que nos ocupa de modificación del carrozado de un vehículo industrial, es la justificación legal del fabricante de segunda fase para el cumplimiento de los AR que puedan haberse visto afectados por la reforma.

- Anexo II

Recoge todas las diferentes Directivas y Reglamentos, junto con la fecha de inicio de aplicación, título y fecha de publicación en el DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea).

ANEXO II

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.	06/08/1971
Directiva 72/245, de 20 de junio de 1972.	Antiparasitado.	06/07/1972
Directiva 72/306, de 2 de agosto de 1972.	Módulos motores diésel.	20/08/1972

Figura 60. Estructura del Anexo II del Real Decreto 2028/86

ANEXO III: PERMISO DE CIRCULACIÓN

Se ha confeccionado un permiso de circulación ficticio para el vehículo, si bien por ello no fiel a lo que sería real, ya figurando como titular registral la empresa que encarga la reforma del vehículo (Propiedad) a los Talleres Autorizados, también ficticios que se describieron en los primeros apartados de la sección de Memoria del presente Proyecto Técnico.

En todos los proyectos profesionales reales de este tipo que me han permitido consultar aparece este documento.

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



REINO DE ESPAÑA



MINISTERIO DEL INTERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO

PERMISO DE CIRCULACIÓN

Свидетельство на управление
Osvědčení o registraci
Registrieringsattest
Zulassungsbescheinigung
Registreeimistunnistus
Άδεια κυκλοφορίας
Πιστοποιητικό Εγγραφής
Registration certificate
Certificat d'immatriculation
Teastas Cláiriche
Prometna dozvola
Carta di circolazione
Registrācijas apliecība

Registrācijas liudzimas
Forgalmi engedély
Certifikat ta'Registrazzjoni
Kentekenbewijs
Dowód Rejestracyjny
Certificado de matricula
Certificatul de înmatriculare
Osvědčení o evidenci
Prometno dovoljenje
Rekisteröintodistus
Registreringsbeviset

COMUNIDAD EUROPEA

19-021XX0XX

RCM-FNMT

Figura 61. Permiso de circulación -anverso-

A	7XXX-ZZZ	E	VF640A560000XXXXX
B	-----	F.1	12000
H	-----	F.2	12000
I	31-07-2014	G	4500
(I.1)	10-06-2021	K	e2*2007/46*0135*08
(I.2)	JAÉN	P.1	5132
C.1.1	CONSTRUCCIONES CONSTRUCCIONES, SL	P.2	177
C.1.2	-----	P.3	DIESEL
C.1.3	-----	Q	-----
C.4	c -----	S.1	2
D.1	RENAULT	S.2	-----
D.2	MDA2C / UGZ42M / NMHL7165084NAU0NN9L		
D.3	D		
(D.4)	PARTICULAR - ACTIVIDAD ECONÓMICA		

OBSERVACIONES:
Documento válido si acompaña ITV en vigor
Próxima ITV: 01-08-2021

Figura 62. Permiso de circulación -reverso-

ANEXO IV: TARJETA DE INSPECCIÓN TÉCNICA -ANTES DE LA REFORMA-

De igual manera que en el caso anterior, se ha confeccionado una tarjeta de inspección técnica ficticia para el vehículo antes de la reforma, expedida por una estación de inspección técnica de vehículos tras la preceptiva inspección previa a matriculación del mismo.

Esta tarjeta daría lugar a la matriculación del vehículo y, por tanto, a su autorización a circular por las vías públicas.

Su aproximación a la realidad ha sido consensuada con los profesionales del sector a los que he podido consultar.

En todos los proyectos técnicos reales que se han podido consultar aparece este documento.

[illegible]

Figura 63. Tarjeta de inspección técnica de vehículos antes de la reforma -anverso-

INSPECCIONES TÉCNICAS		
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Reformas en el vehículo / Diligencia de venta		

A.1 Nombre del fabricante del vehículo base	F.4 Altura total	O.1.1 Barra de tracción
A.2 Dirección del fabricante del vehículo base	F.5 Anchura total	O.1.2 Semi remolque
B.1 Nombre del fabricante del vehículo completado	F.5.1 Anchura máxima carrozable	O.1.3 Remolque eje central
B.2 Dirección del fabricante del vehículo completado	F.6 Longitud total	O.1.4 Remolque sin freno
C.1 Código ITV	F.6.1 Longitud máxima carrozable	O.2.1 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos mecánicos
C.1 Clasificación del vehículo	F.7 Vía anterior	O.2.2 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos de inercia
C.V Control VIN	F.7.1 Vía posterior	O.2.3 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos hidráulicos o neumáticos
D.1 Marca	F.8 Voladizo posterior	O.3 Tipo de freno de servicio
D.2 Tipo/Variante/Versión	F.8.1 Voladizo máximo posterior carrozable	P.1 Cilindrado
D.3 Denominación comercial del vehículo	G Masa en Orden de Marcha (MOM)	P.1.1 Número y disposición de los cilindros
D.6 Procedencia	G.1 Masa en vacío para vehículos categoría L	P.2 Potencia del motor
E Número de identificación del vehículo	G.2 Masa Mínima Admisible del vehículo completado	P.2.1 Potencia fiscal
EP Estructura de protección	J Categoría del vehículo	P.3 Tipo de combustible o fuente de energía
EP.1 Marca de la estructura de protección	J.1 Carrocería del vehículo	P.5 Código de identificación del motor
EP.2 Modelo de la estructura de protección	J.2 Clase	P.5.1 Fabricante o marca del motor
EP.3 N.º de homologación de la estructura de protección	J.3 Volumen de bodegas	Q Relación potencia/masa
EP.4 N.º identificativo de la estructura de protección	K Número de homologación del vehículo base	R Color
F.1 Masa Máxima en carta Técnica Admisible (MMTA)	K.1 Número de homologación del vehículo completado	S.1 N.º de plazas de asiento/N.º de asientos o sillones
F.1.1 Masa Máxima en carga Técnica Admisible en cada eje 1.º/2.º/3.º	K.2 N.º certificado TITV vehículo base	S.1.1 Cinturones de seguridad
F.1.5 Masa Máxima en carga Técnica Admisible en 5.ª rueda o pivote de acoplamiento	L N.º de ejes y ruedas	S.2 N.º de plazas de pie
F.2 Masa Máxima en carga Admisible del vehículo en circulación (MMA)	L.0 N.º y posición de ejes con ruedas gemelas	T Velocidad máxima
F.2.1 Masa Máxima autorizada en cada eje 1.º/2.º/3.º	L.1 Ejes motrices	U.1 Nivel sonoro en parado
F.3 Masa Máxima Técnica Admisible del conjunto (MMTAC)	L.2 Dimensiones de los neumáticos	U.2 Velocidad del motor a la que se mide el nivel sonoro a vehículo parado
F.3.1 Masa Máxima Autorizada del Conjunto (MMC)	M.1 Distancia entre ejes 1.º-2.º, 2.º-3.º	V.7 Emisiones de CO ₂
	M.4 Distancia entre 5.ª rueda o pivote de acoplamiento y último eje	V.8 Emisiones de CO
	O.1 Masa Remolcable con frenos/Masa remolcable técnicamente admisible del vehículo de motor en caso de:	V.9 Nivel de emisiones
		Z Año y número de orden de la serie corta
		(1) Código pdf 417

Figura 64. Tarjeta de inspección técnica de vehículos antes de la reforma -reverso-



ANEXO V: TARJETA DE INSPECCIÓN TÉCNICA -DESPUÉS DE LA REFORMA-

Según me informan en la estación de inspección técnica de vehículos con la que he mantenido contacto, la tarjeta de inspección técnica del vehículo se mantiene, anotándose en el apartado denominado “Reformas en el vehículo / Diligencia de venta” de su reverso, la descripción de la reforma o reformas efectuadas, una vez comprobada físicamente su adecuación a los documentos presentados, que previamente se ha comprobado que se adecuan a la reglamentación vigente.

Por tanto, el anverso no varía, recogándose en el presente Anexo V el reverso con la anotación de la reforma ya efectuada; su redacción viene definida por lo indicado para ello en Manual de Reformas vigente, en el que en cada código de reforma (CR) tiene una redacción normalizada, si bien cuando existen varias reformas implicadas de las allí codificadas, se tiende a una redacción consensuada entre las mismas.

Se reproduce, pues, el reverso de la tarjeta de inspección técnica tras la reforma, habiéndose contrastado su redacción con los profesionales del sector con los que se ha mantenido contacto durante la redacción del presente Proyecto.

Como puede verse, la fecha de la diligencia de legalización de la reforma es la más reciente, posterior a la emisión de todos los documentos necesarios para la tramitación de la reforma, pues una vez presentados los mismos y comprobada su adecuación, es cuando se realiza la inspección técnica por reforma.

INSPECCIONES TÉCNICAS		
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Fecha: Validez:	Fecha: Validez:	Fecha: Validez:
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello
Reformas en el vehículo / Diligencia de venta 07-09-2021. Transformado en camión basculante, dotado de caja abierta con equipo basculante, compuesto por depósito, toma de fuerza y bomba hidráulica marca Bezares ref. 90P503TB, 026003 y 5060906, respectivamente, cilindros hidráulicos, kit de gemelación y articulación de carrocería marca Industrias J. Cortes ref. L065ZSF0, SOPORT40 y GIRO60EL, respectivamente, variando: longitud total 6195 mm, altura total 2900 mm, voladizo posterior 1670 mm, masa real 5170 kg, clasificación 21.17. ITV Nº NNNN.		

A.1 Nombre del fabricante del vehículo base	F.4 Altura total	O.1.1 Barra de tracción
A.2 Dirección del fabricante del vehículo base	F.5 Anchura total	O.1.2 Semiirreloque
B.1 Nombre del fabricante del vehículo completado	F.5.1 Anchura máxima carrozable	O.1.3 Remolque eje central
B.2 Dirección del fabricante del vehículo completado	F.6 Longitud total	O.1.4 Remolque sin freno
C.1 Código ITV	F.6.1 Longitud máxima carrozable	O.2.1 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos mecánicos
C.L Clasificación del vehículo	F.7 Via anterior	O.2.2 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos de inercia
C.V Control VIN	F.7.1 Via posterior	O.2.3 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos hidráulicos o neumáticos
D.1 Marca	F.8 Voladizo posterior	O.3 Tipo de freno de servicio
D.2 Tipo/Variante/Versión	F.8.1 Voladizo máximo posterior carrozable	P.1 Cilindrada
D.3 Denominación comercial del vehículo	G Masa en Orden de Marcha (MOM)	P.1.1 Número y disposición de los cilindros
D.6 Procedencia	G.1 Masa en vacío para vehículos categoría L	P.2 Potencia del motor
E Número de identificación del vehículo	G.2 Masa Mínima Admisible del vehículo completado	P.2.1 Potencia fiscal
EP Estructura de protección	J Categoría del vehículo	P.3 Tipo de combustible o fuente de energía
EP.1 Marca de la estructura de protección	J.1 Carrocería del vehículo	P.5 Código de identificación del motor
EP.2 Modelo de la estructura de protección	J.2 Clase	P.5.1 Fabricante o marca del motor
EP.3 N.º de homologación de la estructura de protección	J.3 Volumen de bodegas	Q Relación potencia/masa
EP.4 N.º identificativo de la estructura de protección	K Número de homologación del vehículo base	R Color
F.1 Masa Máxima en carta Técnicamente Admisible (MMTA)	K.1 Número de homologación del vehículo completado	S.1 N.º de plazas de asiento/N.º de asientos o sillones
F.1.1 Masa Máxima en carga Técnicamente Admisible en cada eje 1.º/2.º/3.º	K.2 N.º certificado TITV vehículo base	S.1.1 Cinturones de seguridad
F.1.5 Masa Máxima en carga Técnicamente Admisible en 5.ª rueda o pivote de acoplamiento	L N.º de ejes y ruedas	S.2 N.º de plazas de pie
F.2 Masa Máxima en carga Admisible del vehículo en circulación (MMA)	L.0 N.º y posición de ejes con ruedas gemelas	T Velocidad máxima
F.2.1 Masa Máxima autorizada en cada eje 1.º/2.º/3.º	L.1 Ejes motrices	U.1 Nivel sonoro en parado
F.3 Masa Máxima Técnicamente Admisible del conjunto (MMTAC)	L.2 Dimensiones de los neumáticos	U.2 Velocidad del motor a la que se mide el nivel sonoro a vehículo parado
F.3.1 Masa Máxima Autorizada del Conjunto (MMC)	M.1 Distancia entre ejes 1.º-2.º, 2.º-3.º	V.7 Emisiones de CO ₂
	M.4 Distancia entre 5.ª rueda o pivote de acoplamiento y último eje	V.8 Emisiones de CO
	O.1 Masa Remolcable con frenos/Masa remolcable técnicamente admisible del vehículo de motor en caso de:	V.9 Nivel de emisiones
		Z Año y número de orden de la serie corta
		(1) Código pdf 417

Figura 65. Tarjeta de inspección técnica de vehículos después de la reforma -reverso-

ANEXO VI: CERTIFICADO DE TALLER

Se reproduce un Certificado de Taller, obviamente también ficticio, que deberían emitir los Talleres Autorizados donde se lleva a cabo la ejecución material de la reforma una vez terminada la misma.

Su formato es conforme al indicado en el vigente Real Decreto 866/2010, y su contenido ha sido consensuado con todos los profesionales con los que he consultado durante la redacción de este Proyecto Técnico.

Su fecha de emisión es posterior a la del Proyecto Técnico, igual a la del Certificado de Dirección Final de Obra, y anterior a la de emisión del Informe de Conformidad, situación conforme a lo prescrito sobre el particular en el vigente Manual de Reformas.



Industrias Carroceras Carroceras, SL
B-23XXXXYY
Polígono Industrial, s/n
23700-Linares, Jaén
Tfno. 953 00000X

Certificado de Taller

(Anexo III del Real Decreto 866/2010)

D^a. Ana Andaluza Española, expresamente autorizada por la empresa Industrias Carroceras Carroceras, SL, domiciliada en Linares, provincia de Jaén, calle Polígono Industrial, s/n, teléfono 95300000X, dedicada a la actividad de Construcción y Reparación de Carrocerías y Fabricación de Remolques Industriales, con número de registro industrial 23-016XX y número de registro especial⁽¹⁾ N/A.

CERTIFICA

Que la mencionada empresa ha realizado la/s reforma/s, y asume la responsabilidad de la ejecución, sobre el vehículo marca Renault, tipo MDA2C, variante UGZ42M, denominación comercial D, matrícula 7XXX-ZZZ y número de bastidor VF640A560000XXXXX, de acuerdo con:

- La normativa vigente en materia de reformas de vehículos.
- Las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevada/s a cabo en dicho vehículo.
- El proyecto técnico de la/s reforma/s, adjunto al expediente, con referencia: 001/20 rev.0, redactado por el Técnico D. Daniel Caler Aguilar, colegiado número C895C del COITI Jaén.

OBSERVACIONES⁽²⁾:

Sustitución del carrozado por otro de distintas características y dimensiones, consistente en una caja abierta dotada de equipo basculante, compuesto por depósito, toma de fuerza y bomba hidráulica marca Bezares ref. 90PS03TB, 026003 y 5060906, respectivamente, cilindros hidráulicos, kit de gemelación y articulación de carrocería marca Industrias J. Cortes ref. L065ZSF0, SOPORT40 y GIRO60EL, respectivamente; habiéndose modificado los siguientes datos:

+	- Longitud total	6195 mm.	- Altura total	2900 mm.
	- Voladizo posterior	1670 mm.	- Masa real	5170 kg.
	- Clasificación	21.17		

Se garantiza que se cumple lo previsto en el artículo 6 del Reglamento General de Vehículos y, en su caso, en el artículo 9 del Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regula la actividad industrial en talleres de vehículo automóviles, de equipos y sus componentes, modificando por 455/2010, de 16 de abril.

En Linares, a 30 de agosto de 2021.
(Firma y Sello)

Fdo. Ana Andaluza Española
Jefa de Taller Carrocerías

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

(2) Identificar equipos, sistemas o elementos que han sido modificados, sustituidos o incorporados (marca y referencias).

ANEXO VII: CERTIFICADO DE DIRECCIÓN FINAL DE OBRA

Se reproduce el Certificado de Dirección Final de Obra al presente Proyecto, emitido en este caso por el Autor del mismo, una vez terminada la ejecución de la misma, y comprobada su adecuación a lo aquí indicado.

Su contenido es conforme a lo indicado en el vigente Manual de Reformas, siendo su fecha de emisión posterior a la del Proyecto Técnico, igual a la del Certificado de Taller, y anterior a la de emisión del Informe de Conformidad (que aparece en el siguiente anexo), situación conforme a lo prescrito sobre el particular en el Manual de Reformas.

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN FINAL DE OBRA

Daniel Caler Aguilar, con NIF 26257405F, Ingeniero Técnico Industrial, colegiado nº. C895C del COITI Jaén, domiciliado en Linares, Jaén, Avda. Andalucía nº 3BIS, en calidad de Director Técnico,

CERTIFICA:

1. Que bajo su supervisión técnico-facultativa se han ejecutado las reformas codificadas con los códigos 8.50, 8.60 y 11.1 según el vigente Manual de Reformas, sobre el vehículo:

- Marca	Renault	- Denominación comercial	D
- Tipo	MDA2C	- Matrícula	7XXX-ZZZ
- Variante	UGZ42M	- Número de identificación	VF640A560000XXXXX

Descritas y justificadas en el Proyecto Técnico denominado:

PROYECTO DE EJECUCION DE REFORMA SOBRE LA TRANSFORMACION DEL VEHICULO MARCA RENAULT, MODELO D, MATRICULA 7XXX-ZZZ, CONSISTENTE EN SUSTITUCION DE LA CARROCERIA POR OTRA DE DISTINTAS CARACTERISTICAS.

Identificado inequívocamente con la referencia: 001/21 Rev.0, redactado por el mismo Técnico que suscribe.

2. Que las citadas reformas han sido ejecutadas por el siguiente taller autorizado:

Industrias Carroceras Carroceras, S.L. (Registro Industrial 23-016XX).
Polígono Industrial, s/n.
23700-Linares, Jaén.
Siendo terminada con fecha 30-08-2021.

3. Que las reformas citadas han sido efectuadas en el vehículo referenciado, de acuerdo al Proyecto Técnico y la documentación adicional correspondiente, siendo de acuerdo a los actos reglamentarios aplicables a cada una de ellas.

4. Que se complementa con los planos que aparecen en el Proyecto Técnico.

Linares, 30 de Agosto de 2021.

Fdo. Daniel Caler Aguilar.
Ingeniero Técnico Industrial.
Colegiado nº. C895C del COITI Jaén

Figura 67. Certificado de dirección final de obra

ANEXO VIII: INFORME DE CONFORMIDAD

Se ha confeccionado un Informe de Conformidad, también ficticio, emitido por el Servicio Técnico de Reformas que se creó como uno de los agentes implicados en la ejecución, tramitación y legalización de la reforma.

Su formato es conforme al indicado en el vigente Real Decreto 866/2010, y su contenido ha sido consensuado con todos los profesionales con los que he consultado.

Su fecha de emisión es posterior a la del resto de documentos implicados en el proceso, conforme a lo exigido en el vigente Manual de Reformas.



**INFORME
de
CONFORMIDAD**



Nº Informe: IC-00013/2021

El abajo firmante Pedro Español Andaluz, expresamente autorizado por Laboratorio de Reformas Reformas, SL,

INFORMA

Que el vehículo marca **RENAULT**, tipo **MDA2C**, variante **UGZ42M**, denominación comercial **D**, contraseña de homologación **e2*2007/46*0135*08**, matrícula **7XXX-ZZZ** y con número de bastidor **VF640A560000XXXXX**, es técnicamente apto para ser sometido a la/s reforma/s consistente/s en:

- Sustitución del carrozado por otro de distintas características y dimensiones, consistente en una caja abierta dotada de equipo basculante, compuesto por depósito, toma de fuerza y bomba hidráulica marca Bezares ref. 90PS03TB, 026003 y 5060906, respectivamente, cilindros hidráulicos, kit de gemelación y articulación de carrocería marca Industrias J. Cortes ref. L065ZSF0, SOPORT40 y GIRO60EL, respectivamente, según Proyecto Técnico realizado por el técnico competente D. Daniel Caler Aguilar, con referencia: 001/21 rev.0.

Esta/s reforma/s da/n como resultado la siguiente variación de datos en la tarjeta ITV del vehículo:

- Longitud total	6195mm.	- Altura total	2900 mm.
- Voladizo posterior	1670mm.	- Masa real	5170 kg.
- Clasificación	21.17		

Tipificada/s con los Códigos de Reformas: **8.50**, **8.60** y **11.1**.

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		Afectación	Contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento
70/221/CEE	Dispositivos de protección trasera	SI	Informe Interno IC-INT-00013/2021
70/222/CEE	Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	SI	Informe Interno IC-INT-00013/2021
70/311/CEE	Mecanismos de dirección	NO	Informe Interno IC-INT-00013/2021
2003/97/CE	Dispositivos de visión indirecta	NO	Informe Interno IC-INT-00013/2021
76/756/CEE	Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	SI	Informe Interno IC-INT-00013/2021
97/27/CE	Masas y dimensiones (resto vehículos)	SI	Informe Interno IC-INT-00013/2021
92/114/CEE	Salientes exteriores de las cabinas	NO	Informe Interno IC-INT-00013/2021
2000/40/CE	Protección delantera contra el empotramiento	NO	Informe Interno IC-INT-00013/2021
72/245/CEE	Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	NO	Informe Interno IC-INT-00013/2021
89/297/CEE	Protección lateral	SI	Informe Interno IC-INT-00013/2021
91/226/CEE	Sistemas antiproyección	SI	Informe Interno IC-INT-00013/2021
Reglamento CEPE/ONU 111R	Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas	NO	Informe Interno IC-INT-00013/2021
-	Reglamento General de Vehículos	SI	Informe Interno IC-INT-00013/2021

El vehículo reformado cumple con los actos reglamentarios que son de aplicación a las reformas tipificadas en el anexo I del R.D. 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos 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 Madrid a 6 de septiembre de 2021.

Fdo. Pedro Español Andaluz.
Director Técnico.

Laboratorio Reformas Reformas, SL
Ctra. Valencia, s/n. 28032-Madrid

Página 1 de 1

Figura 68. Informe de conformidad