

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

**MODIFICACIÓN DE UN VEHÍCULO
TODO TERRENO PARA
COMPETICIÓN EN CARRERAS POR EL
DESIERTO**

AUTOR: RAMÓN FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

TUTOR: JOSÉ ANTONIO CALVO RAMOS

JULIO 2012



Agradecimientos:

A todas las personas que me han ayudado a llegar hasta aquí, y en especial a mi madre, por su apoyo y ánimo constante.

Muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	15
1.1.- OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
1.2.-DEFINICIONES Y NORMATIVA DE LA REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE AUTOMOVILISMO	16
1.3.- IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO DEL PROYECTO	20
1.4.- TIPO DE COMPETICIONES A LAS QUE ESTARÁ DESTINADO.....	26
1.5.- PARTICIPACIÓN DE LA MARCA MITSUBISHI EN COMPETICIONES TODO TERRENO.....	31
1.6.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO TÉCNICO.....	32
2.- REFORMAS DE IMPORTANCIA Y MODIFICACIONES TÉCNICAS.....	39
2.1.- REFORMAS GRUPO N°2.UNIDAD MOTRIZ.....	39
2.1.1- REFORMA 2.1. MODIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS O SUSTITUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE COMBURENTE.....	40
2.1.2- REFORMA 2.6. MODIFICACIÓN O SUSTITUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ESCAPE: DISPOSICIÓN, VOLUMEN TOTAL, SILENCIADORES, CATALIZADOR, TRAMO DE SALIDA.....	42
2.1.3- REFORMA 2.9. MODIFICACIÓN DE SISTEMAS O DE LA PROGRAMACION DE LOS MISMOS QUE PUEDAN VARIAR LA POTENCIA MÁXIMA.....	45
2.1.4- SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE EMBRAGUE DE SERIE POR UN KIT DE COMPETICIÓN.....	47
2.1.5.- SUSTITUCIÓN DE LOS INYECTORES DE SERIE POR UNOS DE MAYOR CAUDAL DE INYECCIÓN.....	49
2.1.6.- SUSTITUCIÓN DEL INTERCOOLER DE SERIE.....	50
2.1.7.- COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ANTES Y DESPUÉS DE LAS REFORMAS.....	52
2.2.- REFORMAS GRUPO N°4. EJES Y RUEDAS.....	58
2.2.1- REFORMA 4.4. MODIFICACIONES O SUSTITUCIONES DE RUEDAS O INSTALACIÓN/DESINSTALACIÓN DE SEPARADORES DE RUEDAS QUE IMPLIQUEN MODIFICACION DEL ANCHO DE VÍA.....	58
2.3.- REFORMA GRUPO N° 5. MODIFICACIONES EN EL SISTEMA DE LA SUSPENSIÓN.....	62
2.3.1.- INTRODUCCIÓN A LA REFORMA.....	63
2.3.2.- ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN A MODIFICAR.....	65
2.3.3.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	68
2.3.4.- INSTALACIÓN DEL KIT DE SUSPENSIÓN.....	75
2.3.5.- MODIFICACIONES OPCIONALES (Recomendado).....	81
2.4.- REFORMA GRUPO 7. MODIFICACIONES EN EL SISTEMA DE FRENADO.....	95
2.4.1.- INTRODUCCIÓN A LA REFORMA.....	95
2.4.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA REFORMA.....	101
2.4.3- VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMATIVAS DE FRENADO.....	109
2.4.4.- INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS.....	113
2.5.- REFORMAS GRUPO N°8. CARROCERÍA. HABITÁCULO INTERIOR.....	118

2.5.1.- INTRODUCCIÓN A LAS REFORMAS	119
2.5.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA REFORMA DE LA SUSTITUCIÓN DE LOS ASIENTOS.....	122
2.5.3.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES DE LOS BAQUETS DE LA REFORMA.....	124
2.5.4.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LAS FIJACIONES EN LA CARROCERÍA/CHASIS.....	126
2.5.5.- CÁLCULOS DE LA RESISTENCIA DE LOS PUNTOS DE FIJACION DE LOS ARNESES DE SEGURIDAD	127
2.5.6.- MONTAJE Y RESULTADO TRAS LA REFORMA. FIGURAS ILUSTRATIVAS.....	129
2.6.- REFORMAS GRUPO Nº8. CARROCERÍA	131
2.6.1.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	133
2.6.2.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	139
2.6.3.- REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA	147
2.6.4.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA 2.....	151
2.6.5.- CONCLUSIÓN	153
2.6.6.- MONTAJE E ILUSTRACIONES.....	154
2.6.7.- ILUSTRACIONES ESTRUCTURA FINAL.....	160
2.6.8.- CARACTERÍSTICAS FINALES DE LA JAULA DE SEGURIDAD	161
2.7.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD	162
2.7.1.- REFORMA 2.7. MODIFICACIÓN DE LA UBICACIÓN, SUSTITUCIÓN, ADICIÓN O REDUCCIÓN DEL NÚMERO DE DEPÓSITOS DE COMBUSTIBLE.....	163
2.7.2.- REFORMA 6.3. SUSTITUCIÓN DE UN VOLANTE POR OTRO	167
2.7.3.- REFORMA 9.1: ADICIÓN O DESINSTALACIÓN DE CUALQUIER ELEMENTO, DISPOSITIVO, SISTEMA, COMPONENTE O UNIDAD TÉCNICA INDEPENDIENTE DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN	169
2.7.4.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD EXIGIDAS.....	172
2.8.- REFORMAS GRUPO Nº 11. MODIFICACIONES DE LOS DATOS QUE AFECTEN A LA TARJETA ITV	188
3.- SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE CARSIM®	190
3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA SIMULACIÓN.....	190
3.2.- PASOS SEGUIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN	191
3.3.- CONCLUSION DE LA SIMULACIÓN.....	199
4.- CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DESPUÉS DE LAS REFORMAS	200
5.- CONCLUSIONES FINALES	203
6.- PRESUPUESTO DETALLADO	204
6.1.- COSTES DE LOS MATERIALES	204
6.2.- REALIZACION DE LA REFORMA	209
6.3.- OTROS COSTES	210
6.4.- RESUMEN PRESUPUESTARIO	210
7.- DESARROLLOS FUTUROS	211
8.- BIBLIOGRAFÍA	212
ANEXO I	214
A.I.1.- SOLICITUD FICHA DE HOMOLOGACIÓN	215



A.I.2.- PLIEGO DE CONDICIONES	217
A.I.3.- CERTIFICADO DE TALLER	220
A.I.4.- CERTIFICADO FINAL DE OBRA	221
A.I.5.- CERTIFICADO DEL LABORATORIO OFICIAL	222
A.I.6.- TARJETA DE ITV A MODIFICAR	223
ANEXO II	224
A.II.1.- SOLICITUD DE LICENCIA DE PILOTO Y EXAMEN MÉDICO DE LA RFEDA	225
ANEXO III	229
A.III.1.- NORMATIVA DETALLADA POR CATEGORÍAS	230
A.III.1.1.- NORMATIVA APLICABLE A LAS REFORMAS DE VEHÍCULOS DE CLASE M1:.....	230
A.III.1.2.-NORMATIVA APLICABLE PARA LAS MODIFICACIONES TÉCNICAS SEGÚN LA RFEDA/FIA.....	231
ANEXO IV	266
A.IV.1.- INFORME COMPLETO DEL DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL ARCO DE SEGURIDAD.....	267
A.IV.1.1.- SIMULACIÓN DE ARCO DE SEGURIDAD. ENSAYO I	268
A.IV.1.2.- SIMULACIÓN DE ARCO DE SEGURIDAD. ENSAYO II	274
A.IV.1.3.- SIMULACIÓN DE ARCO DE SEGURIDAD. ENSAYO III	277
A.IV.2.- SAFETY ROLL BAR FIA CERTIFICATE.....	280

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Categorías y grupos según la RFEDA.....	16
Figura 2: Clases por cilindrada según la RFEDA	16
Figura 3: Vehículos admitidos por categoría según la RFEDA	19
Figura 4: Modelo del proyecto	20
Figura 5: Esquema de la cadena cinemática del presente modelo.....	21
Figura 6: tarjeta ITV del vehículo	22
Figura 7: Planos y dimensiones del vehículo	26
Figura 8: Mitsubishi Montero en prueba tipo Raid.....	27
Figura 9: Mitsubishi Montero en el rally Dakar 2012.....	28
Figura 10: Recorrido del rally Dakar 2012	29
Figura 11: Mitsubishi Montero en el campeonato de España de todo terreno 2011	30
Figura 12: Mitsubishi Montero ganador del Rally Dakar 1985	31
Figura 13: Snorkel del proveedor Snorkel.es, referencia SMM2	41
Figura 14: Caja y filtro de aire de mayor capacidad del proveedor Snorkel.es, referencia SMM2	41
Figura 15: Caja y filtro de aire de serie.....	42
Figura 16: Esquema de la sustitución de la línea de escape.....	43
Figura 17: Elementos del sistema de escape de serie.....	43
Figura 18: Elementos del sistema de escape de sustitución, del fabricante RalliArt, con ref R93884	43
Figura 19: Elementos del sistema de escape de serie, colector de escape marcado como elemento 16	44
Figura 20: Esquema y localización de la ECU original del vehículo de serie.....	45
Figura 21: Kit de gestión de ECU del fabricante ADONIS technology con el mapeado específico para el vehículo del proyecto.	46
Figura 22: Kit de embrague de competición del fabricante AP RACING, ref MI28002HD	47
Figura 23: Ubicación del kit de embrague.....	48
Figura 24: Esquema del volante de inercia de serie a sustituir.	48
Figura 25: Inyectores de competición del fabricante RalliArt, ref RA7743	49
Figura 26: Inyectores de serie, elemento número 10 en la figura.....	50
Figura 27: Intercooler de mayor capacidad del proveedor autobahn88, referencia A64453	51
Figura 28: Curva de potencia del motor 3.2 Di-d de serie.....	54
Figura 29: Curva de par del motor 3.2 Di-d de serie	54
Figura 30: Comparación curvas de potencia del vehículo de serie vs modificaciones T2.....	55
Figura 31: Comparación curvas de par del vehículo de serie vs modificaciones T2	56
Figura 32: Medidas de llantas y neumáticos de serie correspondientes al modelo 4M41	58
Figura 33: Llanta del fabricante BRAID, modelo Winrace T Monoblock	59
Figura 34: Esquema ilustrativo del ET (u "Offset") de la llanta	60
Figura 35: cálculo del offset de las nuevas llantas	60
Figura 36: Neumático Cooper Discoverer S/T Maxx 2012.....	61
Figura 37: Esquema básico de la suspensión delantera, sistema "paralelogramo deformable" 63	

Figura 38: Esquema básico de la suspensión trasera, suspensión multibrazo o “Multilink”	64
Figura 39: Esquema de la suspensión del tren delantero	65
Figura 40: Esquema de la suspensión del tren trasero	66
Figura 41: Kit del fabricante KingShocks,tren delantero, ref KINGTA057	66
Figura 42: Muelles del fabricante KingShocks,tren trasero, ref KING 232482	67
Figura 43: Amortiguadores del fabricante KingShocks, tren trasero, ref KINGTB088	67
Figura 44: desplazamiento de la masa suspendida para constante de rigidez 16,65 N/mm	75
Figura 45: Esquema desmontaje conjunto amortiguador delantero.....	76
Figura 46: Esquema desmontaje brazo superior delantero	76
Figura 47: Esquema desmontaje brazo inferior delantero.....	77
Figura 48: Esquema desmontaje barra estabilizadora delantera	77
Figura 49: Esquema desmontaje muelle, amortiguador y conjunto del brazo inferior trasero .	78
Figura 50: Esquema desmontaje brazo superior trasero	79
Figura 51: Esquema desmontaje conjunto del brazo de cola trasero.....	79
Figura 52: Esquema desmontaje brazo de control de convergencia trasero.....	80
Figura 53: Esquema desmontaje barra estabilizadora trasera	80
Figura 54: Silentblocks (figura ilustrativa)	81
Figura 55: Silentblocks del fabricante Sahara4x4 y referencias	81
Figura 56: Software para el estudio de los refuerzos de la suspensión	82
Figura 57: Modelado del brazo delantero inferior	83
Figura 58: Modelado del brazo delantero inferior con los enganches al chasis.....	83
Figura 59: Modelado del brazo delantero inferior (2)	84
Figura 60 : Soporte del amortiguador del brazo inferior	84
Figura 61: Brazo delantero inferior de serie.....	85
Figura 62: Brazo delantero inferior de serie (2).....	85
Figura 63: Brazo delantero superior de serie	86
Figura 64: Brazo delantero superior de serie (2)	86
Figura 65: Brazo inferior, cargas y sujeciones	87
Figura 66: Resultados Von Mises	88
Figura 67: Resultados de los desplazamientos	88
Figura 68: Resultados de las deformaciones unitarias.....	89
Figura 69: Aumento del espesor de la pieza.....	90
Figura 70: Resultado de Von Mises en el brazo reforzado	90
Figura 71: Resultado de los desplazamientos en el brazo reforzado.....	91
Figura 72: Resultado de las deformaciones unitarias en el brazo reforzado	91
Figura 73: Sistema de suspensión delantero (forma aproximada).....	92
Figura 74: Sistema de suspensión delantero (forma aproximada) (2).....	92
Figura 75: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el brazo delantero inferior	93
Figura 76: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el conjunto total de la suspensión	93
Figura 77: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el conjunto delantero de la suspensión.....	94
Figura 78: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el conjunto trasero de la suspensión	94
Figura 79: Esquema del sistema de frenado	97

Figura 80: Pinzas de freno y discos delanteros de serie.....	97
Figura 81: Pinzas de freno y discos traseros de serie (2).....	98
Figura 82: Pastillas de freno de serie	98
Figura 83: Disco de freno 330mm DFR, ref TFS/2153.	98
Figura 84: Pinzas de freno 6 pistones Galfer, ref GA9236.....	99
Figura 85: Pastillas de freno Galfer, ref FDR1075	99
Figura 86: kit completo de frenos a instalar, delantero y trasero (Pinza Galfer, Disco sobredimensionado)	100
Figura 87: kit de latiguillos metálicos Goodridge, ref G332-2	100
Figura 88: parámetros de disco y pastilla para los cálculos	101
Figura 89: Perfil vehículo, reparto de cargas	105
Figura 90: Desmontaje pinzas y pastillas delanteras de serie	114
Figura 91: Desmontaje pinzas y pastillas traseras de serie	115
Figura 92: Esquema del sistema ABS	116
Figura 93: Esquema del sensor de velocidad del sistema ABS	116
Figura 94: Baquet del fabricante Sparco, modelo S-Ligth y acotamiento de sus medidas en cm, ref CS 918 99.....	120
Figura 95: Soporte del baquet, del fabricante OMP, ref HC/732E	121
Figura 96: Arnés del fabricante OMP, modelo Profesional 6, ref DA801	121
Figura 97: Esquema de la fuerza aplicada al asiento	122
Figura 98: Fijación de los anclajes al asiento y chasis/carrocería	126
Figura 99: anclaje de los arneses de seguridad	127
Figura 100: Fijación de los asientos después de la reforma	129
Figura 101: Fijación de los asientos después de la reforma (2).....	129
Figura 102: Esquema ilustrativo de la situación de conducción del piloto tras las reformas ..	130
Figura 103: Software empleado para el diseño del arco de seguridad.....	131
Figura 104: Diferentes partes principales de la estructura	132
Figura 105: Recopilación de puntos y medidas características en el plano del vehículo.....	133
Figura 106: Definición semiarcos laterales.....	134
Figura 107: Definición ancho del tubo	134
Figura 108: Extrusión de uno de los dos semiarcos	135
Figura 109: Semiarcos terminados.....	135
Figura 110: Trayectoria para la extrusión del arco principal	136
Figura 111: Arco principal terminado	136
Figura 112: barras de protección laterales terminadas	137
Figura 113: tirantes traseros terminados.....	137
Figura 114: barra frontal terminada	138
Figura 115: barra diagonal trasera terminada.....	138
Figura 116: anclajes de la estructura	139
Figura 117: empotramientos en los anclajes.....	141
Figura 118: elección del material (25CrMo4-1.7218)	141
Figura 119: carga vertical sobre arco principal	142
Figura 120: detalle del mallado	142
Figura 121: proceso de cálculo del ensayo.....	143

Figura 122: resultados del ensayo 1, en este caso ilustración de las tensiones de Von Misses	143
Figura 123: carga lateral sobre toda la estructura	144
Figura 124: resultados del ensayo 2, en este caso ilustración de las tensiones de Von Misses	145
Figura 125: carga longitudinal	146
Figura 126: resultados del ensayo 3, en este caso ilustración de las tensiones de Von Misses	146
Figura 127: primeros refuerzos en la estructura	147
Figura 128: eliminación de la barra diagonal trasera.....	148
Figura 129: eliminación de la barra diagonal trasera.....	148
Figura 130: refuerzos diagonales del arco principal	149
Figura 131: detalle de las barras de sujeción de los arneses de seguridad.....	149
Figura 132: detalle de los tirantes desmontables	150
Figura 133: estructura terminada lista para su estudio	150
Figura 134: resultados del ensayo 1 para la estructura 2, en este caso ilustración los desplazamientos	151
Figura 135: resultados del ensayo 2 para la estructura 2, en este caso ilustración los desplazamientos	152
Figura 136: resultados del ensayo 3 para la estructura 2, en este caso ilustración los desplazamientos	153
Figura 137: vaciado completo del espacio destinado a carga	154
Figura 138: vaciado completo del espacio destinado a los ocupantes	154
Figura 139: jaula de seguridad en el espacio de los ocupantes.....	155
Figura 140: detalle del anclaje y de la zona de los soportes de los asientos de la jaula de seguridad en el espacio de los ocupantes.....	155
Figura 141: detalle de los tirantes desmontables atornillados de espacio de los ocupantes ..	156
Figura 142: Jaula de seguridad montada.....	156
Figura 143: instalación del salpicadero adaptado a la jaula.....	157
Figura 144: instalación del salpicadero adaptado a la jaula (2).....	157
Figura 145: Jaula de seguridad e interior imprimados.....	158
Figura 146: detalle de la parte superior de la estructura ya instalada e imprimada	158
Figura 147: detalle de uno de los anclajes de la estructura	159
Figura 148: ilustración orientativa del resultado final	159
Figura 149: Estructura final	160
Figura 150: Estructura final (2)	160
Figura 151: Depósito de combustible del fabricante ATL homologado por la FIA, ref ATL300RR300.....	164
Figura 152: Cajón protector del depósito de combustible del fabricante ATL, homologado por la FIA, ref ATL300RRAL	164
Figura 153: Bomba de combustible de serie	165
Figura 154: figura ilustrativa de la situación final del depósito de combustible de sustitución	166

Figura 155: figura ilustrativa de la situación final del depósito de combustible de sustitución (2).....	166
Figura 156: volante del fabricante Sparco.....	167
Figura 157: Piña de separación.....	168
Figura 158: Volante de competición más piña separadora instalados	169
Figura 159: Focos fabricante PIAA, modelo 520 SMR Xtreme White, ref 73516.....	170
Figura 160: Características Focos fabricante PIAA, modelo 520 SMR Xtreme White, ref 73516	170
Figura 161: Resultados posibles ilustrativos de la instalación de faros adicionales	171
Figura 162: Rampa de instalación de faros adicionales, variante opcional, fabricante euro4x4parts, ref Ex55694	172
Figura 163: extintor manual del fabricante OMP con sistema de apertura rápida, ref 101513	173
Figura 164: Esquema de unión de los tornillos al chasis.....	174
Figura 165: Extintor del sistema automático de extinción.....	175
Figura 166: Elementos del kit de extinción automático: Boquilla pulverizadora, cable de conexión, conexiones en L y T, control box, disparador, revestimiento, tubos de alimentación y adhesivo “E”	175
Figura 167: Componentes sistema de desconexión encendido: Seta de desconexión, cableado y adhesivos de señalización.....	178
Figura 168: Esquema de conexión del cortacorrientes.....	178
Figura 169: Ubicación interior de la seta de desconexión	178
Figura 170: Ubicación exterior de la seta de desconexión.....	179
Figura 171: Cierres de seguridad del fabricante OMP para maletero y capó.....	180
Figura 172: Kit de protecciones de bajos del proveedor Sahara4x4, ref 192193	180
Figura 173: Kit de protecciones de bajos del proveedor Sahara4x4, ref 192193 (2).....	181
Figura 174: Figura ilustrativa del resultado de la instalación del kit de protecciones de bajos del proveedor Sahara4x4, ref 192193.....	181
Figura 175: Vidrio de las ventanillas delanteras	182
Figura 176: Vidrio de las ventanillas traseras	183
Figura 177: Vidrio del portón trasero.....	183
Figura 178: Redes de seguridad para las ventanillas delanteras	184
Figura 179: Resultado final ilustrativo de la eliminación de ventanillas e instalación de redes de seguridad.....	184
Figura 180: Resultado final ilustrativo de la eliminación de ventanillas e instalación de redes de seguridad (2).....	185
Figura 181: Guardabarros del fabricante Sparco, referencia SPA33998.....	186
Figura 182: Figura ilustrativa del kit de guardabarros del fabricante Sparco, referencia SPA33998	186
Figura 183: Sistema TerraTrip 202, ref TRIP-202	187
Figura 184: GPS sentinel del fabricante ERTF, ref Ertf2332	187
Figura 185: Sistema Terratrip® y Gps Sentinel en su montaje final	188
Figura 186: elección del tipo de vehículo	191
Figura 187: modificación de los neumáticos y llantas	192

Figura 188: modificación de medidas y masas del vehículo.....	192
Figura 189: modificación de las relaciones de transmisión.....	193
Figura 190: modificación valores de la suspensión.....	193
Figura 191: modificación de la curva de potencia del motor	194
Figura 192: modificación de las características del sistema de frenado	194
Figura 193: cálculos de la simulación.....	195
Figura 194: visualización de la simulación del modelo de serie	195
Figura 195: modificación de los valores del vehículo para la competición T2	196
Figura 196: modificación de los valores del vehículo para la competición T2 (2)	196
Figura 197: simulación del nuevo ensayo y comparación con el anterior	197
Figura 198: simulación del nuevo ensayo y comparación con el anterior, con 5 “fantasmas” por vehículo	197
Figura 199: aceleración longitudinal para los dos modelos, de serie y T2	198
Figura 200: gráfica velocidad del trayecto vehículo de serie vs T2.....	198
Figura 201: Tarjeta ITV a modificar	223
Figura 202: Solicitud de licencia de piloto 2012	225
Figura 203: Solicitud de licencia de piloto 2012 (2)	226
Figura 204: Solicitud de licencia de piloto 2012 (3)	227
Figura 205: Solicitud de examen médico exigido 2012	228
Figura 206: tubo de alimentación del filtro de aire	233
Figura 207: Brida en motores diesel turboalimentados.....	234
Figura 208: modificación posible de la línea de escape	234
Figura 209: Fijaciones tornillería ruedas	236
Figura 210: ubicaciones geométricas de los puntos de anclaje de los arneses.....	239
Figura 211: ubicaciones geométricas de los puntos de anclaje de las bandas de los hombros de los arneses.....	240
Figura 212: dimensiones pieza anclaje de las bandas.....	241
Figura 213: sistema de fijación general.....	241
Figura 214: sistema de fijación general (2).....	242
Figura 215: sistema de fijación para las bandas pélvicas	242
Figura 216: Dibujo 253-34	245
Figura 217: Dibujo 253-1,2 y 3	245
Figura 218: Dibujo 253-4, 5, 6 y 7	246
Figura 219: Dibujo 253-8 y 9.....	247
Figura 220: Dibujo 253-29	247
Figura 221: Dibujo 253-12, 13 y 14	248
Figura 222: Dibujo 253-15	248
Figura 223: Dibujo 253-16-33	250
Figura 224: Dibujo 283-1 A-5	252
Figura 225: Dibujo 253-37-45	253
Figura 226: Dibujo 253-50-58	255
Figura 227: refuerzos en forma de cartela	257
Figura 228: cargas del estudio vertical.....	258
Figura 229: plano técnico del arco de seguridad	281



Figura 230: Arco de seguridad final, vista frontal282
Figura 231: Arco de seguridad final, vista trasera282

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación final del modelo.....	17
Tabla 2: Normativa aplicable en el presente proyecto.....	19
Tabla 3: Características detalladas del vehículo de serie.....	25
Tabla 4: Modificaciones y reformas en el motor.....	33
Tabla 5: Modificaciones y reformas llantas y neumáticos.....	34
Tabla 6: Modificaciones y reformas en la suspensión.....	34
Tabla 7: Modificaciones y reformas en el sistema de frenado.....	34
Tabla 8: Modificaciones y reformas en la carrocería.....	35
Tabla 9: Modificaciones y reformas en el interior.....	36
Tabla 1010: Modificaciones y reformas opcionales.....	36
Tabla 111: Modificaciones y reformas de seguridad.....	37
Tabla 12: Modificaciones y reformas opcionales.....	37
Tabla 13: Datos de serie y modificados con ECU de ADONIS technology.....	46
Tabla 14: Características del motor 3.2 Di-d de serie.....	52
Tabla 15: Potencia y par según rpm para vehículo de serie.....	53
Tabla 16: Resumen de la potencia y el par del motor 3.2 Di-d tras las reformas realizadas.....	56
Tabla 17: Potencia y par según rpm para vehículo modificado para T2.....	57
Tabla 18: características del vehículo antes de las reformas.....	69
Tabla 19: tabla resumen del tren delantero.....	71
Tabla 20: tabla resumen del tren trasero.....	72
Tabla 21: Características del material ASTM A36.....	82
Tabla 22: Datos técnicos sistema de frenos antes y después de la reforma.....	101
Tabla 23: Tabla de fabricante de presiones de frenado.....	104
Tabla 24: Datos técnicos del sistema de frenado eje delantero.....	104
Tabla 25: Datos técnicos del sistema de frenado eje trasero.....	105
Tabla 26: Cuadro de requisitos relativos a los frenos de servicio de los vehículos de las categorías M y N.....	110
Tabla 27: Mediciones del ensayo de tipo 0 del vehículo modificado.....	112
Tabla 28: Mediciones del ensayo de tipo 0 del vehículo de serie.....	112
Tabla 29: Fuerzas ejercidas en los tornillos de los anclajes, comprobación.....	125
Tabla 30: Fuerzas ejercidas en los pernos de los arneses, comprobación.....	128
Tabla 31: Propiedades mecánicas y físicas del acero al cromo molibdeno.....	132
Tabla 32: Lista de precios por tipo de material.....	161
Tabla 33: Lista de precios por cantidad de material.....	161
Tabla 34: Lista de precios por construcción.....	161
Tabla 35: coste total.....	161
Tabla 36: resumen de las mejoras introducidas.....	190
Tabla 37: características detalladas del vehículo tras las reformas.....	203
Tabla 38: conclusiones finales.....	203
Tabla 39: Presupuesto de los materiales.....	209
Tabla 40: Presupuesto de la realización de las reformas.....	209



Tabla 41: otros costes	210
Tabla 42: resumen presupuestario	210
Tabla 43: Solicitud ficha de homologación RFEDA para el vehículo	216
Tabla 44: configuración mínima de la estructura de seguridad	251
Tabla 45: Especificaciones del material a utilizar	256
Tabla 46: Información del modelo final del arco de seguridad	268
Tabla 47: propiedades del estudio.....	269
Tabla 48: unidades empleadas	269
Tabla 49: propiedades del material	270
Tabla 50: cargas y sujeciones del ensayo I	270
Tabla 51: información de la malla.....	271
Tabla 52: resultados del ensayo I	272
Tabla 53: resultados del ensayo I (2)	273
Tabla 54: cargas y sujeciones del ensayo II	274
Tabla 55: resultados del ensayo II.....	274
Tabla 56: resultados del ensayo II (2)	275
Tabla 57: resultados del ensayo II (3)	276
Tabla 58: cargas y sujeciones del ensayo III	277
Tabla 59: resultados del ensayo III	277
Tabla 60: resultados del ensayo III (2)	278

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

En el presente documento se abordan las modificaciones técnicas necesarias de un vehículo de serie con denominación comercial “**Mitsubishi Montero 3.2 Di-d 160 cv 3p 2006 Tercera generación**” para su competición nacional e internacional en la **categoría I grupo T2 de rally todoterrenos** según la Federación Internacional de Automovilismo (**FIA**) y la Real Federación Española de Automovilismo (**RFEDA**), así como la generación del proyecto de reforma de importancia que justifique dichas modificaciones.

En primer lugar se resumirán ciertas definiciones y normativas aplicables de la RFEDA sobre las competiciones automovilísticas, más concretamente la categoría I grupo T2, continuando con una definición más concreta del tipo de vehículo objeto del proyecto, así como una breve introducción del tipo de competiciones a las que está destinado, para finalizar con un resumido esquema de la trayectoria del fabricante en este tipo de eventos deportivos.

A continuación se tratarán las modificaciones técnicas necesarias en materia de dinámica y seguridad para transformar el vehículo de serie en un automóvil apto para la mencionada competición deportiva, siempre de acuerdo con la normativa de la RFEDA vigente y aplicable en cada uno de los apartados correspondientes, así como la aplicación del Real Decreto 866/2010 del 2 de julio para la categoría M1, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.

Para la consecución de los objetivos anteriormente citados se lleva a cabo un estudio analítico de determinados aspectos de la dinámica vehicular, haciéndose uso de herramientas de simulación dinámica tales como CarSim®, así como la justificación analítica de cada resultado y conclusión. En cuanto a materia de seguridad se procede a diseñar un arco de seguridad mediante el software SolidWorks®, estudiando su viabilidad y posible homologación por la FIA/RFEDA con el módulo de cálculo de elementos finitos SolidWorks Simulation®, así como un posible refuerzo de la suspensión.

Finalmente, se extraerán las conclusiones pertinentes mediante la comparación del vehículo de serie y el modificado para T2, señalando sus diferencias fundamentales y como afectan al comportamiento dinámico del mismo.

1.2.-DEFINICIONES Y NORMATIVA DE LA REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE AUTOMOVILISMO

Categorías y Grupos

Según el artículo 281 del 2012, “clasificación y definiciones de vehículos todo terreno” de la RFEDA, los vehículos utilizados en rallies todo terreno se dividirán en las siguientes categorías y grupos, donde se ha señalado la correspondiente al presente proyecto (ver Figura 1):

Categoría I:	- Grupo T2:	Vehículos Todo Terreno de serie.	
Categoría II:	- Grupo T1:	Vehículos Todo Terreno modificados.	
	- Grupo T3:	Vehículos Todo Terreno mejorados.	
Categoría III:	- Grupo T4:	Camiones Todo Terreno.	

Figura 1: Categorías y grupos según la RFEDA

Donde se expone la definición que hace la RFEDA en el artículo 284 del 2012, “Reglamento específico para vehículos todo terreno de serie”, del grupo T2:

“**Vehículos T2:** De estos vehículos deben fabricarse, al menos, 1000 unidades idénticas, en 12 meses consecutivos y estar homologados por la FIA como vehículos Todo-Terreno de serie (Grupo T2).”

Por lo tanto, y según esta clasificación, el modelo de este proyecto se encuadra en la **categoría I grupo T2.**

Clases por cilindrada

Los vehículos se dividirán en las siguientes clases en función de su cilindrada (ver Figura 2):

1.	Hasta	500 cm ³		
2.	Más de	500 cm ³	a	600 cm ³
3.	Más de	600 cm ³	a	700 cm ³
4.	Más de	700 cm ³	a	850 cm ³
5.	Más de	850 cm ³	a	1000 cm ³
6.	Más de	1000 cm ³	a	1150 cm ³
7.	Más de	1150 cm ³	a	1400 cm ³
8.	Más de	1400 cm ³	a	1600 cm ³
9.	Más de	1600 cm ³	a	2000 cm ³
10.	Más de	2000 cm ³	a	2500 cm ³
11.	Más de	2500 cm ³	a	3000 cm ³
12.	Más de	3000 cm ³	a	3500 cm ³
13.	Más de	3500 cm ³	a	4000 cm ³
14.	Más de	4000 cm ³	a	4500 cm ³
15.	Más de	4500 cm ³	a	5000 cm ³
16.	Más de	5000 cm ³	a	5.500 cm ³
17.	Más de	5.500 cm ³	a	6000 cm ³
18.	Más de	6000 cm ³		

Figura 2: Clases por cilindrada según la RFEDA

Por lo que, siguiendo esta clasificación, el mencionado vehículo se encuadra finalmente en el esquema de la *Tabla 1*:

Mitsubishi Montero 3.2 Di-d 3p 2006 Tercera generación		
Categoría	Grupo	Clase
I	T2	12

Tabla 1: Clasificación final del modelo

Definiciones

A continuación se exponen diversas definiciones concretas marcadas por la RFEDA que han de ser aplicadas a lo largo del presente proyecto.

Vehículo:

Aparato apto para circular por las vías o terrenos a que se refiere el artículo 2 de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.

Vehículos de Producción en Serie (Categoría I):

Vehículos de los que se ha comprobado, a instancias del constructor, la fabricación en serie de un cierto número de ejemplares idénticos en un cierto período de tiempo, y que están destinados a la venta normal al público. Los vehículos deberán venderse de acuerdo con la ficha de homologación. Estos vehículos tendrán seis ruedas como máximo y cuatro ruedas motrices como mínimo.

Vehículo todo terreno:

Automóvil dotado de tracción a dos o más ejes, especialmente dispuesto para circulación en terrenos difíciles, con transporte simultáneo de personas y mercancías, pudiéndose sustituir la carga, eventualmente, parcial o totalmente, por personas, mediante la adición de asientos, especialmente diseñados para tal fin.

Homologación:

Es la certificación oficial hecha por la FIA de que un modelo de automóvil o camión determinado está construido en serie suficiente para ser clasificado en Vehículos Todo Terreno de Serie (Grupo T2) o Camiones Todo Terreno (Grupo T4), del presente reglamento. La solicitud de homologación debe enviarse a la FIA por la ADN del país de construcción del vehículo y dará lugar al establecimiento de una ficha de homologación (ver a continuación). Deberá estar hecha de acuerdo con el reglamento especial llamado "Reglamento de Homologación", establecido por la FIA. Toda homologación de un modelo construido en serie caducará a los 7 años del cese definitivo de la fabricación en serie de dicho modelo (producción anual inferior al 10% del mínimo de producción del grupo considerado).

Fichas de homologación:

Todo modelo de vehículo o camión homologado por la FIA será objeto de una ficha descriptiva llamada ficha de homologación en la que estarán todas las características que permitan identificar a dicho modelo.

Esta ficha define la serie tal y como la indica el fabricante. Según el grupo en el que el participante compita, los límites de las modificaciones autorizadas en competiciones internacionales, con relación a esta serie, están indicadas en el Anexo J. La presentación de las fichas en las verificaciones y/o antes de la salida podrá ser exigida por los organizadores que están en el derecho de rehusar la participación del concursante en caso de no presentación. Es deber del concursante proveerse de la ficha de homologación de su vehículo en su ADN.

La ficha de homologación debe estar obligatoriamente impresa:

- En papel estampado o con marca de agua de la FIA
- O en papel estampado o con marca de agua de una ADN únicamente en el caso en el que el constructor sea de la misma nacionalidad que la ADN.

Una ficha se compone de lo siguiente:

- 1) Una ficha base describiendo el modelo base.
- 2) En los casos que corresponda, un cierto número de hojas suplementarias describiendo las extensiones de homologación, que pueden ser “variantes”, “erratas” o “evoluciones”.

Variantes (VF, VP, VO)

Son variantes de suministro (VF) (dos fabricantes diferentes suministran al constructor una misma pieza, y el cliente no tiene la posibilidad de elegir), o variantes de producción (VP) (entregadas bajo pedido y disponibles en los concesionarios), u opciones (VO) (entregadas bajo pedido específico).

Erratas (ER)

Sustituyen y cancelan una información errónea incluida anteriormente en una ficha por el fabricante.

Evolución de tipo (ET)

Caracterizan a las modificaciones aportadas de forma definitiva al modelo base (abandono total de la fabricación del modelo en su forma original).

Utilización:

- 1) Variantes (VF, VO): El concursante podrá utilizar a su conveniencia cualquier variante o parte de una variante, a condición de que todos los datos técnicos del vehículo así concebido estén conformes con los que se describen en la ficha de homologación aplicable al vehículo, o expresamente autorizados en el Anexo J.
- 2) Evolución de tipo (ET): El vehículo debe corresponder a un estado de evolución determinado (independientemente de su fecha real de salida de la fábrica), y por

consiguiente una evolución debe ser aplicada íntegramente o no debe ser aplicada en absoluto.

Normativa general y específica de la FIA/RFEDA para el presente proyecto

A continuación se esquematiza la normativa que se ha de seguir en el presente proyecto (ver *Figura 3*):

	VEHÍCULO	REGLAMENTO	DEFINICION
1	T-1, T-1.1, T-1.2	Art. 285 FIA	Definidos en el art. 285 del Anexo J 2009 o 2012.
	T-3	Art. 286-2012 FIA	Definidos en el art. 286 del Anexo J 2012.
	SCORE	Art. 9.4 P.G. FIA	Definidos en el art. 9.4 de las Prescripciones Generales del Copa del Mundo de Rallyes para TT
2	T-2.1, T-2.2	Art. 284 FIA	Gasolina o diesel con bridas según el art. 284 del Anexo J 2012.
	T-3 light	Art. 286-2012 FIA	Definidos en el art. 286 del Anexo J 2012.
	HISTÓRICOS	Reglamentación RFEDA	
3	Buggies especiales	Reglamento específico RFEDA	

Figura 3: Vehículos admitidos por categoría según la RFEDA

Por lo tanto, la normativa que se va a aplicar se resume en la *Tabla 2*:

GENERAL	
Artículo 281 (RFEDA/FIA)	Clasificación y Definiciones de vehículos Todo Terreno
Artículo 282 (RFEDA/FIA)	Prescripciones Generales para vehículos Todo Terreno
Artículo 283 (RFEDA/FIA)	Equipamiento de Seguridad para vehículos Todo Terreno
Real Decreto 866/2010 del 2 de julio (Reforma de vehículos)	-
ESPECÍFICA PARA T2	
Artículo 284 (RFEDA/FIA)	Reglamento específico para vehículos Todo Terreno de Serie Grupo T2

Tabla 2: Normativa aplicable en el presente proyecto

1.3.- IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO DEL PROYECTO

“Mitsubishi Montero 3.2 Di-d 160 cv 3p 2006 Tercera generación”

El **Mitsubishi Montero** es un automóvil todoterreno producido por el fabricante japonés Mitsubishi Motors. Originalmente denominado “Pajero”, se le cambió el nombre a “Montero” en los países hispanoparlantes y Estados Unidos, debido a que *pajero* en español es un término vulgar de argot. También corresponde al modelo “Shōgun” en el Reino Unido. (Ver *Figura 4*).



Figura 4: Modelo del proyecto

Se trata de un modelo **4WD** (4 wheels drive) o 4x4, con reductora, motor diesel delantero en sentido longitudinal de 3.200 cc y transmisión manual 5 velocidades. El esquema del funcionamiento de un 4WD se muestra en la *Figura 5*.

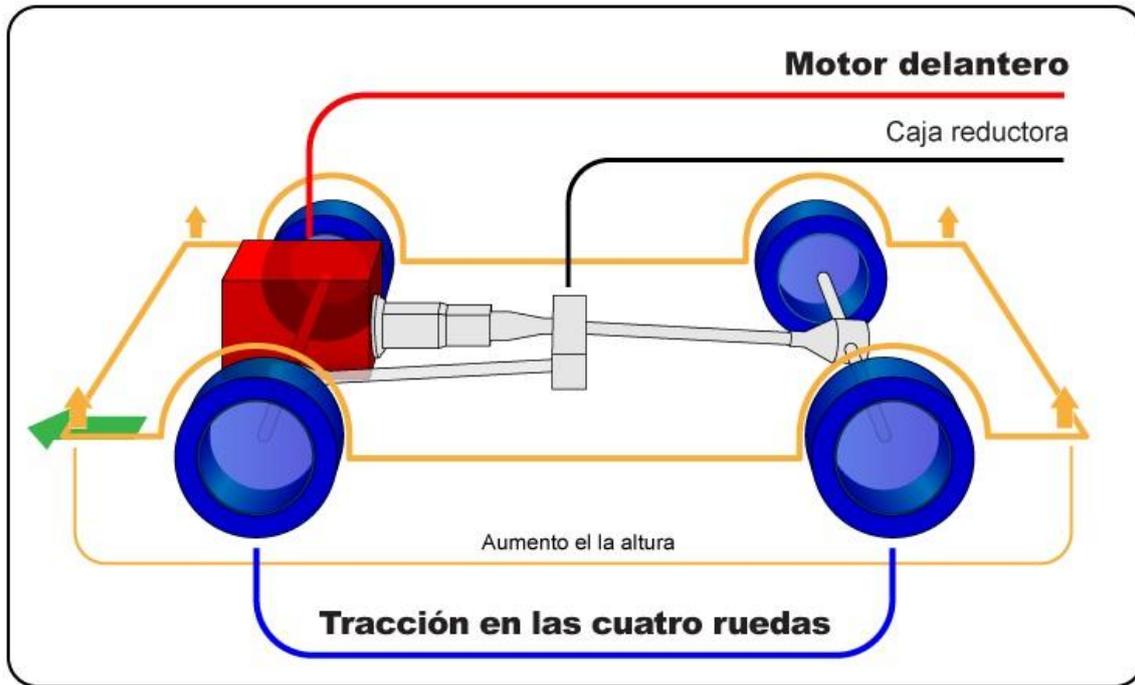


Figura 5: Esquema de la cadena cinemática del presente modelo

A continuación se muestra la ficha técnica del vehículo de serie, así como un plano de sus dimensiones (ver Figura 6, Tabla 7 y Figura 7).

Nº SERIE		MATRÍCULA
MMC AUTOMOVILES ESPAÑA, S. A. C/ Francisco Gervás, 4 28108 Alcobendas (MADRID)		
Número de identificación:		MIT50221
Clasificación del vehículo:		Nº CERTIFICADO
1 0 3 3 TURISMO/T. TERRENO		04404476
Marca: MITSUBISHI Tipo: V60 Variante: VP321/LPPCDA137 Denominación comercial: MONTERO Tara (kg): 2020 MTMA/MMA (Kg): 2850/ 2810 MTMA/MMA 1ª E (kg): 1200/ 1200 MTMA/MMA 2ª E (kg): 1650/ 1650 MTMA/MMA 3ª E (kg): ----/ ---- MTMA/MMA 4ª E (kg): ----/ ---- MMR S/F, c/F (kg): 750/ 3300 Neumaticos: 4/265/70R16 (112S) Nº de asientos: 2/5 Volumen de bodega: ----	Clase: ---- Altura total (mm): 1845 / 1875 Anchura total (mm): 1855 / 1895 Via anterior/posterior (mm): 1560 / 1560 Longitud total (mm): 4315 / 4400 Voladizo posterior (mm): 1025 / 1035 Distancia eje 1º/2º (mm): 2545 Distancia eje 2º/3º (mm): ---- Distancia eje 3º/4º (mm): ---- Distancia Fª rueda (alt. (mm): ---- Motor: Marca: MITSUBISHI Tipo: D 4M1 Nº Cilindros/Cilindrada (cm³): 4/ 3200 Potencia fiscal/real (C.V./CVKW): 17,65/ 118,00	
Opciones incluidas en la homologación de tipo: (1) NEUMATICOS OPCIONALES : 235/80R16(109s) ó 265/70R16(112S) (*) LAS DIMENSIONES MAXIMAS SON DEBIDAS A ACCESORIOS OPCIONALES: PROTECTOR DELANTERO, BARRAS DE TECHO, PROTECTORES LATERALES. (*) ESTRIBOS MONTADOS EN ORIGEN		
Observaciones: VEHICULO IMPORTADO CON D.U.A. Nº 081 41) DE FECHA 24-08-2006, ADUANA DE BARCELONA - AUTOTERMINAL		
Por las piezas de origen extranjero incorporadas a este vehículo se han satisfecho los correspondientes derechos de Aduanas.		
El abajo firmante, legalmente autorizado por MMC AUTOMOVILES ESPAÑA, S. A. certifica que el vehículo carrozado cuyas características se reseñan es completamente conforme con el tipo homologado con la contraseña e1*2001/116*0142* así como con las opciones arriba incluidas.		
MADRID, 29 de Agosto de 06 Firma:		
INSCRITA EN EL REGISTRO MERCANTIL DE MADRID, EL 18.06.92, TOMO 3088, LIBRO II, SECCIÓN 8, FOLIO 128, HOJA M-52800, INSCRIPCIÓN 1ª, CIF: A180355019.		
Reformas autorizadas:		

Figura 6: tarjeta ITV del vehículo

MOTOR	
Definición y posición	Delantero longitudinal vertical, de 4 cilindros en línea
Combustible	Diesel
Arquitectura	Culata de aluminio; bloque de fundición, con 5 apoyos
Diámetro/carrera	98.5 x 105.0 mm
Cilindrada	3200 cc
Alimentación	Inyección directa por conducto común, Turbo, refrigerado por agua y con intercooler.
Distribución	Cuatro válvulas por cilindro a 45 grados, accionadas por taqués hidráulicos desde doble árbol de levas en culata mandados por correa dentada.
Lubricación	Bomba de engranajes. Carter de aluminio. Intercambiador agua/aceite en la base del filtro
Refrigeración	Por líquido, con circuito hermético y un electroventilador
Compresión	17:1
Potencia máxima	160 CV a 3800 r.p.m
Par máximo	381 Nm a 2000 r.p.m
Régimen máximo	4200 r.p.m
TRANSMISIÓN	
Disposición motriz	4WD, Embrague y cambio en bloque con el motor delante.
Embrague	Monodisco en seco, de diafragma, con mando por cable autoajustable.
Cambio (Relaciones y desarrollos finales)	<p>1ª 2,952:1 (8.2 km/h)</p> <p>2ª 1,937:1 (15.5 km/h).</p> <p>3ª 1,336:1 (24.7 km/h).</p> <p>4ª 1,000:1 (34.6 km/h).</p> <p>5ª 0,804:1 (45.5 km/h).</p>

	R (9.7km/h)
Reductora (valor de la reducción)	1ª 4.3
	2ª 8.1
	3ª 13.0
	4ª 18.2
	5ª 23.9
	R 5.1
Bastidor	
Suspensión delantera	De doble horquilla con muelles helicoidales, amortiguadores hidráulicos y barra estabilizadora.
Suspensión trasera	Multi-link con muelles helicoidales, amortiguadores hidráulicos y barras estabilizadora
Dirección	De cremallera servoasistida. Relación 15,4:1
Diámetro volante	371mm
Diámetro de giro	11.4 m
Sistema de frenado	Cuatro discos ventilados (delantero: Ø241/Traseros: Ø256mm), con asistencia por bomba de alta presión y antibloqueo ABS de origen.
Llantas	De 7"x16" pulgadas, ET +46
Neumáticos	265/70 112S
Alternador	De 980W y 70ª
Batería	De 48ª.h, sin mantenimiento
Dimensiones, peso, capacidades	
Batalla y vías (del/tras)	2545 y 1560/1560 mm
Largo/ancho/alto	4 315 / 1 895 / 1 845 mm
Depósito de combustible	De 71 litros, bajo maletero
Peso catálogo	2020 kg

PTMA/PMA 1º eje	1550 kg
PTMA/PMA 2º eje	1650 kg
Reparto de peso (del/tras)	51,7/48,3%
Número de plazas	5/2+3
Cotas de todo terreno	
Angulo de entrada	36.6°
Angulo de salida	25.0°
Angulo ventral	22.5°
Altura libre	225 mm
Altura vadeo	700 mm
Prestaciones y consumos homologados	
Velocidad máxima	177 km/h
Aceleración 0-100 km/h	11.5 s
Recuperación de 80 a 120 km/h en 4º	10.0 s
Recuperación de 80 a 120 km/h en 5º	13.3 s
Consumo urbano	11.5 l/100km
Consumo extraurbano	7.8 l/100km
Consumo medio	9.3 l/100km
Emissiones de CO₂	246 gr/km
Distancia Frenada 80-0 km/h	39.2 m
Distancia Frenada 160-0 km/h	138.5 m

Tabla 3: Características detalladas del vehículo de serie

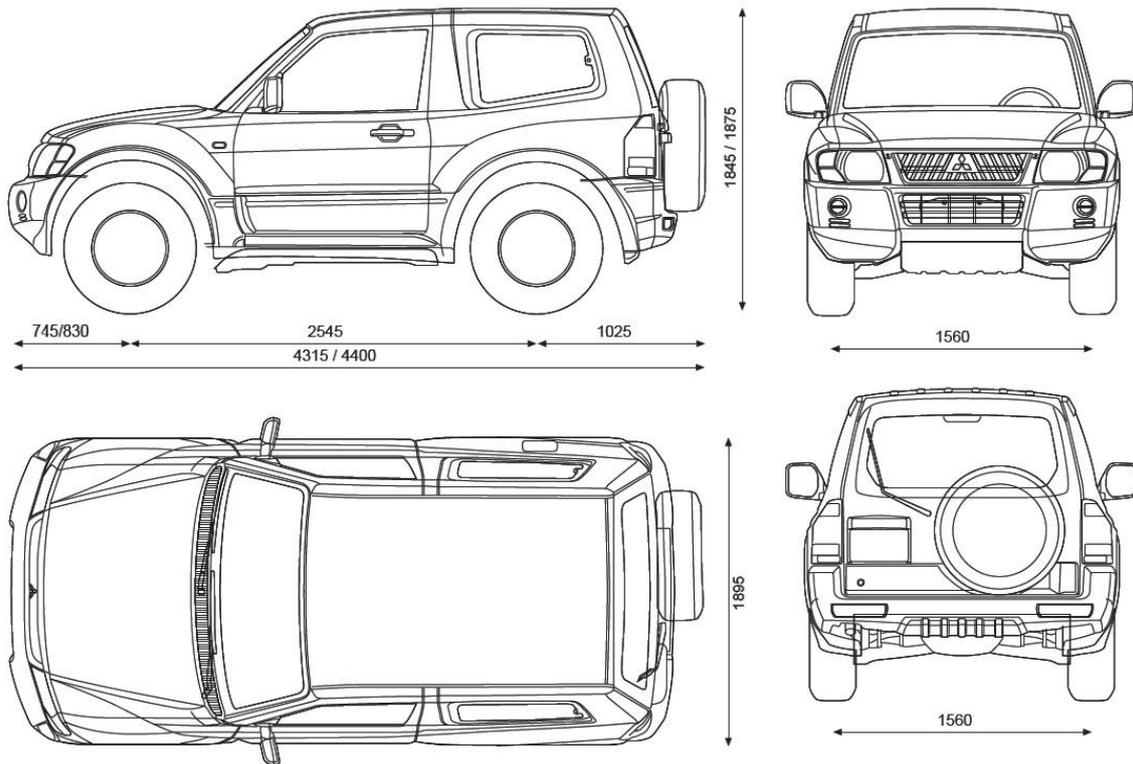


Figura 7: Planos y dimensiones del vehículo

1.4.- TIPO DE COMPETICIONES A LAS QUE ESTARÁ DESTINADO

El modelo **Mitsubishi Montero 3.2 Di-d** del presente proyecto estará diseñado para competir en un tipo de pruebas específicas a nivel nacional e internacional, las cuales se resumirán a continuación:

- Rally Raid.
- Rally Off Road.
- Rally tipo Baja.
- Rally de Regularidad.
- Rally de Resistencia.

A continuación se exponen algunas de las características más importantes de estas pruebas, señalando sus eventos más importantes a nivel nacional e internacional.

Rally Raid

El rally raid, rally campo a través (en inglés: *rally cross-country*), o simplemente raid, es una disciplina de automovilismo y motociclismo que se disputa campo a través. En cada jornada de una prueba, los participantes deben recorrer cientos de kilómetros de un pueblo a

otro. A diferencia de un rally tradicional, por lo general no hay caminos delineados, sino que se corre sobre terrenos irregulares, como dunas y estepas. Por tanto, una de las claves de este tipo de carreras es la orientación. (Ver Figura 8)



Figura 8: Mitsubishi Montero en prueba tipo Raid

Además de automóviles (todoterrenos y buggys) y motocicletas (enduro), también existen competencias de rally raid de cuatriciclos (quads) y camiones.

Algunas Raids internacionales:

- Rally Dakar.
- Copa del mundo Raid.
- Copa FIA centro Europa.
- Rally Marathon.
- Hail Baja.

Por su importancia, se hará una breve reseña sobre el histórico Rally Dakar y las pruebas más importantes a nivel nacional e internacional:

Rally Dakar

El Rally Dakar (anteriormente Rally París-Dakar) es una competición anual de rally raid disputada durante las primeras semanas de enero de cada año, siendo considerado como uno de los rallies más duros y famosos del mundo.

El terreno varía considerablemente, atravesando zonas de arena, rocas, barro y vegetación, hasta carreteras secundarias. La inscripción en la prueba es abierta, lo cual la convierte en la carrera idónea para amantes de la aventura. La participación de competidores aficionados llega con frecuencia al 80% de los inscritos, siendo la subcategoría de vehículos automóviles T2 la preferida por estos aficionados, ya que la inversión en equipo y preparación no es excesiva. (Ver *Figura 9*)



Figura 9: Mitsubishi Montero en el rally Dakar 2012

Para hacerse una idea de la magnitud de esta competición se muestra, en la *Figura 10*, el recorrido de la edición del presente año 2012:



Figura 10: Recorrido del rally Dakar 2012

Con una distancia total de 9000 kilómetros, desde Mar Del Plata hasta Lima, con la Cordillera de los Andes como espina dorsal de esta mítica prueba, el desafío comprendió este año 14 días de carrera, con un día de descanso de por medio.

Baja 1000

La Baja 1000 es una carrera de rally raid que se realiza en el desierto de la península de Baja California, México. Tradicionalmente comienza en la ciudad-puerto de Ensenada y termina en la ciudad-puerto de La Paz. Tiene un recorrido de un poco más de 1,000 millas (1,600km), a esto debe su nombre.

Otras competiciones tipo “Baja”:

- Hail Baja.
- Baja Russia.
- Italia Baja.
- Hungría Baja.
- Baja Portugal 500.

Rally de los Faraones

El Rally de los Faraones es una competición automovilística de rally raid perteneciente al calendario del Campeonato Mundial de Rally Cross-Country. Se disputa en Egipto, entre finales de septiembre y principios de octubre, con un recorrido de unos 3000 km y el inicio y final de la prueba suele ser El Cairo.

Es una carrera similar al Rally Dakar, ya que tiene lugar en el desierto y participan camiones, automóviles y motocicletas.

Competiciones nacionales

Campeonato de España de todo terreno para este año 2012:

- Baja Andalucía
- Baja Alanzora
- Baja España-Aragón
- Baja Tierras del Cid
- Rallye Comarca del Jiloca



Figura 11: Mitsubishi Montero en el campeonato de España de todo terreno 2011

1.5.- PARTICIPACIÓN DE LA MARCA MITSUBISHI EN COMPETICIONES TODO TERRENO

A continuación se describe brevemente el palmarés deportivo del fabricante Mitsubishi, centrándose exclusivamente en las competiciones todo terreno para no hacer el capítulo excesivamente largo.

Competiciones Internacionales

Mitsubishi, con su división MotorSports, es el fabricante más exitoso en la historia del Rally Dakar, venciendo en 14 ocasiones, ganando en 7 ediciones consecutivas (2001-2007), lo que ya indica que se trata de uno de los fabricante con mayor éxito y trayectoria de la actualidad en este tipo de competiciones off road. (Ver *Figura 12*)



Figura 12: Mitsubishi Montero ganador del Rally Dakar 1985

A esto hay que añadir, como dato destacado, sus 6 victorias en la copa del mundo de la FIA de rally todo terreno.

Competiciones Nacionales

Por nombrar algunas de las victorias de Mitsubishi en el tipo de competiciones todo terreno en el ámbito nacional tenemos los siguientes datos:

- 5 años Campeón de España por Marcas de Rallyes Todo Terreno (2003, 2004, 2007, 2008 y 2009).
- 4 años ganador del Campeonato de España de Pilotos de Rallyes Todo Terreno (2002, 2007, 2008 y 2009).
- 4 años ganador del Trofeo de España de T1 de Rallyes de Todo Terreno (2003, 2007, 2008 y 2009).
- 5 años ganador del Trofeo de España de T2 de Rallyes de Todo Terreno (2005, 2006, 2007, 2008 y 2009).
- 4 años ganador del Trofeo de España para Vehículos Diesel de Todo Terreno (2006, 2007, 2008 y 2009).
- Ganador de la Copa FIA de Bajas para T2 2006.
- Campeón del Trofeo Ibérico de T2 y Subcampeón de la FIA de Bajas en T2 en 2009.

Por lo tanto, y en vista de los datos anteriormente expuestos, estamos ante un modelo, el **Mitsubishi Montero 3.2 Di-d**, de sobrada experiencia, aptitudes e historia como para disputar cualquier competición todo terreno, tanto nacional como internacional, con garantías de convertirse en un **potencial ganador**.

1.6.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO TÉCNICO

Una vez identificado el vehículo, en qué categoría y competiciones va a competir y qué normativa es aplicable, se procede a esquematizar el tipo de modificaciones y reformas necesarias para la transformación del vehículo **Mitsubishi Montero 3.2 Di-d** en un automóvil apto para la competición en la **Categoría I/ Grupo T2 / Clase 12** para competiciones nacionales e internacionales según la **FIA/RFEDA**.

Nota: Se diferenciará entre lo que son las **Modificaciones técnicas** y las **Reformas de importancia**:

- Por **modificación técnica** se entiende cualquier modificación y/o sustitución de piezas que varíen y/o mejoren las características del vehículo atendiendo a la normativa de la RFEDA y FIA para competiciones automovilísticas. (Ver Tabla 2: normativa aplicable en el presente proyecto).
- Por **Reforma de importancia** se debe entender que es una modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo que cambie las características por las que un vehículo puede ser definido, o que afecta a alguno de los actos reglamentarios aplicables o a las prescripciones contenidas en las Directivas 2002/24/CE, 2003/37/CE y 2007/46/CE, y debe ser considerada como reforma del vehículo, listadas en el Real Decreto 866/2010 del 2 de julio.

Nota 2: Ver Punto 2.8: Reformas grupo nº 11, para una mejor comprensión.

Una vez aclarado este punto, se listan a continuación cada una de las modificaciones y reformas que se llevarán a cabo en el presente proyecto (Ver *Tablas 4-12*):

Motor	
Modificaciones Técnicas	Sustitución del sistema de embrague de serie por un kit de competición
	Sustitución de los inyectores de serie por unos de mayor caudal de inyección.
	Sustitución del intercooler de serie por otro de mayor eficacia.
	Instalación de un módulo de potencia adicional a la ECU de serie.
	Sustitución de la línea del escape de serie por una específica para competición.
	Instalación de un sistema de admisión de aire tipo "Snorkel" en sustitución del original.
Reformas de importancia	<i>Reforma 2.1.-</i> Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente
	<i>Reforma 2.6.-</i> Modificación o sustitución de las características del sistema de escape: disposición, volumen total, silenciadores, catalizador, tramo de salida
	<i>Reforma 2.9.-</i> Modificación de sistemas o de la programación de los mismos que puedan variar la potencia máxima

Tabla 4: Modificaciones y reformas en el motor

Llantas y neumáticos	
Modificaciones Técnicas	Sustitución de llantas de serie por unas de competición de menor ET.
	Sustitución de los neumáticos de serie por unos específicos Off Road.

Reformas de importancia	<i>Reforma 4.4.-</i> Modificaciones o sustituciones en ruedas o instalación/desinstalación de separadores de ruedas que impliquen modificación del ancho de vía
--------------------------------	---

Tabla 5: Modificaciones y reformas llantas y neumáticos

Suspensión	
Modificaciones Técnicas	Sustitución de la suspensión de serie por un Kit de competición.
Reformas de importancia	<i>Reforma 5.1.-</i> Modificación de las características del sistema de suspensión o de algunos de sus componentes elásticos

Tabla 6: Modificaciones y reformas en la suspensión

Sistema de Frenado	
Modificaciones Técnicas	Sustitución de líquido de freno por uno de mayor punto de ebullición.
	Sustitución de pinzas, discos y pastillas de freno por otros de mejores características y dimensiones.
	Sustitución de latiguillos de serie por unos metálicos tipo "aviación".
Reformas de importancia	<i>Reforma 7.1.-</i> Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes.

Tabla 7: Modificaciones y reformas en el sistema de frenado

Carrocería	
Modificaciones Técnicas	Instalación de depósito de combustible homologado por la FIA.
	Instalación de mampara de protección y separación del habitáculo de los ocupantes.
	Instalación de sistema de alumbrado adicional.
Reformas de importancia	<i>Reforma 2.7.</i> -Modificación de la ubicación, sustitución, adición o reducción del número de depósitos de combustible.
	<i>Reforma 8.21.</i> - Instalación o desinstalación de mamparas de separación entre asientos.
	<i>Reforma 8.22.</i> - Modificación, instalación o desinstalación de elementos en la zona de equipaje, o en el espacio destinado a los pasajeros distinto a la zona frontal del habitáculo del vehículo.
	<i>Reforma 8.30.</i> - Instalación o desinstalación de elementos fijos que no afecten a la estructura del espacio destinado a carga o equipaje del vehículo.
	<i>Reforma 8.31.</i> - Instalación o desinstalación de elementos fijos que afectan a la estructura del espacio destinado a carga del vehículo.
	<i>Reforma 9.1.</i> - Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización

Tabla 8: Modificaciones y reformas en la carrocería

Interior	
Modificaciones Técnicas	Sustitución del volante de serie por uno de competición.
	Sustitución de los asientos de serie por unos tipo "bacquet".
	Sustitución de los cinturones de seguridad por arneses de competición.
Reformas de importancia	<i>Reforma 6.3.</i> -Sustitución del volante por otro.
	<i>Reforma 8.1.</i> - Reducción de plazas de asiento.
	<i>Reforma 8.21.</i> - Instalación o desinstalación de mamparas de separación entre asientos.
	<i>Reforma 8.10.</i> - Sustitución de asiento por otro distinto.
	<i>Reforma 8.11.</i> - Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje.

Tabla 9: Modificaciones y reformas en el interior

Instalaciones opcionales	
Modificaciones Técnicas	Instalación de guardabarros delantero y trasero.
	Instalación sistema Terratrip® y GPS Sentinel.
Reformas de importancia	XXX

Tabla 10: Modificaciones y reformas opcionales

Instalaciones de seguridad	
Modificaciones Técnicas	Instalación de un sistema de extinción automático y manual.
	Instalación sistema de cortacorriente.
	Instalación de cierres de seguridad en capó y maletero.
	Instalación de protecciones adicionales de los bajos del vehículo.
	Sustitución de los cristales de las ventanillas y portón traseros, instalación de red de seguridad.
	Instalación de arco de seguridad interior (diseño propio).
Reformas de importancia	<i>Reforma 8.30.</i> - Instalación o desinstalación de elementos fijos que no afecten a la estructura del espacio destinado a carga o equipaje del vehículo.
	<i>Reforma 8.33.</i> - Instalación o desinstalación arco de seguridad interior contra vuelco.

Tabla 111: Modificaciones y reformas de seguridad

Homologaciones	
Modificaciones Técnicas	Homologación como vehículo T2.
Reformas de importancia	<i>Reforma 11.5.</i> - Vehículo para uso exclusivo de pruebas deportivas.

Tabla 12: Modificaciones y reformas opcionales

Una vez identificadas las modificaciones técnicas y las reformas que se llevarán a cabo, se procede a estudiar de forma detallada cada sección por separado.



REFORMAS DE IMPORTANCIA Y MODIFICACIONES TÉCNICAS

2.- REFORMAS DE IMPORTANCIA Y MODIFICACIONES TÉCNICAS

2.1- REFORMAS GRUPO N°2.UNIDAD MOTRIZ

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 2: Modificaciones sobre la configuración de la unidad motriz del vehículo)

Se realizarán las siguientes reformas de acuerdo con el *Real Decreto 866/2010*:

1. **Reforma 2.1. Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente.**
2. **Reforma 2.6. Modificación o sustitución de las características del sistema de escape: disposición, volumen total, silenciadores, catalizador, tramo de salida**
3. **Reforma 2.9. Modificación de sistemas o de la programación de los mismos que puedan variar la potencia máxima.**

Se realizarán las siguientes sustituciones de elementos de serie no contempladas como reformas de importancia:

- A. **Sustitución del sistema de embrague de serie por un kit de competición.**
- B. **Sustitución de los inyectores de serie por unos de mayor caudal de inyección.**
- C. **Sustitución del intercooler de serie.**

Donde, en cada reforma citada, se aplicará la correspondiente normativa resumida a continuación:

1. **Reforma 2.1.- Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente.**
 - 1.1. Nivel sonoro admisible 70/157/CEE
 - 1.2. Emisiones 70/220/CEE
 - 1.3. Salientes exteriores 74/483/CEE
 - 1.4. Emisiones diesel 88/77/CEE
 - 1.5. Silenciosos de recambio 96/20/CE
 - 1.6. Catalizadores para recambio 98/77/CE
2. **Reforma 2.6. Modificación o sustitución de las características del sistema de escape: disposición, volumen total, silenciadores, catalizador, tramo de salida**
 - 2.1. Nivel sonoro admisible 70/157/CEE
 - 2.2. Emisiones 70/220/CEE
 - 2.3. Salientes exteriores 74/483/CEE
 - 2.4. Emisiones diesel 88/77/CEE
 - 2.5. Silenciosos de recambio 96/20/CE

2.6. Catalizadores para recambio 98/77/CE

3. Reforma 2.9.- Modificación de sistemas o de la programación de los mismos que puedan variar la potencia máxima

3.1. Nivel sonoro admisible 70/157/CEE

3.2. Emisiones 70/220/CEE

3.3. Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/acceso a la información Reglamento (CE) Nº 715/2007

3.4. Humos diesel 72/306/CEE

3.5. Potencia del motor 80/1269/CEE

3.6. Emisiones diesel 88/77/CEE

2.1.1- REFORMA 2.1. MODIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS O SUSTITUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE COMBURENTE.

Por las condiciones del tipo de competición a las que está destinado el vehículo es obligatorio modificar el sistema de admisión de aire del motor, ya que el terreno por el que correrá tendrá una alta carga de polvo en suspensión y suciedad, y es preciso proteger el motor de dicha polución, ya que puede provocar una disminución notable de prestaciones, e incluso, una avería mecánica, pues los filtros de aire de serie no están capacitados para estas condiciones tan exigentes.

Por lo tanto, y cumpliendo con la normativa del *artículo 284*, que dice que todos los motores diesel sobrealimentados deben estar equipados con una brida fijada a la carcasa del compresor, y que todo el aire necesario para la alimentación del motor debe pasar a través de esta brida, que deberá ser de 39 mm para una cilindrada de hasta 5.000 cm³, se procede a sustituir todo el conjunto de admisión de comburente, desde la toma de aire hasta el filtro, así como la caja que lo contiene, por otro destinado a competición en T2, conjunto comúnmente conocido como "*Snorkel de toma elevada*" del proveedor *Snorkel.es*, con referencia SMM2, con una brida de 39 mm de diámetro. (Ver *Figuras 13 y 14*)



Figura 13: Snorkel del proveedor Snorkel.es, referencia SMM2



Figura 14: Caja y filtro de aire de mayor capacidad del proveedor Snorkel.es, referencia SMM2

Este kit consiste en un filtro de aire de baja restricción junto con un conjunto de conducciones de admisión que evitan los codos y las superficies rugosas, ya que estos disminuyen la carga de aire que es capaz de entrar en el motor (aun teniendo un turbocompresor), provocando una disminución de potencia. Se evitará esto instalando este kit, lo que provocará el aumento de caudal del aire que entra en el motor, caudal que será leído por el caudalímetro, que enviará esta información a la ECU del motor, lo que provocará que esta pueda inyectar una mayor cantidad de combustible en los cilindros para conseguir la mejor relación de dosado estequiométrico.

En la *Figura 15* se muestran los elementos a sustituir del conjunto de admisión de serie del vehículo:

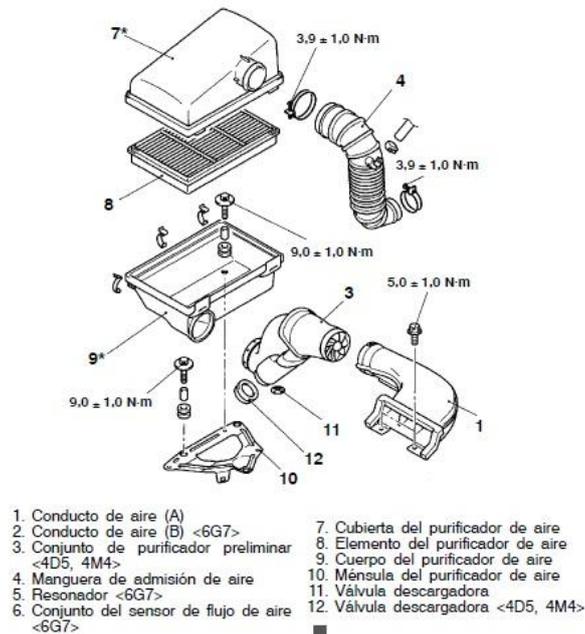


Figura 15: Caja y filtro de aire de serie

2.1.2- REFORMA 2.6. MODIFICACIÓN O SUSTITUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ESCAPE: DISPOSICIÓN, VOLUMEN TOTAL, SILENCIADORES, CATALIZADOR, TRAMO DE SALIDA

Según la normativa dictada por el *artículo 284* existen dos posibilidades en cuanto a la línea de escape del vehículo. La primera consiste en mantener la línea de escape de serie, eliminando los catalizadores y silenciadores de serie, y la segunda, es la sustitución completa de la línea de origen por otra de las mismas dimensiones en cuanto diámetro del tubo, pero sustituyendo el material de dicho tubo por acero inoxidable. Esta será la opción más recomendable en cuanto a prestaciones, por lo tanto se instalará un kit completo de escape de acero inoxidable del fabricante *RalliArt*, buscando así una mejor y más rápida evacuación de los gases de escape.

Este kit consiste en la sustitución completa de la línea desde la salida del colector de escape hasta el final de la misma. A continuación se muestra un esquema de la misma. (Ver *Figura 16*)

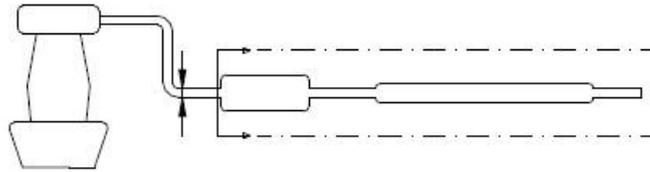


Figura 16: Esquema de la sustitución de la línea de escape

Se muestran los elementos a sustituir, marcados en la siguiente figura como elementos 1, 3 y 17 en la Figura 17:

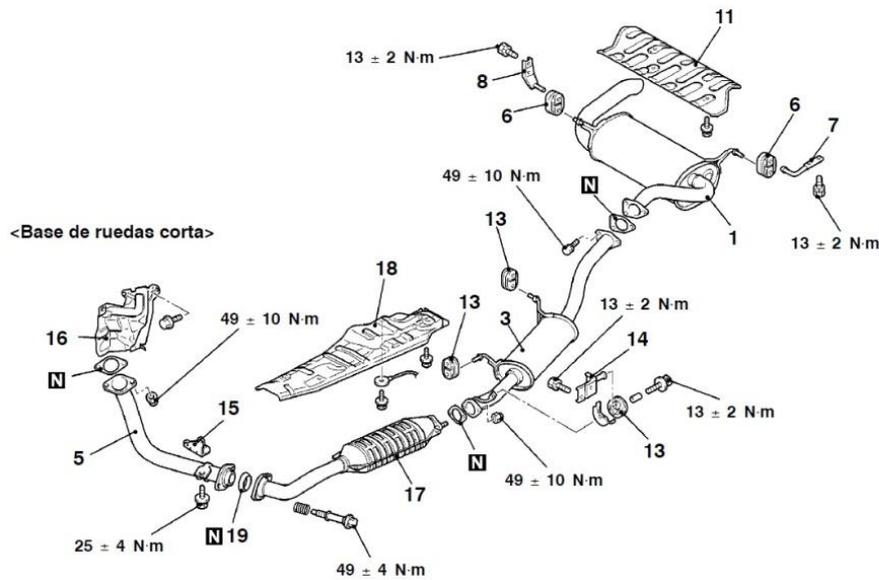


Figura 17: Elementos del sistema de escape de serie

Dichos elementos se eliminarán, montando en su lugar los siguientes del fabricante RalliArt, con referencia R93884, de acero inoxidable y específicos para el modelo objeto del presente proyecto (Ver Figura 18):



Figura 18: Elementos del sistema de escape de sustitución, del fabricante RalliArt, con ref R93884

Con esta sustitución se conseguirá, según datos proporcionados por el fabricante, mejorar el rendimiento del vehículo en aproximadamente un 10% en regímenes bajos, lo más indicado para la categoría T2. (Datos que se comprobarán en el conjunto total de las reformas al finalizar las mismas).

Nota: El colector de escape de origen, marcado en la *Figura 19* como el elemento 16, se mantiene, ya que la mejora en cuanto a rendimiento en los regímenes bajos (los más necesarios en T2, al contrario por ejemplo que en la categoría grupo N de rally) es mínima, y el coste del producto no compensa dicha mejora.

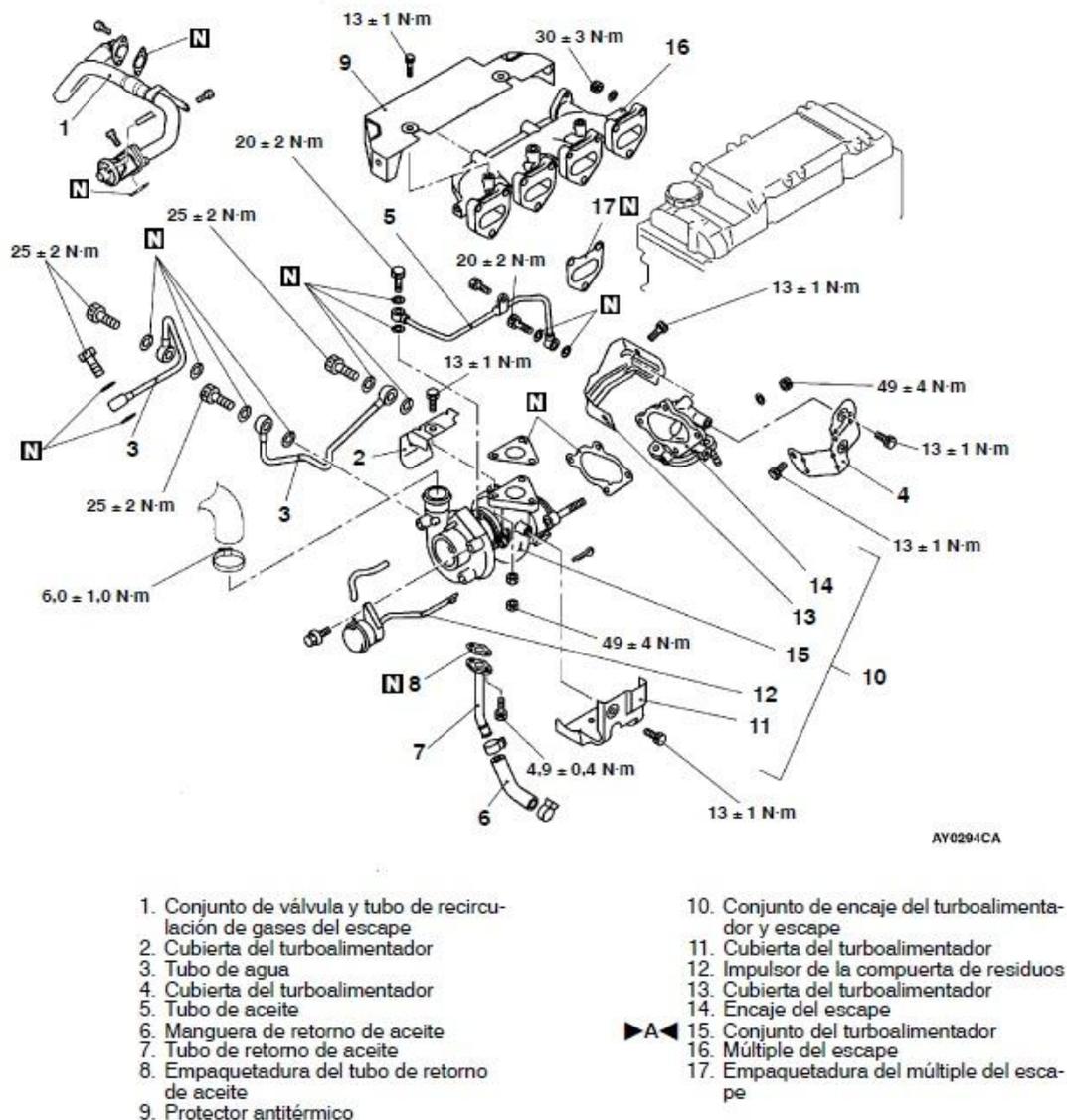


Figura 19: Elementos del sistema de escape de serie, colector de escape marcado como elemento 16

2.1.3- REFORMA 2.9. MODIFICACIÓN DE SISTEMAS O DE LA PROGRAMACION DE LOS MISMOS QUE PUEDAN VARIAR LA POTENCIA MÁXIMA.

El mapeado de la unidad electrónica de control (ECU) para la inyección es libre, según la normativa del *artículo 284*, por lo que se encarga al fabricante especialista *ADONIS technology* un módulo adicional de la serie *ADONIS RAID/RACING*, consistente en una centralita adicional a la original que trae el vehículo de serie (conocida como ECU).

El funcionamiento, según el fabricante, se basa en la utilización de los sensores originales de serie, que con los datos que proporcionan varios cientos de veces por segundo, adaptan el funcionamiento del motor a través de la gestión electrónica para sacar el mayor rendimiento con suficientes garantías, por lo tanto, no se trata de una reprogramación de la ECU de serie, si no la instalación de un modulo adicional, consiguiendo que la centralita de origen no controle por sí misma el gobierno del motor, si no que sea este modulo adicional el que se encargue de modificar y optimizar la gestión del motor. (Ver *Figura 20* y *21*)

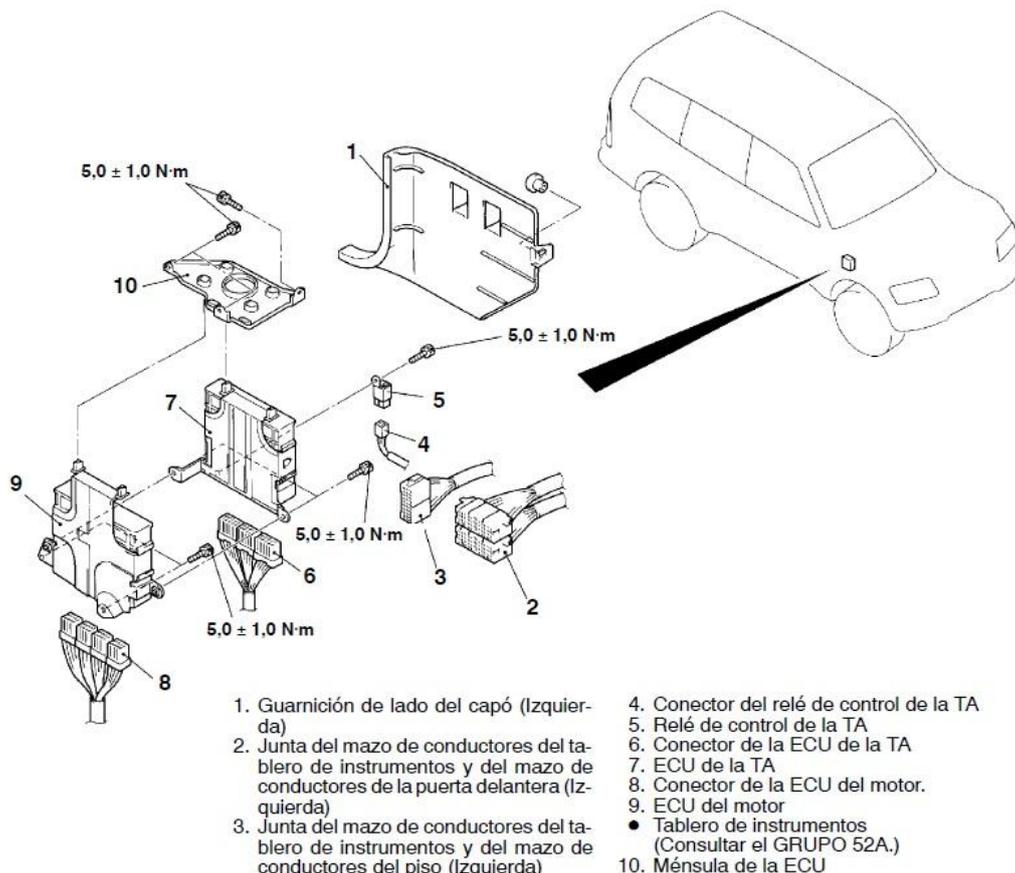


Figura 20: Esquema y localización de la ECU original del vehículo de serie.

Los parámetros fundamentales que se modifican son el caudal y los tiempos de inyección, sus avances y presiones y el soplado del turbo. El accionamiento se realiza mediante interruptor, que puede ser accionado en marcha y en cualquier momento, para poder elegir entre la configuración de serie o la modificada.



Figura 21: Kit de gestión de ECU del fabricante ADONIS technology con el mapeado específico para el vehículo del proyecto.

Con este kit, y según el fabricante, se consigue un aumento del 20% tanto en potencia como en par, tan sólo limitado por la mecánica original del coche, ya que los elementos que serían necesarios sustituir para aumentar más el rendimiento tienen una prohibición expresa en cuanto a su modificación según el artículo 284 (elementos como pistones reforzados, bielas reforzadas, cigüeñal, turbocompresor, etc...todos tienen que mantenerse de serie.)

Es decir, según el fabricante, se obtendría de forma resumida la siguiente mejora, únicamente con dicha reforma, sin incluir otras modificaciones (Ver Tabla 13):

	Serie	Modificado (Sólo modificación ECU)
Potencia (Cv)	165	198
Par (Nm)	373	447

Tabla 13: Datos de serie y modificados con ECU de ADONIS technology

2.1.4- SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE EMBRAGUE DE SERIE POR UN KIT DE COMPETICIÓN

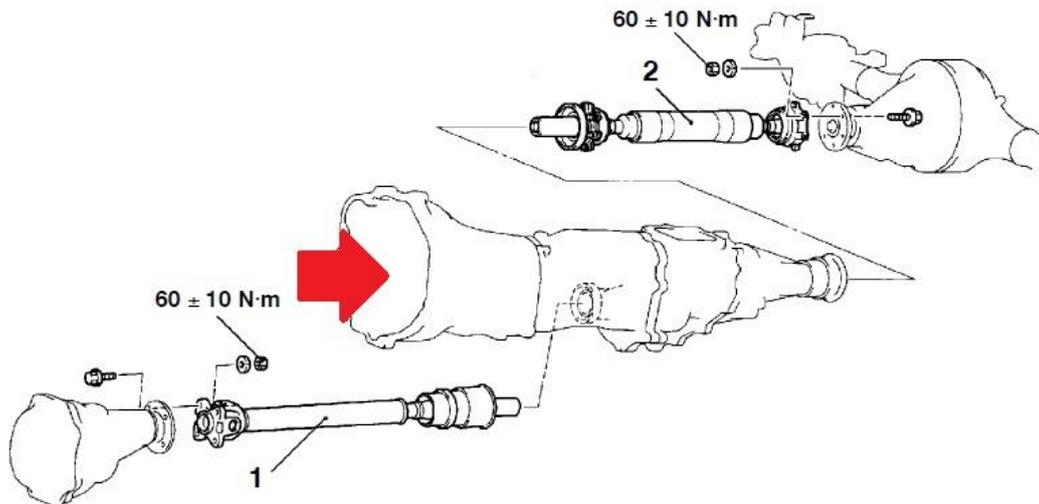
En respuesta a la mayor potencia estimada que se obtendrá de las presentes reformas se ha de mejorar la transmisión de par y potencia que el motor es capaz de transmitir a las ruedas, y por tanto al terreno. Por ello se decide instalar un kit completo de embrague destinado a la competición, con un mayor coeficiente de rozamiento, unos resortes y un collarín de mayor rigidez y una mayor estabilidad térmica del propio embrague a las mayores temperaturas y solicitaciones a las que estará sometido. (Ver *Figura 22*)

El kit elegido es un conjunto completo que sustituye al original, incluyendo el disco del embrague, el conjunto de presión y el volante de inercia (que según diversas fuentes consultadas es un punto conflictivo de este modelo en concreto) del fabricante *AP RACING*, con referencia MI28002HD, con una mejora de capacidad de transmisión según el fabricante de un 30% del original, que según se espera, cumpla de manera más que sobrada con el aumento de potencia estimado.



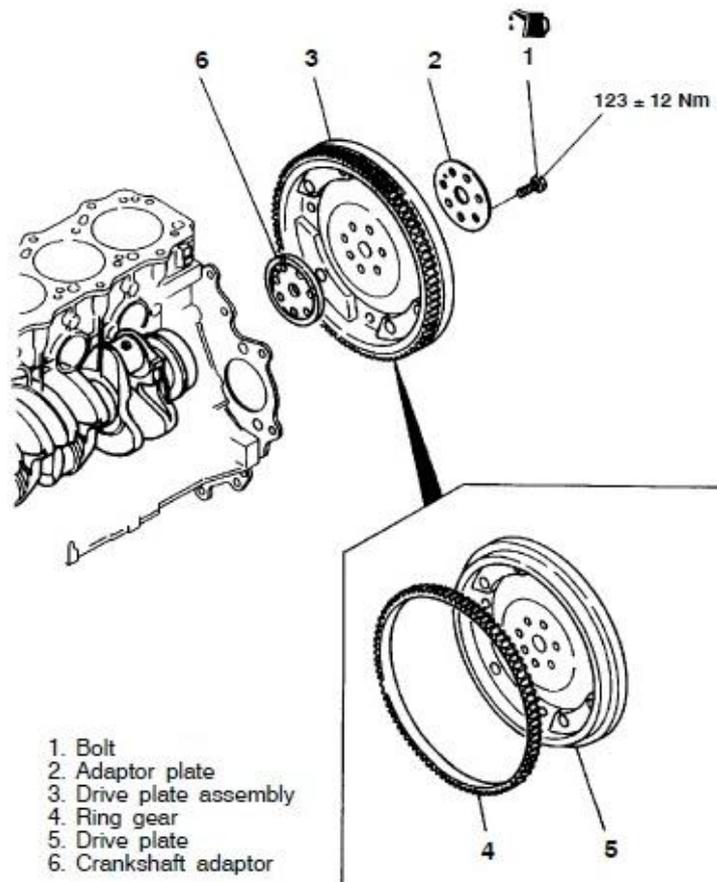
Figura 22: Kit de embrague de competición del fabricante AP RACING, ref MI28002HD

Cumpliendo la normativa, el número de discos de embrague se mantiene, así como el diámetro del mismo. En la *Figura 23* se muestra la ubicación en la que se debe de situar el kit de embrague, así como el volante de inercia a sustituir, marcado como elemento 5 en la *Figura 24*.



1. Conjunto del árbol de transmisión de lantero
2. Conjunto del árbol de transmisión trasero

Figura 23: Ubicación del kit de embrague



1. Bolt
2. Adaptor plate
3. Drive plate assembly
4. Ring gear
5. Drive plate
6. Crankshaft adaptor

Figura 24: Esquema del volante de inercia de serie a sustituir.

2.1.5.- SUSTITUCIÓN DE LOS INYECTORES DE SERIE POR UNOS DE MAYOR CAUDAL DE INYECCIÓN.

Debido a la mayor cantidad de aire y a que el consumo en competición, al contrario que la circulación no destinada al circuito, es algo secundario, se procede a la sustitución de los inyectores de serie por unos del fabricante *RalliArt* (Ver *Figura 25*) especialmente diseñados para la competición T2 para el modelo en concreto objeto del presente proyecto.



Figura 25: Inyectores de competición del fabricante RalliArt, ref RA7743

Estos inyectores, según especificaciones del fabricante, aumentan la presión de llenado y su volumen un 20%, llegando a los 440 kg/cm², que junto al kit de admisión de menores restricciones, la sustitución del sistema del escape y la modificación de la ECU del motor, capacitan a los inyectores de este fabricante a aumentar la cantidad de combustible que es capaz de entrar en cada ciclo del motor en cada cilindro. Esto se traducirá en un aumento considerable de potencia y par, como se demostrará a lo largo del presente capítulo.

A continuación, en la *Figura 26*, se muestran los inyectores de serie que han de ser sustituidos, así como su localización:

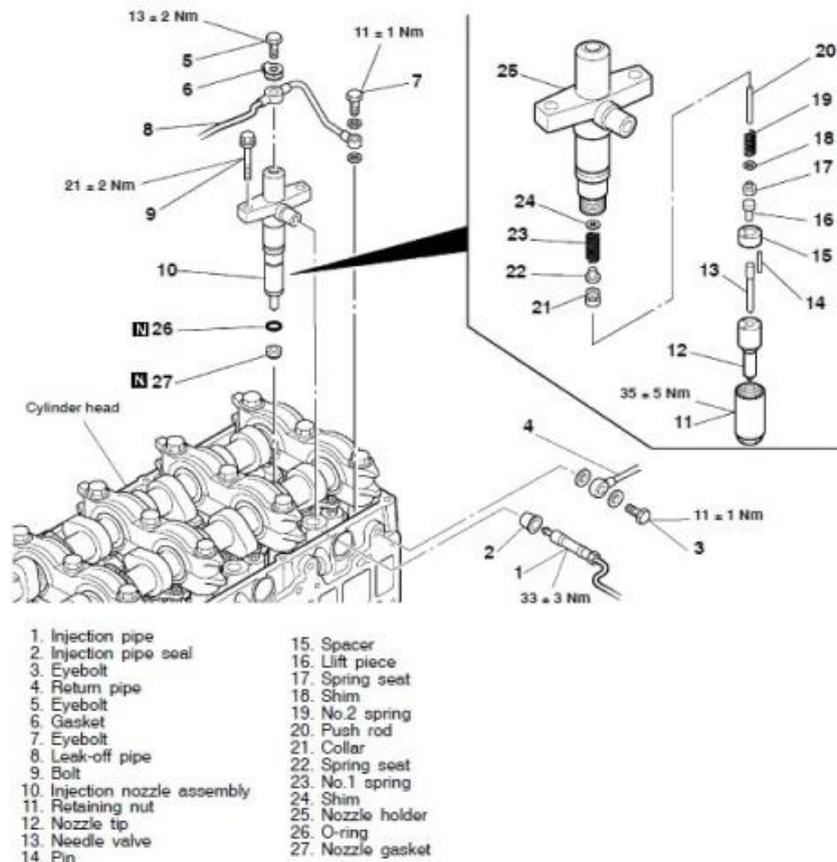


Figura 26: Inyectores de serie, elemento número 10 en la figura

2.1.6.- SUSTITUCIÓN DEL INTERCOOLER DE SERIE.

El objeto de esta sustitución no es proporcionar más potencia o más par como las anteriormente citadas, si no conseguir que esa potencia ganada con las anteriores modificaciones se mantenga con seguridad durante mucho más tiempo, sin que el motor, o más especialmente el turbo, tenga síntomas de fatiga, ya que con este intercooler se conseguirá que el aire que entra en el motor esté siempre en las mejores condiciones de temperatura.

Kit completo Intercooler del proveedor *Autobahn88* específico para el vehículo objeto del proyecto (Ver Figura 27):



Figura 27: Intercooler de mayor capacidad del proveedor autobahn88, referencia A64453

Su posición de instalación se situará exactamente donde estaba el anterior de serie, el cual tiene un tamaño menor, pero no habrá problemas en la instalación de éste por haber un hueco amplio que dará el margen necesario, manteniéndose las sujeciones originales, como dicta la normativa.

Mientras que el de serie tenía mucha menor superficie de intercambio de calor, consiguiendo sólo una eficiencia del 54%, (según datos del propio fabricante, ya que no conseguía enfriar el aire por debajo de los 50°C, por lo que la densidad de oxígeno por volumen era menor) con el nuevo kit se consigue obtener un considerable aumento de rendimiento, al ser capaz de enfriar la temperatura del aire hasta los 35°C.

Como comprobación se tiene que la eficiencia del intercooler:

$$E_{int} = \left[\frac{(T_{CO} - T_{iO})}{(T_{CO} - T_a)} \right] * 100$$

Ecuación 1

Para el intercooler de serie:

T_{CO} : Temperatura de aire a la salida del compresor. 80°C

T_{iO} : Temperatura de aire a la salida del intercooler. 50°C

T_a : Temperatura ambiente. 25°C

$$E_{int} = \left[\frac{(80 - 50)}{(80 - 25)} \right] * 100 = 54.54\%$$

Ecuación 2

Para el nuevo kit de sustitución:

T_{CO} : Temperatura de aire a la salida del compresor. 80°C

T_{iO} : Temperatura de aire a la salida del intercooler. 35°C

T_a : Temperatura ambiente. 25°C

$$E_{int} = \left[\frac{(80-35)}{(80-25)} \right] * 100 = 81,81\% \text{ De eficacia}$$

Ecuación 3

Por lo que el aumento de rendimiento obtenido es significativo, lo que repercutirá en una mayor seguridad y fiabilidad del turbocompresor ante las mayores exigencias a las que estará sometido.

2.1.7.- COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ANTES Y DESPUÉS DE LAS REFORMAS

Motor 3.2 DI-D código 4M41, segunda generación

Puntos		4M41	
Cilindrada total mL		3.200	
Calibre × Carrera mm		98,5 × 105,0	
Relación de compresión		17,0	
Disposición del árbol de levas		DOHC (Arbol de levas superpuesto doble)	
Número de válvulas	Admisión	8	
	Escape	8	
Distribución de válvulas	Admisión	Abertura	APMS 13°
		Cierre	DPMI 31°
	Escape	Abertura	APMI 55°
		Cierre	DPMS 17°
Sistema de combustible		Bomba de inyección de tipo distribución	
Brazo oscilante		Tipo rodillo	

Tabla 14: Características del motor 3.2 Di-d de serie

MONTERO DE SERIE			
Rpm	Potencia (Cv)	Potencia (Kw)	Par (Nm)
1000	26,8	19,6	219
1200	36,8	27,2	234
1400	51,4	37,7	259
1600	68,3	50,2	294
1800	79,4	58,3	326
2000	95,6	70,2	357
2200	106,4	78,2	373
2400	119,4	87,7	361
2600	132,2	97,1	359
2800	144,5	106,2	351
3000	151,2	111,1	344
3200	156,8	115,2	338
3400	164,6	120,9	337
3600	168,3	123,7	326
3800	140,3	103,12	319
4000	125,3	92,1	302
4200	124,4	91,4	291

Tabla 15: Potencia y par según rpm para vehículo de serie

Nota: Los datos obtenidos en las *Tablas 14 y 15*, así como en la *Figura 28 y 29*, proceden del fabricante del vehículo (Mitsubishi).

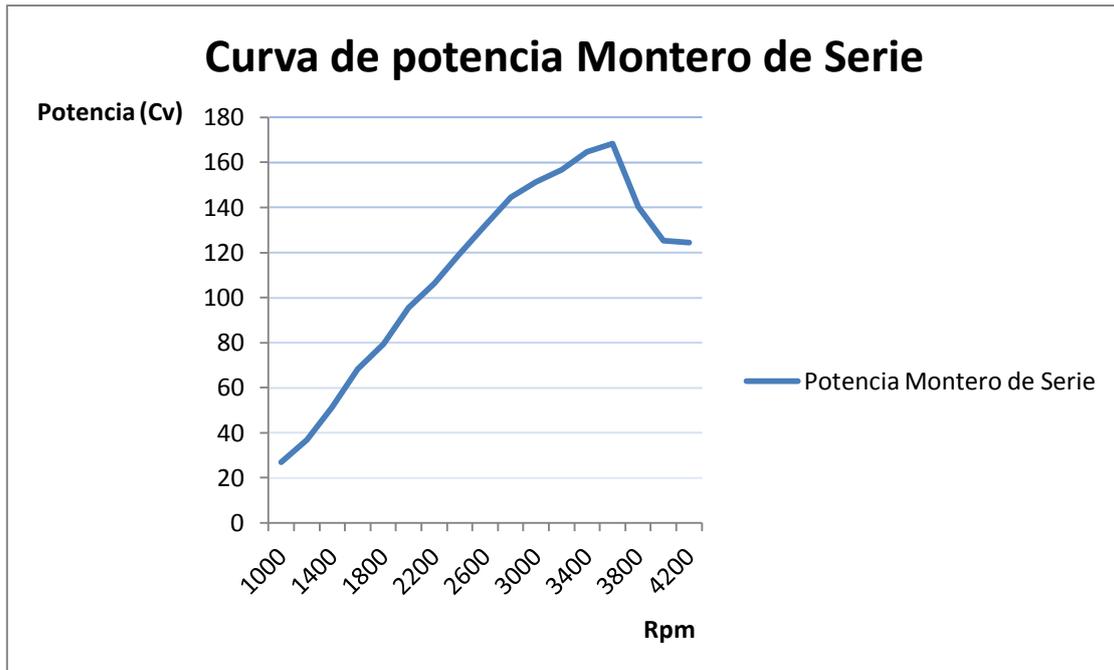


Figura 28: Curva de potencia del motor 3.2 Di-d de serie

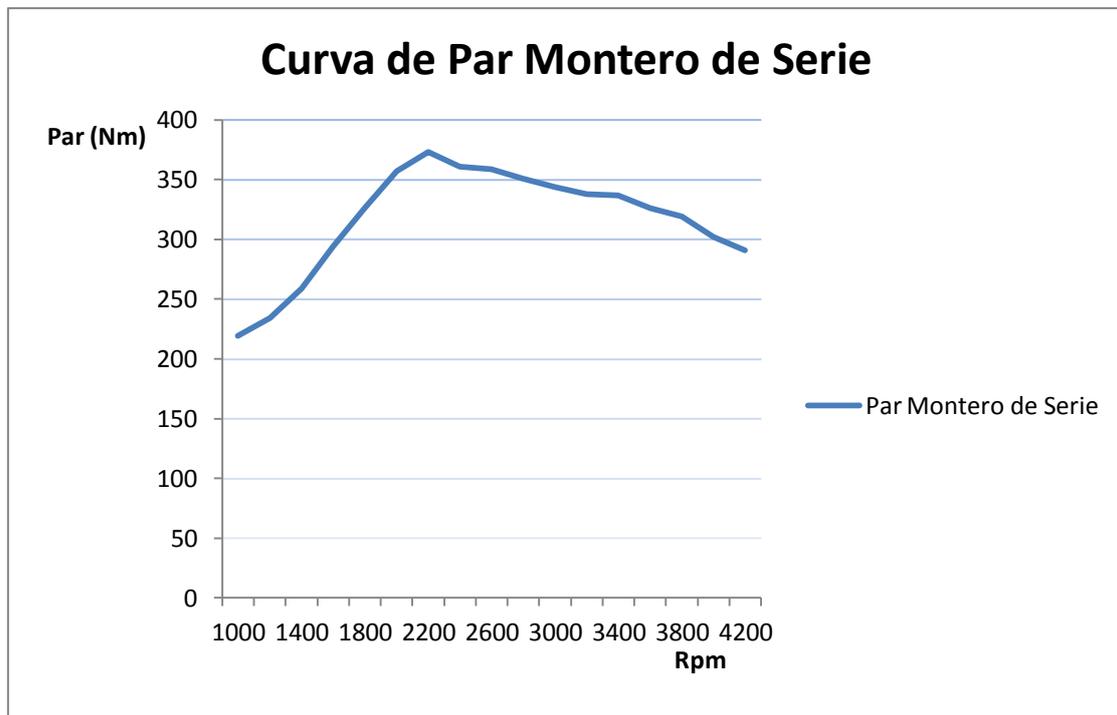


Figura 29: Curva de par del motor 3.2 Di-d de serie

Y a continuación se muestra la comparación de las curvas de potencia/par/rpm después de todas las modificaciones realizadas, recordando (Ver *Figura 30 y 31*):

- Instalación de kit de admisión de menores restricciones a la entrada de aire.
- Instalación de línea completa de escape de mejores prestaciones.
- Instalación y reprogramación de modulo ECU destinada a la competición.
- Sustitución del sistema de embrague por un kit reforzado para competición.
- Instalación de inyectores de mayor presión y caudal de llenado.
- Instalación de intercooler de mayor rendimiento.

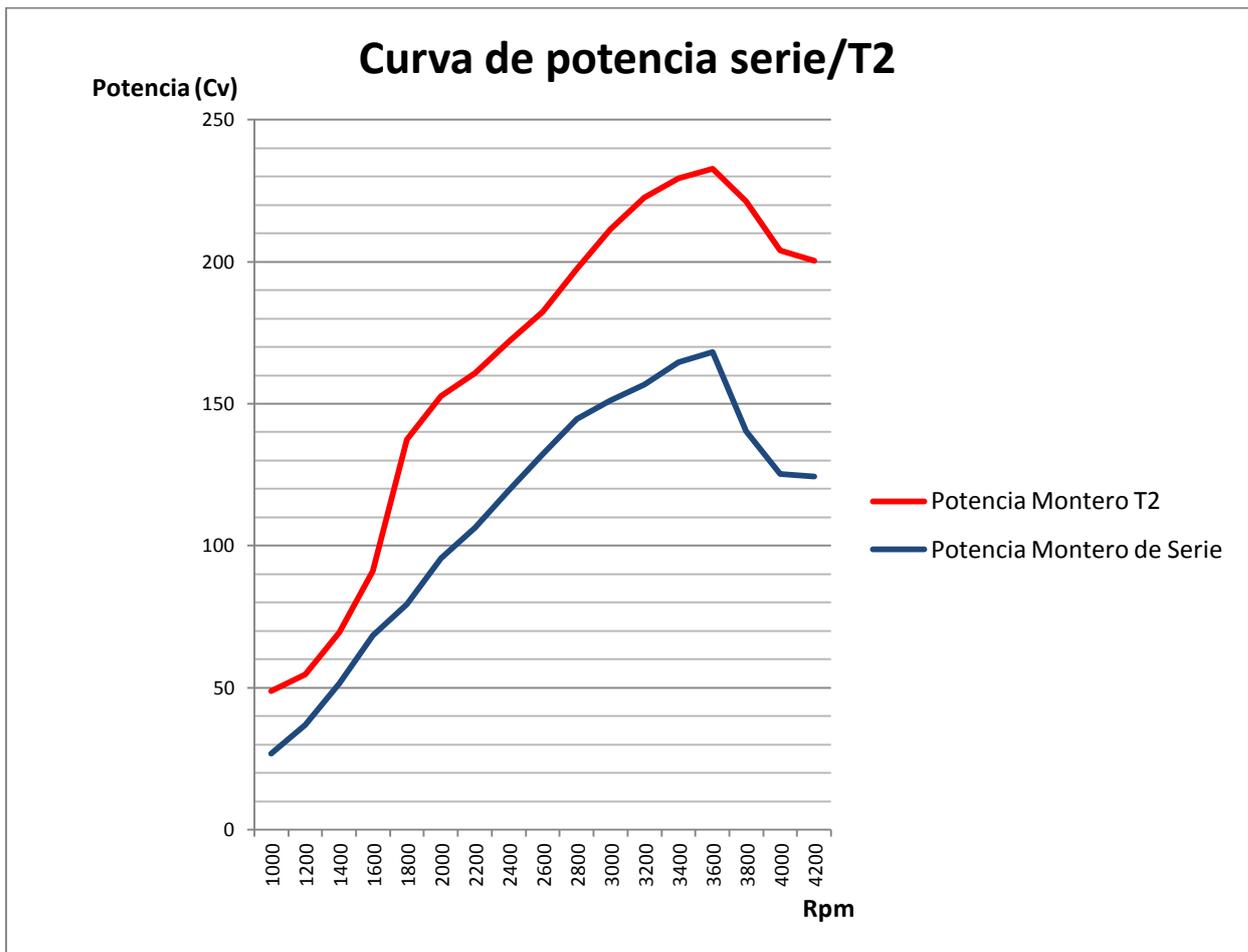


Figura 30: Comparación curvas de potencia del vehículo de serie vs modificaciones T2

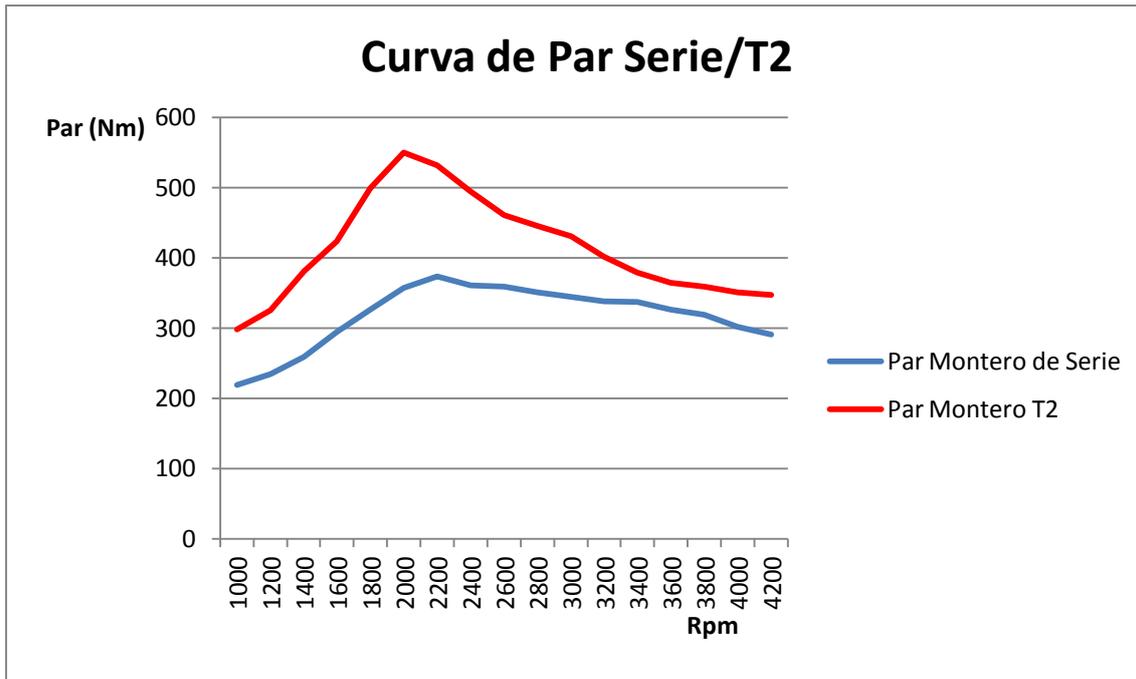


Figura 31: Comparación curvas de par del vehículo de serie vs modificaciones T2

Obteniéndose los siguientes valores resumidos, tras todas las reformas realizadas en la unidad motriz y conjuntos secundarios, resumidos en las siguientes *Tablas 16 y 17*:

	SERIE	MODIFICADO	GANANCIA (%)
Potencia (Cv)	165@3600 rpm	232 @3600 rpm	+40.60
Par (Nm)	373@2100 rpm	559 @1845 rpm	+49.86

Tabla 16: Resumen de la potencia y el par del motor 3.2 Di-d tras las reformas realizadas

A continuación se detallan los valores obtenidos tras las reformas:

MONTERO MODIFICADO A T2			
Rpm	Potencia (Cv)	Potencia (Kw)	Par (Nm)
1000	48,8	35,8	298
1200	54,6	40,1	325
1400	69,6	51,1	381
1600	91,1	66,9	423

1800	137,3	100,9	499
2000	152,7	112,2	550
2200	160,7	118,1	532
2400	171,9	126,3	494
2600	182,3	133,9	461
2800	197,5	145,1	445
3000	211,4	155,3	431
3200	222,7	163,6	402
3400	229,4	168,6	379
3600	232,8	171,1	364
3800	221,2	162,5	359
4000	203,9	149,8	351
4200	200,4	147,2	347

Tabla 17: Potencia y par según rpm para vehículo modificado para T2

Nota: Los datos de potencia/par frente a rpm se han obtenido del preparador *ARC-Racing* (Madrid), para el mismo vehículo y modelo de motor (código 4M41), con el mismo tipo/número/características de modificaciones técnicas.

CONCLUSIÓN

Tras las reformas realizadas, el resultado es altamente satisfactorio, produciéndose un **aumento de potencia de un 40% y del par casi un 50%**, especialmente en regímenes bajos (los más importantes en este tipo de competiciones) situándose a la altura de los vehículos competidores de más alto nivel, todo ello con **plenas garantías de fiabilidad** para afrontar las exigentes condiciones de la competición T2.

2.2.- REFORMAS GRUPO N°4. EJES Y RUEDAS

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 4: Modificaciones que afecten a la configuración de ejes y ruedas)

Se realizarán las siguientes reformas de acuerdo con el *Real Decreto 866/2010, el artículo 282 y 284*:

1. Reforma 4.4. Modificaciones o sustituciones en ruedas o instalación/desinstalación de separadores de ruedas que impliquen modificación del ancho de vía.

Donde se aplicará la correspondiente normativa resumida a continuación:

- Dispositivos de protección trasera 70/221/CEE.
- Mecanismos de dirección 70/311/CEE.
- Guardabarros 78/549/CEE.
- Protección lateral 89/297/CEE.
- Sistemas antiproyección 91/226/CEE.
- Masas y dimensiones (automóviles) 92/21/CEE.
- Neumáticos 92/23/CEE.
- Protección delantera contra empotramiento 2000/40/CE.

2.2.1- REFORMA 4.4. MODIFICACIONES O SUSTITUCIONES DE RUEDAS O INSTALACIÓN/DESINSTALACIÓN DE SEPARADORES DE RUEDAS QUE IMPLIQUEN MODIFICACION DEL ANCHO DE VÍA.

2.2.1.1.- LLANTAS

Debido a las condiciones del tipo de competición a la que está destinado el vehículo del presente proyecto, y buscando una mayor estabilidad y rendimiento, se procede a sustituir las llantas y neumáticos de serie por unos de mejores propiedades.

Se parte de las llantas y neumáticos de serie, cuyas características y esquema se muestran en la *Figura 32*:



Puntos		4D5, 4M4		6G7
		GL, GLX	GLS	
Rueda	Tipo	Tipo acero Tipo aluminio*	Tipo aluminio	Tipo aluminio
	Tamaño	16 x 6JJ 16 x 7JJ*	16 x 7JJ	16 x 7JJ
	Grado de descentramiento de rueda mm	46	46	46
	Diámetro de círculo primitivo (P.C.D.) mm	139,7	139,7	139,7
Llanta	Tamaño	235/80R16 109S 265/70R16 112S*	265/70R16 112S	265/70R16 112H

Figura 32: Medidas de llantas y neumáticos de serie correspondientes al modelo 4M41

Lo que se busca es aumentar el ancho de vías del vehículo, y para ello hay dos opciones posibles:

- A. Utilización de separadores.
- B. Utilización de llantas desplazadas.

La primera opción, debido a las mencionadas características de la competición en T2, unido al gran peso del vehículo, hacen que sea una opción desaconsejada, pues los elementos de la transmisión, así como los bujes de las ruedas, sufrirán mayores sollicitaciones y cargas, y la adición de unos separadores debilitaría la cadena cinemática, no pudiéndose garantizar su fiabilidad.

Por lo tanto, se recurre a la instalación de unas llantas de competición con desplazamiento, ya que los elementos de la transmisión sufren menos, ya que no se instalan elementos adicionales que añadan puntos débiles. Por lo tanto, se aplica la reforma nº4.4 del *Real Decreto 866/2010*, cumpliendo con la normativa citada y la correspondiente a los artículos 282 y 284 de la RFEDA.

Las llantas a instalar, del fabricante especializado *BRAID*, modelo “Winrace T Monoblock”, especiales para competición, conservarán el diámetro, el ancho y la tornillería de la llanta original (16” de diámetro, 7” ancho y 6 tornillos) pero tendrán diferente desplazamiento (ET +36, con un ET original +46,), lo que conseguirá un aumento del ancho de vías del vehículo, sin sacrificar resistencia y fiabilidad. (Ver *Figura 33*)



Figura 33: Llanta del fabricante BRAID, modelo Winrace T Monoblock

Para aclarar el término ET (u “Offset”) de la llanta, se adjunta la siguiente ilustración explicativa, en la *Figura 35*:



Figura 34: Esquema ilustrativo del ET (u "Offset") de la llanta

En relación al ET de la llanta, pasamos de un desplazamiento de +46 de la llanta original, a +36 de la llanta de competición, (manteniendo el ancho de 7") por lo que se conseguirá un desplazamiento por rueda de +10 mm, como se muestra a continuación:

OFFSET

Wheel Offset Calculator

Current Wheel Specs	Width <input type="text" value="7"/> inches	Offset <input type="text" value="46"/> mm	- +
New Wheel Specs	Width <input type="text" value="7"/> inches	Offset <input type="text" value="36"/> mm	- +

[Calculate](#)

Inner Clearance: (the inside of the wheel to the strut housing)

Outer Position: (position of the outside edge of the wheel)

Figura 35: cálculo del offset de las nuevas llantas

Por lo que, al haber dos ruedas por ejes, y tener cada rueda un desplazamiento de +10 mm, obtendremos una modificación total para el ancho de vías por eje de +20 mm, siendo la longitud máxima posible para no tener que modificar las aletas, evitando que los neumáticos rocen o sobresalgan de la carrocería, evitando hacer reformas en la misma (como la instalación de aletines rígidos, según dicta la normativa) y protegiendo los neumáticos de pinchazos provocados por el mencionado roce. Tampoco habrá problemas en cuanto al giro posible de las ruedas, pues el diámetro original se mantiene, y el aumento del ancho de vías permite realizar el giro con completa seguridad.

NOTA: Se hace obligatoria mención sobre los márgenes de tolerancia permitidos por la norma UNE26-192-87, de ± 30 mm en el ancho de las vías del vehículo. Solo será exigible Proyecto Técnico cuando se excedan los 60mm de ancho de vía en el caso de turismos y de 150mm en el caso de todoterrenos, por lo tanto, al haber aumentado en +20 mm el ancho de vías por eje, y estar dentro de la tolerancia dictada por la mencionada norma, **NO se considera reforma de importancia.**

2.2.1.2.- NEUMÁTICOS

Buscando un mayor rendimiento en diversos terrenos, particularmente en terrenos arenosos, se sustituirán los neumáticos de serie por otros especialmente diseñados para vehículos 4x4 en competiciones off-road, del fabricante Cooper Tires, manteniendo las medidas originales 265/70/16, por lo que no será considerado como reforma de importancia, ya que no se modificará ni el ancho de vías ni el diámetro equivalente del conjunto rueda-llanta.

Se trata del nuevo modelo Cooper Discoverer S/T Maxx 2012 (20% on road / 80% off road), para un uso prácticamente intensivo del 4x4 off road, en los que se ha utilizado la tecnología Armor-Tek, de carcasa a tres capas con un taco menos agresivo para una mejor adaptación a los terrenos arenosos, incorporando un compuesto específicamente desarrollado para prevenir los cortes y desgarros en la banda de rodadura. (Ver *Figura 36*)



Figura 36: Neumático Cooper Discoverer S/T Maxx 2012

Esta combinación, junto con un diseño híbrido del dibujo con 4-5 nervaduras y sus características únicas de la banda de rodadura, hace que el Cooper Discoverer S/T Maxx proporcione máxima tracción y ofrezca un magnífico rendimiento en los terrenos más duros, manteniendo un buen agarre en carretera y unas magníficas prestaciones de estabilidad y baja rumorosidad. La construcción Armor-Tek, con los refuerzos en los flancos y en la banda de rodadura, contribuye decisivamente a mejorar su durabilidad. La construcción en ángulo de las capas absorbe y ayuda a disipar las fuerzas provocadas por impactos, evitando pinchazos.

La mezcla de compuestos (combinación de caucho natural y sílice) proporciona un agarre excepcional sobre superficies húmedas y una conducción segura en carretera, mientras que ofrece una protección excelente contra cortes y desgarres en terrenos sin pavimentar, rocosos y de grava, minimizando posibles daños por arañazos causados por la abrasión cuando se circula en terrenos difíciles, como en los que este vehículo ha de competir.

Se ha seleccionado este neumático por ser el modelo que ofrece las mejores prestaciones actualmente, como ha demostrado el presente año, proclamándose vencedor en el Dakar 2012 en la categoría T1-T2 con el equipo Toyota Prisma-MPA.

2.3.- REFORMA GRUPO Nº 5. MODIFICACIONES EN EL SISTEMA DE LA SUSPENSIÓN

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 5 (5.1): Modificación de las características del sistema de suspensión o de algunos de sus componentes elásticos)

Se realizarán las siguientes reformas de acuerdo con el *Real Decreto 866/2010* y el artículo 284:

1. Reforma 5.1. -Modificaciones en el sistema de la suspensión.

Normativa: Se permiten algunos cambios que se contemplan en el artículo 284 “Reglamento específico para vehículos todoterreno de serie (Grupo T2)”, de acuerdo con el Real Decreto 866/2010 y la normativa 2007/46/CE, siendo esta última modificada por el reglamento europeo nº 678/2011. A continuación se exponen, debido a su brevedad (también en el ANEXO III) los elementos que según esta normativa tienen la posibilidad de ser modificados:

- **“Suspensión:** Es posible cambiar por acero el material de los triángulos de la suspensión, siempre que el peso del nuevo triángulo sea mayor que el peso del triángulo original y que todo lo demás se conserve igual.
Se permite el refuerzo de la suspensión y sus puntos de anclaje por adición de material. Los refuerzos de suspensión no deben permitir a dos partes separadas ser unidas para formar una sola. En el caso de suspensión oleoneumática, las esferas pueden cambiarse así como sus dimensiones, forma y material, pero no su número.”
- **“Muelles helicoidales:** La longitud es libre, así como el número de espiras, el diámetro del hilo, el diámetro exterior, el tipo de muelle (progresivo o no) y la forma de los asientos del muelle. Los resortes neumáticos u oleoneumáticos pueden reemplazarse por resortes helicoidales con la única condición de que sean homologados en VO.”
- **“Amortiguadores:** Libres, siempre que se mantenga su tipo (telescópico, de brazo, etc.) y su principio de funcionamiento (hidráulico, de fricción, mixto, etc.). No deben tener otra función que la de amortiguador. El número de amortiguadores se limita a dos por rueda. La comprobación será efectuada de la siguiente forma: Una vez desmontados los muelles y/o barras de torsión, el vehículo debe caer por gravedad hasta el tope del amortiguador en menos de cinco minutos. No obstante, si se sustituyen por amortiguadores con un principio de funcionamiento diferente que los de serie, requerirán la aprobación de la FIA.”
- “No se considerará reforma la instalación de barras de unión en torretas de suspensión.”

Nota*: Según el artículo 284 se limitan el número de amortiguadores por rueda a dos en la categoría T2, pero según las fuentes consultadas y por recomendación del propio preparador Ralliart (preparador oficial de Mitsubishi) para dicha categoría es aconsejable el uso de un solo amortiguador por ser el esquema que mejores resultados ofrece, siendo otra la recomendación sugerida en el caso de la categoría T1, la cual no corresponde al presente proyecto.

2.3.1.- INTRODUCCIÓN A LA REFORMA

Las diferencias fundamentales entre los componentes del sistema de suspensión de serie y los modificados se resumen a continuación:

TREN DELANTERO

- **Elementos de serie:** Suspensión de doble horquilla con resortes helicoidales, amortiguadores de aceite y barra estabilizadora de 28 mm. También conocido como esquema de “dobles triángulos superpuestos” o “paralelogramo deformable”. (Ver *Figura 37*)
- **Elementos modificados:** Kit de suspensión del fabricante Kingshocks con amortiguadores de aceite con cámara de reserva (“Coil Over”) y vástago más ancho, regulables en altura, con muelles de mayor rigidez y longitud libre, con un aumento de altura de +35 mm en el eje delantero, recomendada para la categoría T2.



Figura 37: Esquema básico de la suspensión delantera, sistema “paralelogramo deformable”

Nota sobre el funcionamiento del esquema de suspensión delantero: El nombre “paralelogramo deformable” se debe a los dos elementos superpuestos de la suspensión paralelos que forman un par de lados opuestos del paralelogramo, los otros dos lados son el bastidor y la rueda. Se dice que es deformable porque la forma del paralelogramo cambia cuando la suspensión se comprime o se extiende. Consta de dos brazos transversales en forma de triángulos que se disponen uno sobre otro, articulándose ambos tanto con el chasis como con la rueda. Los brazos pueden tener la misma o diferentes longitudes y la disposición del muelle y el amortiguador puede ser de “coil-over” o de forma separada, anclándose a la rueda

directamente, o al brazo inferior de la suspensión, o de forma indirecta, mediante varillas empujadoras.

TREN TRASERO

- **Elementos de serie:** Suspensión multibrazo o Multi-link con resortes helicoidales, amortiguadores de aceite y barra estabilizadora de 25 mm. (Ver *Figura 38*)
- **Elementos modificados:** Kit de suspensión del fabricante Kingshocks con amortiguadores de aceite con cámara de reserva (“Coil Over”) y vástago más ancho, regulables en altura, con muelles de mayor rigidez y longitud libre, con un aumento de altura de +40 mm en el eje delantero, recomendada para la categoría T2.



Figura 38: Esquema básico de la suspensión trasera, suspensión multibrazo o “Multilink”

Nota sobre el funcionamiento esquema de suspensión trasero: Las suspensiones multibrazo se basan en el mismo concepto básico que sus precursoras las suspensiones de paralelogramo deformable, es decir, el paralelogramo está formado por dos brazos transversales, la mangueta de la rueda y el propio bastidor. La diferencia fundamental que aportan estas nuevas suspensiones es que en lugar de los dos brazos que forman los triángulos, en este sistema, cada brazo es individual, articulado por rótulas, para eliminar cargas flectoras.

Nota sobre refuerzos de la suspensión: se realizarán los refuerzos necesarios en los brazos y los puntos de anclaje del sistema de suspensión según permite el artículo 284 “Reglamento específico para vehículos todoterreno de serie (Grupo T2)”, así como la sustitución de determinados casquillos de serie (también llamados “SilentBlocks”) por otros macizos de poliuretano más resistentes. Todo ello se tratará en su correspondiente apartado.

2.3.2.- ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN A MODIFICAR

A continuación se detallan los elementos del sistema de suspensión que serán objeto de la presente reforma.

SUSPENSIÓN DE SERIE, TREN DELANTERO

Se sustituirán los muelles, amortiguadores, y se reforzarán los brazos superior e inferior del conjunto del tren delantero. En la *Figura 39* se muestran los citados elementos.

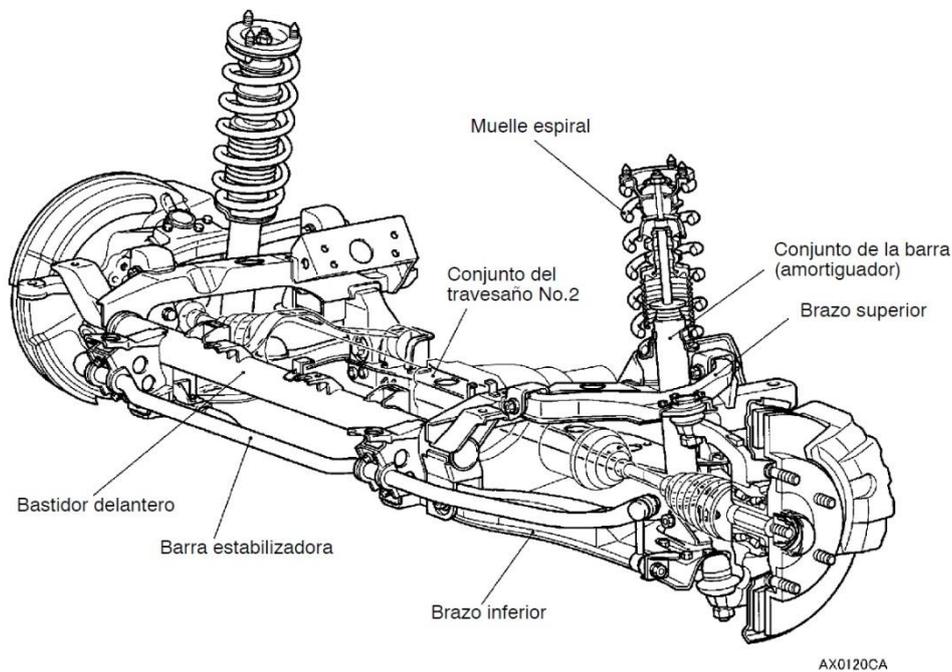


Figura 39: Esquema de la suspensión del tren delantero

SUSPENSIÓN DE SERIE, TREN TRASERO

Se sustituirán los muelles, amortiguadores, y se reforzarán los brazos superior e inferior del conjunto del tren trasero. En la *Figura 40* se muestran los citados elementos.

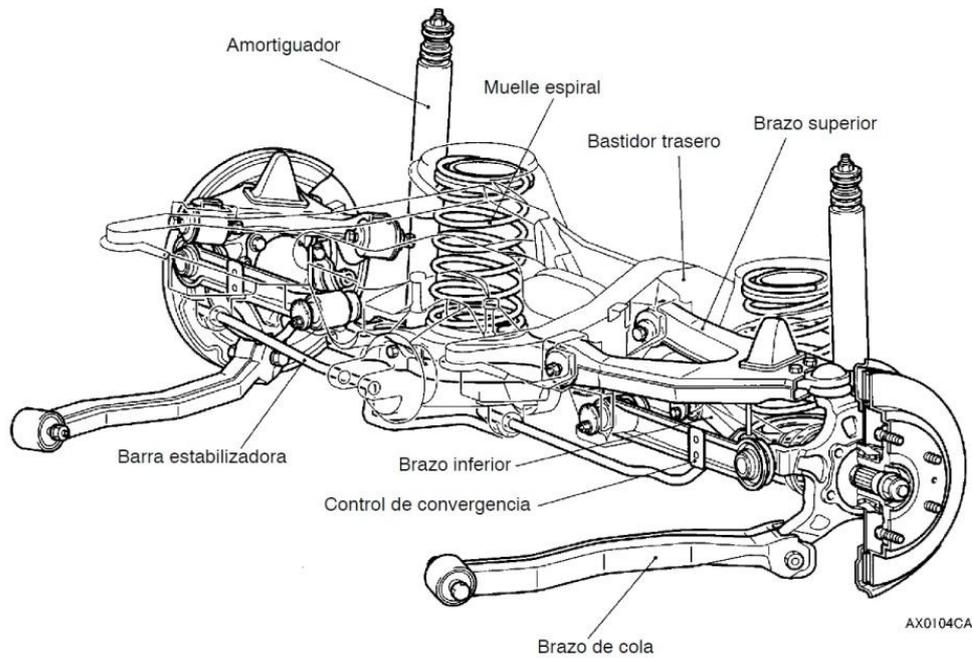


Figura 40: Esquema de la suspensión del tren trasero

SUSPENSIÓN MODIFICADA, TREN DELANTERO

Kit de suspensión del fabricante Kingshocks con amortiguadores de aceite con cámara de reserva ("Coil Over") y vástago más ancho, regulables en altura, con muelles de mayor rigidez y longitud libre, con un aumento de altura de +35 mm en el eje delantero, recomendada para la categoría T2. (Ver Figura 41)



Figura 41: Kit del fabricante KingShocks, tren delantero, ref KINGTA057

Suspensión modificada, tren trasero

Kit de suspensión del fabricante Kingshocks con amortiguadores de aceite con cámara de reserva ("Coil Over") y vástago más ancho, regulables en altura, con muelles de mayor rigidez y longitud libre, con un aumento de altura de +40 mm en el eje trasero, recomendada para la categoría T2. (Ver *Figura 42*)



Figura 42: Muelles del fabricante KingShocks, tren trasero, ref KING 232482



Figura 43: Amortiguadores del fabricante KingShocks, tren trasero, ref KINGTB088

2.3.3.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS MUELLES MODIFICADOS

Se procede al cálculo de la resistencia de los muelles que van a instalarse, del fabricante KingShocks, estudiando el caso del eje delantero por ser el que más carga soporta (ver *Tabla 18*), comprobando si cumple con los requisitos, y en caso afirmativo cumplirán también para el tren trasero, ya que su carga es menor.

A continuación se exponen los datos técnicos facilitados por el fabricante KingShocks:

El material de los muelles es acero EN 12070-2 FD SiCr, estirado en caliente y posterior tratamiento térmico, cuyas características mecánicas son:

- Resistencia mecánica (R_m): $204 \text{ Kg} / \text{mm}^2 = 2008,45 \text{ MPa}$
- Resistencia elástica (R_e): $176 \text{ Kg} / \text{mm}^2 = 1822,88 \text{ MPa}$
- Incremento del alargamiento mínimo (A_m): 5 %
- Resistencia práctica del acero a cizalla / cortadura (R_c): $= 1121,32 \text{ MPa}$
- Módulo de elasticidad al cizallamiento (G): $= 79500 \text{ MPa}$

Kit delantero:

- Diámetro exterior (D_{ext1}): 137,50 mm
- Diámetro interior (D_{int1}): 113,20 mm
- Diámetro medio (D_{m1}): 125,35 mm
- Diámetro de espira (D_{e1}): 14,25 mm
- Número de espiras (N_1): 10,00
- Longitud libre (L_{max1}): 470 mm
- Curvatura (C_1): 1,21
- Rigidez (R_1): 16,65 N/mm

Kit trasero:

- Diámetro exterior (D_{ext2}): 129,50 mm
- Diámetro interior (D_{int2}): 105,25 mm
- Diámetro medio (D_{m2}): 104,75 mm
- Diámetro de espira (D_{e2}): 14,25 mm
- Número de espiras (N_2): 11
- Longitud libre (L_{max2}): 570 mm
- Curvatura (C_2): 1,23
- Rigidez (R_2): 16,65 N/mm

Donde se han obtenido los siguientes resultados de la siguiente manera en cada caso:

$$D_m = D_{ext} - D_{int}$$

Ecuación 4

$$C = \frac{D_{ext}}{D_{int}}$$

Ecuación 5

CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO ANTES DE LAS REFORMAS	
Altura (mm)	1.845
Anchura (mm)	1.895
Longitud (mm)	4.315
MMA (kg)	2020
MMA eje delantero (kg)	1550
MMA eje trasero (kg)	1650

Tabla 18: características del vehículo antes de las reformas

2.3.3.1.- MUELLES

Se calcula el esfuerzo máximo que puede soportar el conjunto a instalar. Como condición de partida se supondrá el caso más desfavorable, que se dará en el caso en que los muelles soporten la MMA para cada eje dividido para cada lado.

Después calcularemos los coeficientes de seguridad $(K)_x$, si es mayor de uno el conjunto nos vale, en caso contrario no nos valdrá según este criterio. (Donde el término “x” indicará el tipo de coeficiente de seguridad aplicado).

EJE DELANTERO:

- **Esfuerzo máximo cortante a tracción compresión:** La carga máxima total de cortadura (trabajando a tracción y a compresión) a aplicar sobre el eje delantero, con dos muelles por eje, ha de ser inferior al Peso Máximo Admisible (PTMA), que coincide según la ficha técnica con el Peso Máximo Autorizado (PMA) por eje.

$$EMC = \frac{\pi \cdot D_e^3 \cdot R_c}{8 \cdot D_m}$$

Ecuación 6

Para el caso de los muelles delanteros, usando dicha ecuación, se tiene:

$$EMC_1 = \frac{\pi \cdot D_{e1}^3 \cdot R_c}{8 \cdot D_{m1}} = 9132.15 \text{ MPa}$$

Ecuación 7

Para el eje delantero se multiplica por dos ya que delante lleva dos muelles, uno por cada rueda:

$$EMC_{delantero} = 2 \cdot EMC_1 = 18264.30 \text{ MPa}$$

Ecuación 8

Ahora calculamos el coeficiente de seguridad:

$$K_c = \frac{EMC_{delantero}}{PMA_{eje delantero} \cdot 9.81} = \frac{18264.30}{1550 \cdot 9.81} = 1.20 > 1 \rightarrow \text{Válido}$$

Ecuación 9

- **Carga máxima Q en función de la flecha del muelle:** Primero se calcula la flecha del muelle para luego calcular la carga máxima, para lo que se necesita conocer la longitud mínima del muelle:

$$L_{min} = n \cdot D_e = 10 \cdot 14.25 = 142.5 \text{ mm}$$

Ecuación 10

Siendo la flecha la diferencia entre longitud máxima y mínima de resorte:

$$f = L_{max} - L_{min} = 470 - 142.5 = 327.5 \text{ mm}$$

Ecuación 11

Y por tanto la carga máxima del muelle es:

$$Q = \frac{f \cdot G \cdot D_e^4}{64 \cdot n \cdot \left(\frac{D_m}{2}\right)^3} = \frac{327.5 \cdot 79500 \cdot 9.81 \cdot 14.25^4}{64 \cdot 10 \cdot \left(\frac{125.35}{2}\right)^3} = 16841.14 \text{ N}$$

Ecuación 12

Como el peso delantero se reparte entre los dos muelles, el tren delantero podría soportar hasta el tope del amortiguador como máximo $2Q$, es decir, 33694.28 N.

Con los datos anteriores quedaría un coeficiente de seguridad de:

$$K_Q = \frac{Q}{PMA_{eje\ delantero} \cdot 9.81} = \frac{33694.28}{1550 \cdot 9.81} = 2.21 > 1 \rightarrow \text{Válido}$$

Ecuación 13

- **Torsión en función de cargas oscilantes:** La tensión de torsión la calculamos con la siguiente expresión:

$$T = \frac{8 \cdot C \cdot D_m \cdot PMA_{eje\ delantero}}{2 \cdot \pi \cdot D_e^3} = \frac{8 \cdot 1.21 \cdot 125.35 \cdot 1550 \cdot 9.81}{2 \cdot \pi \cdot 14.25^3} = 1014.78 \text{ MPa}$$

Ecuación 14

El coeficiente de seguridad será en esta ocasión:

$$K_T = \frac{R_c}{T} = \frac{1121,32}{1014.78} = 1.10 > 1 \rightarrow \text{Válido}$$

Ecuación 15

Se presentan los resultados en la *Tabla 19*, resumen para el caso del tren delantero:

TABLA RESUMEN DEL TREN DELANTERO			
L_{\max} (mm)	470	EMC_1 (N)	9132.15
L_{\min} (mm)	142.5	$EMC_{delantero}$ (N)	18264.3
D_m (mm)	125.35	PMA (kg)	1550
D_e (mm)	142.5	PTMA (N)	15205.8
N (espiras)	10	K_t	1.23
R (N/mm)	16.65	K_Q	1.81
C	1.21	K_c	1.20

Tabla 19: tabla resumen del tren delantero

Conclusión

Se ha demostrado que el **conjunto de muelles delanteros** que se desea instalar en el vehículo son perfectamente **válidos**, cumpliendo de manera óptima con la legislación vigente.

EJE TRASERO:

Se repiten los mismos cálculos realizados para el eje delantero, con la única salvedad de que se sustituyen los datos del fabricante para los muelles traseros y los pesos máximos soportados por el eje trasero. Los resultados se presentan en la *Tabla 20*:

TABLA RESUMEN DEL TREN TRASERO			
L_{\max} (mm)	570	EMC_2 (N)	8832.15
L_{\min} (mm)	175.5	$EMC_{trasero}$ (N)	17664.3
D_m (mm)	104.75	PMA (kg)	1650
D_e (mm)	14.25	PTMA (N)	16186.5
N (espiras)	11	K_t	1.10
R (kN/mm ²)	16.65	K_Q	2.19
C	1.23	K_C	1.20

Tabla 20: tabla resumen del tren trasero

Conclusión

Se ha demostrado que el **conjunto de muelles traseros** que se desea instalar en el vehículo son perfectamente **válidos**, cumpliendo de manera óptima con la legislación vigente.

2.3.3.2.- AMORTIGUADORES

Ahora se calculará la validez o no de los amortiguadores que se desean instalar en el vehículo, para lo que calcularemos el coeficiente de amortiguamiento crítico y el factor de amortiguamiento de dichos amortiguadores.

- **Coeficiente de amortiguamiento crítico:** Para el cálculo del amortiguamiento crítico necesitamos las masas suspendidas y no suspendidas y la rigidez del muelle instalado, y es el valor para el que si se supera, el movimiento deja de ser oscilante. La masa no suspendida por rueda es de unos $m_{NO\ suspendida} = 35\ kg$ (tanto para el eje delantero como el trasero).

EJE DELANTERO:

La masa suspendida es entonces:

$$m_{suspendida\ delantero} = MMA\ delantero - 2 \cdot m_{NO\ suspendida} = 1480\ kg$$

Ecuación 16

$$C_{cr\ delantero} = 2 \cdot \sqrt{R_{delantero} \cdot m_{suspendida}} = 9934.10\ N \cdot s/m$$

Ecuación 17

EJE TRASERO:

$$m_{suspendida\ trasero} = MMA\ trasero - 2 \cdot m_{NO\ suspendida} = 1580\ kg$$

Ecuación 18

$$C_{cr\ trasero} = 2 \cdot \sqrt{R_{trasero} \cdot m_{suspendida}} = 10264.22\ N \cdot s/m$$

Ecuación 19

- **Factor de amortiguamiento:** Para que el contacto rueda-calzada sea continuo el factor de amortiguamiento ξ , definido como $\xi = \frac{c}{c_{cr}}$, tiene que ser menor de 1, lo que quiere decir que el amortiguador es capaz de detener las oscilaciones del conjunto de suspensión, es decir, que el movimiento es subamortiguado. Sustituyendo los valores de los coeficientes de amortiguación facilitados por el fabricante:

$$C_{com} = 1520\ Ns/m$$

Ecuación 20

$$C_{exp}=2270 \text{ Ns/m}$$

Ecuación 21

EJE DELANTERO:

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{c_{comp}}{c_{cr}} + \frac{c_{exp}}{c_{cr}} \right) = 0.19$$

Ecuación 22

$$\xi = 0.19 < 1 \rightarrow \text{Movimiento Subamortiguado}$$

Ecuación 23

EJE TRASERO:

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{c_{comp}}{c_{cr}} + \frac{c_{exp}}{c_{cr}} \right) = 0.18$$

Ecuación 24

$$\xi = 0.18 < 1 \rightarrow \text{Movimiento Subamortiguado}$$

Ecuación 25

Conclusión

Se ha demostrado que el **conjunto de amortiguadores delanteros y traseros** que se desea instalar en el vehículo son perfectamente **válidos**, cumpliendo de manera óptima con la legislación vigente, produciendo un movimiento subamortiguado, que efectivamente corresponde a lo información enviada por el fabricante *KingShocks* en relación a las características de rigidez y desplazamiento de la masa suspendida del vehículo del presente proyecto.

Nota: Esta gráfica (ver *Figura 44*) es válida tanto para el eje delantero como para el trasero, ya que la diferencia en cuanto a las masas suspendidas de ambos ejes es relativamente pequeña y despreciable.

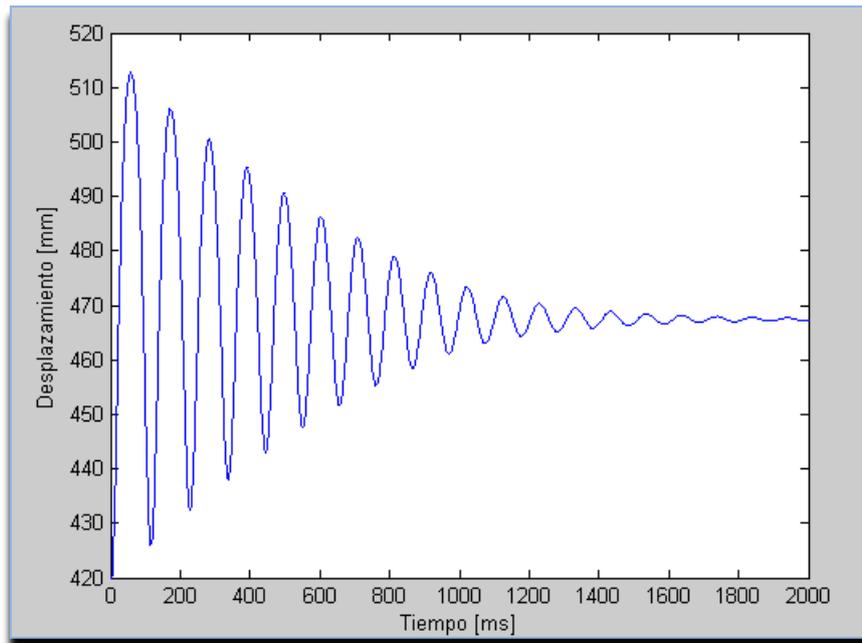


Figura 44: desplazamiento de la masa suspendida para constante de rigidez 16,65 N/mm

2.3.4.- INSTALACIÓN DEL KIT DE SUSPENSIÓN

DESMONTAJE:

Para la instalación de la nueva suspensión lo primero es elevar el vehículo, retirar los neumáticos y los frenos (ver Punto 2.4: reforma e instalación del sistema de frenado), retirar los manguitos de frenos de sus enganches correspondientes, sacar el conjunto de pinza mas disco de la mangueta desenroscando las tuercas de los bujes, quitar los brazos de la dirección (solo en el caso del eje anterior), los palieres de la transmisión, la barra estabilizadora, los trapecios, desenroscar la sujeción de las copelas en el vano motor (en el caso del eje trasero estas sujeciones están en el maletero del vehículo) y sacar el conjunto muelle-amortiguador.

Nota: El nuevo conjunto ha de montarse en el exterior del vehículo, teniendo especial cuidado al comprimir los muelles para montarlos en el amortiguador, ya que es una operación potencialmente peligrosa.

ILUSTRACIONES ORIENTATIVAS PARA EL TALLER ENCARGADO DE LA REFORMA:

EJE DELANTERO:

Se muestran en las Figuras 45 a 48, a continuación.

CONJUNTO DEL AMORTIGUADOR DESMONTAJE E INSTALACION

Precaución

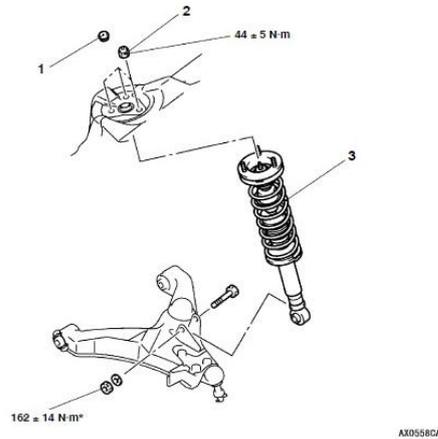
*: Para evitar que se rompan los bujes, deben apretarse temporalmente las piezas marcadas con * para posteriormente, con el vehículo en el suelo y sin carga, apretarlas totalmente.

Trabajos necesarios antes del desmontaje

- Desmontaje del conjunto del brazo superior (Consultar la página 33A-7.)
- Desmontaje de la batería y de la bandeja de la batería (izquierda)
- Desmontaje del depósito de condensación (izquierda) (Consultar el GRUPO 14 – Radiador.)
- Desmontaje del filtro de aire (derecho) (Consultar el GRUPO 15 – Filtro de aire.)

Trabajos a realizar después de la instalación

- Conjunto del filtro de aire (derecho) (Consultar el GRUPO 15 – Filtro de aire.)
- Instalación del depósito de condensación (izquierda) (Consultar el GRUPO 14 – Radiador.)
- Desmontaje de la batería y de la bandeja de la batería (izquierda)
- Instalación del conjunto del brazo superior (Consultar la página 33A-7.)
- Verificación y ajuste del alineamiento de las ruedas (Consultar la página 33A-4.)



Pasos para el desmontaje

1. Tapa
2. Tuerca de montaje del amortiguador
3. Conjunto del amortiguador

Figura 45: Esquema desmontaje conjunto amortiguador delantero

SUSPENSION DELANTERA - Conjunto del brazo superior 33A-7

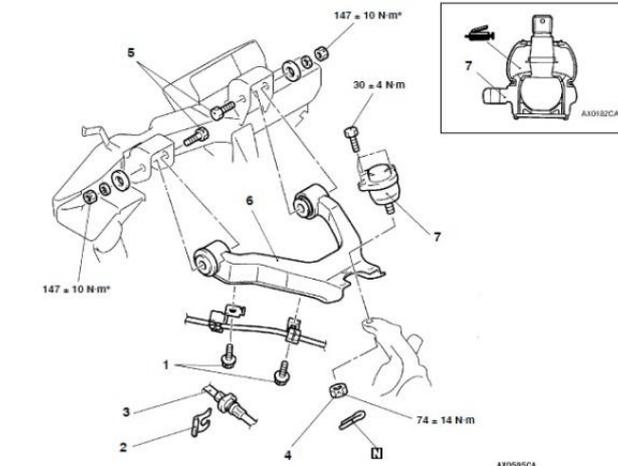
CONJUNTO DEL BRAZO SUPERIOR DESMONTAJE E INSTALACION

Precaución

*: Para evitar que se rompan los bujes, deben apretarse temporalmente las piezas marcadas con *, para posteriormente, con el vehículo en el suelo y sin carga, apretarlas totalmente.

Trabajos a realizar después de la instalación

- Empujar la cubierta contra polvo con un dedo para verificarla por grietas o daños.
- Verificación y ajuste del alineamiento de las ruedas (Consultar la página 33A-4.)



Pasos para el desmontaje

1. Perno de montaje de la mánzula del sensor de velocidad de la rueda delantera <vehículos con ABS>
2. Retenedor
3. Manguera de freno
4. Unión del conjunto del brazo superior con la rótula
5. Unión del conjunto del brazo superior con el bastidor delantero
6. Conjunto del brazo superior
7. Conjunto de la junta esférica del brazo superior



Figura 46: Esquema desmontaje brazo superior delantero

CONJUNTO DEL BRAZO INFERIOR

DESMONTAJE E INSTALACION

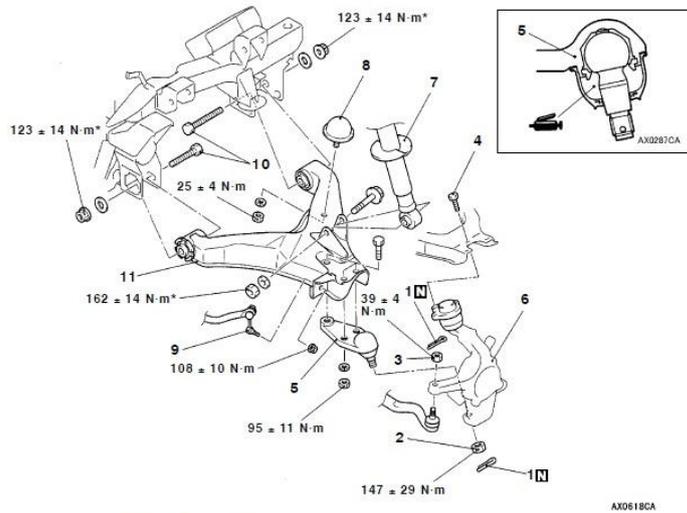
Precaución

*: Para evitar que se rompan los bujes, deben apretarse temporalmente las piezas marcadas con para, posteriormente, con el vehículo en el suelo y sin carga, apretarlas totalmente.

Trabajos necesarios antes del desmontaje
Desmontaje del eje de transmisión
(Consultar el GRUPO 26 – Eje de transmisión.)

Trabajos a realizar después de la instalación

- Empujar la cubierta contra polvo con un dedo para verificarla por grietas o daños.
- Instalación del eje de transmisión (Consultar el GRUPO 26 – Eje de transmisión.)
- Verificación y ajuste del alineamiento de las ruedas (Consultar la página 33A-4.)



Pasos para el desmontaje

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Chaveta hendida 2. Unión de la junta esférica del brazo inferior con el conjunto de la rótula 3. Unión de la barra de acoplamiento con la rótula 4. Conexión del brazo superior y la junta esférica del brazo superior 5. Junta esférica del brazo inferior. 6. Conjunto del buje y la rótula | <ol style="list-style-type: none"> 7. Unión del amortiguador con el conjunto del brazo inferior 8. Tope de rebote 9. Unión del conjunto del brazo inferior con la varilla de la barra estabilizadora 10. Perno de montaje del brazo inferior 11. Conjunto del brazo inferior |
|---|---|

Figura 47: Esquema desmontaje brazo inferior delantero

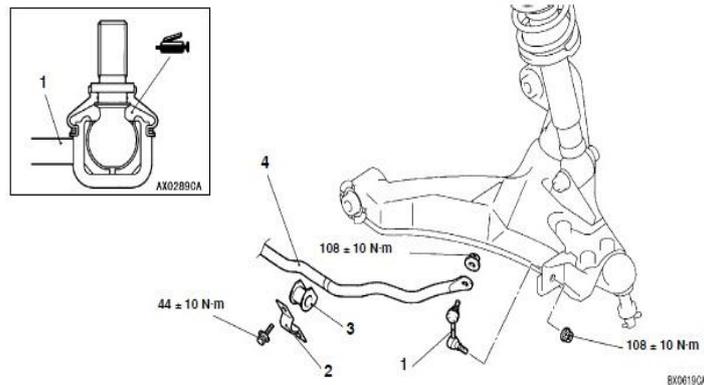
BARRA ESTABILIZADORA

DESMONTAJE E INSTALACION

Trabajos necesarios antes del desmontaje
Desmontaje de la cubierta inferior

Trabajos a realizar después de la instalación

- Empujar la cubierta contra polvo con un dedo para verificarla por grietas o daños.
- Instalación de la cubierta inferior



Pasos para el desmontaje

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Varilla de la barra estabilizadora 2. Abrazadera de la barra estabilizadora | <ol style="list-style-type: none"> 3. Bujes de la barra estabilizadora 4. Barra estabilizadora |
|---|--|

Figura 48: Esquema desmontaje barra estabilizadora delantera

EJE TRASERO:

Se muestran en las Figuras 49 a 53, a continuación.

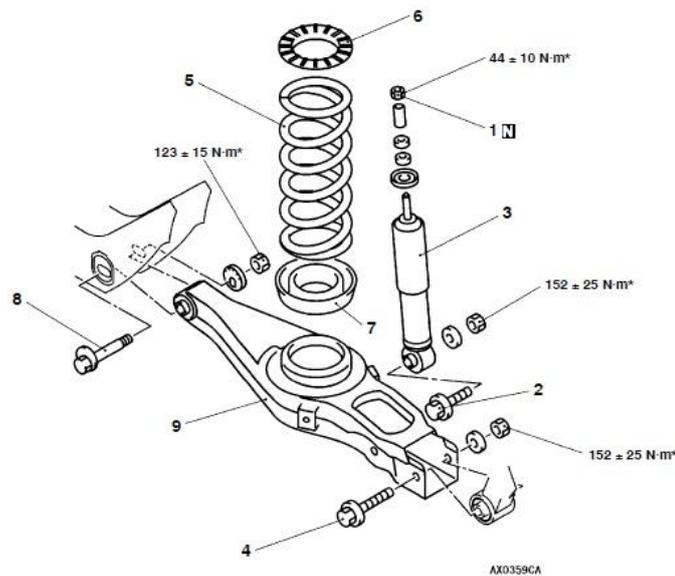
AMORTIGUADOR/MUELLE ESPIRAL/CONJUNTO DEL BRAZO INFERIOR

DEMONTAJE E INSTALACION

Precaución

*: Para evitar que se rompan los bujes, deben apretarse temporalmente las piezas marcadas con *, posteriormente, con el vehículo en el suelo y sin carga, apretarías totalmente.

Trabajos necesarios después de la instalación
Verificación y ajuste de la alineación de la rueda delantera (Consultar la página 34-4.)



Pasos para el desmontaje del amortiguador

1. Tuerca de montaje del amortiguador
2. Perno de montaje del amortiguador
3. Amortiguador

Pasos para el desmontaje del muelle espiral

2. Perno de montaje del amortiguador
4. Perno de instalación del brazo inferior
5. Muelle espiral
6. Almohadilla superior del muelle
7. Almohadilla inferior del muelle

Pasos para el desmontaje del brazo inferior

2. Perno de montaje del amortiguador
4. Perno de instalación del brazo inferior
5. Muelle espiral
6. Almohadilla superior del muelle
7. Almohadilla inferior del muelle
8. Perno (para ajuste del ángulo de inclinación)
9. Brazo inferior

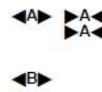


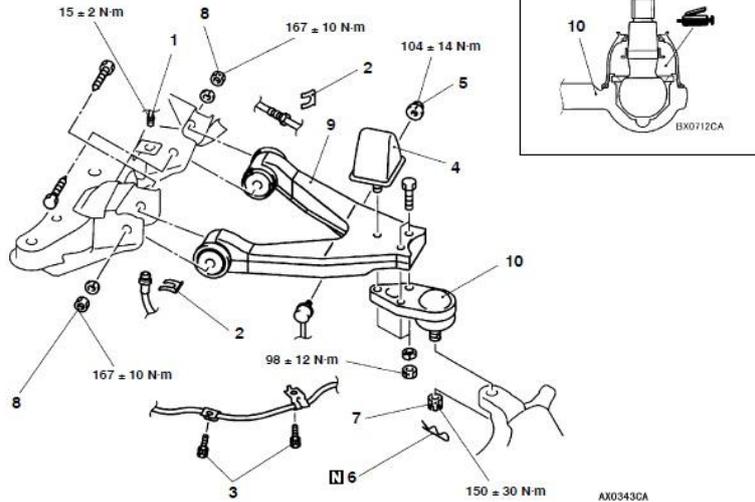
Figura 49: Esquema desmontaje muelle, amortiguador y conjunto del brazo inferior trasero

CONJUNTO DEL BRAZO SUPERIOR DESMONTAJE E INSTALACION

Trabajos necesarios antes del desmontaje
Vaciado del fluido de frenos

Trabajos necesarios después de la instalación

- Presionar la cubierta guardapolvos con un dedo para comprobar si está deteriorada o agrietada.
- Llenado del fluido de freno y purga (Consultar el GRUPO 35A - Servicio en el vehículo.)
- Verificación y ajuste de la alineación de la rueda delantera (Consultar la página 34-4.)



Pasos para el desmontaje

1. Conexión del tubo de freno
2. Retenedor
3. Unión del sensor de velocidad de la rueda trasera con el conjunto del brazo superior <vehículos con ABS>
4. Tope de retención
5. Unión de la varilla de la barra estabilizadora con el conjunto del brazo superior.

◀A▶

◀B▶ ▶A▶

6. Chaveta hendida
7. Unión de la junta esférica del brazo superior con la rótula
8. Unión del conjunto del brazo superior con el bastidor trasero
9. Brazo superior
10. Junta esférica del brazo superior

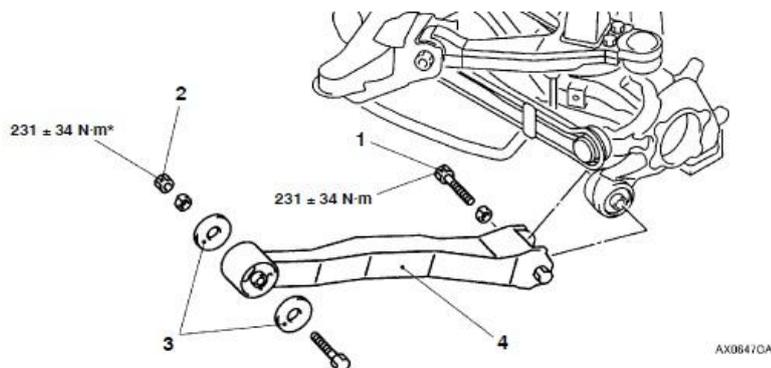
Figura 50: Esquema desmontaje brazo superior trasero

CONJUNTO DEL BRAZO DE COLA DESMONTAJE E INSTALACION

Precaución

*: Para evitar que se rompan los bujes, deben apretarse temporalmente las piezas marcadas con *, posteriormente, con el vehículo en el suelo y sin carga, apretarlas totalmente.

Trabajos necesarios después de la instalación
Verificación y ajuste de la alineación de la rueda delantera (Consultar la página 34-4.)



Pasos para el desmontaje

1. Perno de unión del brazo de cola con la rótula
2. Tuerca de unión del brazo de cola con el bastidor trasero

3. Tope
4. Brazo de cola

Figura 51: Esquema desmontaje conjunto del brazo de cola trasero

CONJUNTO DEL BRAZO DE CONTROL DE CONVERGENCIA/BARRA DE LA TORRE DE CONTROL DE CONVERGENCIA DEMONTAJE E INSTALACION

Precaución

*: Para evitar que se rompan los bujes, deben apretarse temporalmente las piezas marcadas con *, posteriormente, con el vehículo en el suelo y sin carga, apretarlas totalmente.

Trabajos necesarios después de la instalación

- Presionar la cubierta guardapolvos con un dedo para comprobar si está deteriorada o agrietada.
- Verificación y ajuste de la alineación de la rueda delantera (Consultar la página 34-4.)

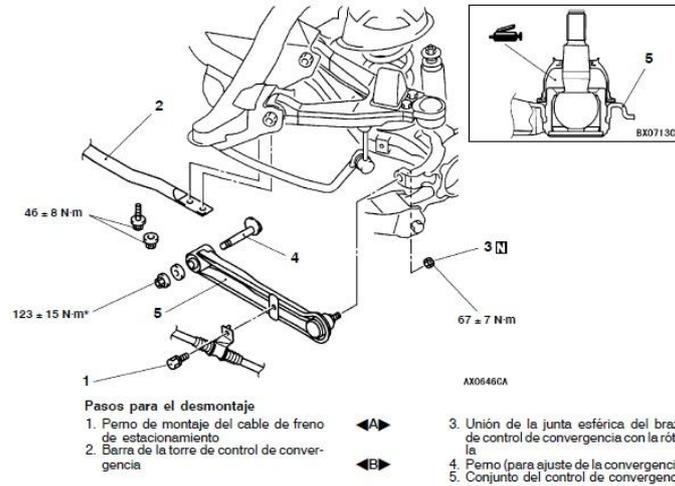


Figura 52: Esquema desmontaje brazo de control de convergencia trasero

BARRA ESTABILIZADORA

DEMONTAJE E INSTALACION

Trabajos necesarios después de la instalación
Presionar la cubierta guardapolvos con un dedo para comprobar si está deteriorada o agrietada.

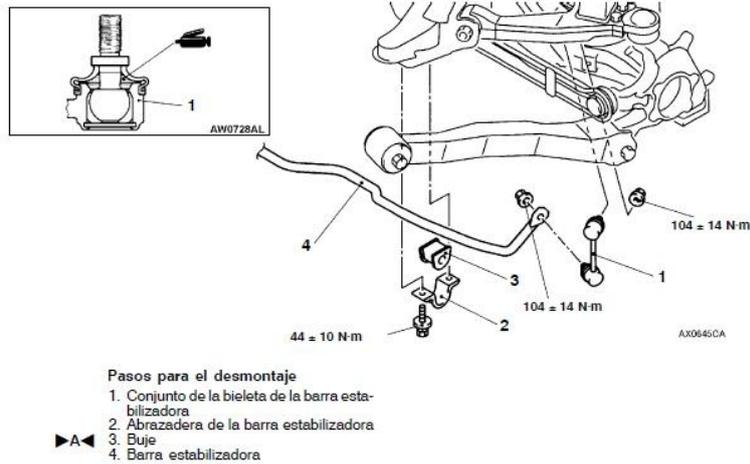


Figura 53: Esquema desmontaje barra estabilizadora trasera

MONTAJE:

El procedimiento de montaje ha de realizarse de manera inversa al anterior proceso de desmontaje.

2.3.5.- MODIFICACIONES OPCIONALES (Recomendado)

2.3.5.1.- SILENTBLOCKS

Se recomienda sustituir los “silentblocks” de serie (marcados en la *Figura 54* como elemento “B”) por unos macizos de competición en los puntos del conjunto general del sistema de suspensión que se vean afectados por la modificación del mismo, tanto en el tren delantero como en el trasero, ya que dichos elementos sufrirán mayores esfuerzos debido a la reforma de la suspensión.

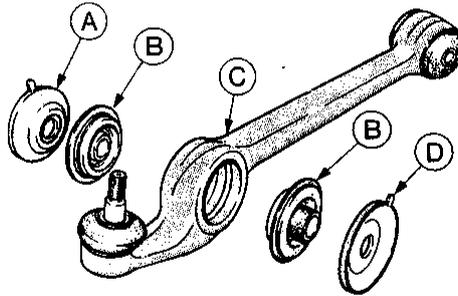


Figura 54: Silentblocks (figura ilustrativa)

Silentblocks sugeridos por el autor del presente proyecto: Casquillos de poliuretano del fabricante *Sahara4x4* en las siguientes zonas (Ver *Figura 55*):

- Trapecio frontal trasero, frontal delantero.
- Trapecio trasero a chasis, delantero a chasis.
- Tirante trasero a buje, delantero a buje.
- Tirante intermedio trasero



Figura 55: Silentblocks del fabricante Sahara4x4 y referencias

2.3.5.2.- REFUERZOS DE LA SUSPENSIÓN, DISEÑO Y ANÁLISIS

Como se indicó anteriormente, según el artículo 284, se permite el refuerzo de la suspensión y sus puntos de anclaje por adición de material, ya que elementos como los brazos superiores e inferiores, así como los puntos de fijación de la suspensión citados son elementos susceptibles de fallo por fatiga y torsión por el considerable aumento de los esfuerzos a los que estarán sometidos en la competición. Por ello se soldarán chapas de metal de 3mm en puntos concretos de los citados elementos, obteniendo el siguiente resultado.

Para estudiar el refuerzo de los brazos de la suspensión se usará el programa de diseño asistido por ordenador **SolidWorks 2012 Premium** (*Figura 56*) para la modelización de las piezas, las cuales se analizarán posteriormente con su paquete de elementos finitos **SolidWorks Simulation**.



Figura 56: Software para el estudio de los refuerzos de la suspensión

EL material de los brazos de la suspensión será acero estructural ASTM A36, especialmente diseñado para chasis de vehículos, cuyas características se citan en la *Tabla 21*:

ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36	
Módulo elástico (N/m^2)	2e+011
Coefficiente de Poisson	0.26
Módulo cortante (N/m^2)	7.93e+010
Límite de tracción (N/m^2)	4e+8
Límite elástico (N/m^2)	2.5e+8
Densidad (Kg/m^3)	7850

Tabla 21: Características del material ASTM A36

Siguiendo las especificaciones de los planos del conjunto de la suspensión se procede a modelar el brazo delantero inferior. (Son simétricos tanto para el lado izquierdo como derecho del vehículo) (Ver *Figura 57-59*)

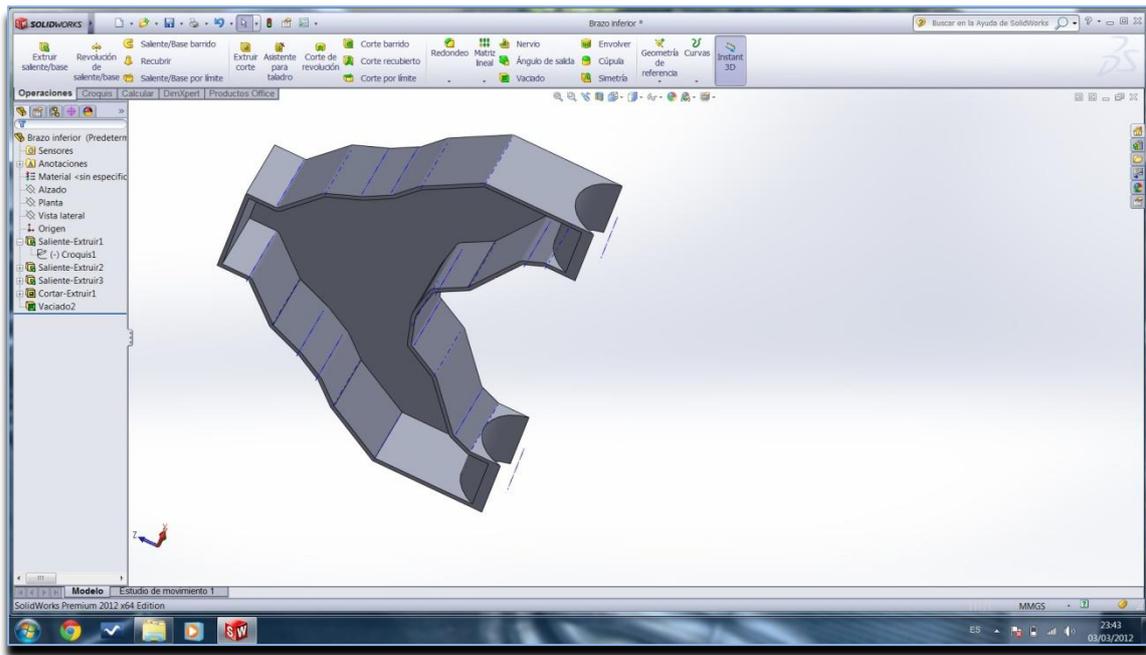


Figura 57: Modelado del brazo delantero inferior

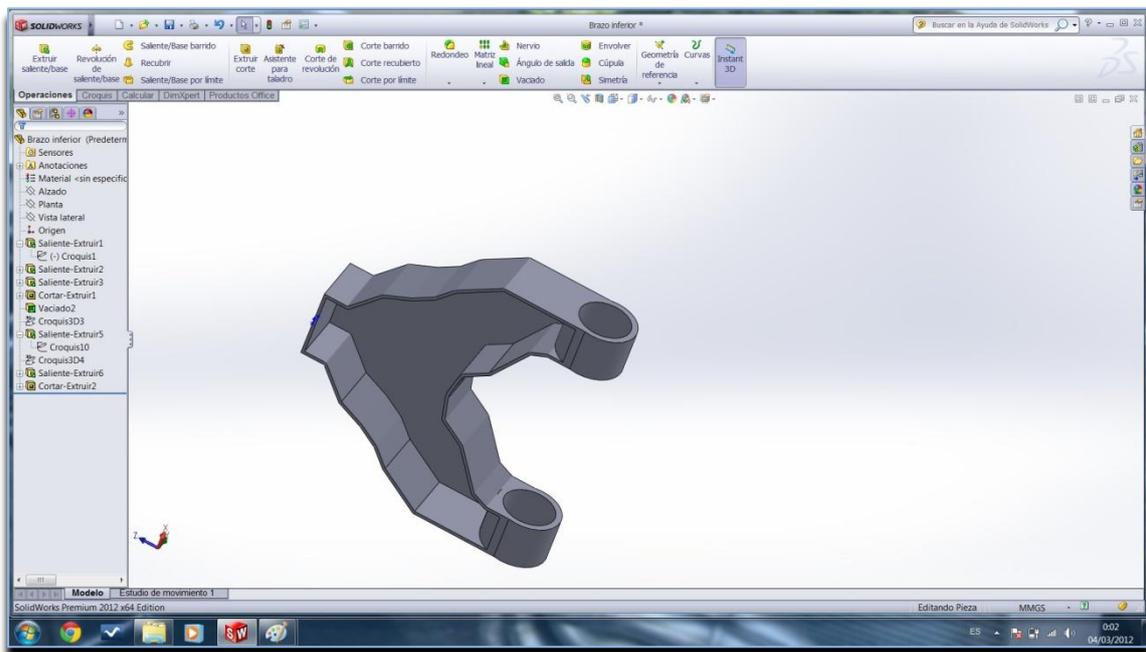


Figura 58: Modelado del brazo delantero inferior con los enganches al chasis

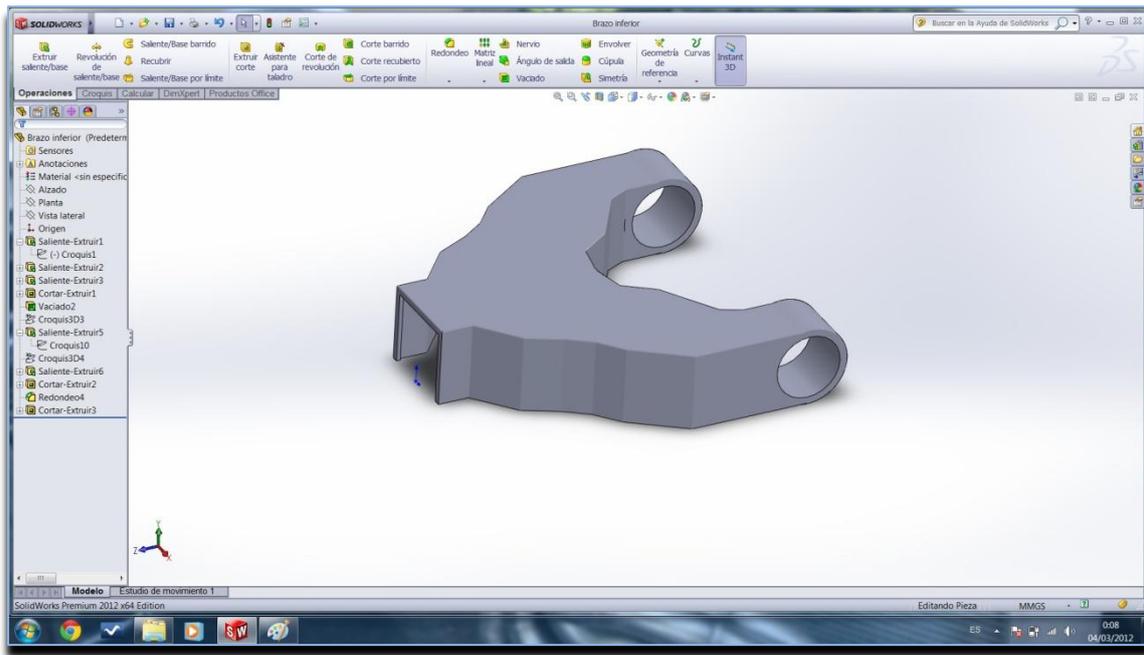


Figura 59: Modelado del brazo delantero inferior (2)

Continuamos con el diseño del soporte del amortiguador. (Ver Figura 60)

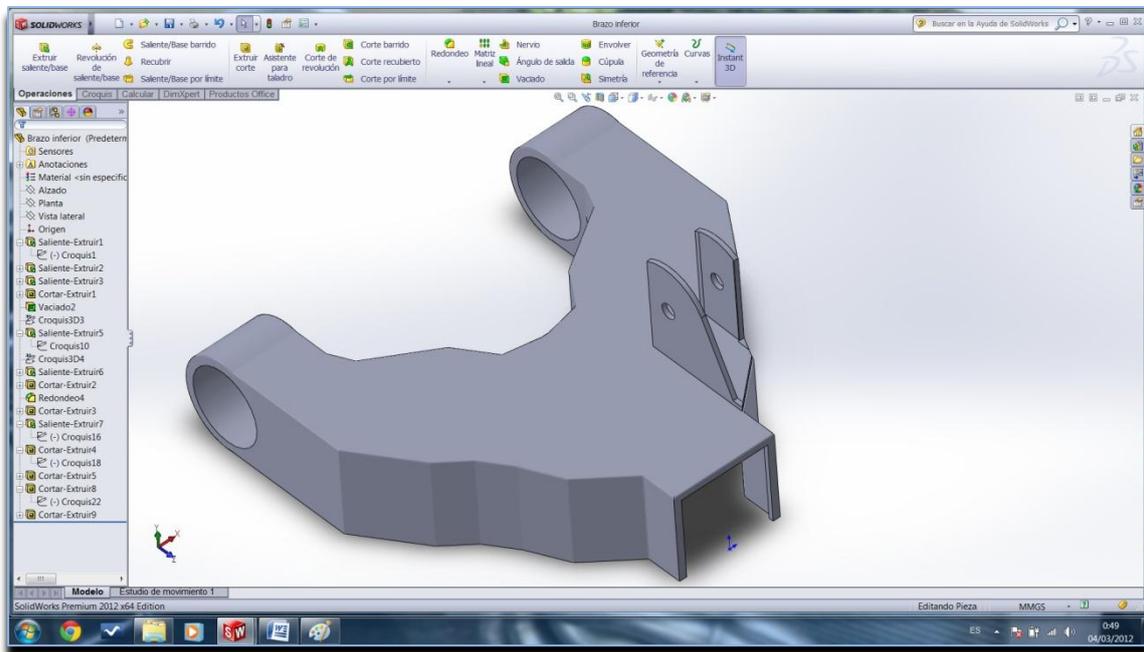


Figura 60 : Soporte del amortiguador del brazo inferior

Una vez aplicado el material, y cambiando la longitud del brazo para adecuarlo a las especificaciones finales, obtenemos el siguiente resultado, mostrado en la *Figura 61* y *62*.

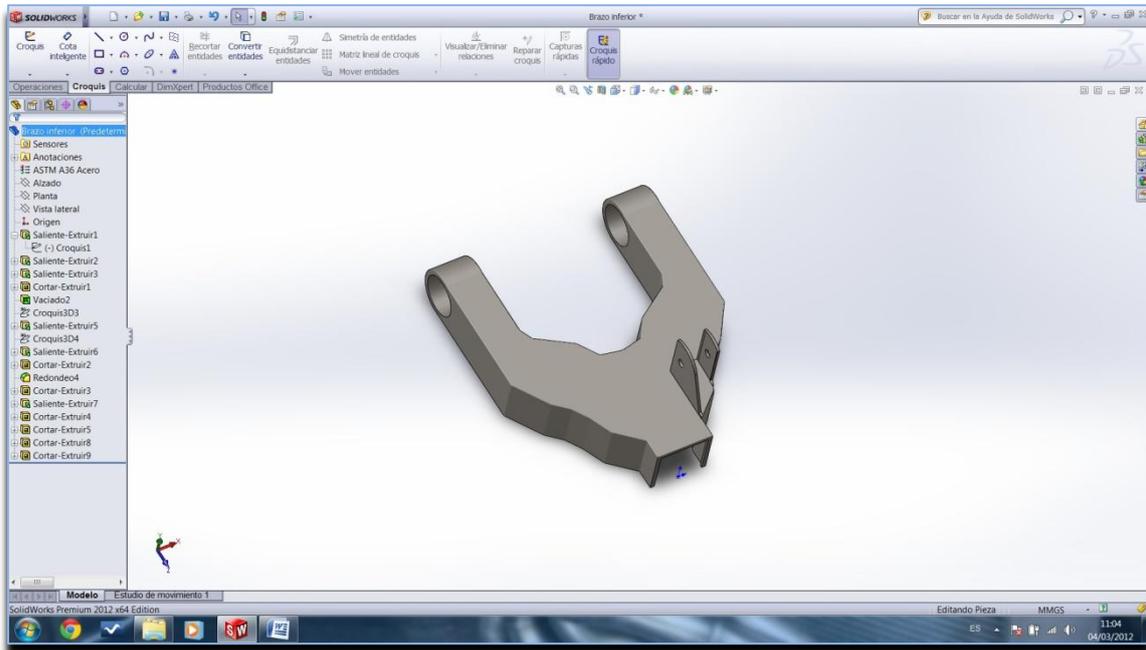


Figura 61: Brazo delantero inferior de serie

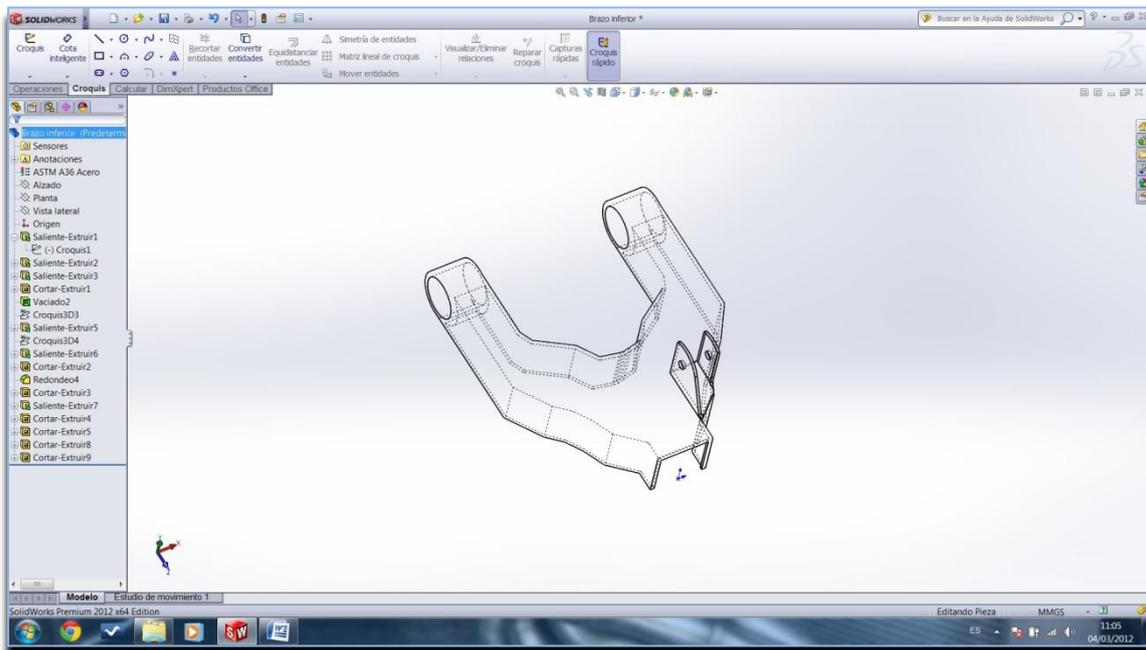


Figura 62: Brazo delantero inferior de serie (2)

Realizamos los mismos pasos para el modelado del brazo delantero superior, obteniendo el resultado mostrado en la *Figura 63 y 64*.

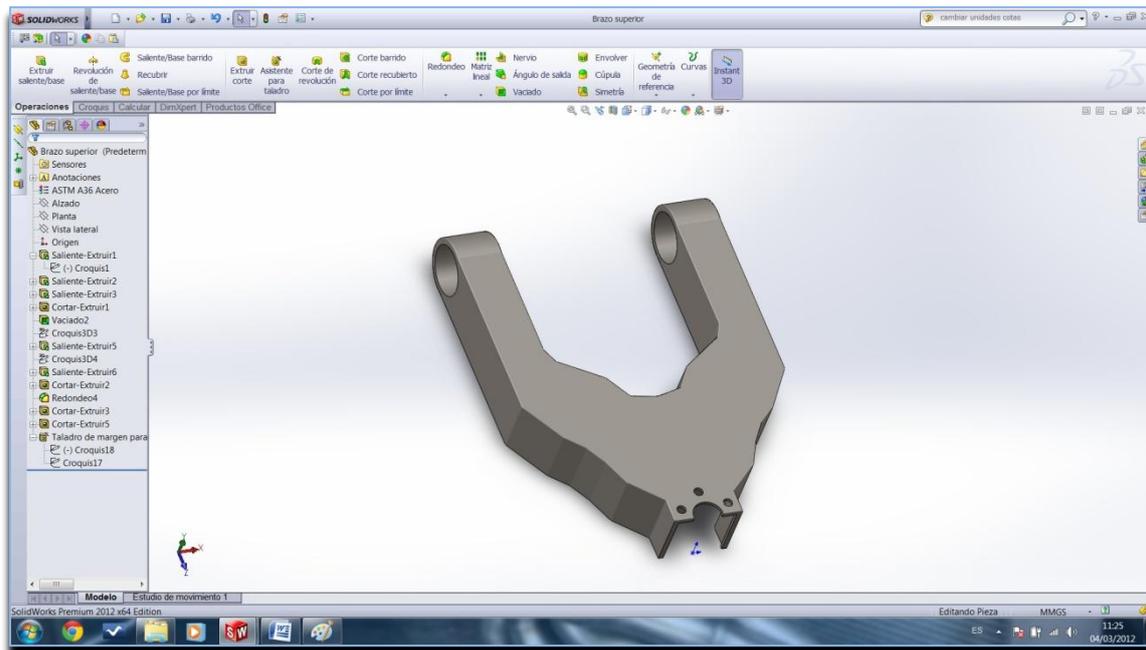


Figura 63: Brazo delantero superior de serie

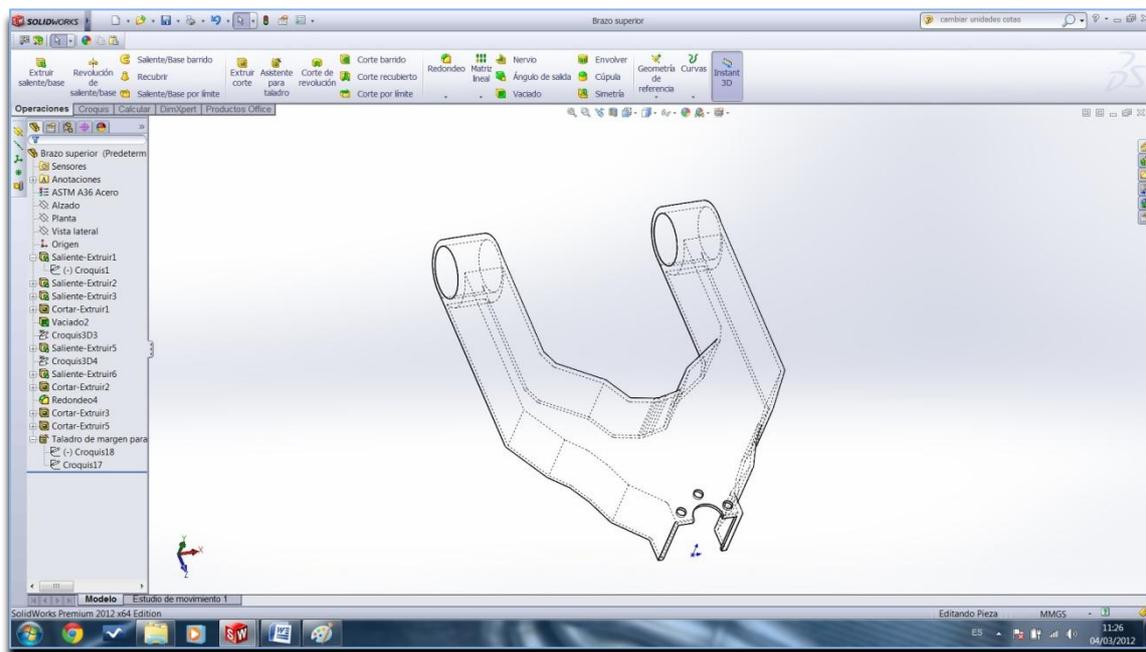


Figura 64: Brazo delantero superior de serie (2)

Ahora se procede a estudiar si los brazos de la suspensión han de ser reforzados o no, y para ello nos pondremos en el peor de los casos, en el que la PMA por eje delantero (el que soporta más carga) es de 1550 kg, que en uno de los brazos será de 775 kg (7595 N). Estudiaremos el brazo inferior por ser el más crítico.

Para simular el caso se tomarán ciertas simplificaciones en el módulo **SolidWorks Simulation**:

- Empotramiento de la pieza en su unión al chasis. Se trata de una simplificación de carácter más estricto que el real, pero nos sitúa en el peor de los casos, lo que nos dará una mejor idea de los esfuerzos en la pieza.
- Carga puntual de 7595N en vertical en el soporte del brazo al amortiguador. (Ver *Figura 65*)

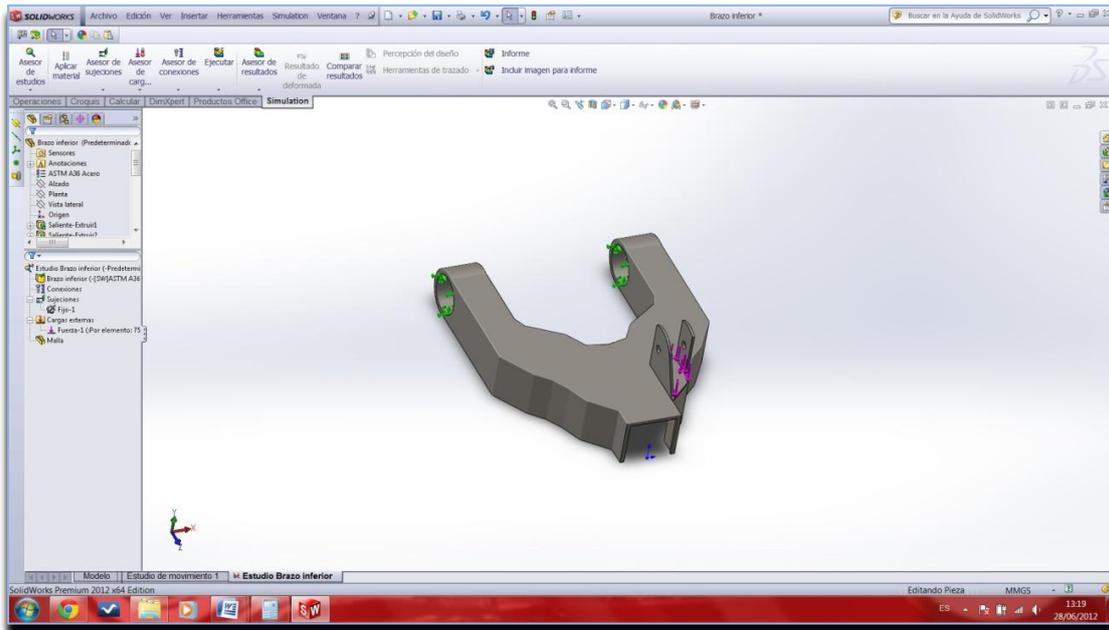


Figura 65: Brazo inferior, cargas y sujeciones

Y tras realizar los cálculos, obtenemos los siguientes resultados mostrados en las *Figuras 66 a 68*.

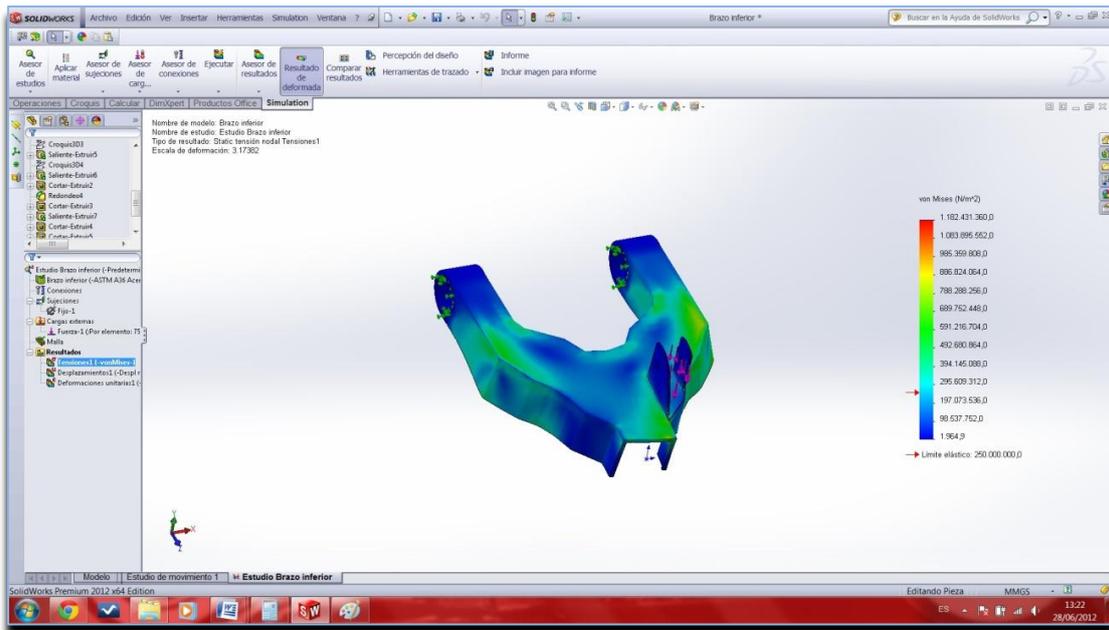


Figura 66: Resultados Von Mises

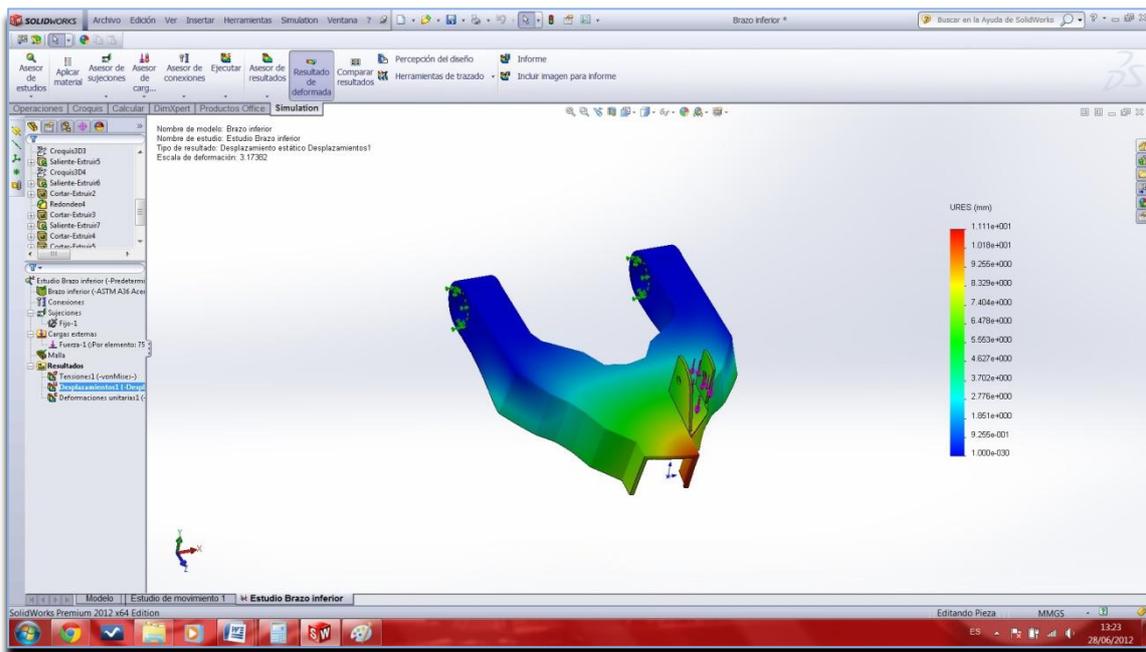


Figura 67: Resultados de los desplazamientos

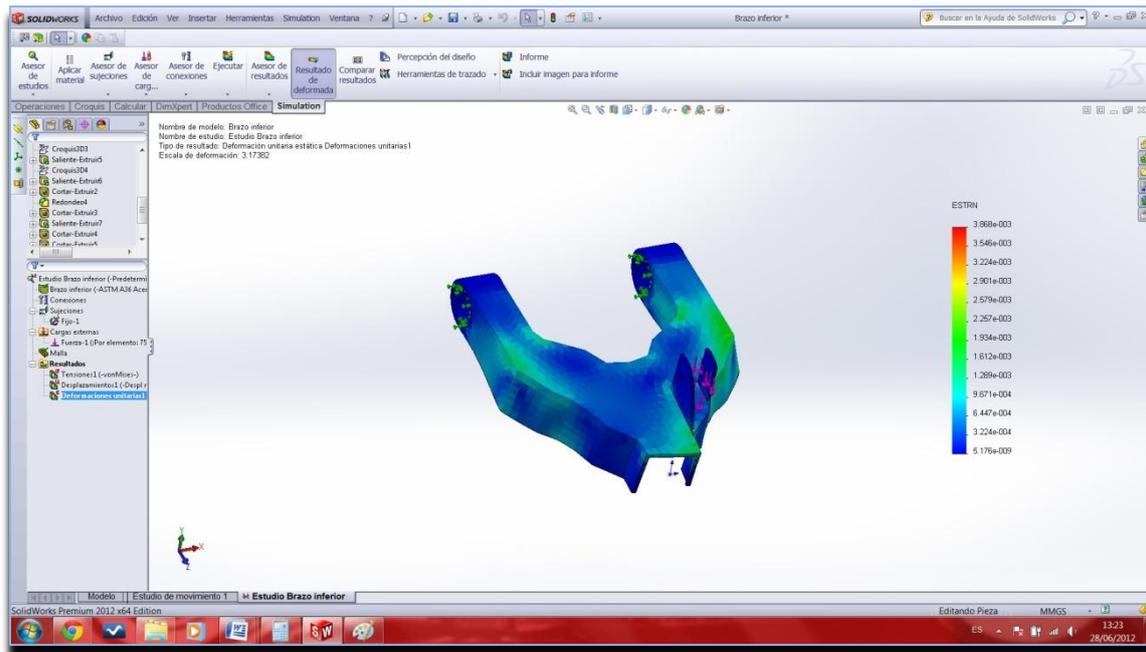


Figura 68: Resultados de las deformaciones unitarias

Resumiendo los resultados, se produce un desplazamiento máximo de 11 mm, y aunque el material no rompe (la $\sigma_{Von Mises}$ obtenida $< \sigma_{ASTM A36}$), se recomienda reforzar la estructura para evitar fallos por fatiga y torsión producidas por las mayores solicitaciones a las que estará sometida la pieza.

Por lo tanto, y tal y como permite el reglamento, se añadirán chapas de 3mm (del mismo material ASTM A36) en los puntos clave de la pieza para evitar dichos fallos. Para simplificar las operaciones y simular la adición de dichas placas, se aumentará el espesor de la pieza de 3 a 6 mm. (Ver Figura 69)

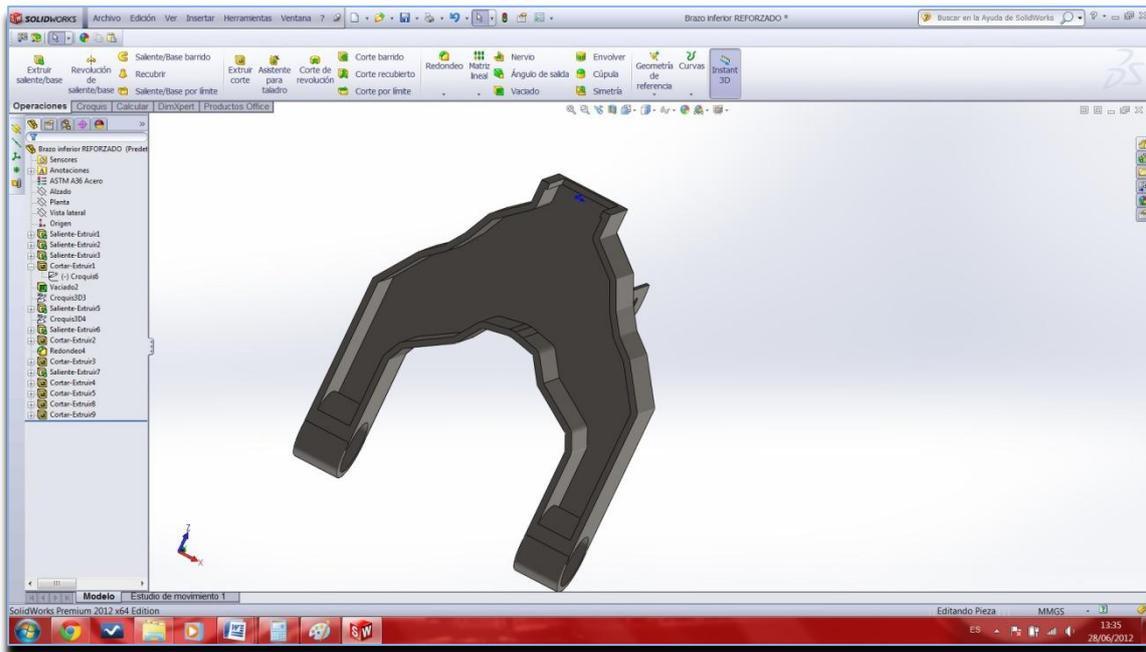


Figura 69: Aumento del espesor de la pieza

Realizamos las mismas hipótesis, cargas y sujeciones del primer estudio y obtenemos los resultados, para poder comprobar el grado de mejora obtenido. (Ver Figuras 70 a 72)

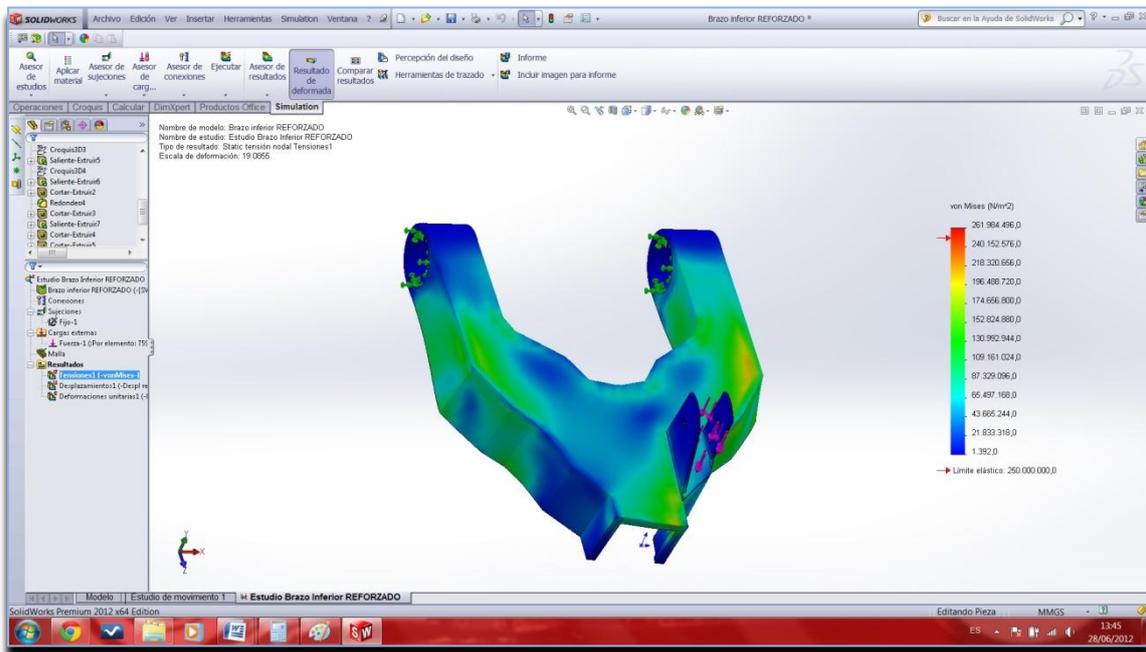


Figura 70: Resultado de Von Mises en el brazo reforzado

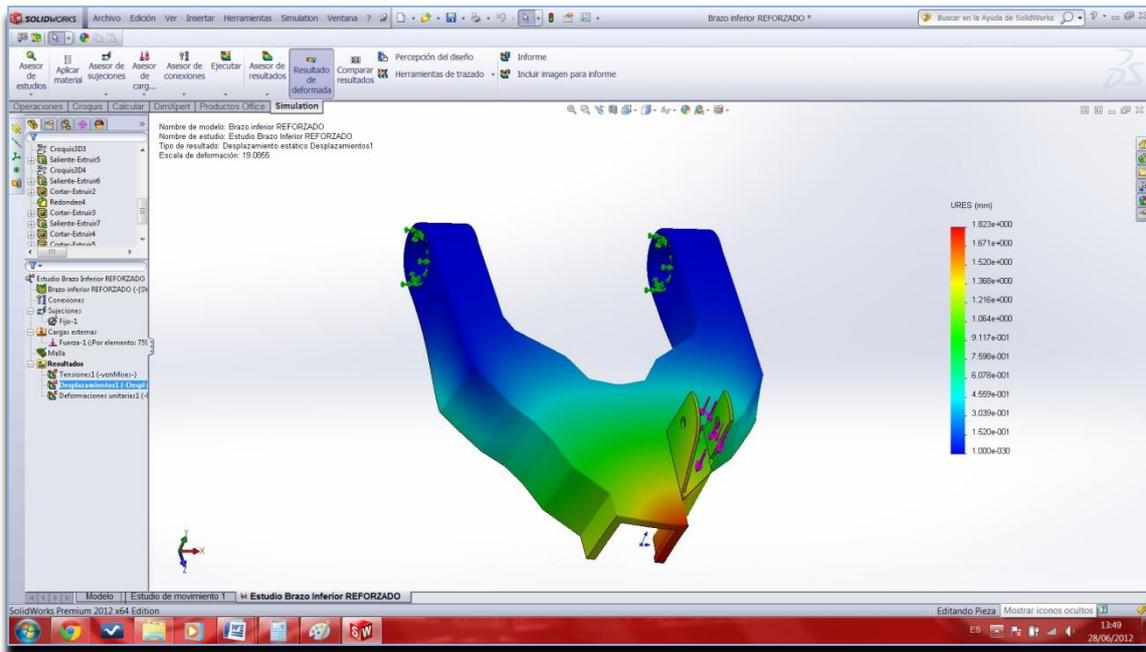


Figura 71: Resultado de los desplazamientos en el brazo reforzado

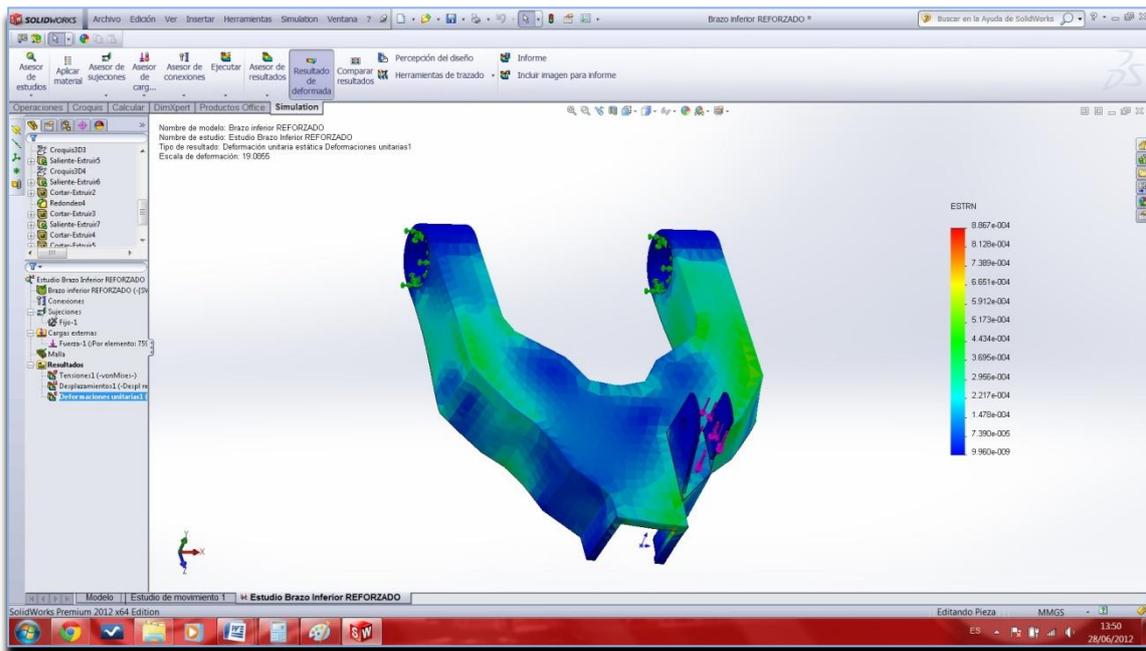


Figura 72: Resultado de las deformaciones unitarias en el brazo reforzado

Resumiendo los resultados del brazo reforzado, se produce un desplazamiento máximo de 1.82 mm, manteniéndose evidentemente la $\sigma_{Von Mises}$ obtenida $< \sigma_{ASTM A36}$, por lo que se concluye que el refuerzo es más que válido.

El sistema de suspensión delantero, en forma aproximada y simplificada, se muestra en las siguientes Figuras 73 y 74.

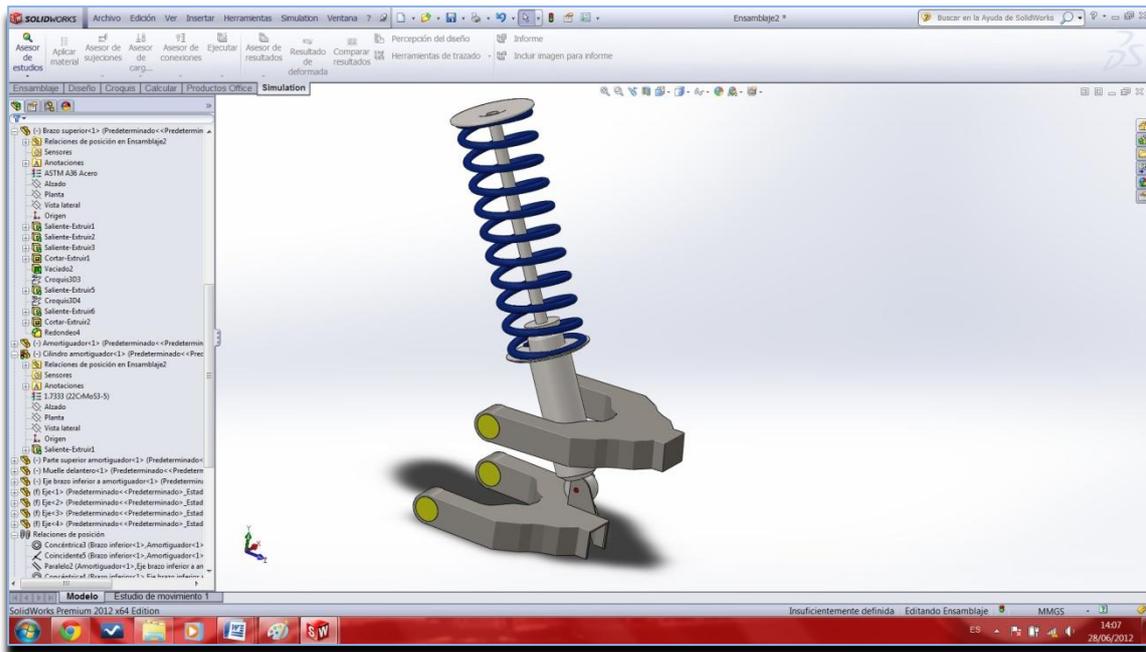


Figura 73: Sistema de suspensión delantero (forma aproximada)

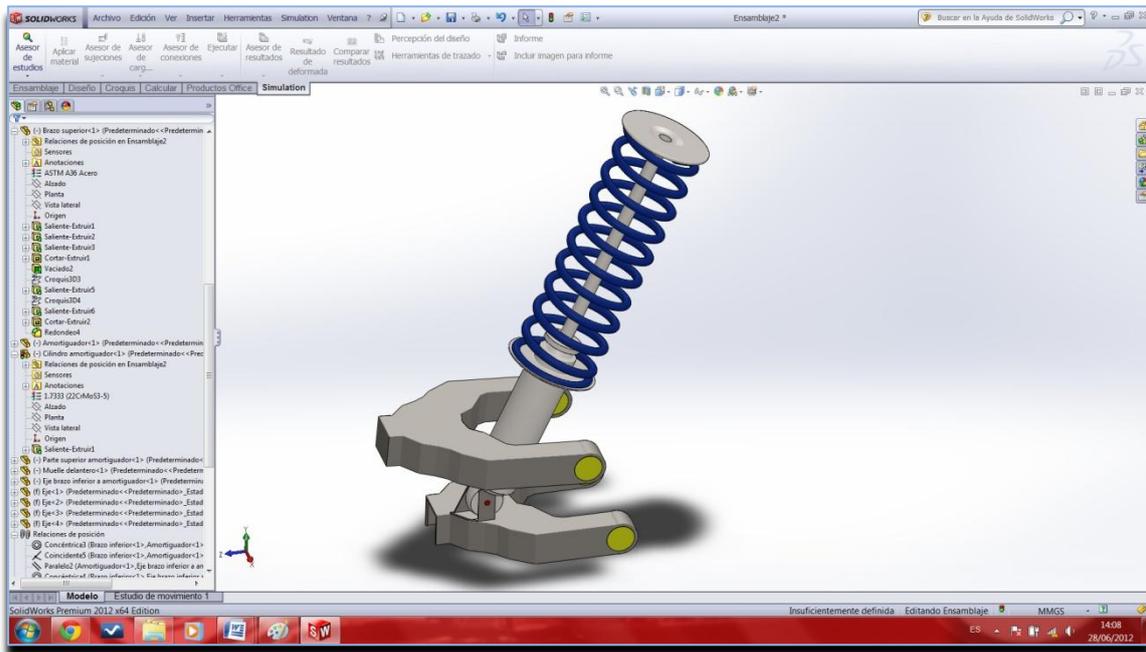


Figura 74: Sistema de suspensión delantero (forma aproximada) (2)

En las siguientes figuras (75 a 78) se muestra el resultado final de los mencionados refuerzos de la suspensión del vehículo.



Figura 75: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el brazo delantero inferior



Figura 76: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el conjunto total de la suspensión



Figura 77: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el conjunto delantero de la suspensión



Figura 78: Resultado orientativo del refuerzo realizado en el conjunto trasero de la suspensión

2.4.- REFORMA GRUPO 7. MODIFICACIONES EN EL SISTEMA DE FRENADO

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 7 (7.1): Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes)

Se realizarán las siguientes reformas de acuerdo con el *Real Decreto 866/2010*:

1. Reforma 7.1.- Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes

Donde, en cada reforma citada, se aplicará la correspondiente normativa resumida a continuación:

- Mecanismos de dirección 70/311/CEE.
- Frenado 71/320/CEE.
- Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética) 72/245/CEE.
- Acondicionamiento interior 74/60/CE.

2.4.1.- INTRODUCCIÓN A LA REFORMA

Se variarán las calidades de los materiales del sistema:

- **Líquido de frenos:** se sustituye el original por uno de mayor punto de ebullición que soporte cargas más severas y durante más tiempo sin incurrir en pérdida de eficacia por exceso de temperatura.
- **Forros de fricción:** se sustituyen las pastillas de freno delanteras por otras de distintos materiales aumentando la calidad, buscando de la misma forma, una mayor resistencia al trato exigente sin que el tacto del pedal del freno se vea afectado, o al menos en la menor medida de lo posible.
- **Discos de freno:** se sustituyen los discos de serie por otros de dimensiones mayores (320 mm, límite de diámetro posible manteniendo el diámetro de llanta original de 16") con prestaciones superiores, con un coeficiente de conducción térmica mayor, orificios y canales de ventilación con mejor eficacia para la evacuación por convección del calor producido por fricción y una mayor estabilidad térmica a altas temperaturas, condiciones indispensables para acometer las situaciones más exigentes que se dan en competición, aumentando la capacidad de frenado.
- **Latiguillos de freno:** se sustituyen los latiguillos de freno de origen por unos latiguillos metálicos, también conocidos como de "tipo aviación", consistentes en latiguillos de freno con un trenzado de acero exterior que evita la dilatación debida a la presión interna. Esto evita pérdidas de presión y aumenta la capacidad de frenado total.

Las diferencias fundamentales entre los componentes de los sistemas de frenado de serie y los modificados se resumen a continuación:

PINZAS DE FRENO

- Pinzas de freno de *serie*:
 - Delanteras: dos pistones con diámetro de embolo de 45.4 mm
 - Traseras: un pistón con diámetro de embolo de 44.5 mm

- Pinzas de freno *modificadas*:
 - Delanteras: 6 pistones con diámetro de embolo de 34.9 mm
 - Traseras: 6 pistones con diámetro de embolo de 34.9 mm

FRENOS DE DISCO

- Frenos de disco de *serie*:
 - Delanteros: disco ventilado de 241x26 mm.
 - Traseros: disco ventilado de 256x22 mm.

- Frenos de disco *modificados*:
 - Delanteros: disco ventilado y perforado de 320x26 mm.
 - Traseros: disco ventilado y perforado de 320x26 mm

PASTILLAS DE FRENO

- Coeficiente de rozamiento (μ):
 - De *serie*: 0.45
 - *Modificado*: 0.56

LATIGUILLOS DEL SISTEMA DE FRENADO

- Latiguillos metálicos tipo “aviación”.

A continuación se mostrarán los elementos **de serie** del sistema de frenado que serán el objeto de esta reforma. (Ver *Figura 79 a 82*)

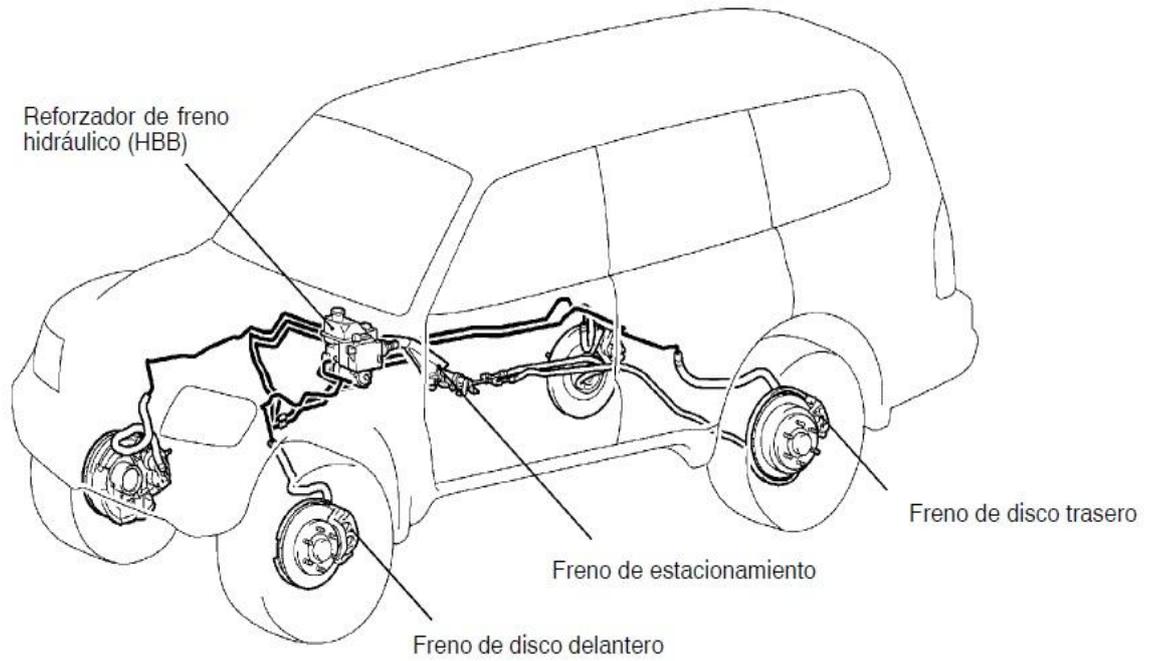


Figura 79: Esquema del sistema de frenado

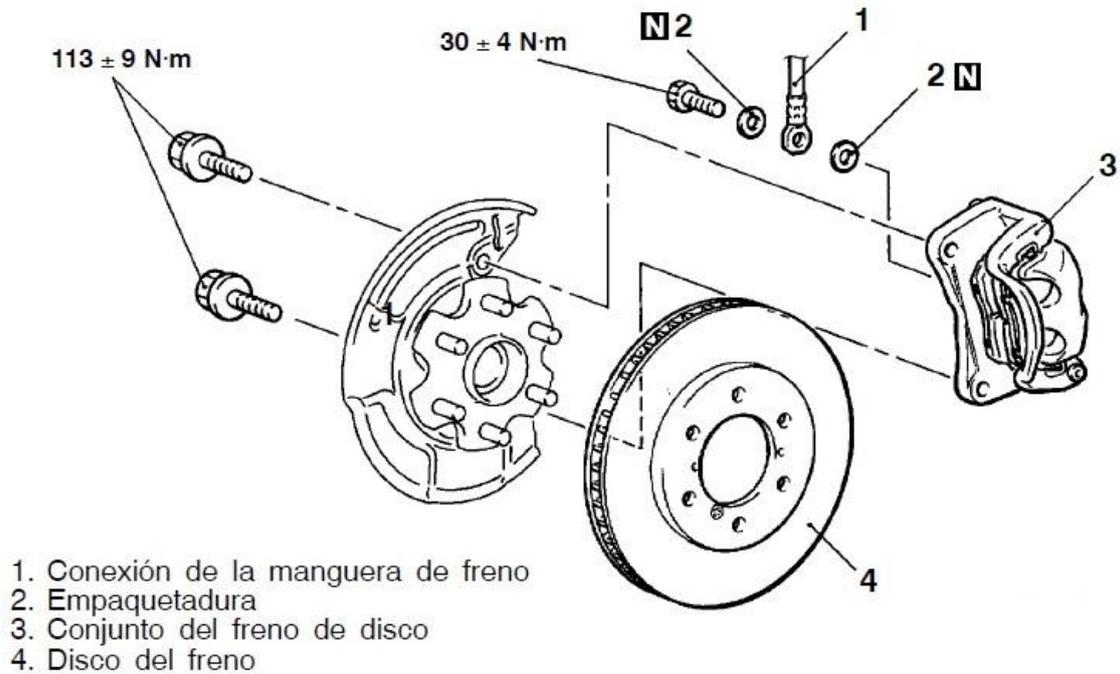


Figura 80: Pinzas de freno y discos delanteros de serie

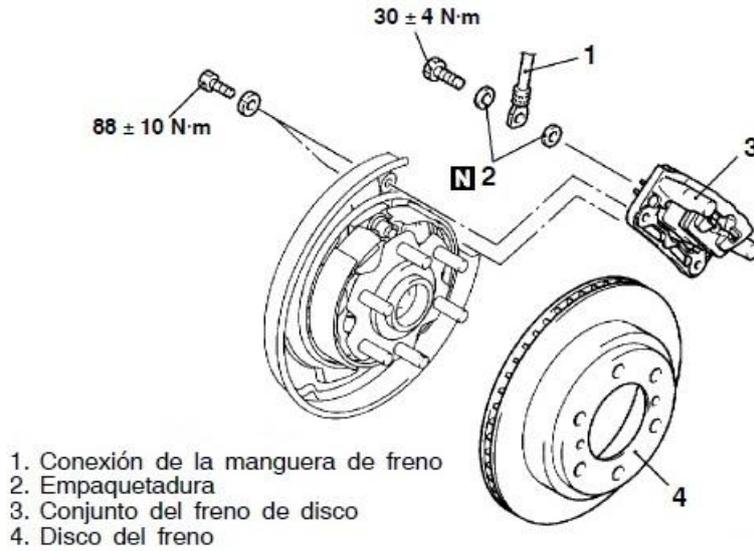


Figura 81: Pinzas de freno y discos traseros de serie (2)

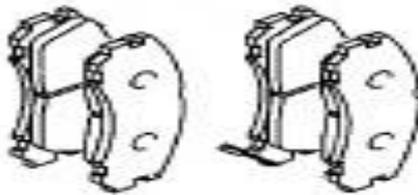


Figura 82: Pastillas de freno de serie

A continuación, en las Figuras 83 a 87, se mostrarán los elementos **modificados** del sistema de frenado que serán el objeto de esta reforma.



Figura 83: Disco de freno 330mm DFR, ref TFS/2153.



Figura 84: Pinzas de freno 6 pistones Galfer, ref GA9236



Figura 85: Pastillas de freno Galfer, ref FDR1075



Figura 86: kit completo de frenos a instalar, delantero y trasero (Pinza Galfer, Disco sobredimensionado)

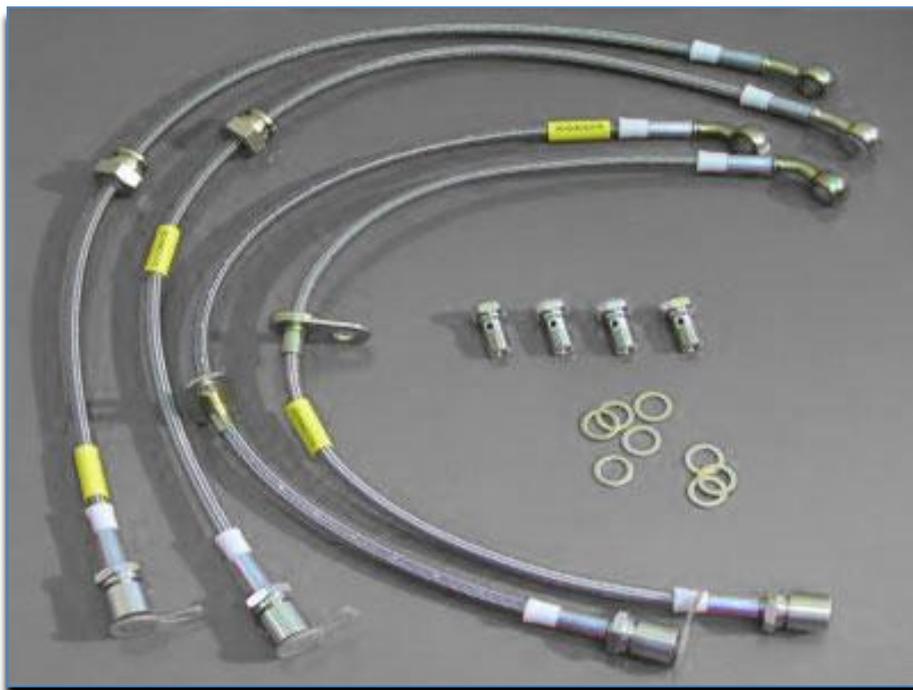


Figura 87: kit de latiguillos metálicos Goodridge, ref G332-2

RESUMEN DE LA REFORMA

PIEZA	SERIE	MODIFICADO
Discos delanteros	241mm	320mm
Discos traseros	256mm	320mm
Pinza de freno delanteras	2 pistones de 45.4mm ϕ	6 pistones de 34.9mm ϕ
Pinza de freno traseras	1 pistón de 44.5mm ϕ	6 pistones de 34.9mm ϕ
Latiguillos	Plástico	Metálicos

Tabla 22: Datos técnicos sistema de frenos antes y después de la reforma

2.4.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA REFORMA

Para demostrar la adecuación del nuevo equipo de frenos tras la reforma se van a seguir una serie de cálculos basándose en la normativa al respecto sobre frenado en vehículos automóviles, directiva 98/12/CE y 71/320/CEE y en la capacidad de detener el vehículo gracias al mayor momento de frenada frente al momento de la fuerza de rozamiento neumático-calzada.

Para justificar el cambio de los elementos de frenado del vehículo de serie por otros más efectivos se van a hacer una serie de cálculos sobre el frenado centrándose en la normativa de frenado en vehículos automóviles, DIRECTIVA 98/12/CE y 71/320/CEE.

2.4.2.1.- CÁLCULOS PREVIOS

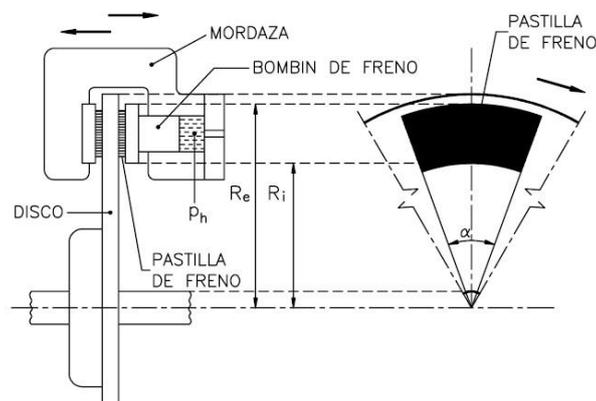


Figura 88: parámetros de disco y pastilla para los cálculos

La fuerza, la presión y la superficie de la pastilla vienen dadas por estas ecuaciones:

$$T = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_h$$

Ecuación 26

$$p = \frac{T}{S_{pastilla}}$$

Ecuación 27

$$dS = r \cdot d\theta \cdot dr$$

Ecuación 28

$$S_{pastilla} = \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}} \int_{R_i}^{R_e} r \cdot dr \cdot d\theta = \frac{\alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2)}{2}$$

Ecuación 29

Para el cálculo de la presión ejercida por la pastilla sobre el disco reduciremos a una sola expresión, sustituyendo en las 4 anteriores y así poder trabajar de forma cómoda en caso de modificaciones de algún parámetro de las características del sistema de frenado.

$$p = \frac{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_h}{\frac{\alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2)}{2}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p_h}{2 \cdot \alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2)}$$

Ecuación 30

En cada diferencial de superficie de pastilla actúa un diferencial de fuerza normal:

$$dF_n = p \cdot dS = p \cdot r \cdot dr \cdot d\theta$$

Ecuación 31

$$F_n = \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}} \int_{R_i}^{R_e} p \cdot r \cdot dr \cdot d\theta = p \cdot \alpha \cdot \frac{(R_e^2 - R_i^2)}{2}$$

Ecuación 32

Existe una fuerza de rozamiento con coeficiente μ entre las superficies de frenado, es decir, entre la pastilla y el disco de freno:

$$dF_t = \mu \cdot dF_n = \mu \cdot p \cdot dS$$

Ecuación 33

$$F_t = \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}} \int_{R_i}^{R_e} \mu \cdot p \cdot r \cdot dr \cdot d\theta = \frac{\mu}{2} \cdot p \cdot \alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2)$$

Ecuación 34

Lo que produce un par de frenado respecto al centro de giro del disco:

$$dN = r \cdot \mu \cdot p \cdot dS$$

Ecuación 35

$$N = \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}} \int_{R_i}^{R_e} \mu \cdot p \cdot r^2 \cdot dr \cdot d\theta = \frac{1}{3} \cdot \mu \cdot p \cdot \alpha \cdot (R_e^3 - R_i^3)$$

Ecuación 36

Para las dos pastillas, para una rueda, el par de frenado es:

$$N_{disco} = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot p \cdot \alpha \cdot (R_e^3 - R_i^3)$$

Ecuación 37

Para el tren delantero (2 ruedas) el par de frenado será de:

$$N_{eje delantero} = 2 \cdot N_{disco}$$

Ecuación 38

Para calcular la presión hidráulica (p_h) del circuito de frenos seguimos la directiva europea 98/12/CE que dice que la fuerza máxima sobre el pedal no debe sobrepasar el valor de 500N.

En la *Tabla 23*, del fabricante Galfer, tenemos las presiones hidráulicas para diferentes fuerzas sobre el pedal de freno.

Fuerza sobre el pedal (N)	Presión en el circuito con servofreno (MPa)
0	0
100	3.2
200	6.6
300	10.5
400	11.2
500	13.0
600	14.1
700	15.3
800	16.1
900	17.6
1000	18.2

Tabla 23: Tabla de fabricante de presiones de frenado

Según la directiva 98/12/CE, los ensayos se deben realizar con una carga máxima en pedal de freno de 500 N, por lo que la presión en el circuito de freno (p_h) es 13 MPa. (Ver *Tabla 24 y 25*)

	SERIE	MODIFICADO	GANANCIA
Par de frenado eje delantero (M)	5460 Nm	8984 Nm	+64.54%
Rozamiento (μ)	0.45	0.56	Mayor capacidad de frenado
Angulo de pastilla (α)	0.35 rad	0.46 rad	
Diámetro de disco	241 mm	320 mm	
Radio exterior de pastilla	183 mm	230 mm	
Radio interior de pastilla	123 mm	140 mm	
Presión hidráulica en el circuito con servofreno	13Mpa	13Mpa	
Diámetro del pistón de freno	2x45.4 mm	6x34.9 mm	
Presión sobre la pastilla	7.6 Mpa	11.2 Mpa	

Tabla 24: Datos técnicos del sistema de frenado eje delantero

	SERIE	MODIFICADO	GANANCIA
Par de frenado eje trasero (M)	3485 Nm	5651 Nm	+62.15%
Rozamiento (μ)	0,45	0,56	Mayor capacidad de frenado
Angulo de pastilla (α)	0,47 rad	0,40 rad	
Diámetro de disco	256 mm	320 mm	
Radio exterior de pastilla	172 mm	230 mm	
Radio interior de pastilla	118 mm	140 mm	
Presión hidráulica en el circuito con servofreno	13Mpa	13Mpa	
Diámetro del pistón de freno	1x44.5 mm	6x34.9 mm	
Presión sobre la pastilla	3.21 Mpa	10.4 Mpa	

Tabla 25: Datos técnicos del sistema de frenado eje trasero

2.4.2.2- CÁLCULO REPARTO DE CARGAS ESTÁTICO

Calcularemos el reparto de cargas sobre los ejes delanteros y traseros producidos por la TARA del vehículo, para ello estudiaremos el reparto de pesos sin pasajeros ni conductor.

El vehículo, según el fabricante, tiene una TARA de 2.020 kg, con un reparto de pesos sobre los ejes de 51,7% en el delantero y del 48,3% en el trasero, con una batalla (L) de 2545 mm y un ancho de vías de 1560/1560 mm (delantera/trasera). (Ver Figura 89)

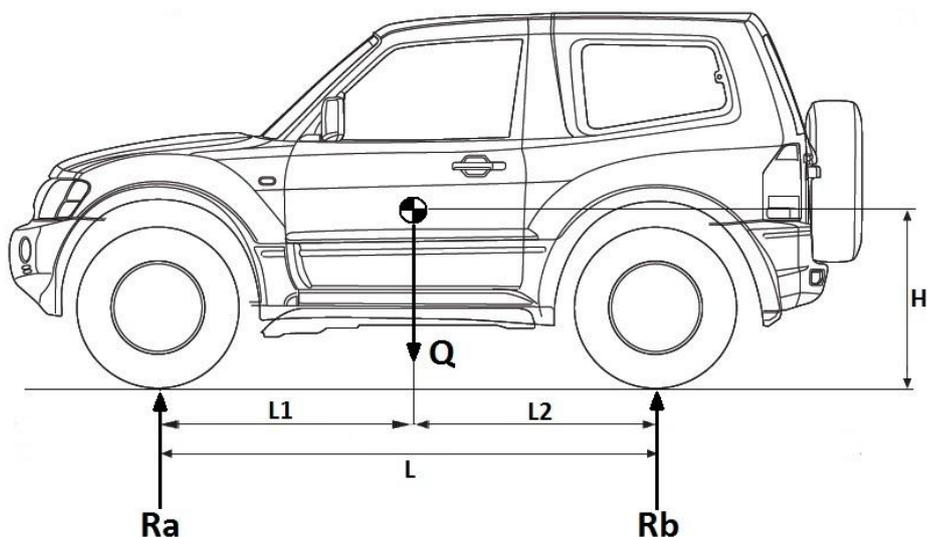


Figura 89: Perfil vehículo, reparto de cargas

Calculamos las reacciones producidas por la TARA en el eje delantero (R_a) y trasero (R_b):

$$Q = 2020kg = 19796 N$$

Ecuación 39

$$R_a = 2020kg \times 0.517 = 1044.34 kg = 10234.53 N$$

Ecuación 40

$$R_b = 2020kg \times 0.483 = 975.66 kg = 9561.47 N$$

Ecuación 41

Como comprobación verificamos:

$$Q = R_a + R_b = 10234.53 N + 9561.47 N = 19796 N$$

Ecuación 42

Hallamos la posición del centro de gravedad (\bullet) a partir de la suma de momentos creados por R_a y R_b :

$$\bullet_{delantero} = L_1 = \frac{R_b \cdot L}{Q} = 1.232 m = 1232 mm$$

Ecuación 43

$$\bullet_{trasero} = L_2 = \frac{R_a \cdot L}{Q} = 1.315 m = 1315 mm$$

Ecuación 44

Con $H = 560 mm = 0.560 m$ (dato proporcionado por el fabricante)

2.4.2.3.- CÁLCULO REPARTO DE CARGAS DINÁMICO

Ahora se estudiarán los casos de arranque y frenado del vehículo, ya que en estas situaciones aparece una fuerza de inercia (I) que modifica las cargas sobre los ejes.

ARRANQUE:

$$R'_a = R_a - \frac{I \cdot H}{L}$$

Ecuación 45

$$R'_b = R_b + \frac{I \cdot H}{L}$$

Ecuación 46

Siendo $I = \frac{Z \cdot Q}{g}$ el esfuerzo de inercia debido a la desaceleración (Z) del vehículo, que, teniendo en cuenta la curva de adherencia, la normativa vigente (Directiva 98/12/CE), y que la distribución real del equipo de frenado es lineal entre el eje delantero y el trasero, obtenemos un valor $Z = 6.5 \frac{m}{s^2}$ para el caso de los vehículos de la categoría M1. Pero debido a que el momento del arranque el factor $\frac{I \cdot H}{L}$ es muy pequeño, se considera que las cargas son las mismas, es decir:

$$R'_a = R_a = 10234.53 \text{ N}$$

Ecuación 47

$$R'_b = R_b = 9561.47 \text{ N}$$

Ecuación 48

FRENADO:

Tendremos unas nuevas cargas R'_a y R'_b en los ejes:

$$R'_a = R_a + \frac{I \cdot H}{L}$$

Ecuación 49

$$R'_b = R_b - \frac{I \cdot H}{L}$$

Ecuación 50

$$I = \frac{Z \cdot Q}{g} = 13116 \text{ N}$$

Ecuación 51

$$R'_a = R_a + \frac{I \cdot H}{L} = 13120.56 \text{ N}$$

Ecuación 52

$$R'_b = R_b - \frac{I \cdot H}{L} = 6675.44 \text{ N}$$

Ecuación 53

En ninguno de los casos, los valores en los ejes pueden superar los valores de MMA y MMTA, por lo tanto comprobamos que se cumple para el caso del frenado, por ser el momento más crítico:

$$\text{Eje delantero: } R'_a = 13120.56 \text{ N} < PMA \text{ eje delantero} = 14715 \text{ N}$$

Ecuación 54

$$\text{Eje trasero: } R'_b = 6675.44 \text{ N} < PMA \text{ eje trasero} = 16186 \text{ N}$$

Ecuación 55

PORCENTAJES DE CARGA POR EJE EN FRENADO:

Eje delantero:

$$\frac{R'_a}{R'_a + R'_b} \times 100 = 62.15\%$$

Ecuación 56

Eje trasero:

$$\frac{R'_b}{R'_a + R'_b} \times 100 = 37.85\%$$

Ecuación 57

PAR DE LA FUERZA DE ROZAMIENTOS ENTRE EL NEUMÁTICO Y EL ASFALTO:

$$T_a = \mu \times R'_a$$

Ecuación 58

$$T_b = \mu \times R'_b$$

Ecuación 59

Donde según la normativa, para asfalto seco en buen estado, $\mu = 0.85$, por tanto:

$$T_a = \mu \times R'_a = 11152.47 \text{ N}$$

Ecuación 60

$$T_b = \mu \times R'_b = 5673 \text{ N}$$

Ecuación 61

- Para una medida de llanta de 15" con neumático 265/70 VR-16 (medida de serie), el radio efectivo del neumático es:

$$r_{15"} = \frac{16" \times 25.4mm}{1" \times 2} + \frac{16" \times 25.4mm}{1" \times 2} \times 0.5 = 304.80 \text{ mm} = 0.3048 \text{ m}$$

Ecuación 62

Eje delantero:

$$M_a = T_a \times r_{16"} = 3399.27 \text{ Nm}$$

Ecuación 63

Eje trasero:

$$M_b = T_b \times r_{16"} = 1729.35 \text{ Nm}$$

Ecuación 64

Por lo que, comparando con los resultados obtenidos anteriormente, para los casos de eje delantero y trasero tenemos.

- Eje delantero:

$$M_{modificado} = 8984 \text{ Nm} > M_{serie} = 5460 \text{ Nm} > M_a = 3399 \text{ Nm}$$

Ecuación 65

- Eje trasero:

$$M_{modificado} = 5651 \text{ Nm} > M_{serie} = 3485 \text{ Nm} > M_b = 1729.35 \text{ Nm}$$

Ecuación 66

Se concluye, comprobando que los valores del par producidos por la fuerza de rozamiento entre el neumático y el asfalto son inferiores a los pares de frenada del sistema de serie y del modificado, que el nuevo sistema de freno es capaz de detener el vehículo con completa seguridad.

2.4.3- VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMATIVAS DE FRENADO

Como ya se dijo anteriormente, las directivas vigentes sobre dispositivos de frenado son: 71/320/CEE, 98/12/CE y 2007/46/CE, esta última modificada por el reglamento europeo nº 678/2011.

En el anexo II de la directiva 98/12/CE sobre ensayos y rendimientos de los dispositivos de frenado se indica que el rendimiento prescrito para los dispositivos de frenado estará basado en la distancia de frenado y/o en la deceleración media estabilizada. El rendimiento de un dispositivo de frenado se determinará en relación con la velocidad inicial (v_1) del vehículo y/o midiendo durante el ensayo la deceleración media estabilizada.

$$d_m = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92 \cdot (s_e - s_b)} \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

Ecuación 67

Siendo:

v_1 : Velocidad inicial del vehículo

v_e : Velocidad a $0.1 \cdot v_1$ en km/h

v_b : Velocidad a $0.8 \cdot v_1$ en km/h

s_b : Distancia recorrida entre v_1 y v_b en m.

s_c : Distancia recorrida entre v_1 y v_e en m.

2.4.3.1.- RENDIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE FRENADO

Se lleva a cabo una serie de ensayos que la directiva denomina de tipo 0 con motor embragado y desembragado y cuyos requisitos relativos se muestran en la *Tabla 26*:

Tipo de ensayo	$M_{0.1}$	$M_{0.1}$	$M_{0.1-IV/IIA}$	$N_{0.1}$	$N_{0.1}$	$N_{0.1-III/A}$	
Ensayo del tipo 0 con el motor desembragado	velocidad prescrita	80 km/h	60 km/h	60 km/h	80 km/h	60 km/h	60 km/h
	$s \leq$	$0,1 v + \frac{v^2}{150}$			$0,15 v + \frac{v^2}{130}$		
	$d_m \geq$	$5,8 \text{ m/s}^2$			5 m/s^2		
Ensayo del tipo 0 con el motor embragado	$v = 80 \% v_{\text{max}}$ pero \leq :	160 km/h	100 km/h	90 km/h	120 km/h	100 km/h	90 km/h
	$s \leq$	$0,1 v + \frac{v^2}{130}$			$0,1 v + \frac{v^2}{130,5}$		
	$d_m \geq$	5 m/s^2			4 m/s^2		
	$F \leq$	500 N			700 N		

Tabla 26: Cuadro de requisitos relativos a los frenos de servicio de los vehículos de las categorías M y N

Ante la imposibilidad de realizar estos ensayos, ya que se trata de un proyecto teórico, se ha utilizado como herramienta de cálculo de las distancias de frenado desde la velocidad v_b a v_e el software de simulación de dinámica de vehículos Carsim® (Ver Punto 3: Simulación mediante software Carsim®)

La directiva europea sobre dispositivos de frenado 98/12/CE establece, en su epígrafe 1.1.3.7, que el rendimiento prescrito deberá obtenerse sin que las ruedas se bloqueen. Para asegurar que no se bloquean las ruedas se calculará la presión hidráulica necesaria en el

circuito de freno para la que se alcanza el momento de la fuerza de rozamiento en la dinámica de frenado.

Sustituyendo en la ecuación 68:

$$p = \frac{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_h}{\frac{\alpha(R_e^2 - R_i^2)}{2}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p_h}{2 \cdot \alpha(R_e^2 - R_i^2)}$$

Ecuación 68

Sustituyendo en la ecuación 69 del par de frenada en el disco

$$N_{disco} = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot p \cdot \alpha \cdot (R_e^3 - R_i^3)$$

Ecuación 69

Se obtiene

$$N = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p_h}{2 \cdot \alpha(R_e^2 - R_i^2)} \cdot (R_e^3 - R_i^3)$$

Ecuación 70

Despejando el término de la presión hidráulica p_h :

$$p_h = \frac{2 \cdot N \cdot \alpha(R_e^2 - R_i^2)}{\frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \alpha \cdot \pi \cdot d^2 \cdot (R_e^3 - R_i^3)}$$

Ecuación 71

Sustituyendo los valores de los pares de las fuerzas de rozamiento en la frenada correspondientes al eje delantero y trasero M_a y M_b :

$$p_{h \text{ delantero}}: 2.36 \text{ MPa}$$

Ecuación 72

$$p_{h \text{ trasero}}: 0.98 \text{ MPa}$$

Ecuación 73

A partir de este punto ya se puede simular el vehículo en el software Carsim®, obteniéndose en la *Tabla 27* los siguientes resultados para el frenado 80-0 km/h y 160-0 km/h según se indica en la *Tabla 26: Cuadro de requisitos relativos a los frenos de servicio de los vehículos de las categorías M y N*.

Ensayo tipo 0 con motor desembragado	Ensayo tipo 0 con motor embragado
Frenado 80-0 km/h	Frenado 160-0 km/h
$v_b = 64 \text{ km/h}$	$v_b = 128 \text{ km/h}$
$s_b = 34.3 \text{ m}$	$s_b = 129.2 \text{ m}$
$v_c = 8 \text{ km/h}$	$v_c = 16 \text{ km/h}$
$s_c = 12.1 \text{ m}$	$s_c = 47.8 \text{ m}$

Tabla 27: Mediciones del ensayo de tipo 0 del vehículo modificado

Nota: Se recuerda que las distancias de frenado originales son:

Distancia de frenada vehículo de serie	
Distancia Frenada 80-0 km/h	39.2 m
Distancia Frenada 160-0 km/h	138.5 m

Tabla 28: Mediciones del ensayo de tipo 0 del vehículo de serie

Con los valores obtenidos de la simulación del ensayo tipo 0 se pueden obtener finalmente los valores de la deceleración media en cada caso:

- Ensayo tipo 0 con motor desembragado:

$$d_m = 7.89 \frac{m}{s^2} > 5.8 \frac{m}{s^2}$$

Ecuación 74

- Ensayo tipo 0 con motor embragado:

$$d_m = 8.21 \text{ m/s}^2 > 5 \frac{m}{s^2}$$

Ecuación 75

Observando que se cumplen los valores marcados por la normativa para los dos ensayos ($5.8 \frac{m}{s^2}$ y $5 \frac{m}{s^2}$) se puede concluir y afirmar con rotundidad que **el nuevo sistema de frenado cumple y es apto para su instalación.**

2.4.4.- INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

DESMONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS ORIGINAL

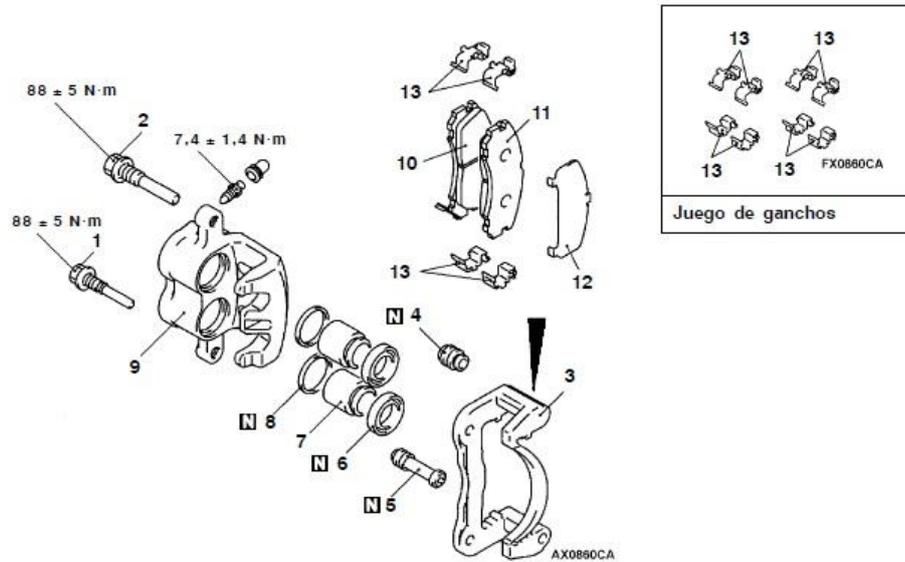
Sustitución de los elementos de serie: discos de freno delanteros, pastillas de freno delanteras y pinzas de freno delanteras por los nuevos de mayor capacidad de frenado y mejor resistencia a la fatiga. (Ver *Figura 90* y *91*)

Se mantiene el sistema hidráulico original en su conjunto, servofreno, racores y cañerías a excepción de los latiguillos que se sustituyen por unos de revestimiento metálico.

Se han mantenido los pasos y las métricas de los tornillos de serie como se detalla en cada caso así como los pares de aprietes. Pasos a seguir:

- Elevación del vehículo y extracción de las ruedas delanteras.
- Desmontaje y extracción de las pastillas delanteras originales.
- Desconexión de los latiguillos de freno delanteros.
- Desmontaje de las pinzas de freno delanteras.
- Vaciado y limpiado del líquido de frenos original.
- Extracción de los discos de freno delanteros originales.

El vaciado del sistema hidráulico de freno se tomará como una operación delicada ya que es un líquido altamente corrosivo y debe depositarse en un recipiente adecuado para su posterior reciclaje y tratado.

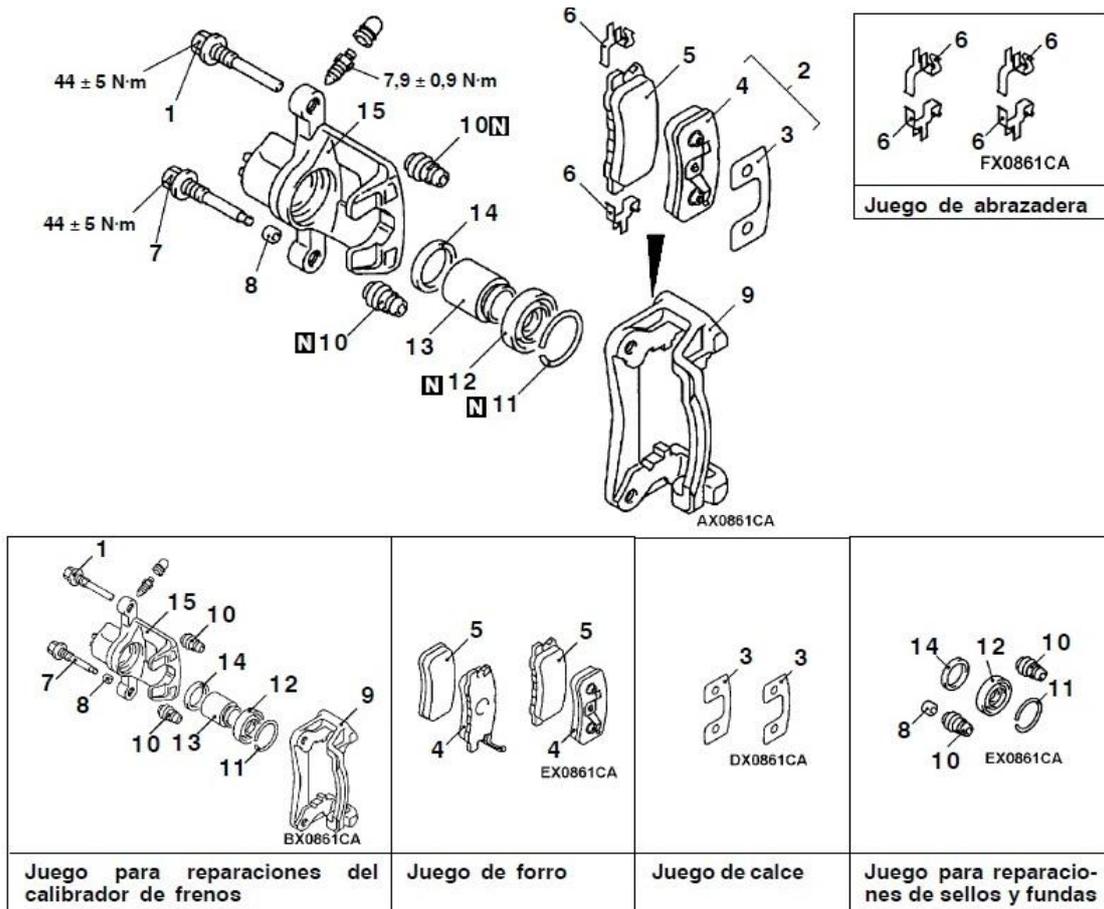


<p>BX0860CA</p>	<p>CX0860CA</p>	<p>DX0860CA</p>	<p>EX0860CA</p>
Juego para reparaciones del calibrador de frenos	Juego de forro	Juego de calces	Juego para reparaciones de sellos y fundas

Pasos para el desarmado

- | | | |
|--|------|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Perno de fijación del pasador de guía 2. Pasador de guía 3. Soporte del calibrador (almohadilla, abrazadera, calce) 4. Funda 5. Buje 6. Funda del pistón |
 | <ol style="list-style-type: none"> 7. Pistón 8. Sello del pistón 9. Cuerpo del calibrador 10. Conjunto del indicador de desgaste y la almohadilla 11. Conjunto de la almohadilla 12. Calce 13. Abrazadera |
|--|------|--|

Figura 90: Desmontaje pinzas y pastillas delanteras de serie



Pasos para el desarmado

- | | | |
|--|----------------------------|---|
| <p>▶A◀ 1. Pasador de guía
▶A◀ 2. Conjunto de pastilla y gancho, calce
3. Calce
4. Conjunto de pastilla y gancho
5. Conjunto de la almohadilla
6. Gancho de pastilla
▶A◀ 7. Pasador de fijación
8. Buje</p> | <p>▶A◀
▶A◀
▶B◀</p> | <p>9. Soporte del calibrador
10. Funda
11. Anillo de funda
12. Funda del pistón
13. Pistón
14. Sello del pistón
15. Cuerpo del calibrador</p> |
|--|----------------------------|---|

Figura 91: Desmontaje pinzas y pastillas traseras de serie

NOTA ADICIONAL

Según marca la normativa dictada en el artículo 284 “Reglamento específico para vehículos todoterreno de serie (Grupo T2)”, en el caso de vehículos equipados con servofreno, este dispositivo puede desconectarse. Lo mismo se aplica a los sistemas antibloqueo de frenos (ABS). Por lo que se procede a la eliminación de los citados elementos, con todos sus elementos relacionados que no intervengan en el normal funcionamiento de otras características del vehículo. Se adjuntan ilustraciones orientativas para el taller encargado de la reforma. (Figuras 92 y 93)

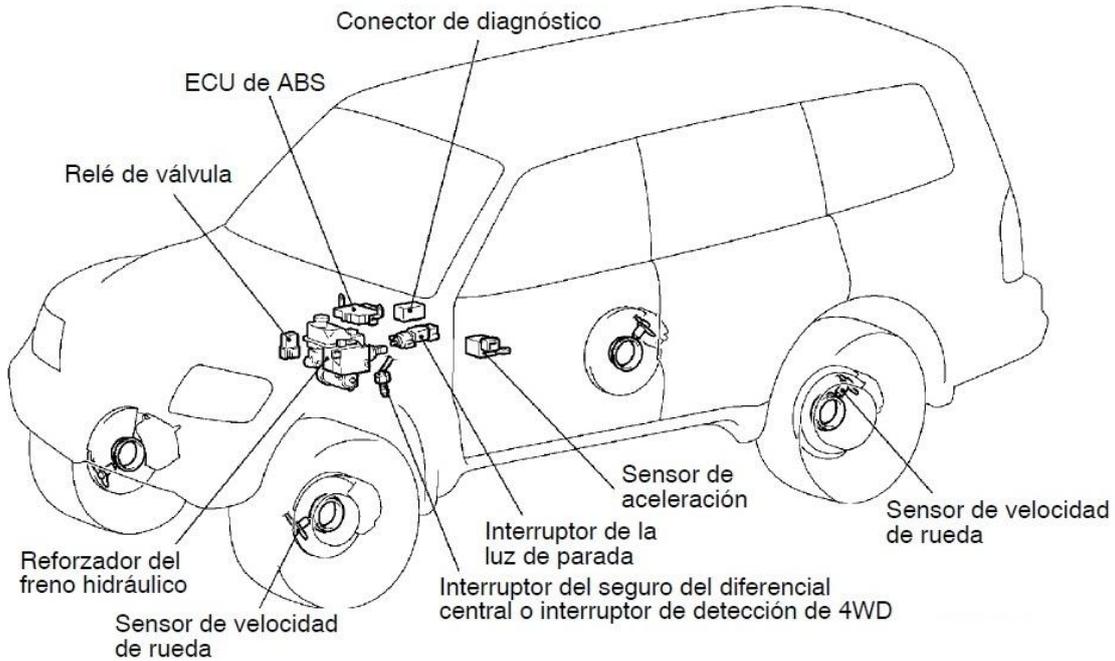
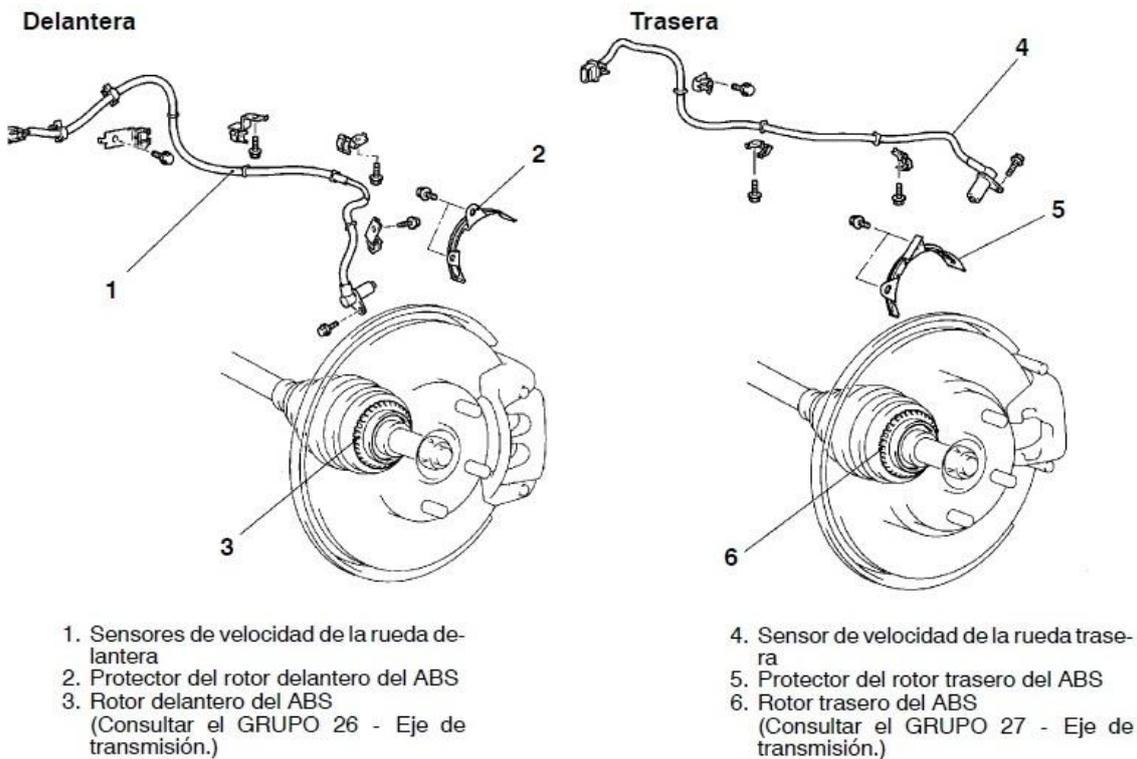


Figura 92: Esquema del sistema ABS



NOTA
Los rotores delantero y trasero del ABS están integrados en el eje de transmisión y no pueden desmontarse.

Figura 93: Esquema del sensor de velocidad del sistema ABS



Montaje del sistema de frenado modificado:

Se procede al montaje de los componentes del nuevo sistema de frenado citados anteriormente, manteniéndose el buje de la rueda con los rodamientos originales.

El esquema de montaje es el inverso al expuesto anteriormente, variando, además de los elementos antes citados, los latiguillos de serie por los metálicos, así como los protectores de los discos de freno en las cuatro ruedas.

Se rellenará el circuito hidráulico con un líquido de frenos de alta calidad DOT 5.1 de la marca AP RACING con un punto de ebullición +30 °C superior al de serie.

2.5.- REFORMAS GRUPO Nº8. CARROCERÍA. HABITÁCULO INTERIOR

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 8: Reformas que afecten al acondicionamiento interior de los vehículos)

Se realizarán las siguientes reformas de acuerdo con el *Real Decreto 866/2010*:

1. **Reforma 8.1.- Reducción de plazas de asiento.**
2. **Reforma 8.10.- Sustitución de asiento por otro distinto.**
3. **Reforma 8.11.- Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje.**

Donde, en cada reforma citada, se aplicará la correspondiente normativa resumida a continuación:

Reforma 8.1: Reducción de plazas de asiento.

- Resistencia de los asientos 74/408/CEE.
- Anclajes de los cinturones de seguridad 76/115/CEE.
- Cinturones de seguridad y sistemas de retención 77/541/CEE.
- Para vehículos categoría M1, N1, N2 y N3, se deberá cumplir con las condiciones establecidas en el Anexo II punto C de la Directiva 2007/46/CE.

Reforma 8.10: Sustitución de asiento por otro distinto.

- Dispositivos de visión indirecta 2003/97/CE.
- Acondicionamiento interior 74/60/CE.
- Resistencia de los asientos 74/408/CEE.
- Anclajes de los cinturones de seguridad 76/115/CEE.
- Cinturones de seguridad y sistemas de retención 77/541/CEE.

Reforma 8.11: Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje.

- Resistencia de los asientos 74/408/CEE.
- Anclajes de los cinturones de seguridad 76/115/CEE.
- Cinturones de seguridad y sistemas de retención 77/541/CEE.
- Inflamabilidad 95/28/CE.
- Se entenderá como tipo de cinturón lo indicado en la Directiva 77/541/CEE.

Además, ha de aplicarse la normativa que se dicta en el *artículo 283 del 2012 "Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno"*, cuya descripción detallada se cita en el ANEXO III.

2.5.1.- INTRODUCCIÓN A LAS REFORMAS

Se realizará una modificación del número de plazas del vehículo. Se eliminarán los asientos traseros, variando el número total de 5, según la ficha técnica, a 2, siendo estos los correspondientes al piloto y al copiloto.

Los asientos de competición tipo baquet y sus guías y elementos de fijación al suelo disponen de homologación FIA según el *artículo 283 del 2012 "Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno"*, lo cual los autoriza para montar y utilizar en vehículos homologados para ralie y en competiciones autorizadas. Esta homologación FIA no es válida para vehículos convencionales, con lo que no se pueden homologar asientos de competición tipo baquet en vehículos de calle. (Ver Punto 2.8, reforma grupo nº 11, para más detalles)

Aclarado el punto anterior, y dado que el vehículo de este proyecto está destinado a competición T2 según la FIA, en lugar de los asientos delanteros de origen, los asientos instalados tras la reforma serán unos tipo baquet del fabricante *Recaro* modelo S-Light, que cuenta con la homologación 8855/1999 de la FIA. Las características principales de estos asientos son una estructura tubular de acero con recubrimiento de fibra, otorgándole una alta resistencia frente a impactos y un bajo peso, con un diseño ergonómico para un mayor recogimiento y agarre para el cuerpo y cabeza del piloto/copiloto, lo que redundará en una mayor seguridad activa (al mantenerse el piloto en la posición ideal de conducción) y pasiva (al proteger más y mejor a los ocupantes en caso de colisión).

Para la sujeción y ajuste de los nuevos asientos se instalarán unas bases y guías específicas para el modelo del vehículo, del fabricante *OMP*, con su homologación FIA correspondiente.

En cuanto a los arneses, tras la entrada en vigor del nuevo manual de reformas en vehículos, y atendiendo a la definición de tipo de "cinturón" dada por la Directiva 77/541/CEE, surge una nueva inclusión de reforma sobre los cinturones de seguridad, estando definida por la reforma 8.11 "Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje", siendo aplicable dicha reforma cuando se sustituya un cinturón de seguridad de tres puntos (cinturón normal) por un cinturón arnés.

Por lo tanto, se eliminarán los cinturones de seguridad de serie, sustituyéndose por unos arneses de seis puntos de anclaje del fabricante *OMP* con homologación 8853/1998 de la FIA, con abertura de hebillas de tipo pulsador. Estos nuevos cinturones de seguridad tendrán su anclaje en los puntos destinados a ello (chasis y jaula de seguridad) por lo que no es necesaria la modificación y cálculo de la carrocería en este aspecto en este capítulo.

2.5.1.1- ELEMENTOS DE SUSTITUCIÓN

BAQUETS

- *Marca:* Sparco.
- *Modelo:* S-Light.
- *Referencia:* CS 918 99.
- Homologación FIA correspondiente a 8855/1999.
- Perfil lateral de media retención piernas y pelvis, revestido integralmente en terciopelo.
- Bastidor en fibra de vidrio.
- Cojín antideslizante apoya piernas integrado en el revestimiento.
- 5 agujeros para cinturón.
- Anclajes laterales tipo W.
- Masa: 8,3 Kg.



Figura 94: Baquet del fabricante Sparco, modelo S-Light y acotamiento de sus medidas en cm, ref CS 918 99

ANCLAJE DE LOS BAQUETS

- Longitud: 350mm.
- Espesor: 6mm.
- Material: Aluminio
- Referencia: HC/732E



Figura 95: Soporte del baquet, del fabricante OMP, ref HC/732E

ARNESES DE SEGURIDAD

- *Marca:* OMP
- *Modelo:* Profesional 6
- *Referencia:* DA801
- Homologación FIA correspondiente a 8853/98
- 6 puntos de fijación. (2 para la banda abdominal, 2 para las bandas de los hombros, 1 o 2 para la o las bandas pélvicas)
- 3" ancho de hombros y 3" ancho de cintura.
- Mecanismo de apertura rápida, tipo aviación.
- Ajustador del cinturón en acero.



Figura 96: Arnés del fabricante OMP, modelo Profesional 6, ref DA801

2.5.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA REFORMA DE LA SUSTITUCIÓN DE LOS ASIENTOS

Para la realización de los cálculos justificativos de la resistencia de los asientos tipos baquet se supondrá el caso más desfavorable siguiendo con la normativa (directiva 74/408/CEE que hace referencia relativa a los asientos, sus anclajes y a los apoyacabezas de los vehículos a motor), es decir, un impacto trasero en el que la carga del ocupante de 75 kg de peso, pudiendo ser acelerado hasta con una fuerza de 20g (196m/s²) recaiga sobre el asiento, provocando un momento flector en la base del asiento y un esfuerzo de tracción en los anclajes delanteros del baquet.

El asiento es de tipo tubular con un bastidor formado por dos tubos de 25x3 mm y 500 mm de longitud como elemento estructural principal. Para los cálculos se consideran los dos tubos del respaldo empotrados en su extremo inferior, libre en el superior con una carga distribuida de 1500 N/m, equivalente al citado ocupante de 75 kg. (Ver *Figura 97*)

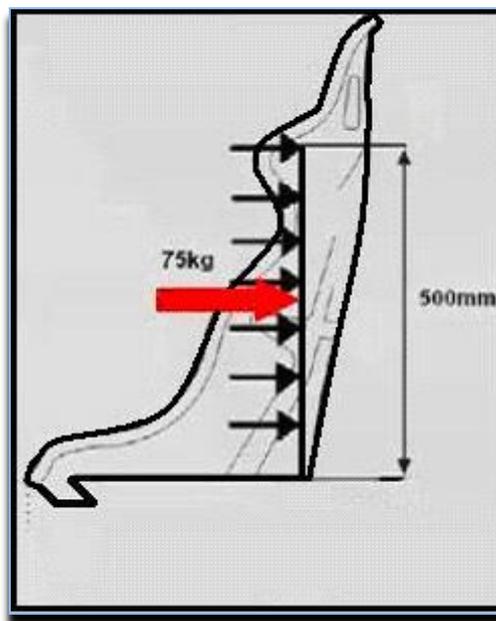


Figura 97: Esquema de la fuerza aplicada al asiento

El momento flector máximo que soporta el tubo es el producto del módulo resistente y el límite elástico de acero ultra resistente especial FE120:

$$M_{f \text{ máx}} = W_x \cdot \sigma_{tracción} = \left(\frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D} \right) \cdot \sigma_{tracción}$$

Ecuación 76

$$M_{f \text{ máx } 1 \text{ tubo}} = w_x \cdot \sigma_{\text{tracción}} = \left(\frac{\pi \cdot (0.025^4 - 0.022^4)}{32 \cdot 0.025} \right) \cdot 1200 \cdot 10^6 = 736.85 \text{ Nm}$$

Ecuación 77

$$M_{f \text{ máx } total} = M_{f \text{ máx } 1 \text{ tubo}} \cdot 6 \text{ tubos} = 4421 \text{ Nm}$$

Ecuación 78

De acuerdo con la segunda ley de Newton, con la máxima aceleración posible a la que está sometido el ocupante, el esfuerzo máximo al que estará sometido el asiento será:

$$F = m \cdot a = 75 \cdot 20 \cdot 9.81 = 14715 \text{ N}$$

Ecuación 79

Puesto que se ha considerado una carga distribuida, el momento se dará justo a la mitad de dicha distancia (0.25m), por lo que el momento flector mínimo será:

$$M_f = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{14715}{0.5} \cdot 0.5^2 = 3679 \text{ Nm}$$

Ecuación 80

La resistencia del asiento instalado es superior a los esfuerzos a los que puede estar solicitado:

$$M_{f \text{ máx } total} = 4421 \text{ Nm} > M_f = 3679 \text{ Nm}$$

Ecuación 81

CONCLUSIÓN

El asiento tipo baquet elegido tiene una resistencia mayor que la requerida en el peor de los casos, por lo que el asiento elegido es **válido**.

2.5.3.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES DE LOS BAQUETS DE LA REFORMA

En el caso de los asientos originales, las sujeciones al chasis son cuatro por cada asiento, dos delanteros y dos traseros. Los pernos, según la normativa 74/408/CEE y el artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”, han de ser de 8 mm de diámetro mínimo, teniendo que soportar una fuerza igual o superior a 15000 N en cualquier dirección. Los tornillos que equipa el vehículo de origen son M8x125-25 con 8.8 de calidad, y a continuación se comprobará si son válidos para la reforma en cuestión.

La resistencia de los tornillos de los anclajes vendrá dada por las siguientes expresiones:

$$F_{t,rd} = \frac{0.9 \cdot f_u \cdot A_s}{1.25}$$

Ecuación 82

$$F_{v,rd} = \frac{0.5 \cdot n \cdot f_u \cdot A_s}{1.25}$$

Ecuación 83

Que permiten calcular los valores de fuerza máxima a tracción ($F_{t,rd}$) y fuerza máxima a cortadura ($F_{v,rd}$), siendo:

- f_u = resistencia del material o límite de rotura, siendo de 800 MPa.
- A_s = área eficaz (para un tornillo de M8 será de 36.60 mm^2)
- n = número de planos de corte, siendo en este caso uno.

Obteniéndose:

$$F_{t,rd} = 33408 \text{ N}$$

Ecuación 84

$$F_{v,rd} = 18560 \text{ N}$$

Ecuación 85

Estas son las fuerzas que aguantan los tornillos tanto a tracción como a cortadura, pero además, los tornillos solicitados a cortante y axil, al mismo tiempo deben cumplir:

$$\frac{F_{v,sd}}{F_{v,rd}} + \frac{F_{t,sd}}{1.4 \cdot F_{t,rd}} \leq 1$$

Ecuación 86

Donde:

- $F_{v,sd}$ = carga aplicada a cortadura
- $F_{t,sd}$ = carga aplicada a tracción

Si se cumple dicha ecuación, el tornillo aguantará la fuerza impuesta por la normativa de la FIA en cualquier dirección. Los resultados que hacen referencia a las fórmulas anteriores se encuentran en la *Tabla 29*, en donde se calculan las componentes de la fuerza en función del ángulo de aplicación.

Ángulo (º)	$F_{t,sd}$	$F_{v,sd}$	Comprobación ≤ 1
0	0	15000	0.81
10	2604.7	14772.1	0.85
20	5130.3	14095.4	0.87
30	7500	12990.4	0.86
40	9641.8	11490.7	0.83
50	11490.7	9641.8	0.77
60	12990.4	7500	0.68
70	14095.4	5130.3	0.58
80	14772.1	2604.7	0.46
90	15000	0	0.32

Tabla 29: Fuerzas ejercidas en los tornillos de los anclajes, comprobación

CONCLUSIÓN

Puesto que ningún valor supera el valor de la unidad, los tornillos utilizados serán **válidos**.

2.5.4.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LAS FIJACIONES EN LA CARROCERÍA/CHASIS

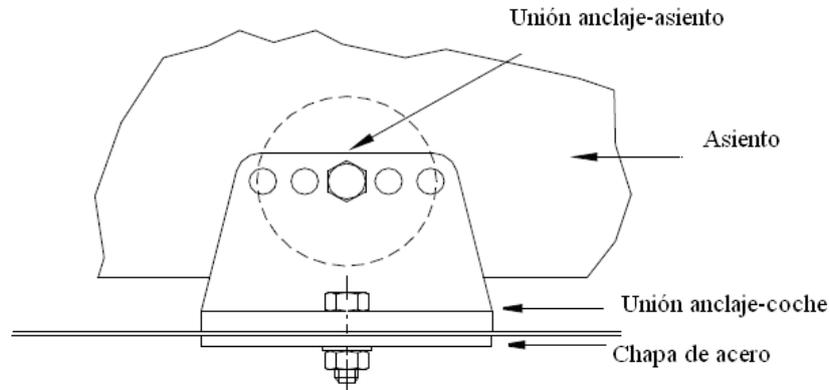


Figura 98: Fijación de los anclajes al asiento y chasis/carrocería

Como en el caso anterior, se utilizarán las mismas fórmulas, teniendo una fuerza de 18000 N como caso límite. Sabiendo que en este caso el número de planos de corte es igual a dos ($n = 2$) (por lo tanto $F_{v,rd} = 37210 \text{ N}$) en el que el valor más crítico se da cuando el tornillo trabajaba únicamente a cortadura, es decir, para un ángulo de 0° , tenemos (Ver Figura 98):

$$F_{v,rd} = 37210 \text{ N}$$

Ecuación 87

$$F_{v,sd} = 18000 \text{ N}$$

Ecuación 88

$$F_{t,sd} = 0 \text{ N}$$

Ecuación 89

$$\frac{F_{v,sd}}{F_{v,rd}} + \frac{F_{t,sd}}{1.4 \cdot F_{t,rd}} = 0.48 \leq 1$$

Ecuación 90

CONCLUSIÓN

Puesto que no se supera el valor de la unidad, cumpliéndose la ecuación, la fijación al chasis aguantará la sollicitación, por lo que será **válida**.

2.5.5.- CÁLCULOS DE LA RESISTENCIA DE LOS PUNTOS DE FIJACION DE LOS ARNESES DE SEGURIDAD

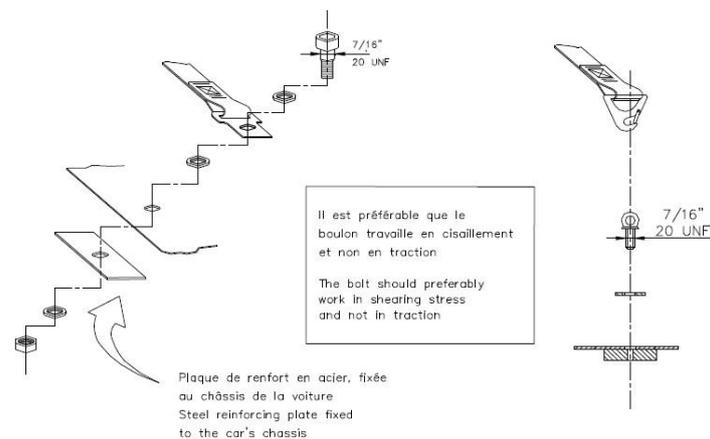


Figura 99: anclaje de los arneses de seguridad

El cálculo de los arneses se basarán nuevamente en la normativa de la FIA artículo 283 haciendo referencia a los arneses de seguridad, el cual nos dice que cada punto de anclaje debe resistir una carga de 1470 daN o 720 daN para las bandas pélvicas (Ver Figura 99). En esta ocasión se utilizarán unos pernos M12 8.8, los equivalentes a 7/16 UNF, según la normativa. Utilizando las ecuaciones 82 y 83 se obtiene:

$$F_{t,rd} = 48857 N$$

Ecuación 91

$$F_{t,rd} = 26976N$$

Ecuación 92

Con $A_s = 0.843\text{cm}^2$.

Utilizando la comprobación con la ecuación 86 obtenemos, en la *Tabla 30*:

Ángulo (°)	$F_{t,sd}$	$F_{v,sd}$	Comprobación ≤ 1
0	0	14700	0,54
10	2552,6	14476,7	0,57
20	5027,7	13813,5	0,59
30	7350	12730,6	0,58
40	9449	11261	0,56
50	11260,8	9449	0,52
60	12730,6	7350	0,46
70	13813,5	5027,7	0,39
80	14476,7	2552,6	0,31
90	14700	0	0,22

Tabla 30: Fuerzas ejercidas en los pernos de los arneses, comprobación

CONCLUSIÓN

Vemos como los tornillos utilizados no superan el valor de uno, por lo tanto sabemos que soportarán el valor de la carga y son **válidos**.

2.5.6.- MONTAJE Y RESULTADO TRAS LA REFORMA. FIGURAS ILUSTRATIVAS.

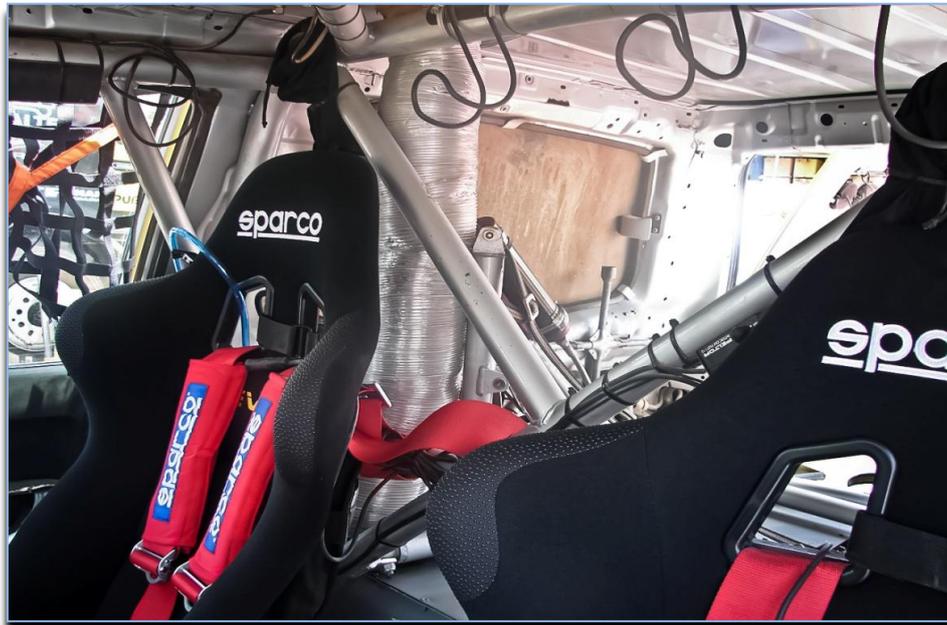


Figura 100: Fijación de los asientos después de la reforma



Figura 101: Fijación de los asientos después de la reforma (2)

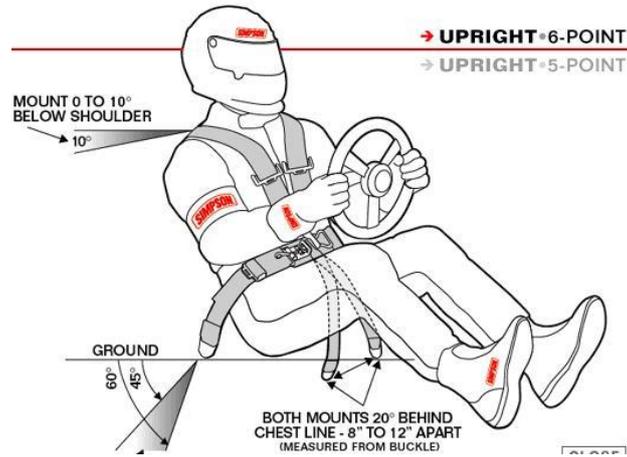


Figura 102: Esquema ilustrativo de la situación de conducción del piloto tras las reformas

2.6.- REFORMAS GRUPO N°8. CARROCERÍA

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 8: Reformas que afecten al acondicionamiento interior de los vehículos)

Se realizarán las siguientes reformas de acuerdo con el Real Decreto 866/2010, el artículo 282, 284 y el Anexo 9 del reglamento de la RFEDA para Todo terreno del 2012:

1. Reforma 8.33. Instalación o desinstalación arco de seguridad interior contra vuelco.

Donde, se aplicará la correspondiente normativa resumida a continuación:

- Acondicionamiento interior 74/60/CEE
- Acondicionamiento interior 74/60/CEE

En este capítulo, se diseñará desde cero el arco de seguridad del vehículo, con las indicaciones que dicta la normativa del artículo 283 del 2012: “*Equipamiento de seguridad para vehículos todo terreno*” (la cual se expondrá de manera detallada en el ANEXO III), modelándola con el programa de diseño asistido por ordenador **SolidWorks 2012 Premium** (Ver *Figura 103*) y analizándola posteriormente con su paquete de elementos finitos **SolidWorks Simulation**, tal y como se hizo en el punto 2.3.5.2.



Figura 103: Software empleado para el diseño del arco de seguridad

La normativa da unas indicaciones muy precisas del material a usar, el cual debe tener una resistencia mínima a la tracción de 350MPa, y por lo tanto se utilizará el acero al cromo molibdeno (25CrMo4) (CM 4130-1.7218) que es de los considerados de alta resistencia y ampliamente utilizado en este tipo de estructuras en el sector automovilístico, lo cual garantizará la seguridad de los ocupantes. En la *Tabla 31* se muestran las propiedades mecánicas de dicho acero:

PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL 25CrMo4	
Densidad	7850Kg/m ³
Módulo de Young	205000MPa
Límite de Tensión	900 – 1100MPa
Límite elástico	695MPa
Elongación	12%
Resistencia al impacto	0,7 J/cm
Temperatura de fusión	1500°C

Tabla 31: Propiedades mecánicas y físicas del acero al cromo molibdeno

Una vez está definido el material, el siguiente paso es establecer el diámetro de los tubos. Siguiendo la normativa se seleccionan las siguientes configuraciones:

- **Arco principal:** 50x2mm.
- **Semiarcos laterales y otras partes de la estructura:** 40x2mm.

Dentro de las tres opciones que presenta la normativa FIA, se ha escogido, en principio, la consistente en (Ver Figura 104):

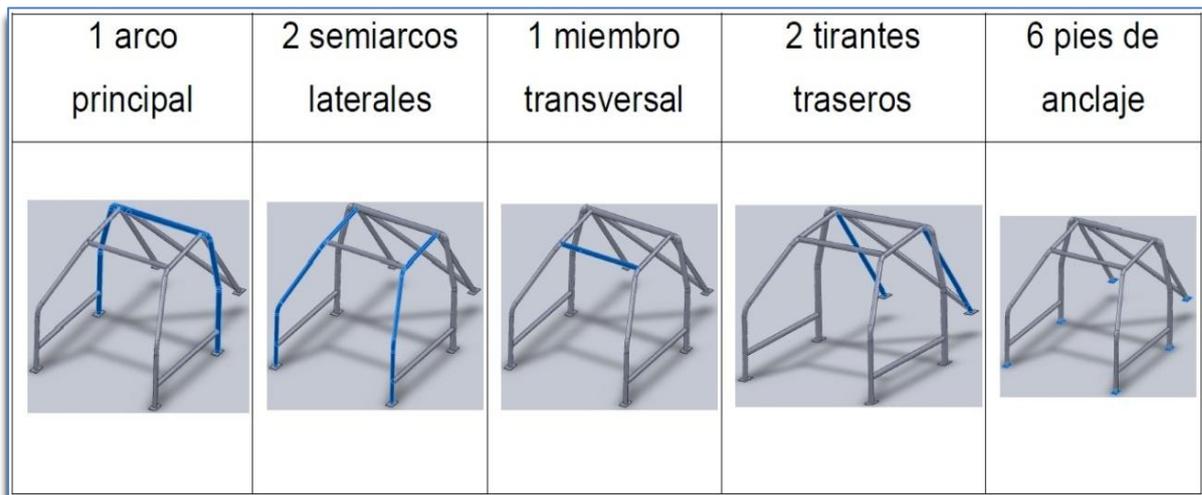


Figura 104: Diferentes partes principales de la estructura

Como se trata de un proceso de diseño, se partirá de la estructura básica arriba mencionada, se realizarán los ensayos marcados por la normativa y, según los datos obtenidos, se procederá a rediseñar y/o reforzar la estructura de la manera que se considere necesaria.

2.6.1.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Como primer paso, y dado que se trata de un proceso de diseño desde “cero”, se tomarán medidas precisas desde un plano acotado del modelo real (plano obtenido del fabricante del vehículo) de los puntos clave del arco de seguridad, que servirán de base y guía para su posterior modelado. (Ver *Figura 105*)

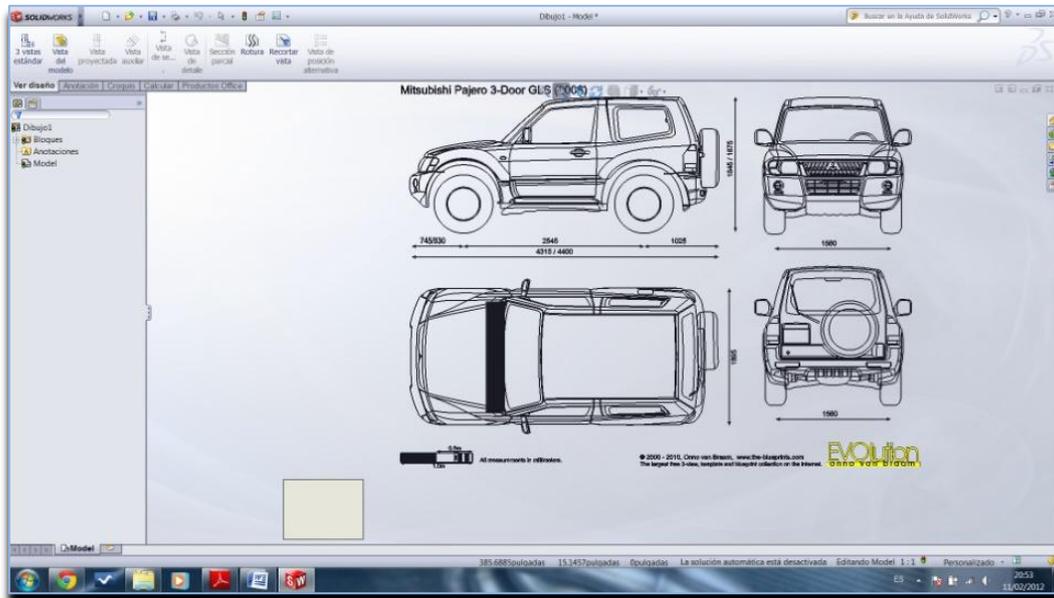


Figura 105: Recopilación de puntos y medidas características en el plano del vehículo

NOTA: Al tratarse del primer modelado, se detallarán los pasos seguidos para obtener la estructura base. En modelados posteriores se resumirán y darán por supuesto los pasos intermedios.

Se comienza definiendo los puntos característicos de los semiarcos laterales mediante un croquis 3D, para poder definir su trayectoria. (Ver *Figura 106*)

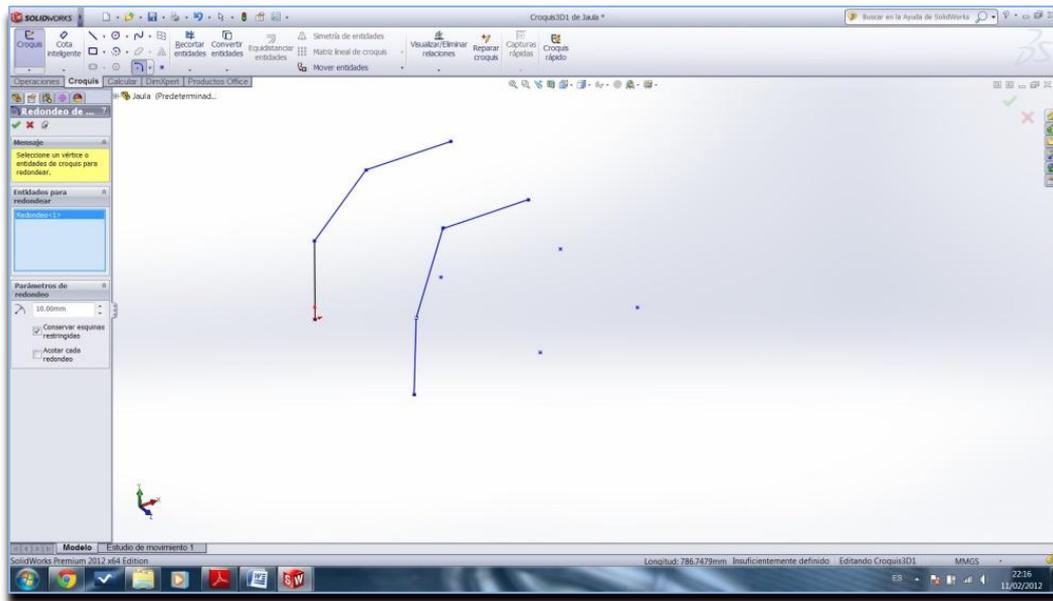


Figura 106: Definición semiarcos laterales

A continuación se define el diámetro y espesor del tubo que formará cada uno de los semiarcos, en este caso de 40x2 mm. (Ver Figura 107)

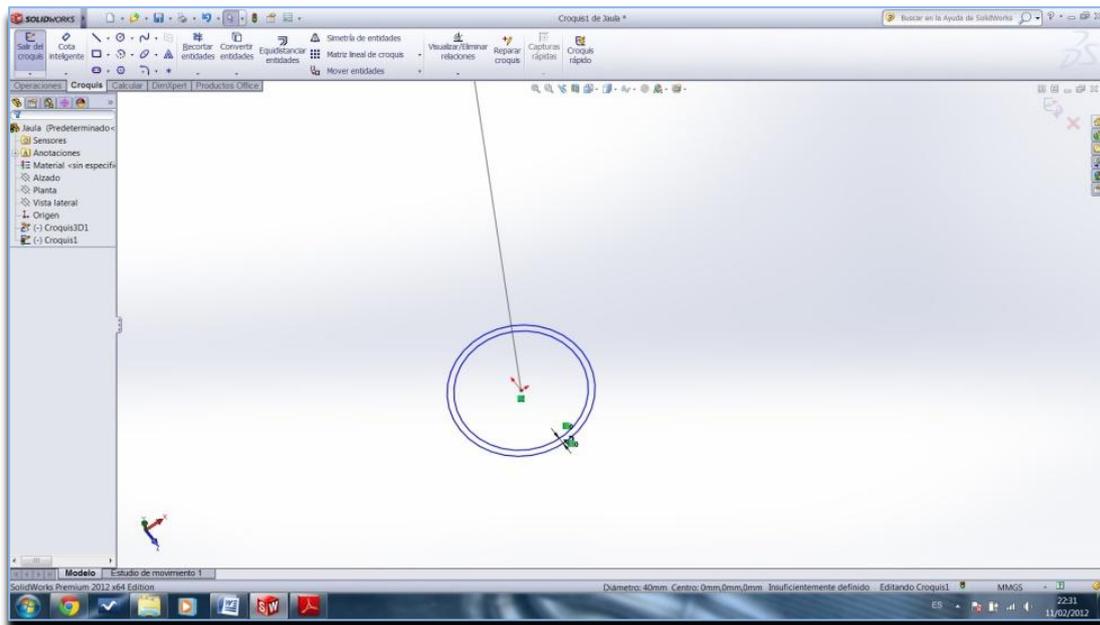


Figura 107: Definición ancho del tubo

Una vez definido el tubo, se procede a realizar una extrusión por barrido a lo largo de la trayectoria definida anteriormente. (Ver Figura 108)

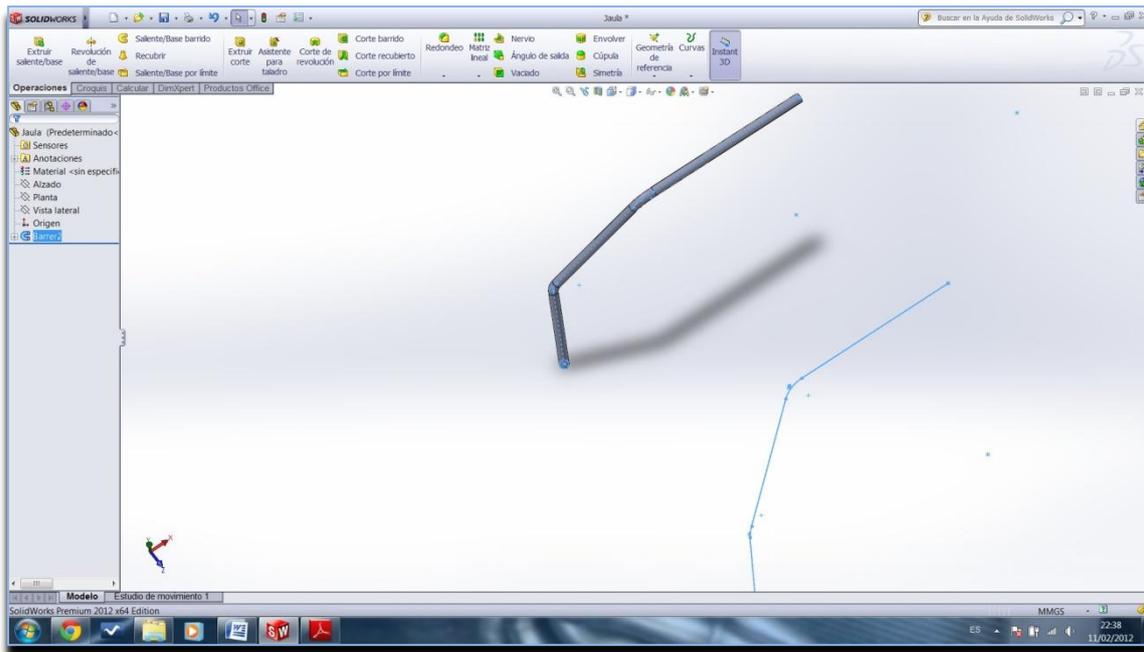


Figura 108: Extrusión de uno de los dos semiarcos

Se han de realizar los mismos pasos descritos para conseguir el segundo semiarco. (Ver Figura 109)

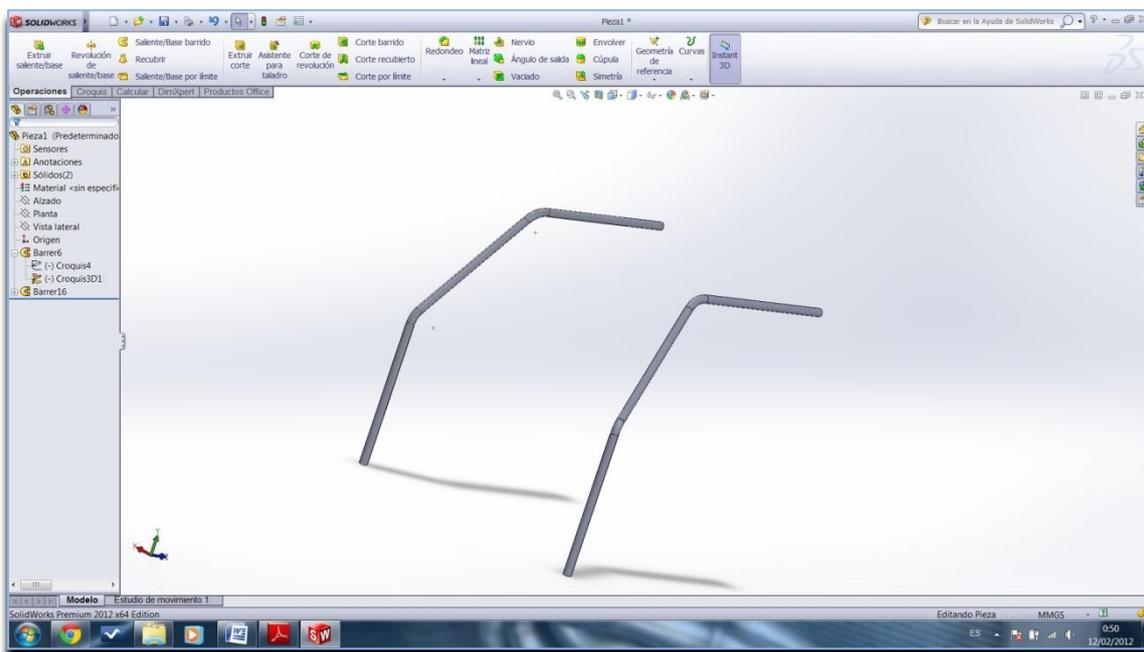


Figura 109: Semiarcos terminados

Ahora es turno del arco principal. Se realizará un croquis en un plano paralelo al alzado a la distancia correcta, se marcarán los puntos característicos y se unirán para generar la trayectoria que seguirá el croquis del tubo para generar el arco principal. (Ver Figura 110)

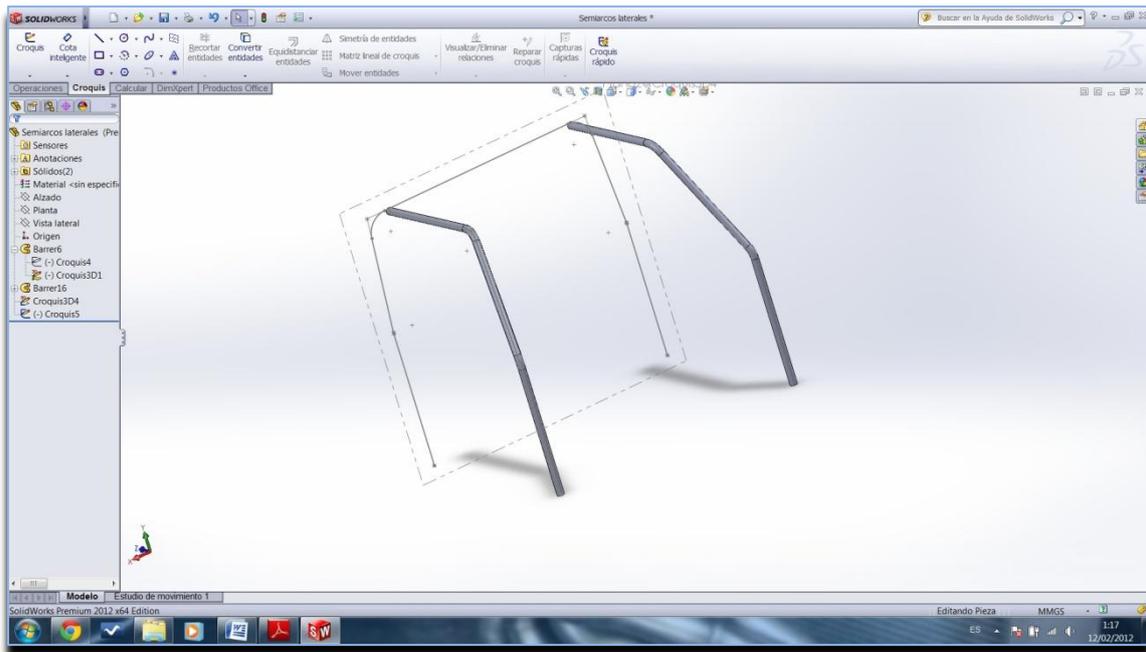


Figura 110: Trayectoria para la extrusión del arco principal

Como en el caso anterior, se realiza el croquis del diámetro y espesor del tubo, pero en este caso (y sólo en este caso) será de 50x2 mm, según marca la normativa para el arco principal. A continuación se realiza la extrusión por barrido del arco principal y la extensión de los semiarcos laterales hasta el principal, de forma que se unan. (De forma predeterminada por el programa asigna una unión rígida, de fusión total, simulando una soldadura completa) (Ver Figura 111).

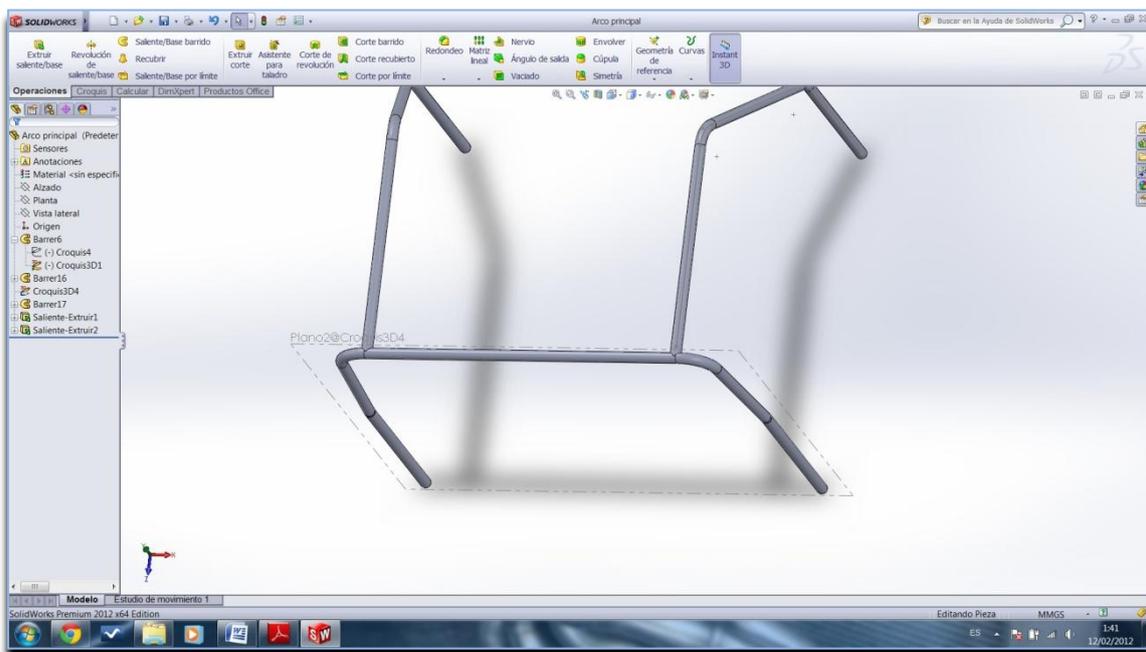


Figura 111: Arco principal terminado

Ahora se diseñan las barras de protección laterales y los tirantes traseros, siguiendo pasos similares a los anteriores. (Ver *Figura 112* y *113*)

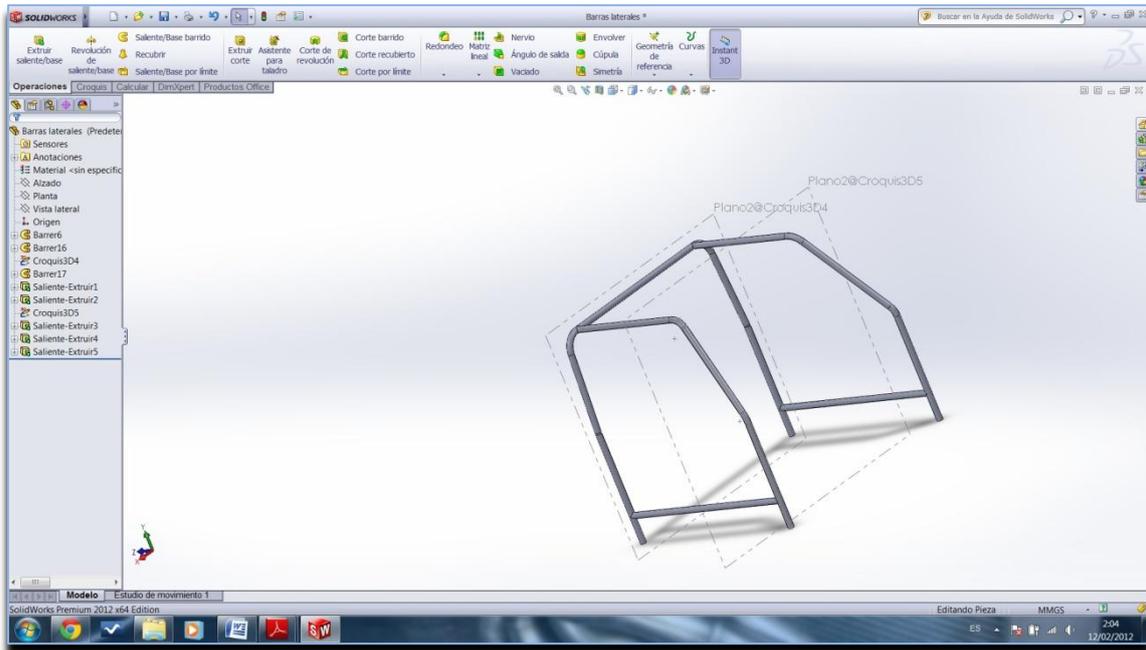


Figura 112: barras de protección laterales terminadas

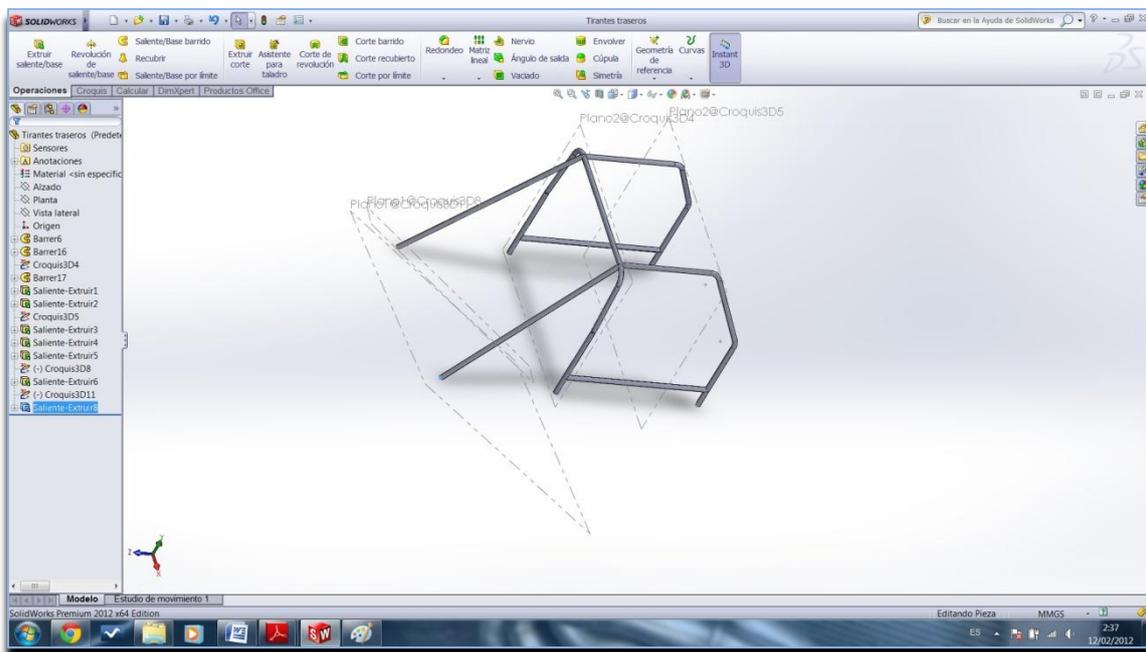


Figura 113: tirantes traseros terminados

Mismos pasos para la barra frontal. (Ver Figura 114)

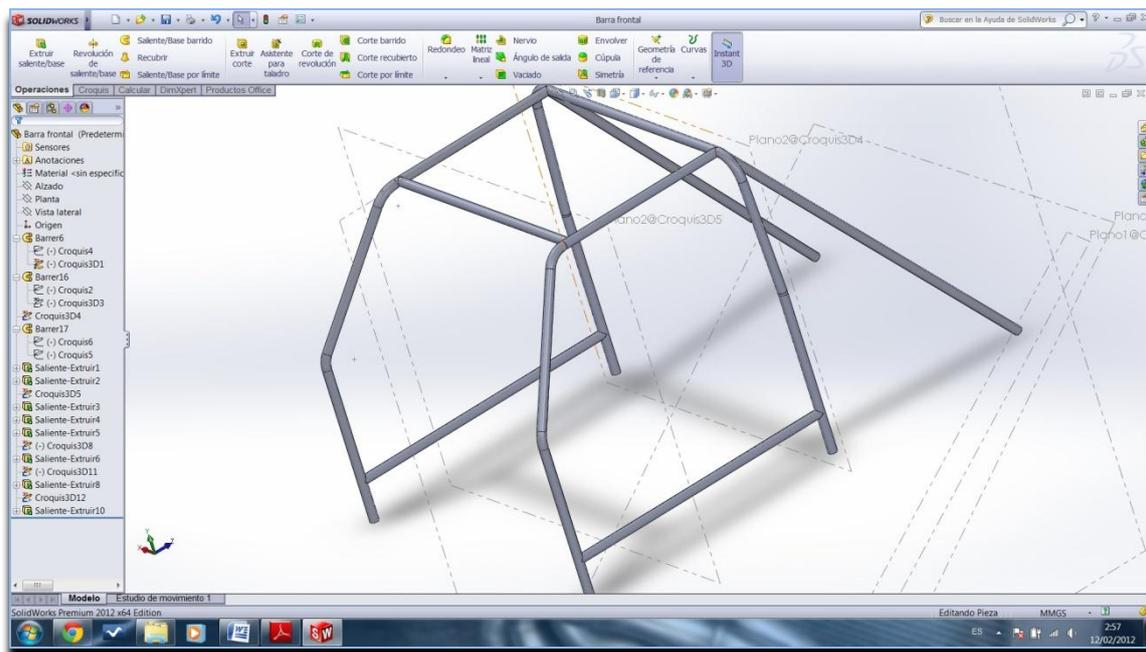


Figura 114: barra frontal terminada

El siguiente paso es unir el arco principal con uno de los apoyos traseros y uno de los tirantes traseros. (Ver Figura 115)

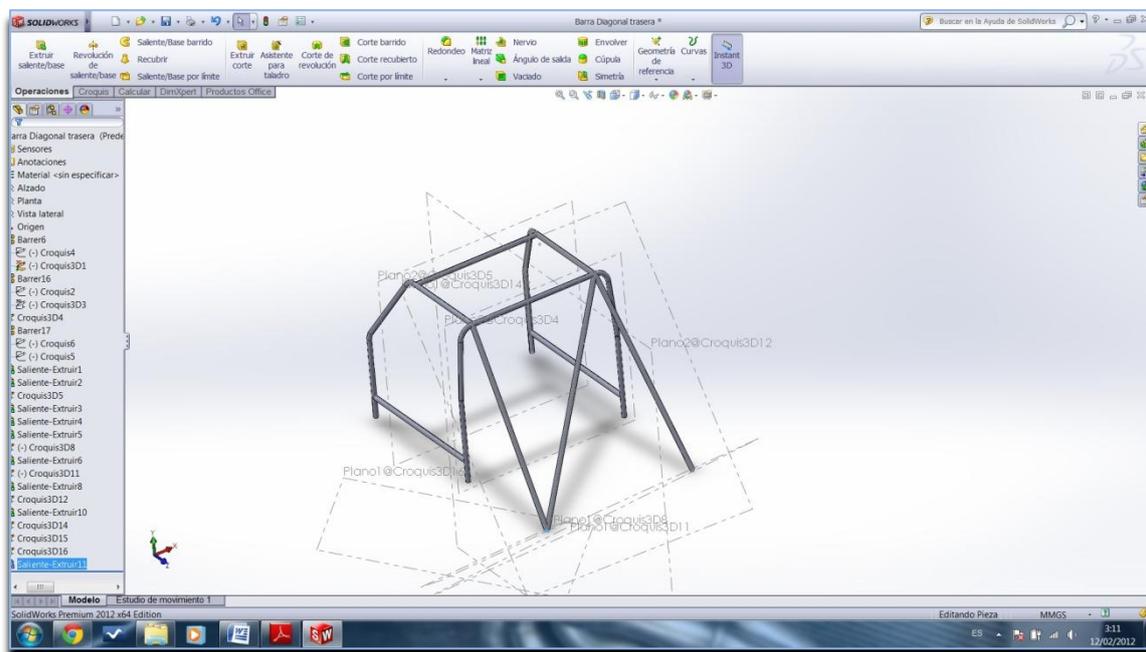


Figura 115: barra diagonal trasera terminada

El último paso para la finalización del modelado de la estructura básica es diseñar los anclajes de la jaula, que serán seis, atendiendo a la normativa, que dice que cada punto de

anclaje debe incluir una placa de refuerzo, de un espesor de, al menos, 3 mm. Cada pie de anclaje debe estar fijado por, al menos, 3 tornillos en una placa de refuerzo de, al menos, 3 mm de espesor y de, al menos, 120 cm² de superficie que estará soldada a la carrocería. Para los vehículos homologados a partir del 01/01/2007, el área de 120 cm² debe ser la de contacto entre la placa de refuerzo y la carrocería. Siguiendo estas normas, las placas serán de 140 cm² y 5 mm, para sobrepasar levemente el límite marcado y no tener problemas. (Ver *Figura 116*)

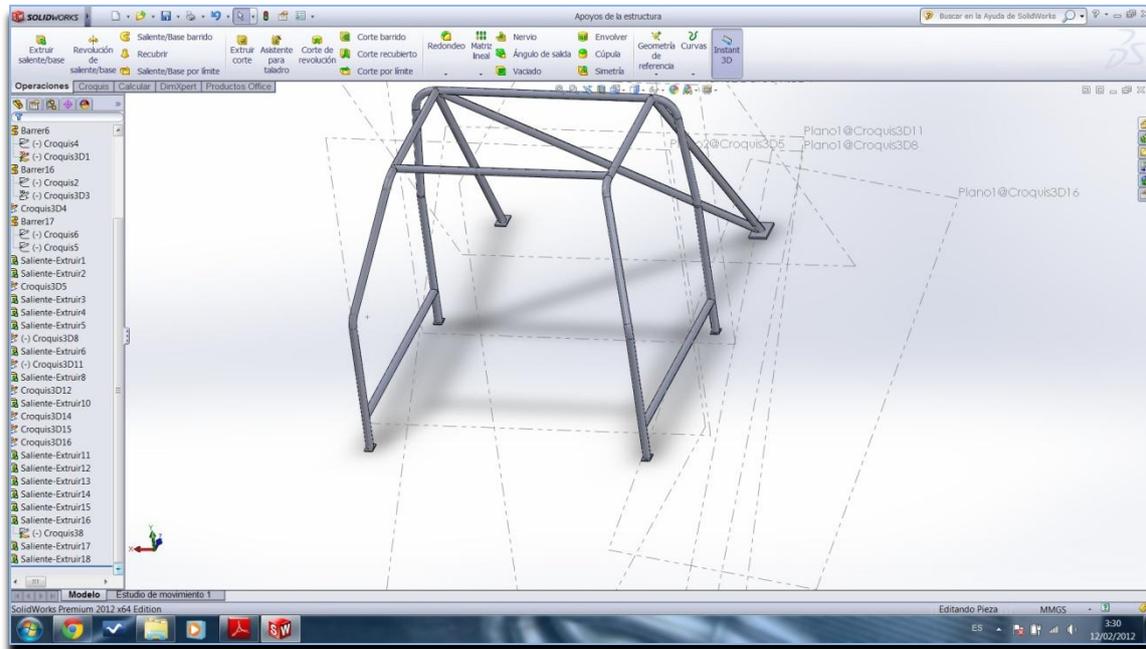


Figura 116: anclajes de la estructura

Para los puntos de anclaje de los tirantes traseros, la norma dice que cada tirante longitudinal trasero deberá fijarse con 2 tornillos M8 con las placas de refuerzo de un área de, al menos, 60 cm², por lo tanto, se crearán los mismos anclajes que los anteriores, de 120 cm², y si hubiese problemas de instalación en el modelo (por problemas de espacio) se podrán cortar a la medida conveniente sin preocuparse de cumplir con el mínimo exigido por la normativa, pues se ha doblado la superficie mínima necesaria.

2.6.2.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Según la normativa dictada en el anexo V del reglamento para vehículos todo terreno 2012 de la RFEDA, la estructura se ha de someter a los siguientes ensayos:

1) Estudio vertical sobre la estructura:

La estructura completa debe resistir una carga estática vertical de 7*p daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos) aplicado en la parte superior del arco principal. La deformación máxima no debe superar los 50 mm en ningún punto de la estructura.

2) Estudio en la dirección transversal:

De igual manera sobre el lateral de la estructura completa debe resistir una carga de $2 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medido bajo carga según el eje de aplicación de la misma. La deformación máxima no debe superar los 50 mm en ningún punto de la estructura.

3) Estudio en la dirección longitudinal:

En la dirección longitudinal de la estructura completa debe resistir una carga de $6 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma. La deformación máxima no debe superar los 50 mm en ningún punto de la estructura.

Por lo tanto, se realizarán los tres ensayos utilizando el módulo de cálculo por elementos finitos **SolidWorks Simulation**, donde se fijarán las condiciones del ensayo, tales como empotramientos, cargas, materiales etc...teniendo las siguientes condiciones iniciales:

- Peso del vehículo: $2020 \cdot 9.81 = 19816 \text{ N}$
- Material de las barras: Acero al Cromo Molibdeno – 25CrMo4 (CM 4130-1.7218)
- Módulo de Young: 205000Mpa
- Límite de Tracción: 1000Mpa
- Límite elástico: 695Mpa

2.6.2.1.-Ensayo 1: Estudio vertical sobre la estructura.

Carga vertical de valor sobre la parte superior del arco principal: (se redondeará el valor obtenido)

$$7 \cdot p = 7 \cdot 9.81 \cdot (2020 + 75) = 140000 \text{ N}$$

Ecuación 93

Nota: Como en el apartado de diseño, se detallarán los primeros pasos a modo de ejemplo, para en casos posteriores omitirlos, ya que serán similares.

Lo primero es imponer las restricciones de movimiento, en todos los casos se situarán empotramientos en los anclajes de la estructura (Ver *Figura 117*):

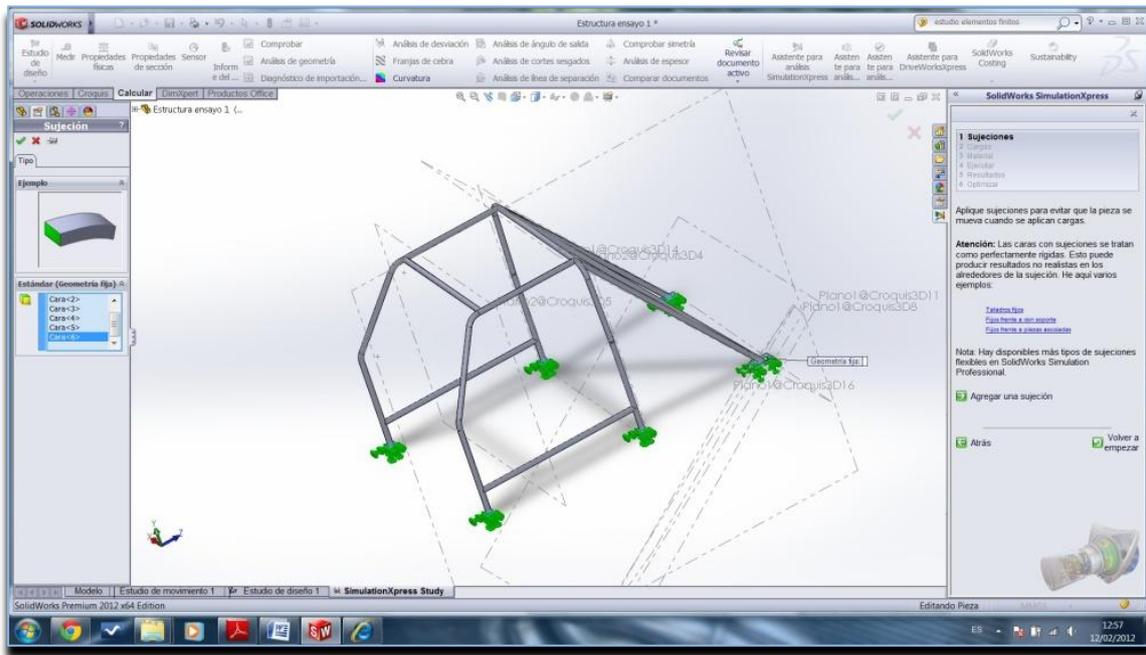


Figura 117: empotramientos en los anclajes

A continuación se selecciona de la librería de materiales del propio programa el acero que se va a utilizar, en este caso será acero 25CrMo4 (1.7218). (Ver Figura 118)

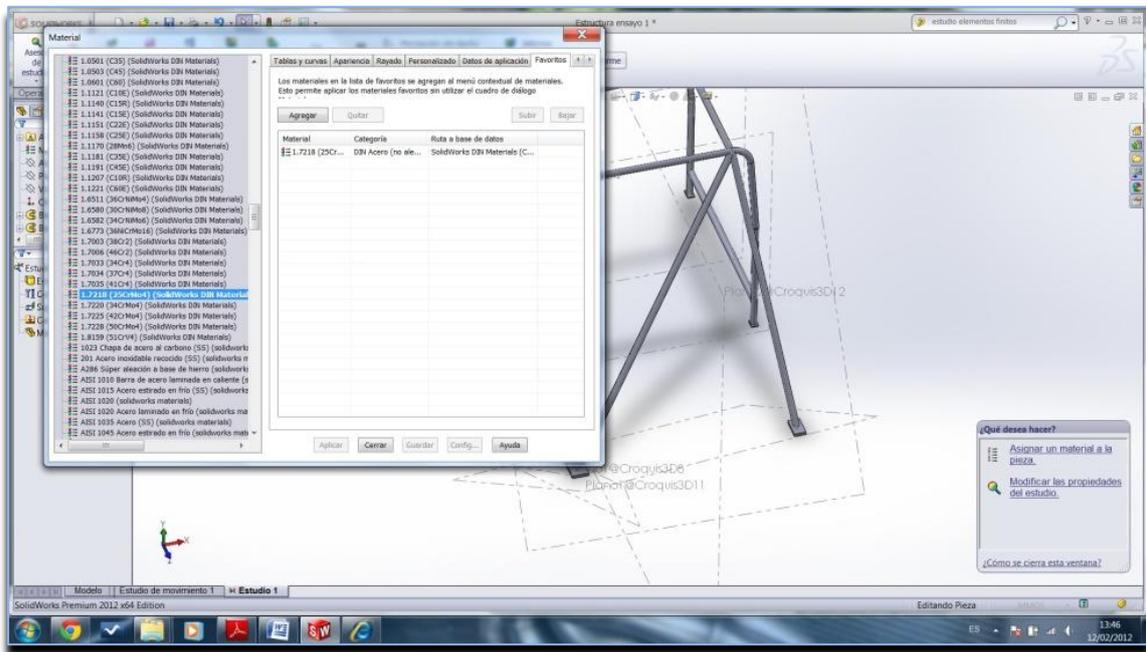


Figura 118: elección del material (25CrMo4-1.7218)

Se aplica la carga vertical sobre el arco principal, que según la normativa, y considerando el peso del coche, es de 140000 N. (Ver Figura 119)

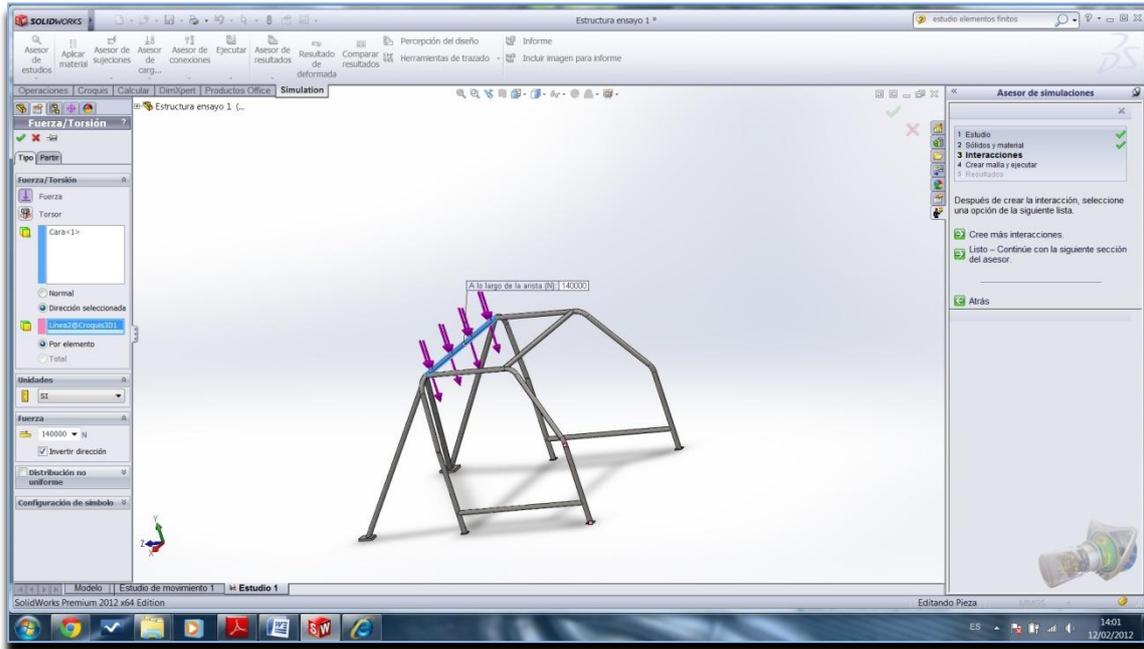


Figura 119: carga vertical sobre arco principal

Se procede con el mallado de la estructura, utilizando un tamaño de malla máximo de 9mm, que es lo suficientemente preciso para la calidad de los cálculos (según los valores aconsejados del programa tomarían valores máximos de 20 mm, pero en este proyecto se buscan valores más precisos). (Ver Figura 120)

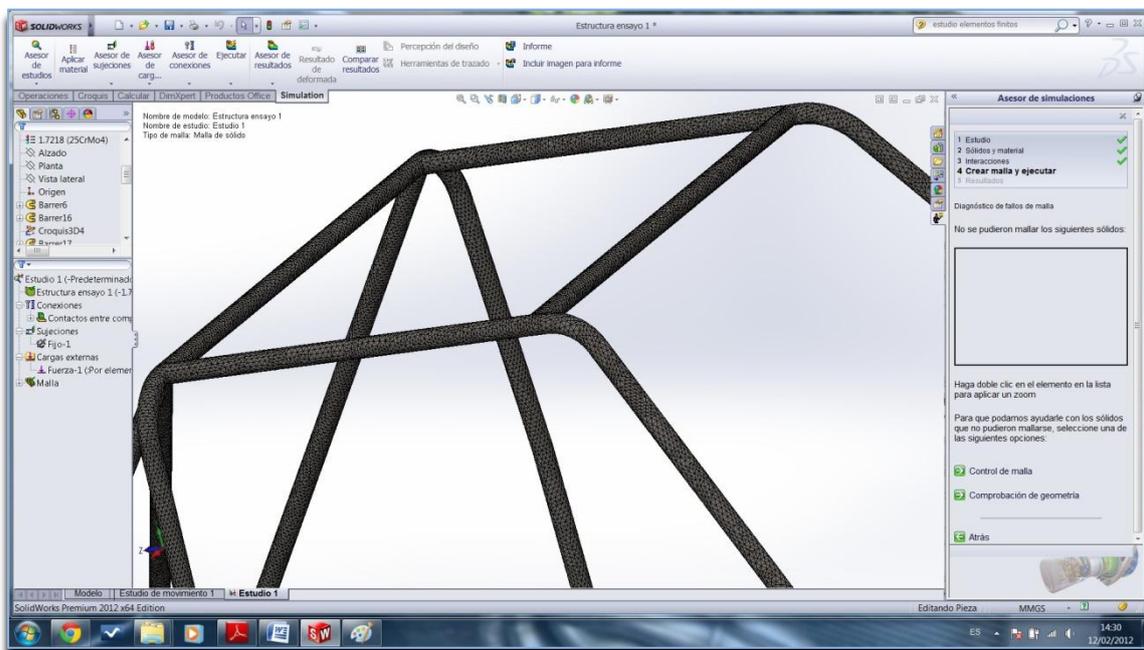


Figura 120: detalle del mallado

Una vez realizado el mallado, se procede a realizar los cálculos. En función al tamaño del mallado y de la capacidad de procesamiento del equipo informático tardará más o menos.

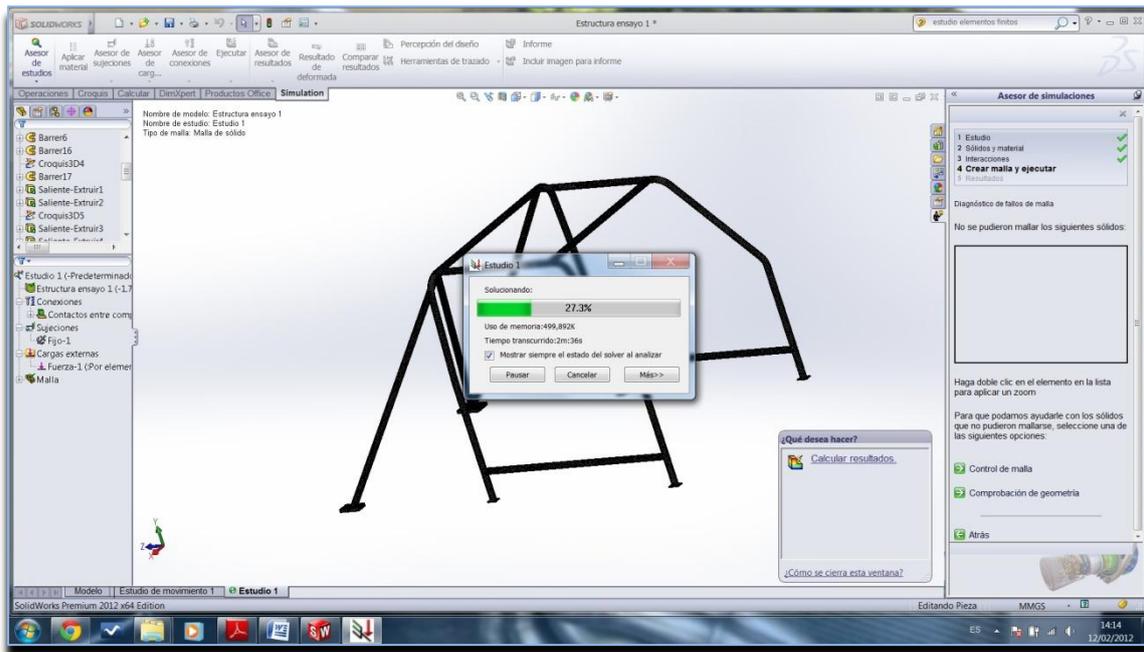


Figura 121: proceso de cálculo del ensayo

Una vez terminado el cálculo, se obtienen los resultados del estudio. Se produce un desplazamiento máximo de 143 mm, y aunque el material no rompe (la $\sigma_{Von Mises}$ obtenida $< \sigma_{25CrMo4}$), no cumple la normativa (desplazamiento < 50 mm), por tanto, habrá que reforzar la estructura en los futuros diseños. (Ver Figura 122)

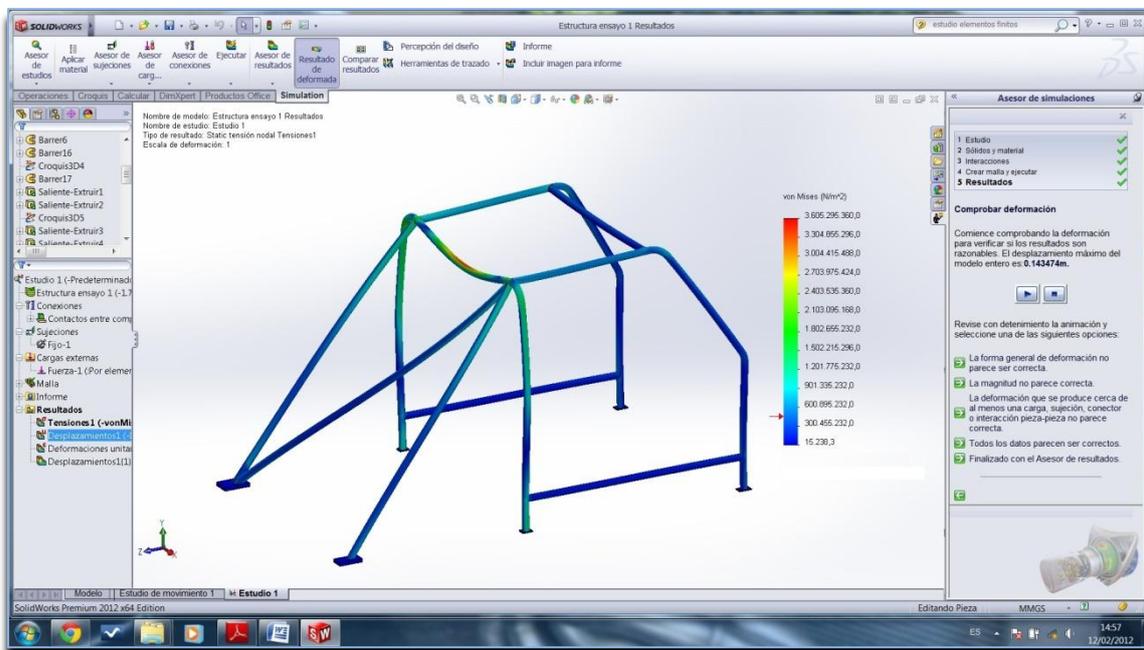


Figura 122: resultados del ensayo 1, en este caso ilustración de las tensiones de Von Mises

Nota: Aún no cumpliendo la normativa del primer ensayo, se seguirá con los restantes ensayos para analizar cómo se comporta la estructura inicial y poder estudiar sus puntos críticos que se han de reforzar en el diseño posterior.

2.6.2.2.- Ensayo 2: Estudio en la dirección transversal.

De igual manera sobre el lateral de la estructura completa debe resistir una carga de $2 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma. La deformación máxima no debe superar los 50 mm en ningún punto de la estructura.

Carga lateral en toda la estructura de valor: (se redondeará el valor obtenido)

$$2 \cdot p = 2 \cdot 9.81 \cdot (2020 + 75) = 41000 \text{ N}$$

Ecuación 94

Por lo tanto, se aplicará una carga distribuida de 41000 N sobre el lateral de la estructura y se analizarán los resultados. (Ver Figura 123)

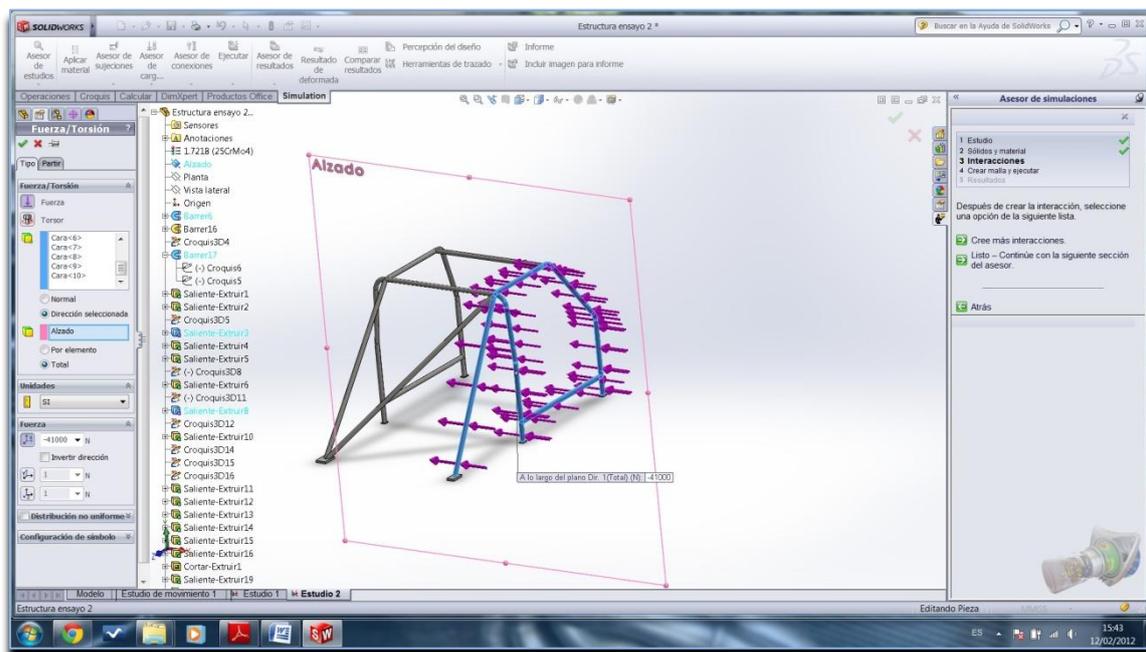


Figura 123: carga lateral sobre toda la estructura

Omitiendo los pasos ya mencionados en el Ensayo 1 se obtienen los resultados: Máximo desplazamiento de 40.52 mm < 50 mm y $\sigma_{Von Mises}$ obtenida < $\sigma_{25CrMo4}$ por lo que cumple la normativa, aunque el grado de “confianza” de la estructura es demasiado bajo, por lo que se rediseñará en pasos posteriores para reforzarla como es debido. (Ver Figura 124)

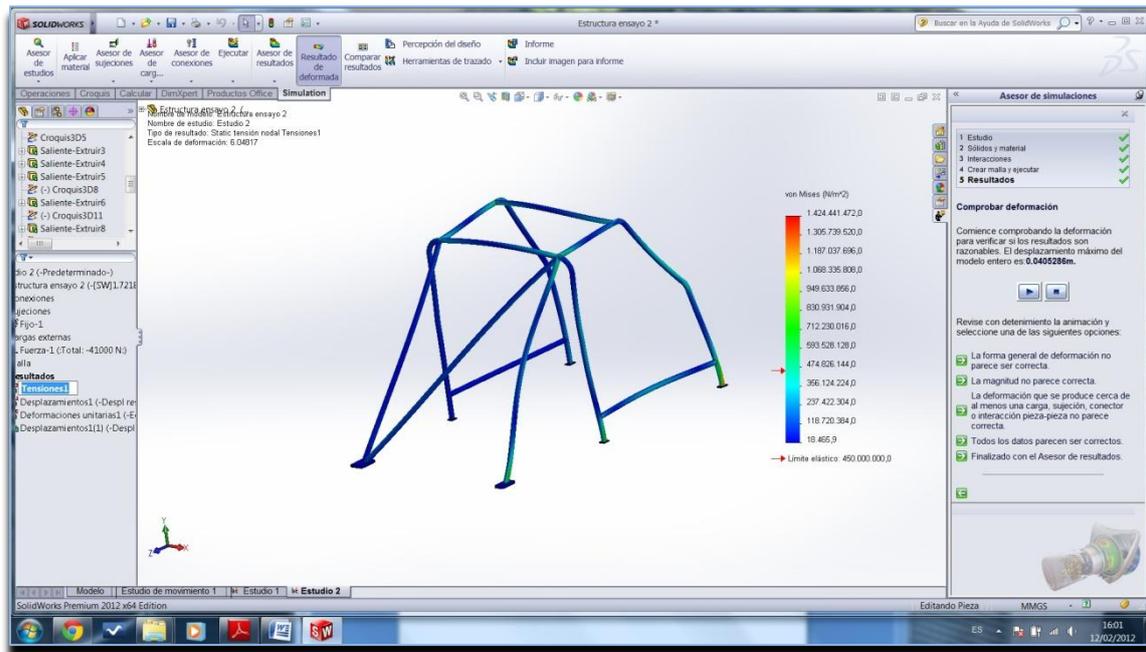


Figura 124: resultados del ensayo 2, en este caso ilustración de las tensiones de Von Misses

2.6.2.3.- Ensayo 3: Estudio en la dirección longitudinal.

En la dirección longitudinal de la estructura completa debe resistir una carga de $6 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma. La deformación máxima no debe superar los 50 mm en ningún punto de la estructura. (Ver Figura 125)

$$6 \cdot p = 6 \cdot 9.81 \cdot (2020 + 75) = 123000$$

Ecuación 95

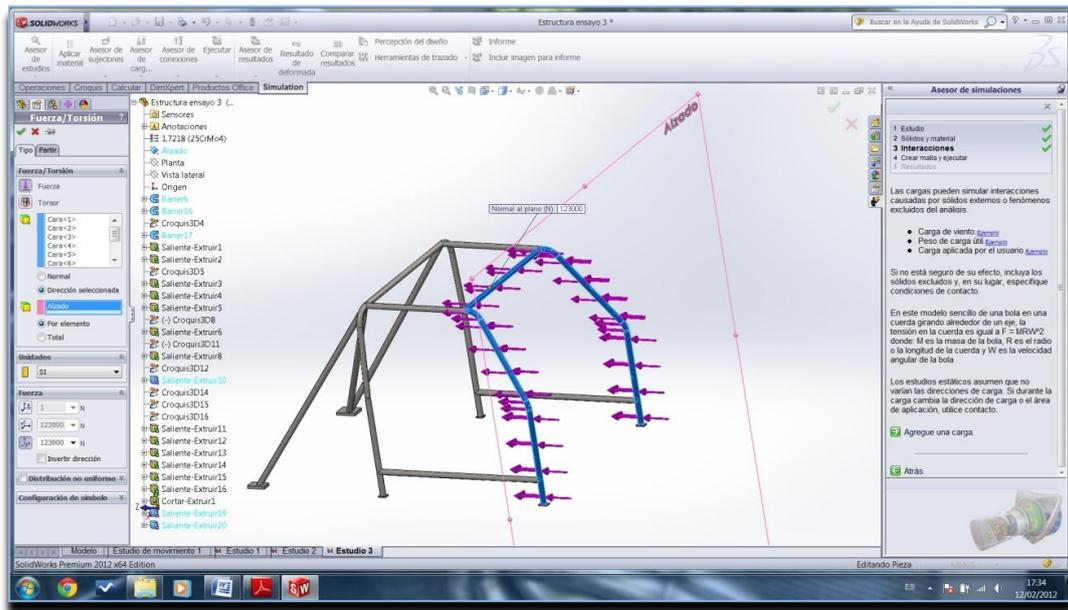


Figura 125: carga longitudinal

Resultados: Máximo desplazamiento de 29.86 mm < 50 mm y $\sigma_{Von Mises}$ obtenida < $\sigma_{25CrMo4}$ por lo que cumple la normativa, pero como en el caso anterior, se realizarán cambios y refuerzos en la estructura para aumentar el mencionado “grado de confianza”. (Ver Figura 126)

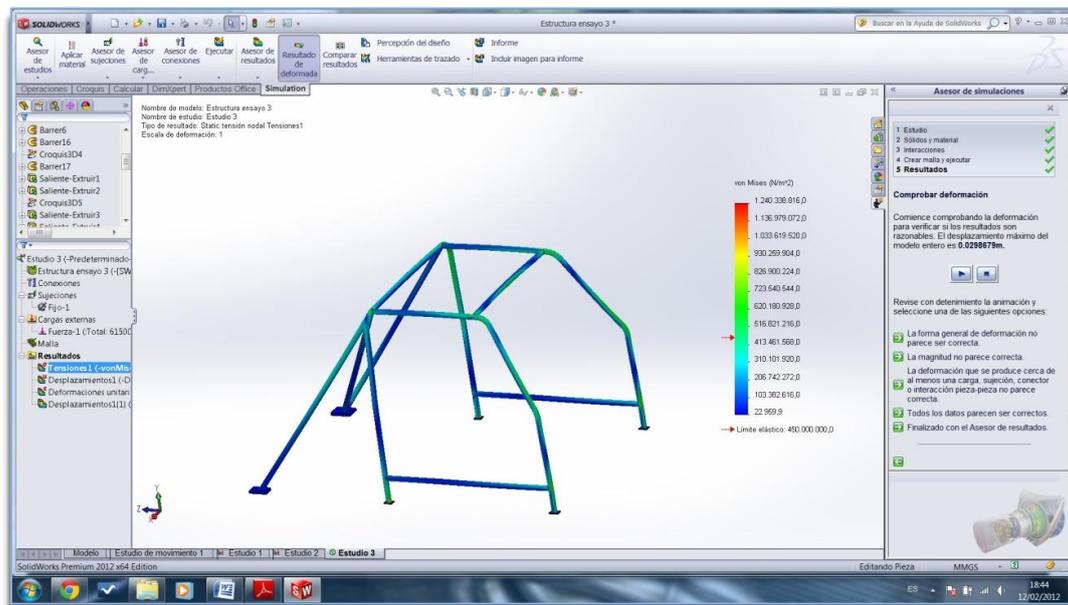


Figura 126: resultados del ensayo 3, en este caso ilustración de las tensiones de Von Mises

2.6.3.- REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Se rediseñará la estructura para que cumpla la normativa y vaya un paso más allá en el aspecto de la seguridad, ajustando lo máximo posible el diseño para hacer a la estructura lo más resistente posible con el menor peso y material que se pueda.

Analizando los resultados previos y fijándose en proyectos similares de fabricantes de primer orden, se procede, de forma resumida, con los siguientes pasos:

Adición de barra frontal a la altura del salpicadero y sustitución de las barras de protección laterales (una por lado) por dos barras cruzadas por lado y un refuerzo adicional entre ellas (que servirá de prolongación de futuros tirantes desmontables, como se explicará más adelante) (Ver *Figura 127*).

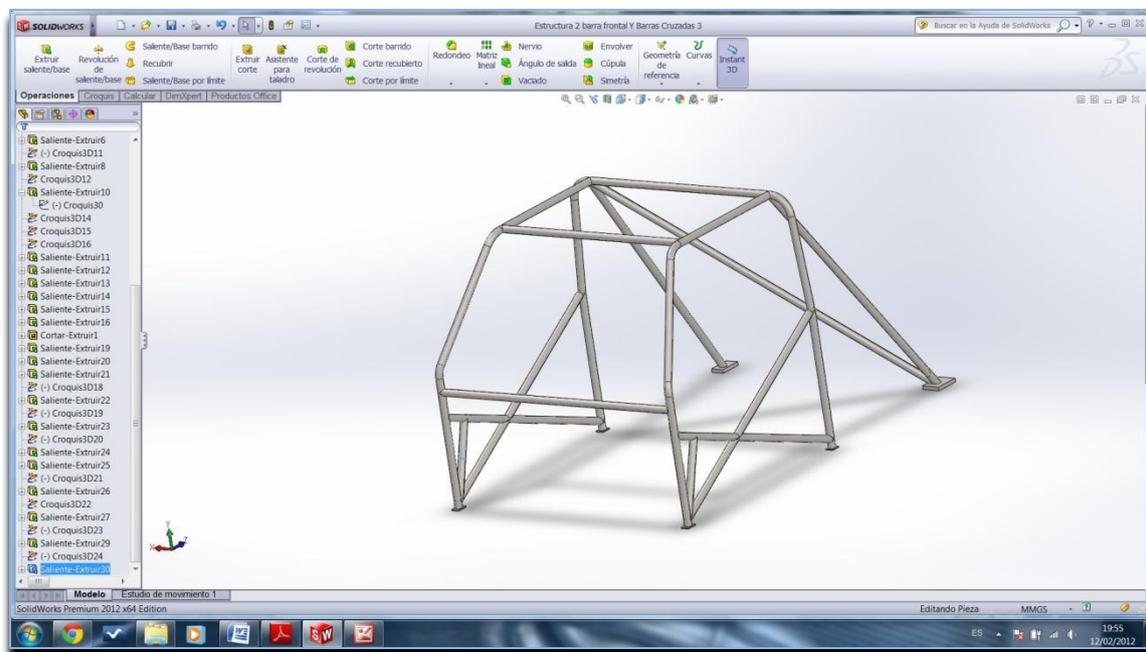


Figura 127: primeros refuerzos en la estructura

En previsión a la instalación del depósito de combustible homologado y las ruedas de repuesto en el maletero, se ha de hacer hueco, por lo tanto se tiene que eliminar la barra diagonal trasera y reemplazarla por otros elementos, ya que con dicha barra se impediría su correcta instalación. (Ver *Figura 128*)

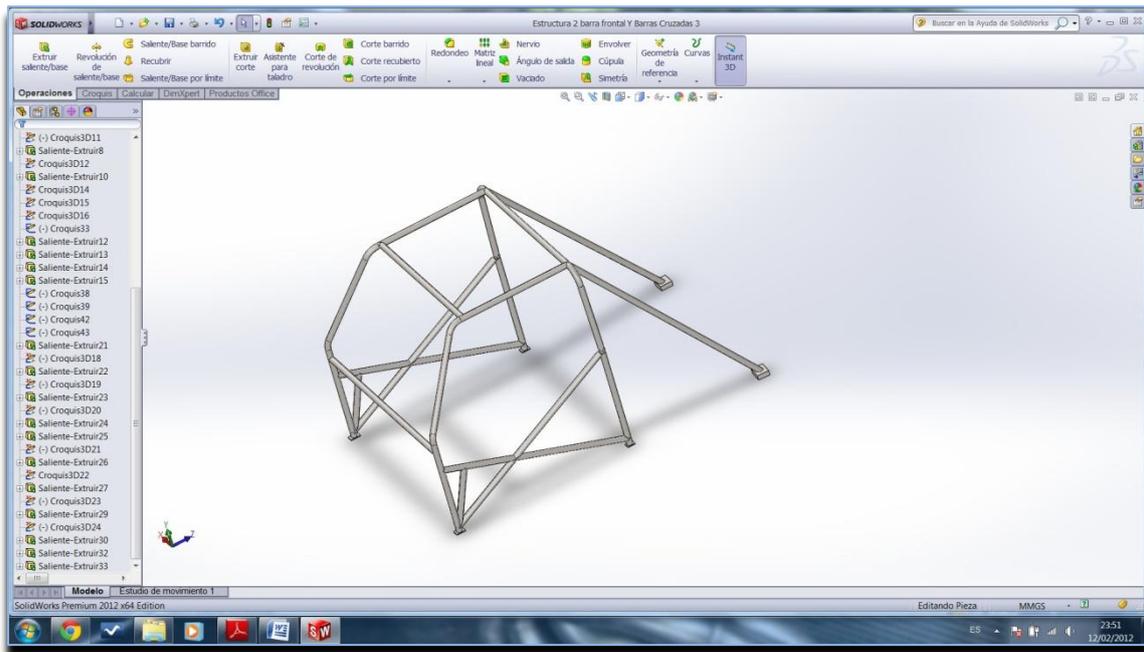


Figura 128: eliminación de la barra diagonal trasera

A continuación se diseñan refuerzos en la parte superior de la estructura, consistente en dos barras cruzadas (Ver Figura 129):

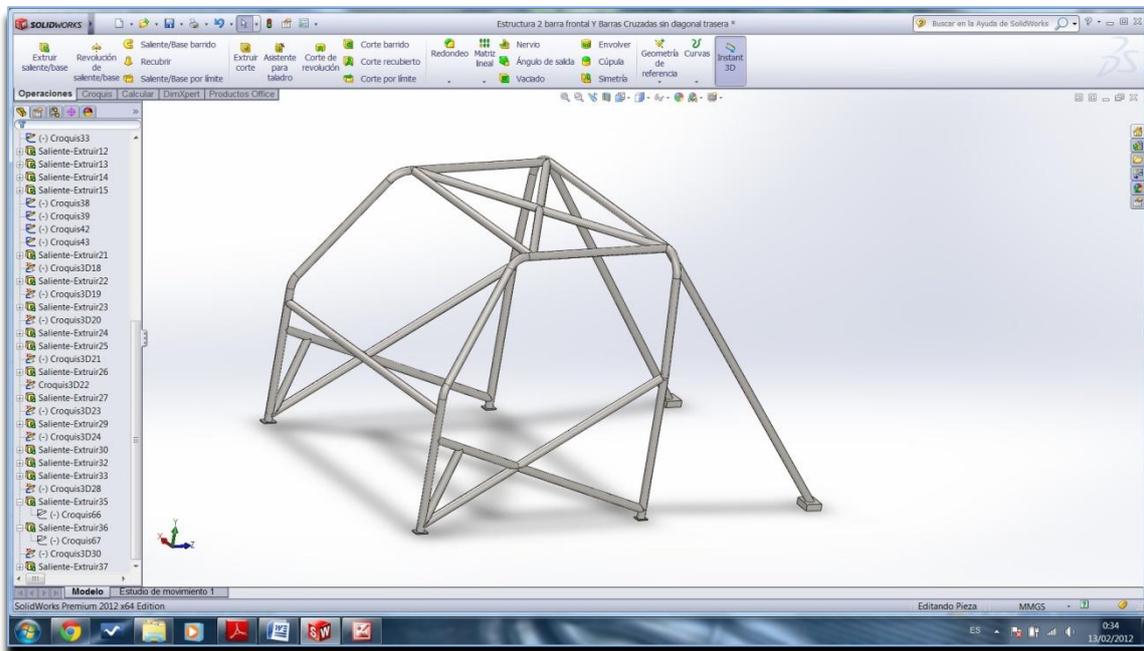


Figura 129: eliminación de la barra diagonal trasera

Además, al tener que instalar un cortafuegos entre el espacio del maletero (donde irá el mencionado depósito de combustible homologado) y el espacio destinado a los ocupantes, se diseñarán unos tirantes diagonales para el arco principal, que además de refuerzo de la

estructura, servirán como soporte para el mencionado cortafuegos y de anclaje para los arneses de seguridad (Ver *Figura 130* y *131*).

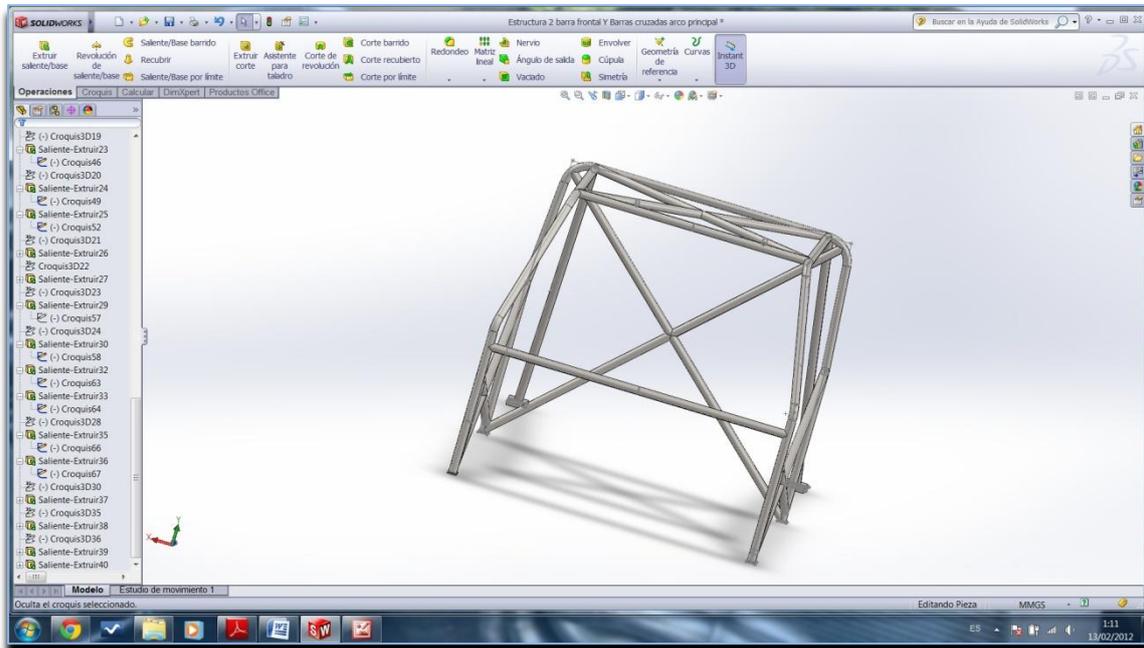


Figura 130: refuerzos diagonales del arco principal

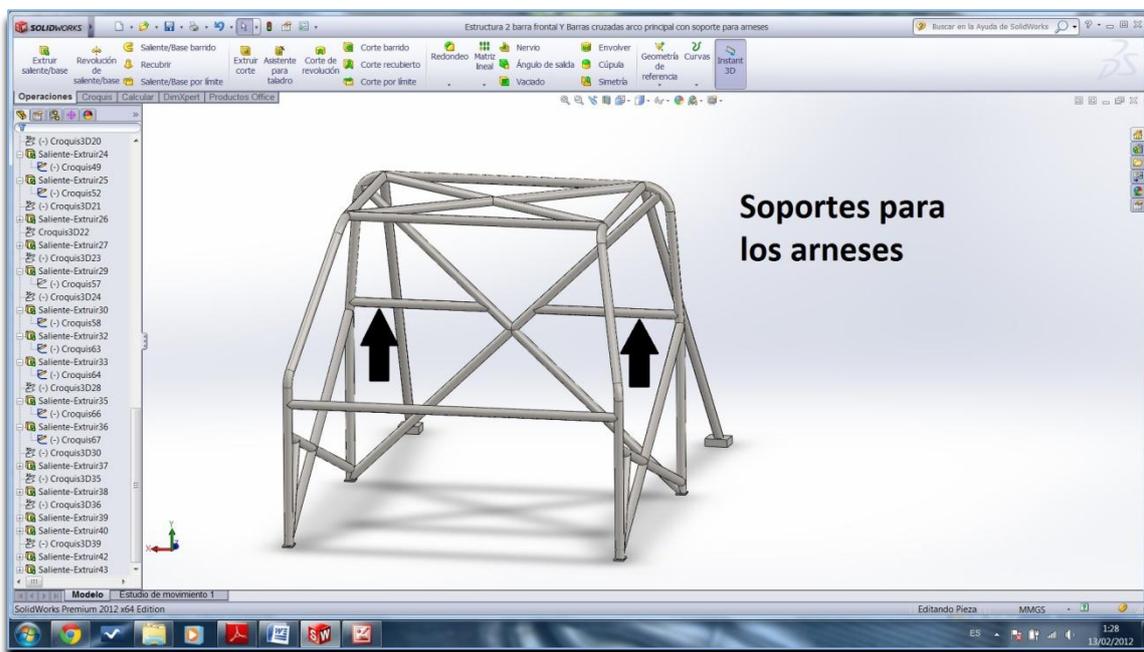


Figura 131: detalle de las barras de sujeción de los arneses de seguridad

Y por último, unos pilares de refuerzo entre el arco principal y los dos arcos laterales, y los refuerzos del limpiaparabrisas (tirantes, que estarán atornillados y serán desmontables, para facilitar tareas de instalación o mantenimiento del vehículo, como permite la normativa),

y se obtiene la estructura que casi con toda seguridad cumplirá con la normativa, con el mínimo número de barras para garantizar una excelente seguridad y el mínimo peso posible.

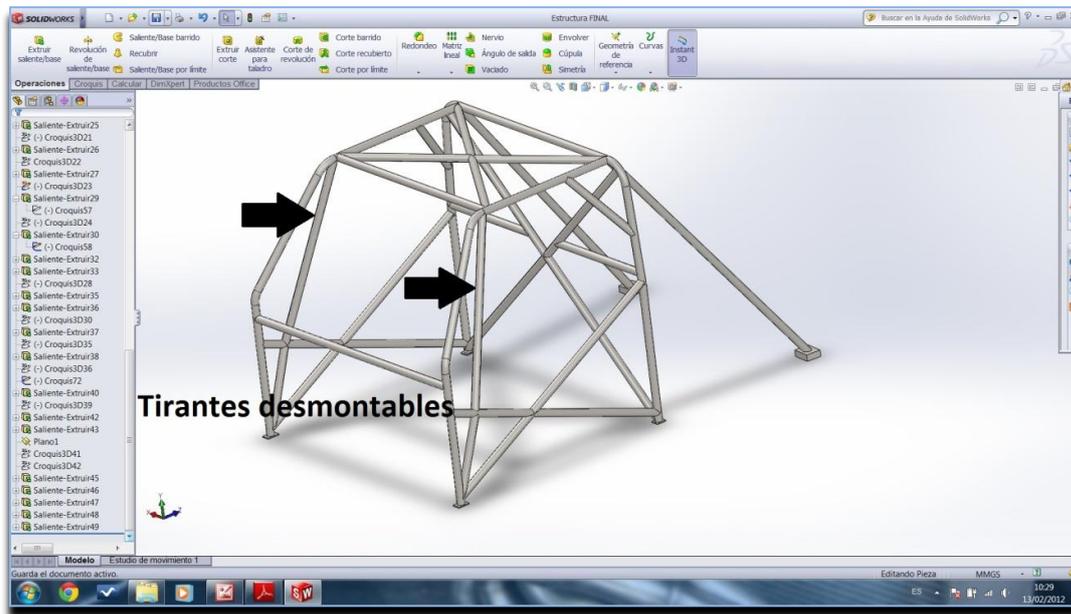


Figura 132: detalle de los tirantes desmontables

Por lo tanto, se tiene la estructura final, con el diseño listo para proceder a su análisis. (Ver Figura 133)

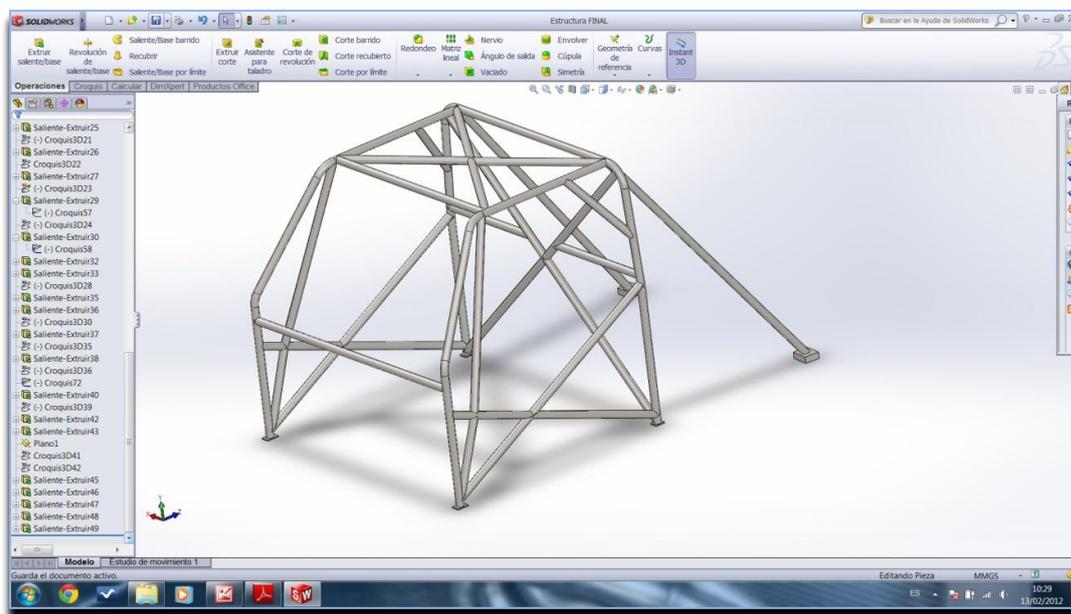


Figura 133: estructura terminada lista para su estudio

2.6.4.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA 2

Una vez rediseñada la estructura se procederá a realizar los 3 ensayos anteriores, con las mismas fuerzas y mismos procedimientos, que se resumen a continuación, y de los cuales sólo ilustrarán los resultados resumidos, por seguir los mismos pasos que en los casos de la estructura 1:

NOTA: Los resultados más detallados de la estructura final con cargas, dimensiones, tensiones, desplazamientos y demás datos por cada ensayo se adjuntarán en el ANEXO IV del presente proyecto.

2.6.4.1.- Ensayo 1: Estudio vertical sobre la estructura.

Carga vertical de valor sobre la parte superior del arco principal: (se redondeará el valor obtenido)

$$7 \cdot p = 7 \cdot 9.81 \cdot (2020 + 75) = 140000 \text{ N}$$

Ecuación 96

No produciéndose la rotura de la estructura en ningún nodo y obteniendo un desplazamiento máximo de 5.43 mm (Ver Figura 134):

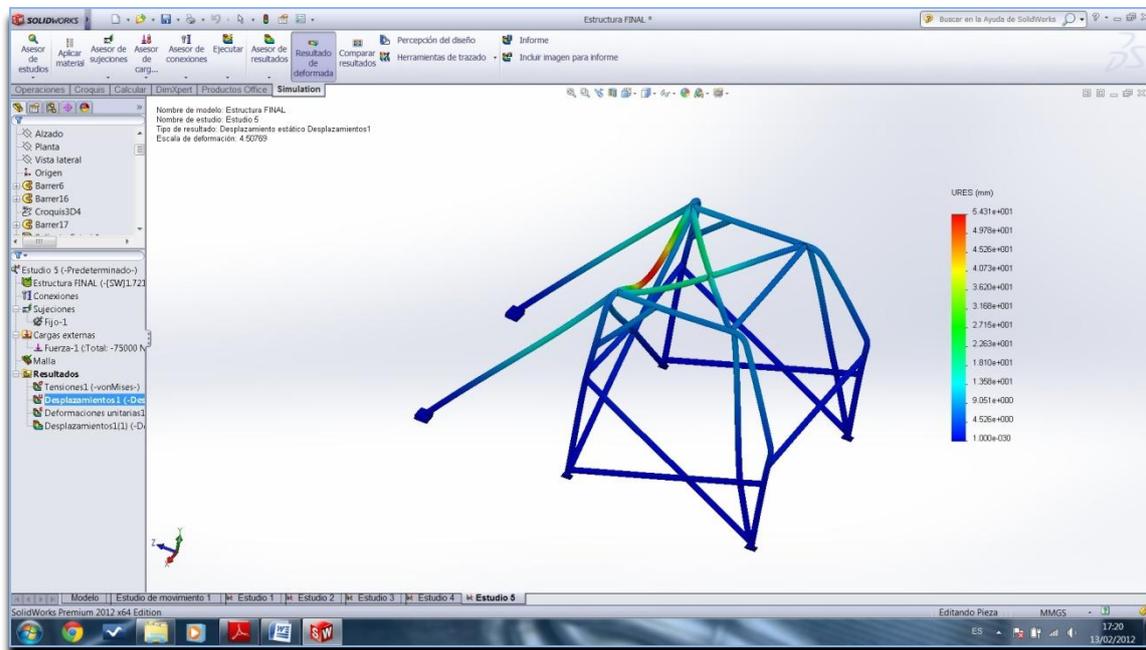


Figura 134: resultados del ensayo 1 para la estructura 2, en este caso ilustración los desplazamientos

Por lo que se puede concluir que **CUMPLE LA NORMATIVA.**

2.6.4.2.- Ensayo 2: Estudio en la dirección transversal

De igual manera sobre el lateral de la estructura completa debe resistir una carga de $2 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma.

Carga lateral en toda la estructura de valor: (se redondeará el valor obtenido)

$$2 \cdot p = 2 \cdot 9.81 \cdot (2020 + 75) = 41000 \text{ N}$$

Ecuación 97

No produciéndose la rotura de la estructura en ningún nodo y obteniendo un desplazamiento máximo de 13.16 mm (Ver *Figura 135*):

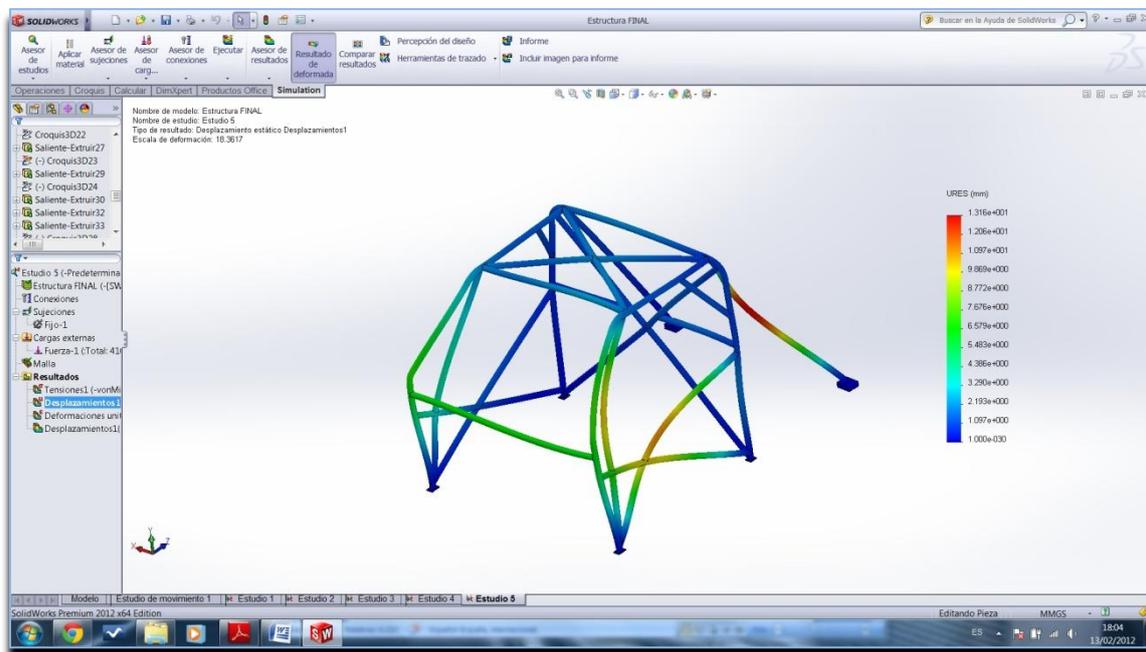


Figura 135: resultados del ensayo 2 para la estructura 2, en este caso ilustración los desplazamientos

Por lo que se puede concluir que **CUMPLE LA NORMATIVA**.

2.6.4.3.- Ensayo 3: Estudio en la dirección longitudinal.

En la dirección longitudinal de la estructura completa debe resistir una carga de $6 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma.

$$6 \cdot p = 6 \cdot 9.81 \cdot (2020 + 75) = 123000$$

Ecuación 98

No produciéndose la rotura de la estructura en ningún nodo y obteniendo un desplazamiento máximo de 18.30 mm (Ver *Figura 136*):

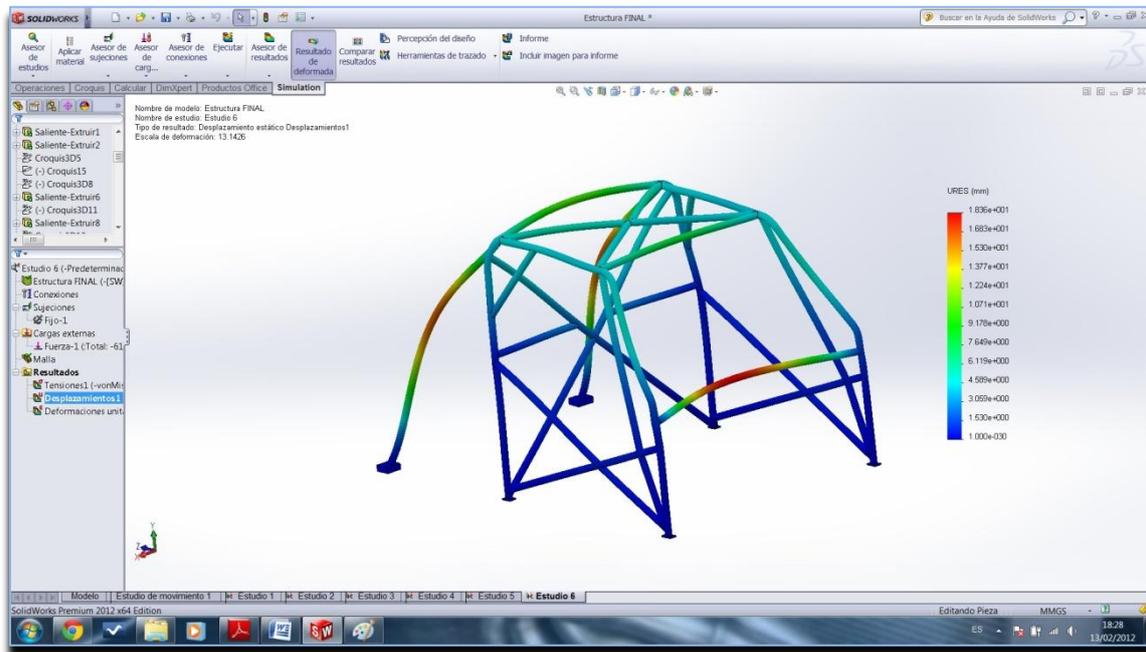


Figura 136: resultados del ensayo 3 para la estructura 2, en este caso ilustración los desplazamientos

Por lo que se puede concluir que **CUMPLE LA NORMATIVA**.

2.6.5.- CONCLUSIÓN

Se inició el presente capítulo con un arco de seguridad muy básico que no era capaz de aguantar las cargas a las que era solicitado y, tras estudiar sus posibles refuerzos, siempre teniendo en cuenta la normativa, se ha conseguido **augmentar la rigidez**, y por tanto, la **seguridad de los ocupantes del vehículo**.

A la vista de los datos que han arrojado las diferentes simulaciones, tanto de tensiones como de desplazamientos, se puede afirmar que el último diseño es un **diseño ÓPTIMO** que superará con éxito las pruebas a las que será sometido una vez se haya llevado a la realidad.

2.6.6.- MONTAJE E ILUSTRACIONES

A continuación se muestran figuras ilustrativas (*Figura 137 a 148*) para la instalación del arco de seguridad diseñado y construido, a modo de guía resumida para el taller encargado de la reforma.



Figura 137: vaciado completo del espacio destinado a carga



Figura 138: vaciado completo del espacio destinado a los ocupantes



Figura 139: jaula de seguridad en el espacio de los ocupantes

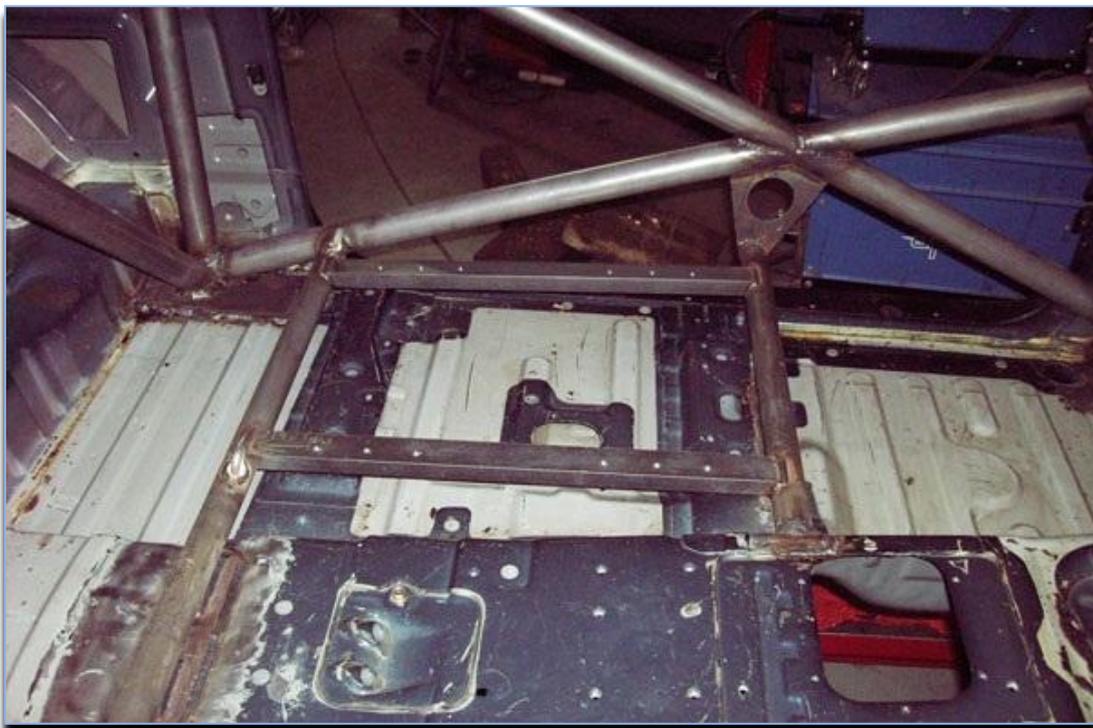


Figura 140: detalle del anclaje y de la zona de los soportes de los asientos de la jaula de seguridad en el espacio de los ocupantes



Figura 141: detalle de los tirantes desmontables atornillados de espacio de los ocupantes



Figura 142: Jaula de seguridad montada



Figura 143: instalación del salpicadero adaptado a la jaula



Figura 144: instalación del salpicadero adaptado a la jaula (2)

Una vez instalado el arco de seguridad, y habiendo realizado los ajustes necesarios en el salpicadero, se procede a dar una capa de imprimación y anticorrosión para proteger a la estructura y el interior del vehículo.



Figura 145: Jaula de seguridad e interior imprimados



Figura 146: detalle de la parte superior de la estructura ya instalada e imprimada



Figura 147: detalle de uno de los anclajes de la estructura



Figura 148: ilustración orientativa del resultado final

2.6.7.- ILUSTRACIONES ESTRUCTURA FINAL

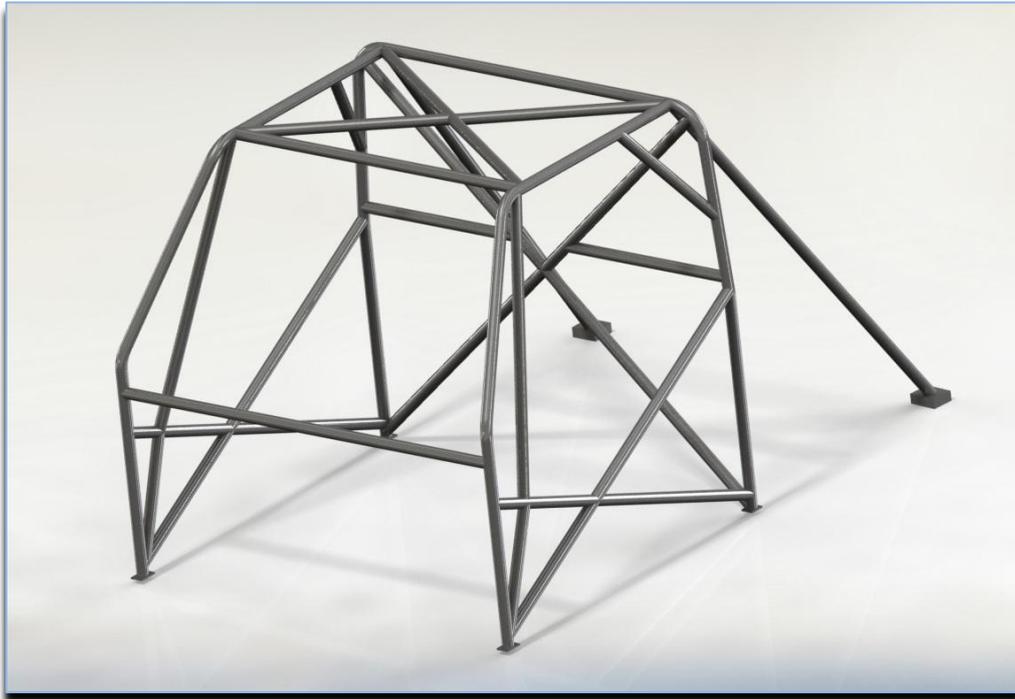


Figura 149: Estructura final

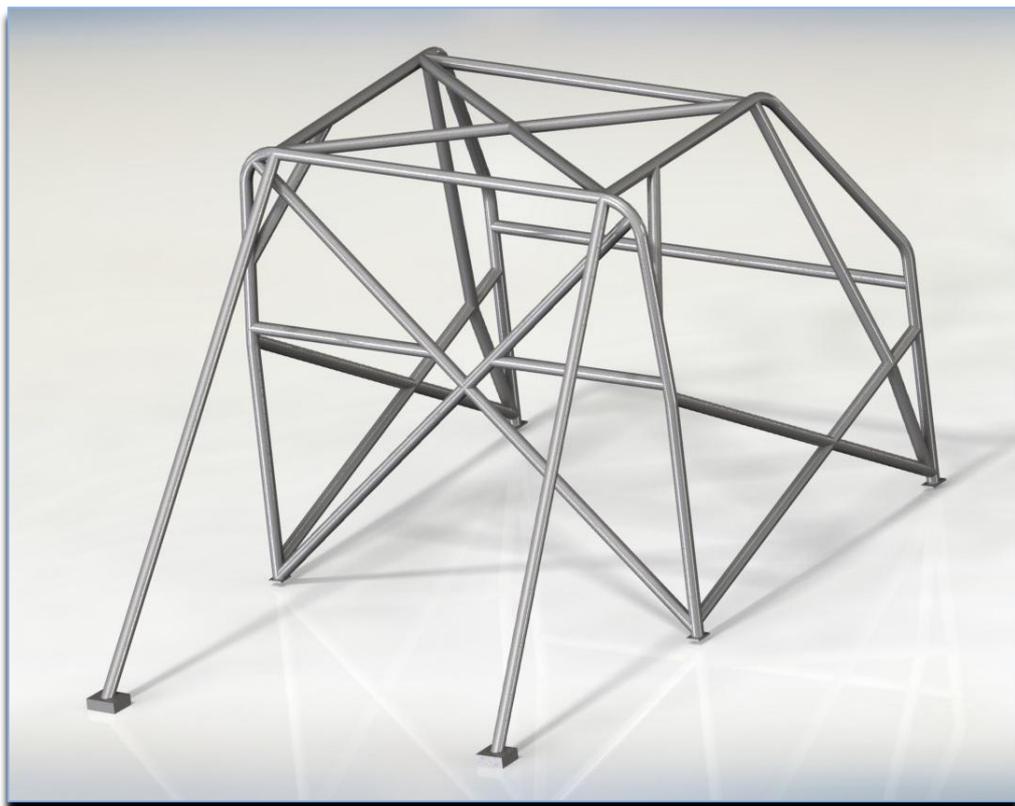


Figura 150: Estructura final (2)

2.6.8.- CARACTERÍSTICAS FINALES DE LA JAULA DE SEGURIDAD

Ya que se trata de un diseño nuevo, se elabora un presupuesto aproximado del coste de diseño y fabricación de la jaula de seguridad. (Incluido en el presupuesto detallado, ver punto 6).

Coste de materiales y mano de obra

Tabla de precios sacada de: <http://www.25crmo4.com>

Tamaño (mm)	Densidad lineal (Kg/m)	€/m
40x2	1.90	12.95
50x2	2.37	15.75

Tabla 32: Lista de precios por tipo de material

Peso total de la estructura (kg)	64
Peso del arco principal (50x2mm) (kg)	11
Peso de las demás barras (40x2mm) (kg)	53
Longitud de tubo de 50x2mm (m)	4.64
Longitud de tubo de 40x2mm (m)	27.8
Coste de materiales (€)	433

Tabla 33: Lista de precios por cantidad de material

Coste mano de obra (€/hora)	35
Horas de mano de obra (hora)	10
Coste de construcción (€)	350

Tabla 34: Lista de precios por construcción

Coste de materiales (€)	433
Coste de construcción (€)	350
COSTE TOTAL (€)	783

Tabla 35: coste total

CONCLUSIÓN

Se ha construido un arco de seguridad específico para este modelo de vehículo que cumple de manera más que eficiente con las condiciones de seguridad impuestas por la normativa de la RFEDA y la FIA, con el mínimo uso de materiales y buscando siempre el menor peso sin sacrificar en seguridad, y todo ello con un presupuesto ajustado y muy competitivo, teniendo en cuenta que el precio aproximado de un arco de seguridad de similares características de un fabricante especializado está en torno a los 1200 €.

Por lo tanto, **se recomienda la instalación de este modelo de arco de seguridad.**

2.7.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 2, 6, 8 y 9)

Se realizarán las siguientes reformas de acuerdo con el *Real Decreto 866/2010*:

- 1) **Reforma 2.7. Modificación de la ubicación, sustitución, adición o reducción del número de depósitos de combustible.**
 - a) **Reforma 8.21.** Instalación o desinstalación de mamparas de separación entre asientos.
 - b) **Reforma 8.22.** Modificación, instalación o desinstalación de elementos en la zona de equipaje, o en el espacio destinado a los pasajeros distinto a la zona frontal del habitáculo del vehículo.
 - c) **Reforma 8.30.-** Instalación o desinstalación de elementos fijos que no afecten a la estructura del espacio destinado a carga o equipaje del vehículo.
 - d) **Reforma 8.31.-** Instalación o desinstalación de elementos fijos que afectan a la estructura del espacio destinado a carga del vehículo.
- 2) **Reforma 6.3. Sustitución del volante por otro.**
- 3) **Reforma 9.1 Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización**

Donde, en cada reforma citada, se aplicará la correspondiente normativa resumida a continuación:

1. **Reforma 2.7.- Modificación de la ubicación, sustitución, adición o reducción del número de depósitos de combustible**
 - 1.1. Depósito de combustible 70/221/CEE
 - 1.2. Masas y dimensiones (automóviles) 92/21/CEE
 - 1.3. Equipos especiales para GNC Reglamento CEPE/ONU 110R
 - 1.4. Sistemas especiales de adaptación al GLP o GNC Reglamento CEPE/ONU 115R
2. **Reforma 6.3. Sustitución del volante por otro.**
 - 2.1. Mecanismos de dirección 70/311/CEE.
 - 2.2. Comportamiento del dispositivo de conducción en caso de colisión 74/297/CEE.
 - 2.3. Identificación de los mandos, luces testigo e indicadores 78/316/CEE.
3. **Reforma 9.1. Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización**
 - 3.1. Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa 76/756/CEE
 - 3.2. Proyectores (incluidas las lámparas) 76/761/CEE
 - 3.3. Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa Reglamento CEPE/ONU 48R

Y las siguientes instalaciones de seguridad exigidas por el *Artículo 283 del 2012 "Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno"*

- a) Sistema de extinción automático y manual.
- b) Instalación sistema de cortacorriente.
- c) Instalación de cierres de seguridad en capo y maletero.
- d) Instalación de protecciones adicionales.
- e) Sustitución de los cristales de las ventanillas y portón traseros, instalación de red de seguridad.
- f) (Opcional) Instalación de guardabarros delantero y trasero.
- g) (Opcional) Instalación sistema Terratrip® y GPS Sentinel.

2.7.1.- REFORMA 2.7. MODIFICACIÓN DE LA UBICACIÓN, SUSTITUCIÓN, ADICIÓN O REDUCCIÓN DEL NÚMERO DE DEPÓSITOS DE COMBUSTIBLE.

Con el fin de alcanzar la autonomía necesaria para acometer el tipo de competiciones de la categoría T2 (Dakar, Túnez ...), se procede a la instalación de un tanque de combustible de aluminio de 300 litros de capacidad, con validez en cuanto a la normativa FT3 en sustitución del depósito de origen, considerándose como la reforma de importancia del capítulo 2, **reforma 2.7**, incluyéndose las reformas **8.21/8.22/8.30 y 8.31** del **capítulo 8** en cuanto a espacio de carga y separación del depósito con respecto a los ocupantes del vehículo)

El kit se compone de los siguientes productos (Ver *Figura 151 y 152*):

Depósito de combustible del fabricante ATL en aluminio

- Capacidad: 300 litros más reserva de 12 litros.
- Dimensiones: 100x70x45 cm
- Boca de llenado, ventilación con respiraderos equipados con válvulas autoobturantes, válvulas de seguridad (antivuelco y de corte automático).
- Homologación FT3 1999 de la FIA, especial Rally Raid.
- Referencia ATL300RR300.



Figura 151: Depósito de combustible del fabricante ATL homologado por la FIA, ref ATL300RR300

Cajón protector del depósito de combustible

- Capacidad: diseñado para modelo ATL RR300, 300 litros de capacidad.
- Dimensiones: 102x72x47 cm
- Protección interior de espuma ignífuga.
- Homologación FT3 1999 de la FIA, especial Rally Raid.
- 2 conexiones macho de entrada de combustible, 1 de salida y 1 de ventilación.
- Referencia ATL300RRAL.



Figura 152: Cajón protector del depósito de combustible del fabricante ATL, homologado por la FIA, ref ATL300RRAL

Para los vehículos del Grupo T2 en los que el constructor no ha previsto un compartimento cerrado para el equipaje, como parte integrante de la carrocería, como el caso de este modelo de automóvil, el depósito adicional podrá situarse dentro del habitáculo, en la parte posterior al asiento más retrasado, y debe estar totalmente aislado por medio de paneles o carcasas ignífugas y estancos, previniendo la introducción de combustible en el habitáculo o el contacto con los conductos del escape; además deben practicarse unos orificios

en el suelo del compartimento para facilitar la evacuación de una posible fuga de combustible. (Todo ello acorde a la normativa del *Real Decreto 866/2010*, considerando las directivas en cuanto a las **reformas 8.21/8.22/8.30 y 8.31**). Por ello se realizarán estas reformas en el taller encargado de las modificaciones técnicas.

Se sustituirán además todos los manguitos de plástico del sistema de alimentación y retorno de combustible por unos manguitos metálicos o tipo “aviación”, según marca la normativa específica detallada al final del capítulo, pero se mantendrá la bomba de combustible original. (Ver *Figura 153*)

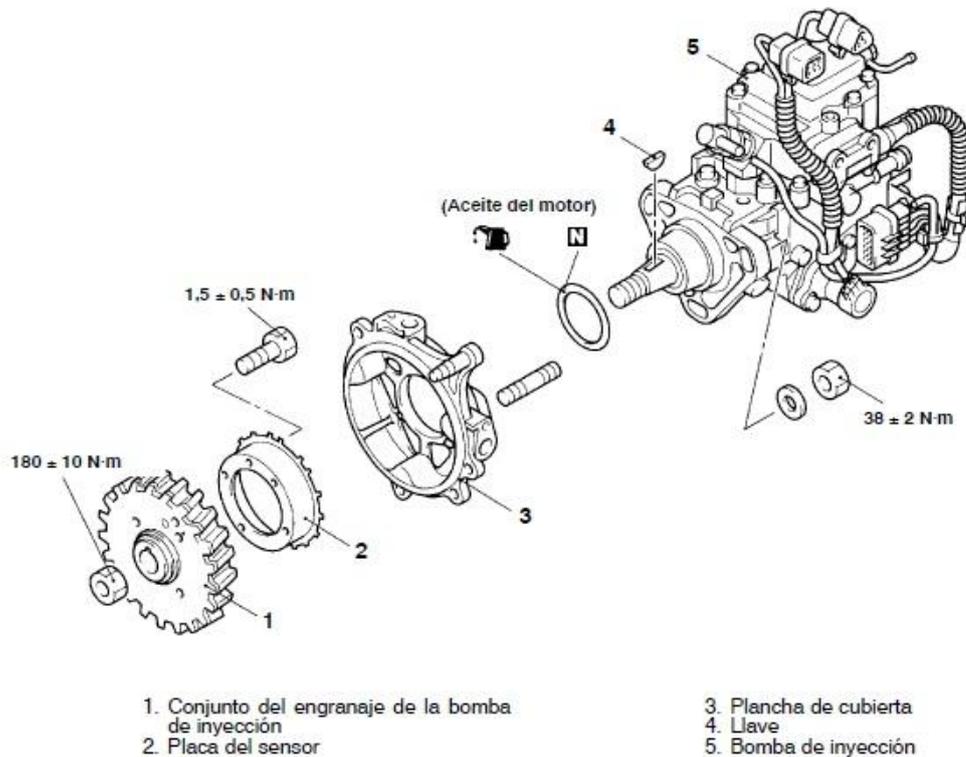


Figura 153: Bomba de combustible de serie

Para la fijación del kit del depósito de combustible se utilizará un soporte con 10 tornillos M10 de calidad 8.8, con una resistencia ya suficientemente probada para soportar cargas de altos valores, para su instalación de forma permanente en el maletero del vehículo. A continuación se muestran unas figuras ilustrativas (Ver *Figura 154 y 155*) a modo de ejemplo de la situación final del kit del depósito de combustible.

Nota: no se mostrarán ilustraciones de la mampara de protección ni de la estanqueidad del compartimento en el que estará el depósito de combustible, ya que su instalación ya está suficientemente clara con las indicaciones anteriores.



Figura 154: figura ilustrativa de la situación final del depósito de combustible de sustitución



Figura 155: figura ilustrativa de la situación final del depósito de combustible de sustitución (2)

2.7.2.- REFORMA 6.3. SUSTITUCIÓN DE UN VOLANTE POR OTRO

Para mejorar las características de conducción también se sustituirá el volante de serie por uno de competición específico, además de una piña separadora. Con esta sustitución se consigue una “falsa sensación” de dirección rápida y un mejor agarre, con menor deslizamiento de las manos del piloto en el manejo del volante, pues éste está recubierto con piel vuelta, que junto con los guantes del piloto, asegura un mejor manejo de la dirección del vehículo. (Ver *Figura 156 y 157*)

VOLANTE

- Modelo: Sparco 345
- Referencia: CMS-ARM708015R345MLN
- 3 brazos, orificio central y seis de fijación.
- Diámetro 350mm.
- Profundidad 63mm.
- Empuñadura 35mm de diámetro.



Figura 156: volante del fabricante Sparco

PIÑA

Adaptador indispensable para fijar un volante de competición a la caña de dirección. Modelo OMP 206 O-OD-1960PE193A Diseño AIRBAG, que le permite ser retractable y deformable, permitiendo que el volante se hunda en caso de accidente. Se recuerda que el

sistema de AIRBAG propio y de serie del vehículo se ha de desconectar según marca el artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”



Figura 157: Piña de separación

Tras la entrada en vigor del R.D. 866/2010 de 2 de julio, se redefine la sustitución del volante de un vehículo, eliminando la necesidad de una diferencia de diámetros entre volantes para que sea considerado reforma. La definición de la nueva reforma 6.3 “Sustitución del volante por otro”, hace que el simple hecho de cambiar un volante por otro tenga que estar autorizado mediante la correspondiente anotación en la tarjeta ITV, independientemente de la diferencia de diámetros entre el volante original y el sustituto. No se permite, en un vehículo destinado para la circulación en la vía pública, la sustitución de un volante con airbag por otro que no lo tenga, debiendo garantizarse el normal funcionamiento de los sistemas de airbag y pretensores del vehículo después de la transformación, o la modificación del mismo. (Ver Punto 2.8: Reformas grupo 11 para más detalles)

Según el artículo N°11 del R. G. Vehículos y el Reglamento CEPE/ONU N°12 los órganos de mando y maniobra han de estar contruidos de manera que sean fácilmente accionados, tanto los propios mandos como los indicadores y testigos, por tanto no están permitidos aquellos que separan el aro del volante de los mandos de accionamiento de luces e indicadores de dirección.

Nota: Si el vehículo está destinado EXCLUSIVAMENTE a la competición estas normas no se aplican, ya que las condiciones para la competición son mucho menos exigentes que para la circulación por la vía pública., como se refleja con la reforma nº 11.5, “Vehículos para uso exclusivo de pruebas deportivas” (Ver Punto 2.8 para más detalles).

INSTALACIÓN E ILUSTRACIÓN ORIENTATIVA

Se desmontará el volante de serie soltando en primer lugar la tuerca central de la caña de dirección y se extrae el volante. Se montará la piña nueva en la caña de dirección y se sujetará con la tuerca central de la caña. Una vez llegado a este punto se procederá al montaje del volante sobre la piña sujetándolo con 6 tornillos. (Ver Figura 158)



Figura 158: Volante de competición más piña separadora instalados

2.7.3.- REFORMA 9.1: ADICIÓN O DESINSTALACIÓN DE CUALQUIER ELEMENTO, DISPOSITIVO, SISTEMA, COMPONENTE O UNIDAD TÉCNICA INDEPENDIENTE DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN

Se instalará un kit de faros adicionales de dos focos sobre el parachoques delantero sin fijación permanente, de tal manera que se pueda hacer su montaje y desmontaje de una forma sencilla y rápida. Se realizan una serie de 4 taladros con tornillos de dimensiones M6x100-20 con tuercas 6x100-22,15-15,5 de calidad 8.8. Los focos son del fabricante *PIAA* y en ningún momento superarán la intensidad máxima de iluminación de 225.000 candelas, aún encendidos simultáneamente. (Ver *Figura 159 y 160*)



Figura 159: Focos fabricante PIAA, modelo 520 SMR Xtreme White, ref 73516

2 Lamp Kit PN	73516							
Bulb Type	H3 35W= 60W							
Description	Black stamped steel housing, with grill cover							
Kit Includes	Wiring harness, relay and switch							
Technology	Star White - ATP (All-Terrain Pattern)							
	All-Terrain (ATP)							
		single lamp PN	single lens PN	replacement bulb PN	wiring harness PN	relay PN	switch PN	lamp cover PN
	Star White	73506	75506	70363	74038	74086 (MLR-1)	74034	76012

Figura 160: Características Focos fabricante PIAA, modelo 520 SMR Xtreme White, ref 73516

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS DE UNIÓN

Los anclajes serán uniones atornilladas por medio de 4 tornillos M8 8.8 de forma que cada foco recibe dos tornillos en lugares especialmente preparados para ello. El peso de un faro con su soporte es de 14.71 N (1.5 kg) concentrados en su centro de gravedad.

En el caso más desfavorable, en el que un solo tornillo recibiera toda la carga de 14.71 N, con $A_s = 36.60 \text{ mm}^2$, tenemos:

$$F_{t,rd} = \frac{0.9 \cdot f_u \cdot A_s}{1.25}$$

Ecuación 99

$$F_{v,rd} = \frac{0.5 \cdot n \cdot f_u \cdot A_s}{1.25}$$

Ecuación 100

$$F_{t,rd} = 33408 \text{ N}$$

Ecuación 101

$$F_{v,rd} = 18560 N$$

Ecuación 102

CONCLUSIÓN

Valores de $F_{t,rd}$ y $F_{v,rd}$ que son claramente muy superiores al valor del esfuerzo al que estaría sometido un tornillo del anclaje del faro, por lo que estos tornillos, junto con sus faros y soportes, son **válidos**

RESULTADO TRAS LA REFORMA, FIGURAS ILUSTRATIVAS, VARIACIÓN OPCIONAL

A continuación se ilustra otra opción en la instalación de faros adicionales para el vehículo objeto del proyecto, consistente en una rampa con 4 faros (que tampoco superarán las 225.000 candelas) del mismo fabricante, modelo y referencia anteriormente citado, con un peso total de 7 kg, incluyendo el soporte de la rampa que sujeta dichos faros, instalada sobre el techo a no más de 1.25 m desde la base del parabrisas según dicta la normativa, cuyos cálculos se han omitido por ser evidente su validez en cuanto a resistencia de los tornillos en comparación a la solicitud requerida. (Ver *Figura 161 y 162*)



Figura 161: Resultados posibles ilustrativos de la instalación de faros adicionales



Figura 162: Rampa de instalación de faros adicionales, variante opcional, fabricante euro4x4parts, ref Ex55694

2.7.4.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD EXIGIDAS

En la adaptación del vehículo a la categoría del grupo T2, además de las reformas de importancia, es necesario añadir diferentes instalaciones, dispositivos y sistemas que no se contemplan como reforma de importancia, pero que son necesarios para cumplir con la legislación vigente, exigidas por el Artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”.

2.7.4.1.-SISTEMA DE EXTINCION AUTOMATICO Y MANUAL

Se procede a la instalación de dos sistemas extintores dentro del vehículo, uno manual y otro automático, fácilmente accesible para los ocupantes, que se active desde el exterior e interior del vehículo (mediante tiradores o pulsadores) con múltiples aspersores en el habitáculo y el vano motor, como dicta la normativa.

2.7.4.1.1.-SISTEMA DE EXTINCION MANUAL

Se utilizarán dos extintores del fabricante OMP, de aluminio, y Referencia 101513 con sistema de apertura rápida, aplicación manual y homologación de la FIA, uno para el piloto y otro para el copiloto, situados en algún lugar accesible (a elegir por el taller encargado de las reformas) para los ocupantes incluso con los arneses colocados. Tienen una vida de 5 años sin necesidad de revisiones ni mantenimientos.

Modelo OMP CAB/320 manual de aluminio de cuerpo cilíndrico, de dimensión y capacidades (Ver Figura 163):

- Longitud: 380 mm.
- Diámetro: 110 mm.
- Peso: 3.9 kg.
- Capacidad: 2.4 litros.
- Agente extintor: AFFF.



Figura 163: extintor manual del fabricante OMP con sistema de apertura rápida, ref 101513

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LAS UNIONES DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN MANUAL

Según la normativa vigente, la bombona de extinción automática debe ir fijada de tal modo que sus fijaciones aguanten una aceleración y deceleración mínimas de 25G en cualquier dirección. Para esto se utilizarán tornillos de acero de alta resistencia M3 de acero zincado con calidad 8.8 con 2 uniones roscadas (tornillos y tuercas de mismo tamaño y material). Su colocación se hace en frío. (Ver Figura 164)

$$F_d = 25 \cdot 9.8 \cdot 8.3 = 110.25 \text{ N}$$

Ecuación 103

$$F_{t,rd} = \frac{0.9 \cdot f_u \cdot A_s}{1.25} = 2897.28 \text{ N}$$

Ecuación 104

$$F_{v,rd} = \frac{0.5 \cdot n \cdot f_u \cdot A_s}{1.25} = 3219.2 \text{ N}$$

Ecuación 105

Siendo:

f_u = resistencia del material o límite de rotura, siendo de 800 MPa.

A_s = área eficaz del tornillo (para uno de M3 8.8 será de 5.03mm²).

n = número de planos de corte, en nuestro caso 2, como indica la figura 145.

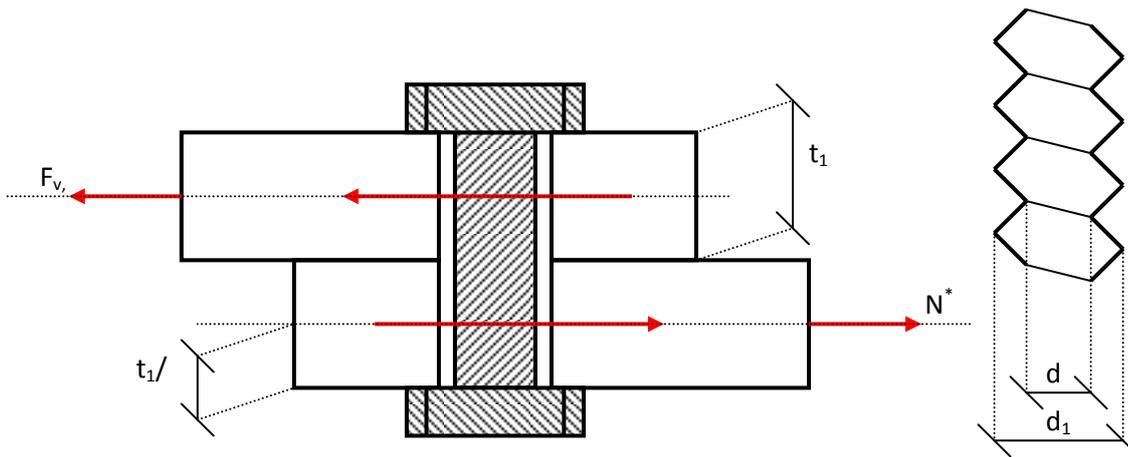


Figura 164: Esquema de unión de los tornillos al chasis

Donde se comprueba que la sollicitación máxima a la que estará sometido el tornillo es mucho menor que la resistencia de este.

$$F_d = 110.25 < F_{t,rd} = 2897.28 \text{ N} < F_{v,rd} = 3219.2 \text{ N}$$

Ecuación 106

CONCLUSIÓN

El sistema de fijación es válido para su instalación.

2.7.4.1.2.- SISTEMA DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICO

Deberá contar con dos bocas de descarga, uno al vano motor y el otro al habitáculo. Cada botellón extintor deberá estar montado de tal manera que sea capaz de resistir una aceleración de 25G en cualquier dirección.

Los dos sistemas deberán ponerse en marcha simultáneamente. Se autoriza todo medio de puesta en marcha, no obstante, para un sistema de puesta en marcha que no sea exclusivamente mecánico, debe preverse una fuente de energía que no provenga de la fuente principal. El piloto sentado normalmente en su lugar, con sus cinturones colocado debe ser capaz de poner en marcha el sistema manualmente, y una persona ubicada en el exterior debe alcanzar dicho sistema de accionamiento.

El dispositivo de puesta en marcha del exterior debe estar ubicado debajo del parabrisas, del lado del piloto, cerca del corta corriente o combinado con este y debe estar indicado con una letra "E" roja en un círculo blanco con borde rojo de por lo menos 100mm de diámetro.

La puesta en marcha automática por sondas de temperatura, está recomendada,

pero no será aplicable en este caso.

ELEMENTOS DEL KIT DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICA

a) Extintor OMP CA/303/B

- Longitud: 325 mm.
- Diámetro: 160 mm.
- Peso: 8.1 kg.
- Capacidad: 4.25 litros.
- Agente extintor: AFFF.
- Homologación FIA 2000.

b) Complementado con (Ver Figura 165 y 166):

- 2 fijaciones inoxidable y fajitas para el montaje.
- 2 rollos de tubo en aluminio 6 mm, 4 metros de longitud, para el tirador exterior e interior. CD/323/A
- 4 válvulas de anclaje rápido en T. CD/392
- 2 válvulas terminales en L. CD/391
- 1 válvula de 3 salidas. CD/390
- 6 toberas pulverizadoras.
- 1 cable de transporte resistente al fuego, 5 metros y 10mm de diámetro. CD/324/10
- 1 adhesivo redondo "E" de identificación para la capota.



Figura 165: Extintor del sistema automático de extinción



Figura 166: Elementos del kit de extinción automático: Boquilla pulverizadora, cable de conexión, conexiones en L y T, control box, disparador, revestimiento, tubos de alimentación y adhesivo "E"

INSTALACIÓN

El extintor ira colocado detrás del asiento del copiloto dispuesto de tal manera que la línea del eje longitudinal de extintor sea paralela a los ejes de las ruedas.

Se dispone de seis toberas pulverizadoras. Se instalarán dos de ellas en el habitáculo y las otras cuatro restantes en el vano del motor.

Las dos destinadas al habitáculo se instalarán una en los pies del piloto y la otra en los pies del copiloto. Apuntando hacia el frente para no dirigir el riego a la cara de los ocupantes como indica la normativa vigente.

Las cuatro restantes destinadas al habitáculo del motor se dispondrán dos en los laterales y la otra pulverizadora en el medio.

Los accionamientos interior y exterior son de accionamiento mecánico. Uno se instalará junto al freno de mano para que este a disposición tanto del piloto como del copiloto. El otro se instalará en la parte izquierda del coche sobre la capota junto al retrovisor izquierdo.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LAS UNIONES DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICO

Según la normativa vigente explicada anteriormente, la bombona de extinción automática debe ir fijada de tal modo que sus fijaciones aguanten una aceleración y deceleración mínimas de 25G en cualquier dirección. Para esto se utilizarán tornillos de acero de alta resistencia M4 de acero zincado con calidad 8.8 con 4 uniones roscadas (tornillos y tuercas de mismo tamaño y material). Su colocación se hace en frío.

$$F_d = 25 \cdot 9.8 \cdot 8.3 = 2033.5 \text{ N}$$

Ecuación 107

$$F_{t,rd} = \frac{0.9 \cdot f_u \cdot A_s}{1.25} = 5057.28 \text{ N}$$

Ecuación 108

$$F_{v,rd} = \frac{0.5 \cdot n \cdot f_u \cdot A_s}{1.25} = 5619.2 \text{ N}$$

Ecuación 109

Siendo:

f_u = resistencia del material o límite de rotura, siendo de 800 MPa.

A_s = área eficaz del tornillo (para uno de M4 8.8 será de $8,78\text{mm}^2$).

n = número de planos de corte.

Donde se comprueba que la sollicitación máxima a la que estará sometido el tornillo es mucho menor que la resistencia de este.

$$F_d = 2033.5 \text{ N} < F_{t,rd} = 5057.28 \text{ N} < F_{v,rd} = 5619.2 \text{ N}$$

Ecuación 110

CONCLUSIÓN

El sistema de fijación es válido para su instalación.

2.7.4.1.2.- SISTEMA DE CORTACORRIENTE

A continuación se procede a la instalación de un kit sistema de desconexión del sistema de la batería del vehículo del proveedor *MarcoRacing* según la normativa FIA vigente. (Ver *Figura 167 a 170*)

Su misión principal es parar el motor en caso de emergencia o accidente, además de cortar todos los circuitos eléctricos, como batería, alternador o dinamo, luces, claxon, encendido, controles eléctricos, etc. También sirve para que no se descargue la batería por la poca asiduidad de uso del coche así como para evitar posibles robos.

La mayoría de los incendios son provocados por cortocircuitos y/o problemas de motor. En el caso de que haya fuego se tiene un sistema de extinción, pero la función principal del cortacorrientes es minimizar el tiempo en desconectar el sistema eléctrico del coche y así minimizar los posibles daños por ignición por cortocircuitos o funcionamiento del motor en situaciones de peligro.

El kit de desconexión debe ser un modelo antideflagrante y será accesible desde el interior del vehículo por el conductor y el copiloto sentados y atados por sus cinturones, y desde el exterior del vehículo. Los vehículos de los Grupos T1, T3 y T2 deben estar equipados con dos interruptores externos, uno a cada lado de la base de los montantes del parabrisas. Estarán claramente marcados mediante un rayo rojo en un triángulo azul con borde blanco y una base de, al menos, 12 cm. El interruptor debe asimismo aislar todas las bombas eléctricas de combustible. Todas las setas estarán dispuestas en serie en el circuito eléctrico, para que cuando sea pulsada cualquiera de las tres se interrumpa la corriente a las bobinas.



Figura 167: Componentes sistema de desconexión encendido: Seta de desconexión, cableado y adhesivos de señalización

COMPONENTES

- 3 x Seta (interruptor de 6 polos con llave y tapa), referencia 9900440.
- Cable de control remoto de 10mm de grosor, longitud 5 metros, resistente al agua, referencia 990044.
- Adhesivo de señalización de corte eléctrico, referencia 503722.

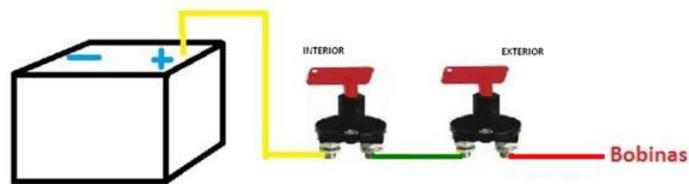


Figura 168: Esquema de conexión del cortacorrientes



Figura 169: Ubicación interior de la seta de desconexión



Figura 170: Ubicación exterior de la seta de desconexión

2.7.4.1.3.- INSTALACIÓN DE CIERRES DE SEGURIDAD EN CAPÓ Y MALETERO.

Al menos se instalarán dos fijaciones suplementarias para cada uno de los capós. Esta medida también se aplica a los portones, pero no a las puertas. Los mecanismos de cierre originales deberán dejarse inoperantes o desmontarse. Estas fijaciones serán del tipo “americano”, una bayoneta atraviesa el capó, y este último queda bloqueado por un pasador, también fijado al capó. Si se utilizan elementos de plástico, deberán preverse refuerzos metálicos, para evitar el riesgo de arrancamiento. Los objetos grandes llevados a bordo del vehículo (como la rueda de repuesto, caja de herramientas, etc.), deben estar firmemente sujetos. (Ver *Figura 171*)



Figura 171: Cierres de seguridad del fabricante OMP para maletero y capó

2.7.4.1.4.- INSTALACIÓN DE PROTECCIONES ADICIONALES

Se instalará un kit de protecciones PRS Duraluminio de 8 mm de espesor del proveedor *Sahara4x4*, consistente en varias piezas destinadas a cubrir el cárter, la caja de cambios y el diferencial trasero, todos ellos elementos susceptibles a mayores daños por impacto, debido a las especiales características del terreno en el que el vehículo transcurrirá. (Ver *Figura 172 a 174*)



Figura 172: Kit de protecciones de bajos del proveedor Sahara4x4, ref 192193



Figura 173: Kit de protecciones de bajos del proveedor Sahara4x4, ref 192193 (2)



Figura 174: Figura ilustrativa del resultado de la instalación del kit de protecciones de bajos del proveedor Sahara4x4, ref 192193

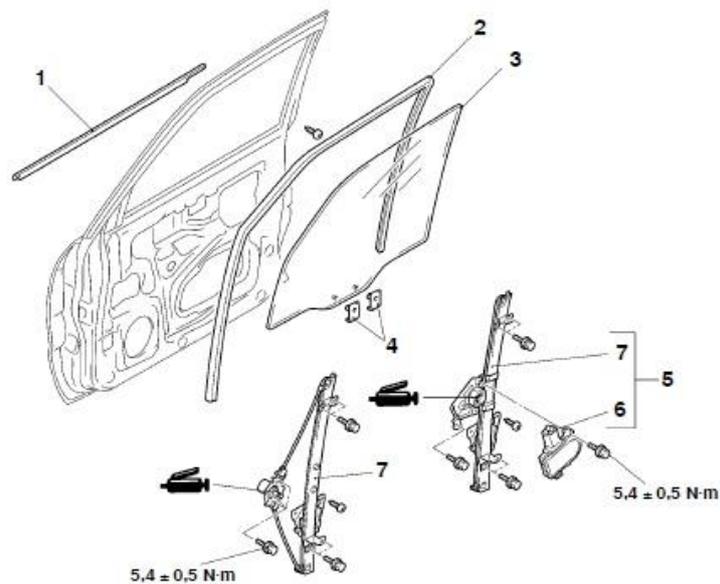
2.7.4.1.5.- SUSTITUCIÓN DE LOS CRISTALES DE LAS VENTANILLAS Y PORTÓN TRASEROS, INSTALACIÓN DE RED DE SEGURIDAD.

Según la normativa dictada por el artículo 283, se procede a la sustitución o eliminación de los vidrios del vehículo correspondientes a las ventanillas traseras y el portón del maletero por motivos de seguridad en caso de impacto.

Se ha optado por la eliminación de los citados elementos y su sustitución por una lamina de aluminio de 3 mm de espesor soldada al chasis en los huecos correspondientes a las ventanillas traseras y al maletero. El en el caso del vidrio del parabrisas delantero se conservará el elemento de serie.

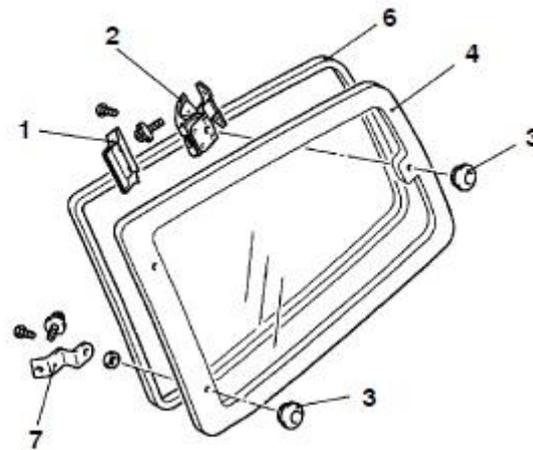
En el caso de las ventanillas delanteras se sustituirá el vidrio de serie por una lámina de policarbonato de 3 mm transparente, del proveedor *RacingDirect* con homologación de la FIA, con las mismas dimensiones que el vidrio original del vehículo, con referencia RD 4459.

A continuación se muestran los esquemas ilustrativos de orientación para el encargado de la reforma de los elementos a sustituir (Ver *Figura 175 a 177*):



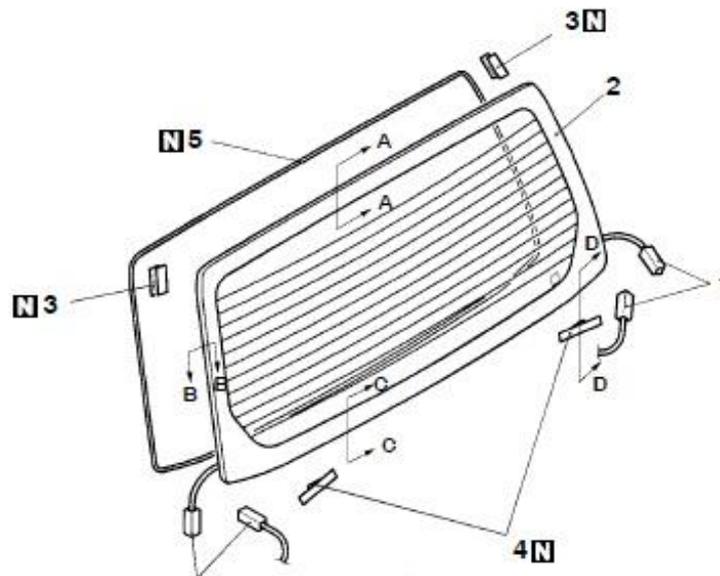
- | | |
|---|--|
| 1. Conjunto de moldura de línea de puerta | 5. Conjunto del regulador y motor de la ventanilla eléctrica |
| 2. Canaleta del vidrio de la ventanilla de puerta | 6. Conjunto del motor de ventanilla eléctrica |
| ● Verificar el funcionamiento | 7. Conjunto del regulador de ventanilla eléctrica |
| 3. Vidrio de ventanilla de puerta | |
| 4. Soporte del vidrio | |

Figura 175: Vidrio de las ventanillas delanteras



- | | |
|---|---|
| 1. Palanca | 7. Bisagra de ventanilla de costado trasero |
| 2. Eslabón de ventanilla de costado trasero | 8. Moldura de ventanilla de costado trasero |
| 3. Caucho y tuerca | 9. Adorno de ventanilla de costado trasero |
| 4. Vidrio de ventanilla de costado trasero | |
| 5. Vidrio de ventanilla de costado trasero | |
| 6. Burlete de ventanilla de costado trasero | |

Figura 176: Vidrio de las ventanillas traseras



- | | |
|-------------------------------------|------------------------|
| 1. Conector del mazo de conductores | 4. Tope de vidrio |
| 2. Vidrio de compuerta trasera | 5. Dique de ventanilla |
| 3. Sujetador de seguro doble | |

Figura 177: Vidrio del portón trasero

Como elemento extra de seguridad se instalarán en el conjunto de las dos ventanillas delanteras, dos redes de seguridad con homologación de la FIA del proveedor *RacingDirect* con referencia RD S3329, con apertura rápida, como elemento de protección para brazos y cabeza en caso de vuelco, para que en el caso de accidente ninguna parte del cuerpo salga al

exterior del vehículo incluso en el caso de tener bajadas las laminas de policarbonato antes citadas. (Ver *Figura 178 a 180*)

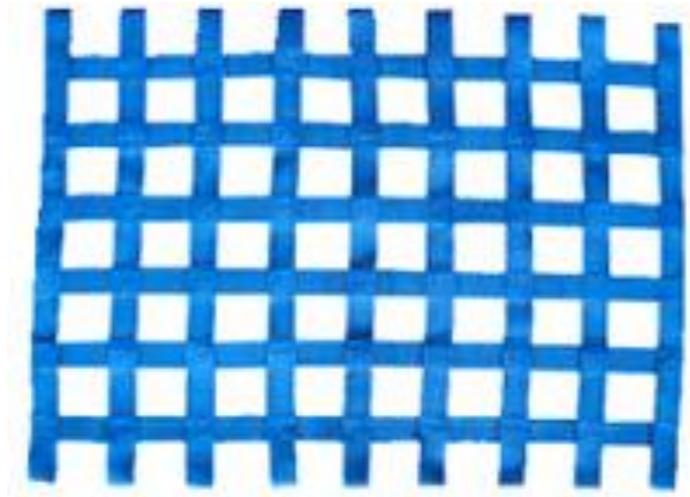


Figura 178: Redes de seguridad para las ventanillas delanteras



Figura 179: Resultado final ilustrativo de la eliminación de ventanillas e instalación de redes de seguridad



Figura 180: Resultado final ilustrativo de la eliminación de ventanillas e instalación de redes de seguridad (2)

2.7.4.1.6.- (OPCIONAL) INSTALACIÓN DE GUARDABARROS DELANTEROS Y TRASEROS.

Como elemento opcional en materia de seguridad y protección adicional de los bajos del vehículo y de los posibles espectadores se propone la instalación de un kit de guardabarros del fabricante *Sparco*, con referencia SPA33998. (Elemento opcional no exigido por la normativa vigente pero si recomendable por el tipo de terreno en el que se moverá el vehículo) (Ver *Figura 181 a 182*).



Figura 181: Guardabarros del fabricante Sparco, referencia SPA33998



Figura 182: Figura ilustrativa del kit de guardabarros del fabricante Sparco, referencia SPA33998

2.7.4.1.7.- (OPCIONAL) INSTALACION SISTEMA TERRATRIP® Y GPS

Como instalación opcional (aunque recomendada) se sugiere un sistema TerraTrip® del fabricante con el mismo nombre. Se trata de un sistema de medición de distancia, tiempo y velocidad muy preciso, cuya utilidad fundamental es orientar al copiloto para su utilización en pruebas cronometradas, "rally raid", rally "off road", rallies de regularidad o de velocidad media mínima en el trayecto, con posibilidad de reseteo, doble monitorización y salida de datos medios e instantáneos. (Ver Figura 183)



Figura 183: Sistema TerraTrip 202, ref TRIP-202

Es un sistema de medición que no recurre a satélites Gps para calcular la velocidad ni la distancia recorrida, si no que se vale de sondas, captadores a la caja de cambios o empalmes al cable del cuenta kilómetros, por lo que su instalación es muy sencilla y no requiere modificaciones en el vehículo.

El siguiente sistema sugerido es un kit GPS (con Sentinel integrado) de navegación específico para competiciones "Rally Raid" (campo a través) del fabricante ERTF, ref Ertf2332. (Ver Figura 184)



Figura 184: GPS sentinel del fabricante ERTF, ref Ertf2332

Las funciones de este kit son las siguientes:

Funciones del sistema GPS:

- Visualización de navegación (indicaciones de los cabos para seguir y seguimiento del waypoint blanco, de las distancias al punto con la indicación de la orientación a seguir por una flecha).

- Variación con el itinerario, visualización de los CP (“Check Points”) virtuales, de la velocidad y del trayecto seguido durante la etapa.
- Trazador gráfico (elección de la escala, movimiento del trazo), visualización del camino, de la traza, de los “waypoints” etc.
- Un editor de camino, un editor de waypoints y una función “GOTO”.
- Funciones de control de velocidad (velocidad máxima autorizada, velocidad por los pueblos, etc.) permite aumentar la seguridad de los competidores y la de las poblaciones locales que acogen las pruebas.

Funciones del sistema Sentinel:

- “Tranquilizar los adelantamientos”: cuando el piloto de un coche/camión presiona el sistema Sentinel, una alarma sonora de adelantamiento es transmitida al vehículo moto/auto/camión que quiere doblar (hasta 150 metros).
- Prevenir accidentes: si un piloto moto/auto/camión está en una situación peligrosa (por ejemplo, estando parado detrás de una duna o a la salida de una curva) y corre peligro de ser embestido por un vehículo que se aproxima, accionando el sistema Sentinel se enciende una alarma sonora y luminosa que es transmitida a los vehículos que se acercan en un radio de 500 metros.

A continuación, en la *Figura 185*, se muestra la situación final de estos dos sistemas auxiliares en el salpicadero del lado del copiloto:



Figura 185: Sistema Terratrip® y Gps Sentinel en su montaje final

2.8.- REFORMAS GRUPO Nº 11. MODIFICACIONES DE LOS DATOS QUE AFECTEN A LA TARJETA ITV

(Sección I, Vehículos de categorías M, N y O, grupo 11: Modificaciones de los datos que afectan a la tarjeta ITV)

Se realizará la siguiente reforma de acuerdo con el *Real Decreto 866/2010 del 2 de julio*:

Reforma 11.5. Vehículos para uso exclusivo de pruebas deportivas.

Nota IMPORTANTE: Hay que diferenciar entre si se desea que el vehículo esté destinado a:

1. EXCLUSIVAMENTE para competición.
2. Condición Mixta, que sea válido para circuito y que se pueda circular con él por la vía pública.

Si se desea el primer caso, esta reforma no conlleva ninguna homologación por reforma del vehículo, si no es un trámite administrativo exigible por la RFEDA y el RD 866/2010 que consiste en incluir en la ficha técnica del automóvil que su uso está destinado a la competición, y no a la circulación por la vía pública, por lo que su uso está destinado ÚNICAMENTE en circuito o competición de Rally según lo define la RFEDA, por lo que el RESTO DE REFORMAS SEGÚN EL RD 866/2010 ANTERIORMENTE DESCRITAS NO SON NECESARIAS (pero las modificaciones técnicas se mantienen, según se definieron en el punto 1.6: Introducción al estudio técnico).

Sin embargo, si se desea que el vehículo pueda circular por la vía pública son APLICABLES Y EXIGIBLES TODAS LAS REFORMAS ANTERIORMENTE REALIZADAS según el RD 866/2010, al igual que las Modificaciones técnicas.

Este uso es aconsejable si se desea trasladar el vehículo sin remolque por la vía pública (Por ejemplo, para ir a las competiciones, o realizar pruebas en el vehículo en un taller ajeno sin tener que usar un remolque para ello), pero SÓLO podrá conducir el vehículo el usuario que tenga LICENCIA DE PILOTO* exigible por la RFEDA en el presente año, además de circular con el uso OBLIGATORIO de casco de seguridad.

Nota*: Para obtener la licencia de piloto exigida dirigirse al ANEXO II o a la página web <http://www.rfeda.es>.

3.- SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE CARSIM®

A continuación se procede a simular el comportamiento del vehículo de serie frente al vehículo modificado para T2 una vez realizadas todas las reformas. Se recuerdan las características de las reformas del conjunto del motor, suspensión y frenos (Ver *Tabla 36*):

	SERIE		MODIFICADO T2		GANANCIA (%)
Potencia (Cv)	165@3800 rpm		232 @3600 rpm		+40.60
Par (Nm)	373@2100 rpm		559 @1845 rpm		+49.86
Suspensión	serie		+4 cm, +rigidez		-----
Frenos	Delanteros	Discos 241 mm, pinza 2 pistones, Par frenada: 5460 Nm	Delanteros	Discos 320 mm, pinza 6 pistones, par frenada: 8984 Nm	+64.54%
	Traseros	Discos 256 mm, pinza 1 pistón, Par frenada: 3485 Nm	Traseros	Discos 320mm, pinza 6 pistones, par frenada: 5651 Nm	+62.15%

Tabla 36: resumen de las mejoras introducidas

3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA SIMULACIÓN

Para comprobar el comportamiento y la esperada mejora de prestaciones se realizará la siguiente simulación en CarSim®:

- Subida de pendiente de 30°.
- Superficie de tierra.
- 50% de empuje en el pedal del acelerador (50% de gas).
- Velocidad de salida de 25 km/h.

Nota: Se realiza esta simulación porque, en opinión del autor, será el ensayo que mejor representará las mejoras del vehículo para el tipo de competición al que está destinado. (NO es un estudio oficial ni exigible por la normativa, como podría ser la prueba de doble cambio de carril, donde las condiciones del ensayo están especificadas de antemano).

3.2.- PASOS SEGUIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN

Se ha de elegir el tipo de vehículo para la simulación, en este caso lo que más se aproxima al modelo de este proyecto es lo que el programa llama “D-class”. Se trata de un modelo comúnmente llamado “SUV” con tracción 4x4 y reductora. (Ver *Figura 186*)

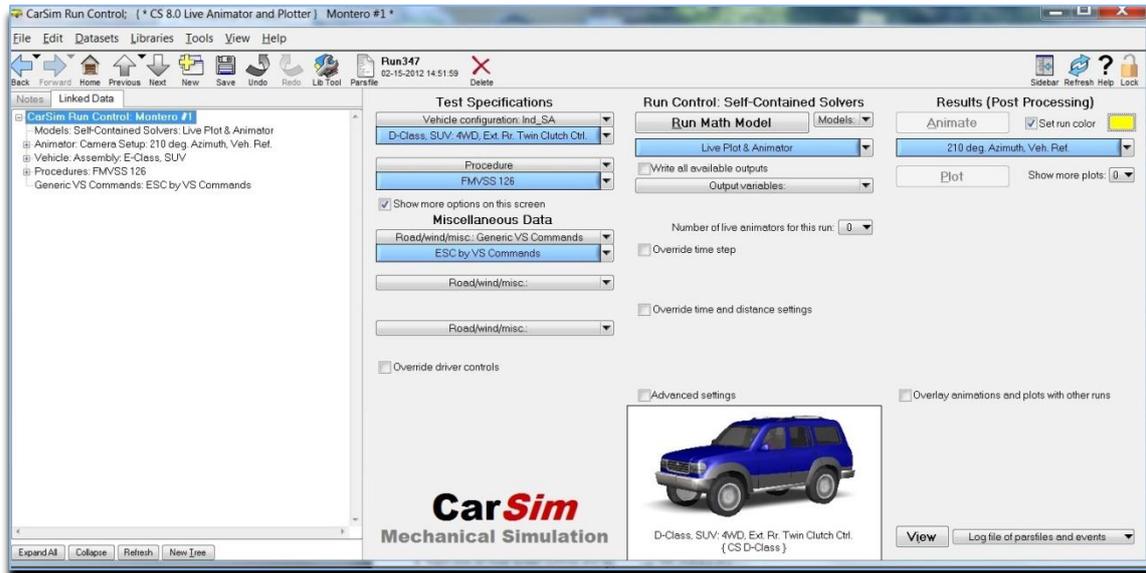


Figura 186: elección del tipo de vehículo

Una vez elegido el tipo de vehículo se podrán modificar sus características para adecuarlas al modelo de serie, que es el primero que se ha de introducir, pues los valores predeterminados del programa para este “D-class” no tienen que coincidir (y de hecho no coinciden) con las características del Mitsubishi Montero 3.2 Di-d de este proyecto técnico, y se necesita una base con la que comparar el modelo para competición en T2. Por lo tanto, se comienza modificando las características y medidas de los neumáticos y llantas. (Ver *Figura 187*)

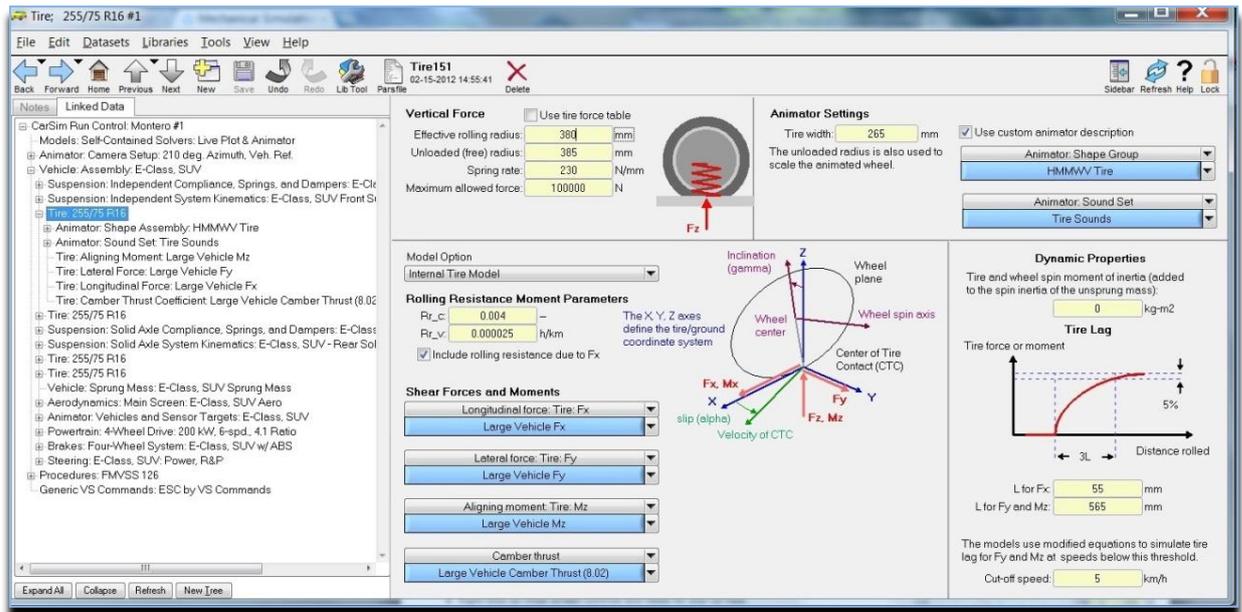


Figura 187: modificación de los neumáticos y llantas

Se sigue cambiando la masa y las dimensiones del vehículo predeterminado del programa. (Ver Figura 188)

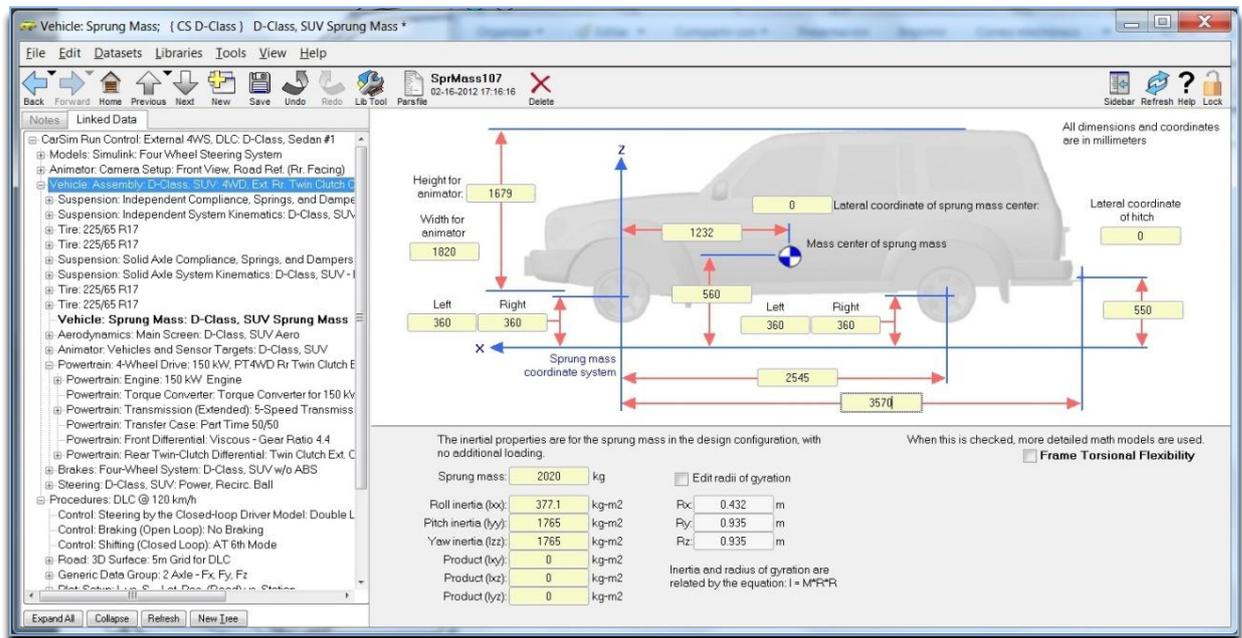


Figura 188: modificación de medidas y masas del vehículo

Se cambian las relaciones de la caja de cambios. (Ver Figura 189)

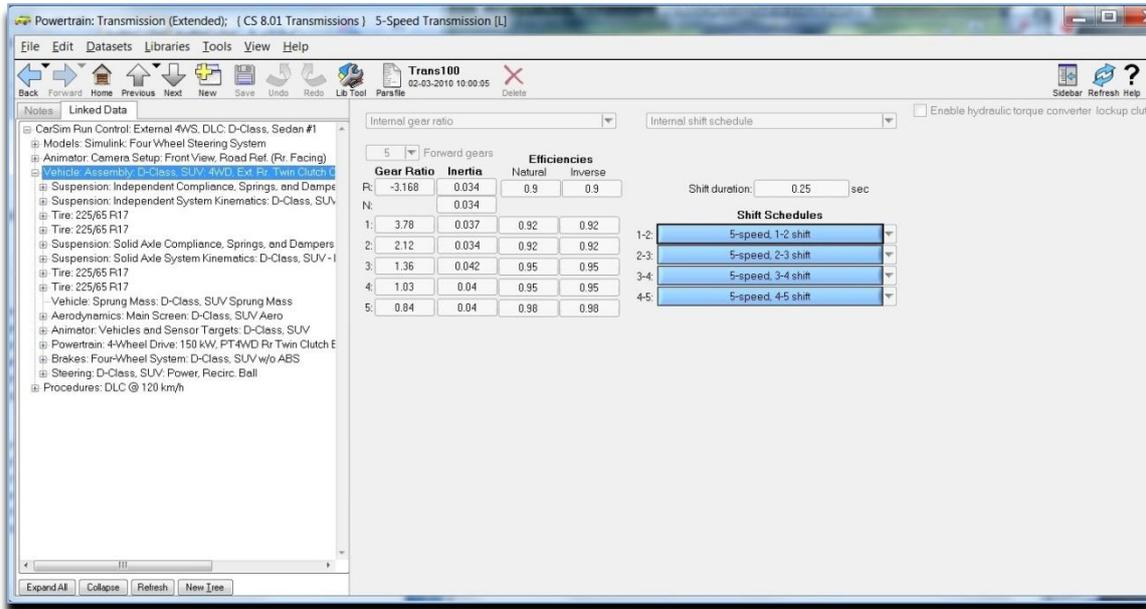


Figura 189: modificación de las relaciones de transmisión

Se cambian valores de la suspensión del programa para el modelo. (Ver Figura 190)

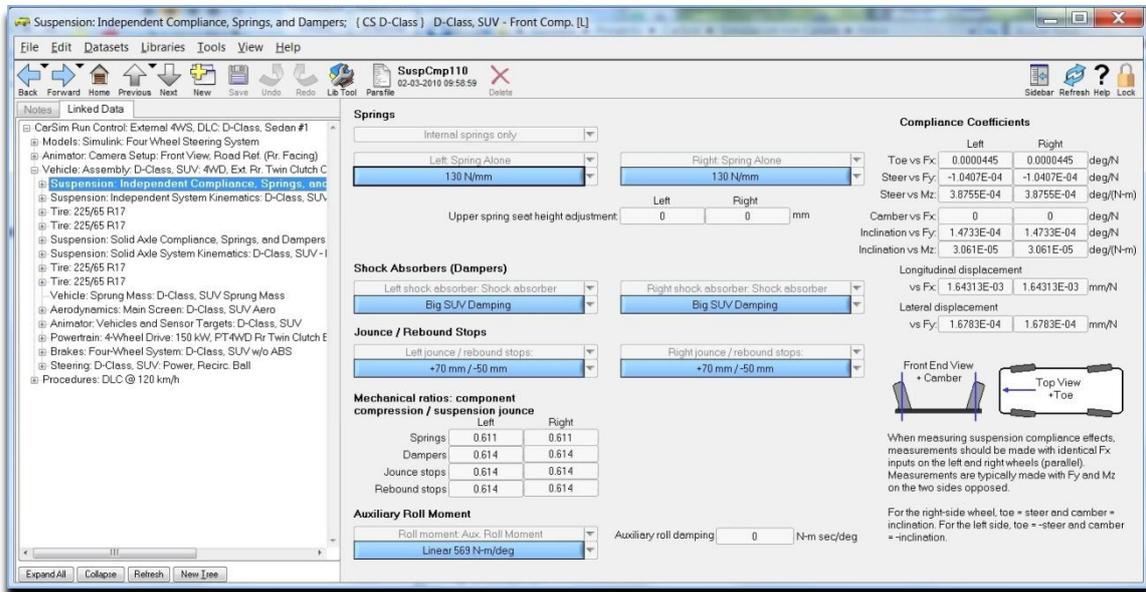


Figura 190: modificación valores de la suspensión

Se cambian la curva de potencia y par del vehículo, pudiéndose importar desde Microsoft Excel®, además de los valores de los desarrollos de la caja de cambios. (Ver Figura 191)

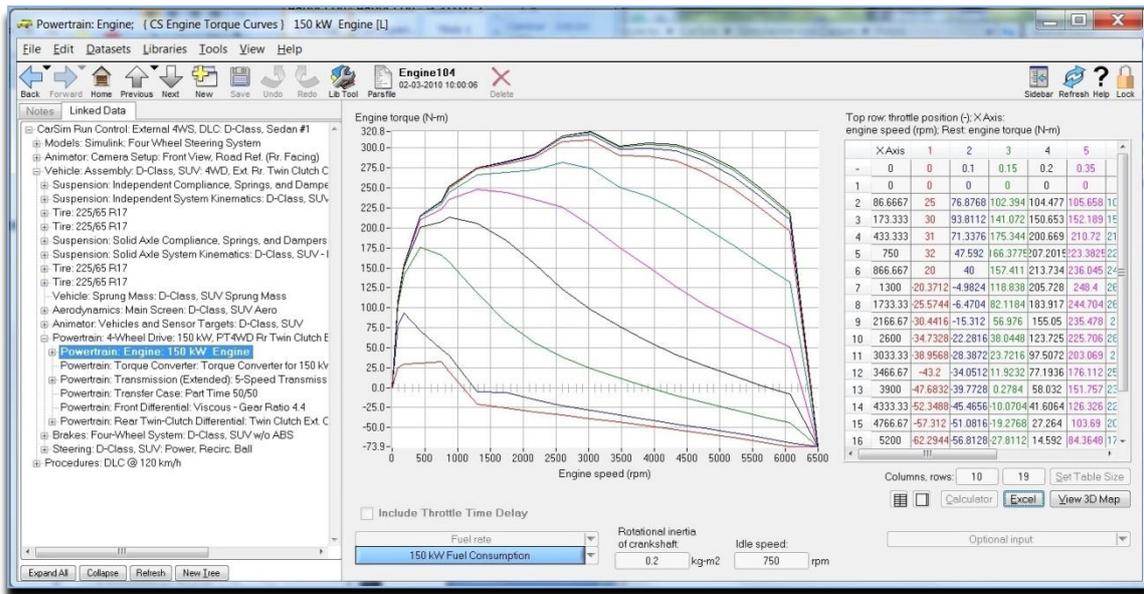


Figura 191: modificación de la curva de potencia del motor

Se cambian los valores de los frenos de serie, eliminando el ABS y cambiando el par de frenada. (Aunque en esta simulación no tendrá demasiada influencia, pues no se evalúa su mejora en la capacidad de frenada) (Ver Figura 192).

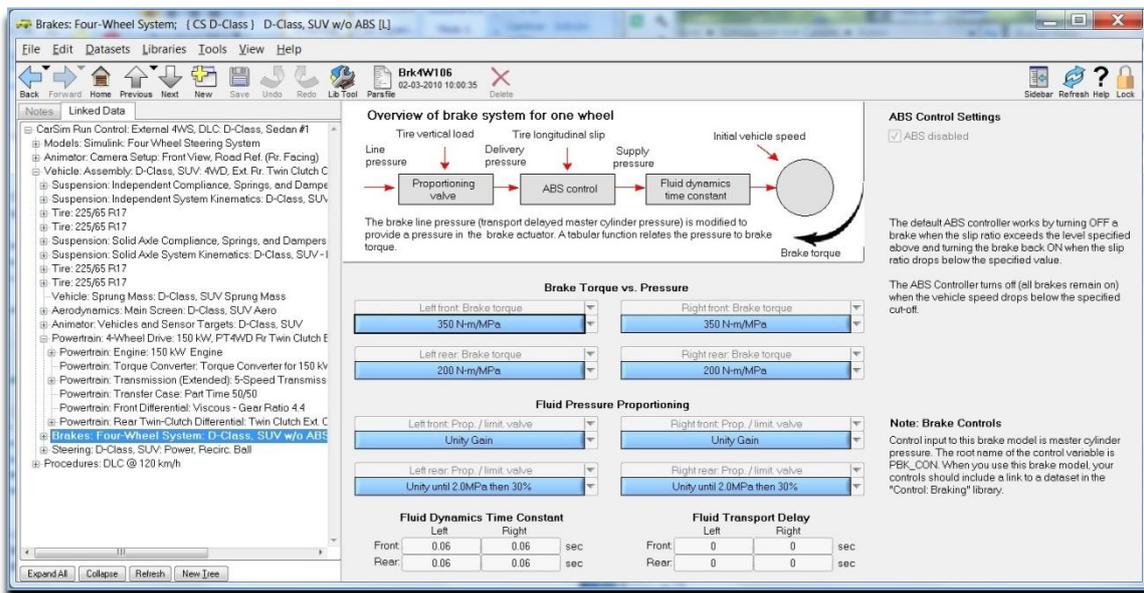


Figura 192: modificación de las características del sistema de frenado

Se realizan los cálculos de la simulación, recordando que se trata de la subida a una colina con tierra y hierba, pendiente de 30 grados, 50% de gas, velocidad de salida de 25 km/h. (Ver Figura 193)

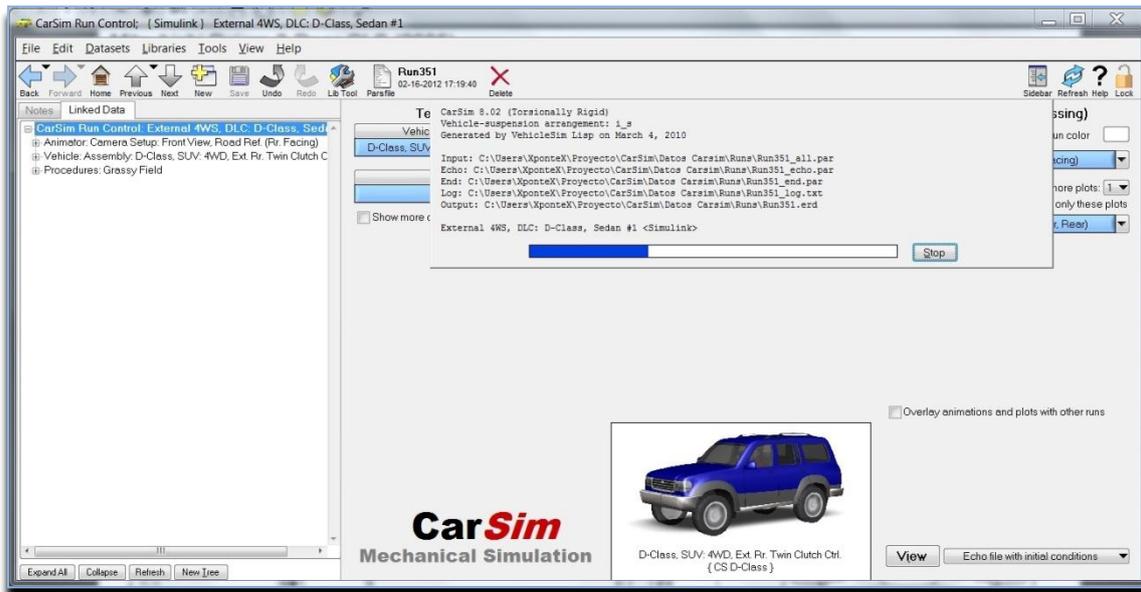


Figura 193: cálculos de la simulación

Una vez terminados los cálculos ya se puede visualizar la simulación del vehículo de serie con los valores del Mitsubishi Montero original. (Ver Figura 194)

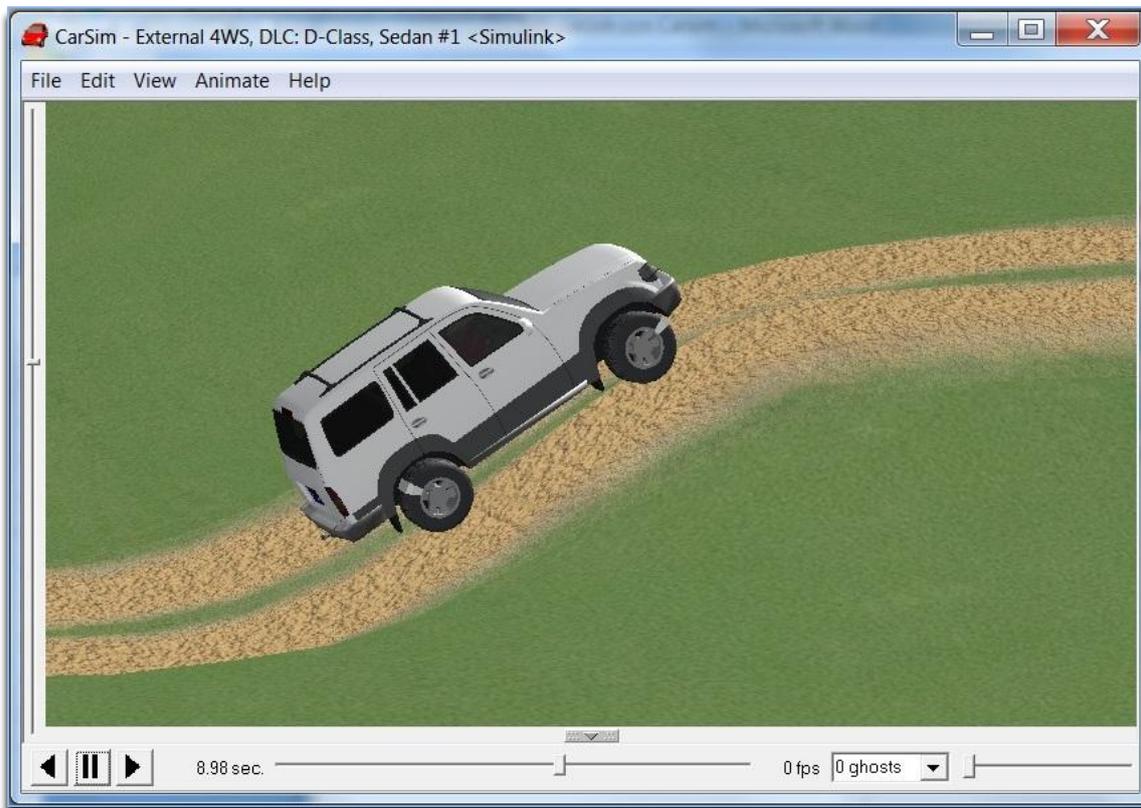


Figura 194: visualización de la simulación del modelo de serie

Una vez se tienen los cálculos de esta simulación guardados se procede a crear una nueva base de datos con los los valores del vehículo con las mejoras para la categoría T2 instaladas, para posteriormente poder comparar con el vehículo de serie en el siguiente ensayo. (Ver Figura 195 y 196)

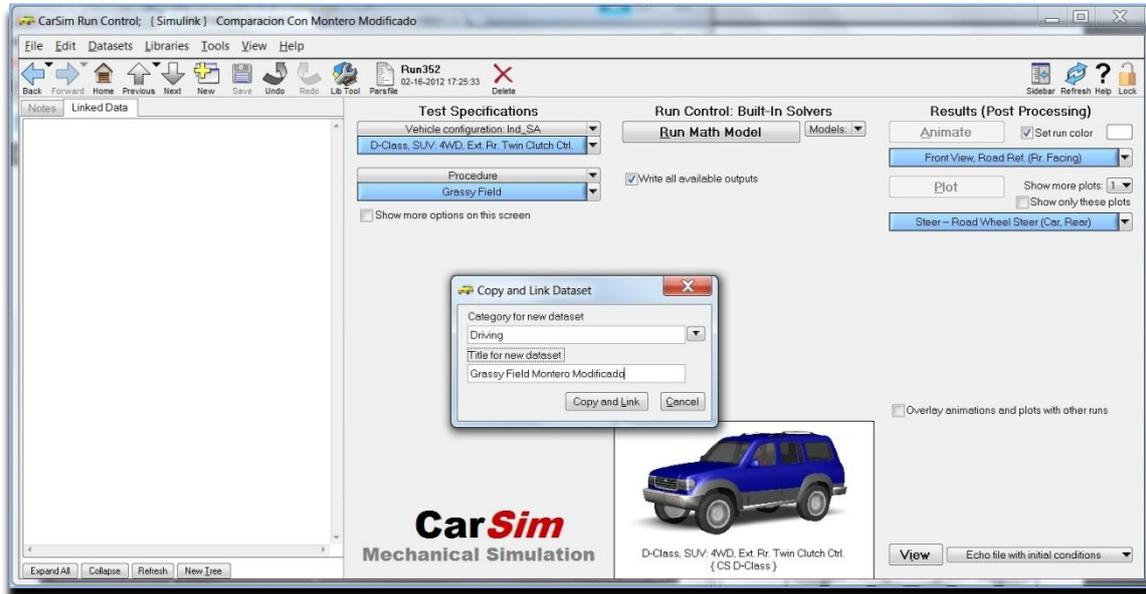


Figura 195: modificación de los valores del vehículo para la competición T2

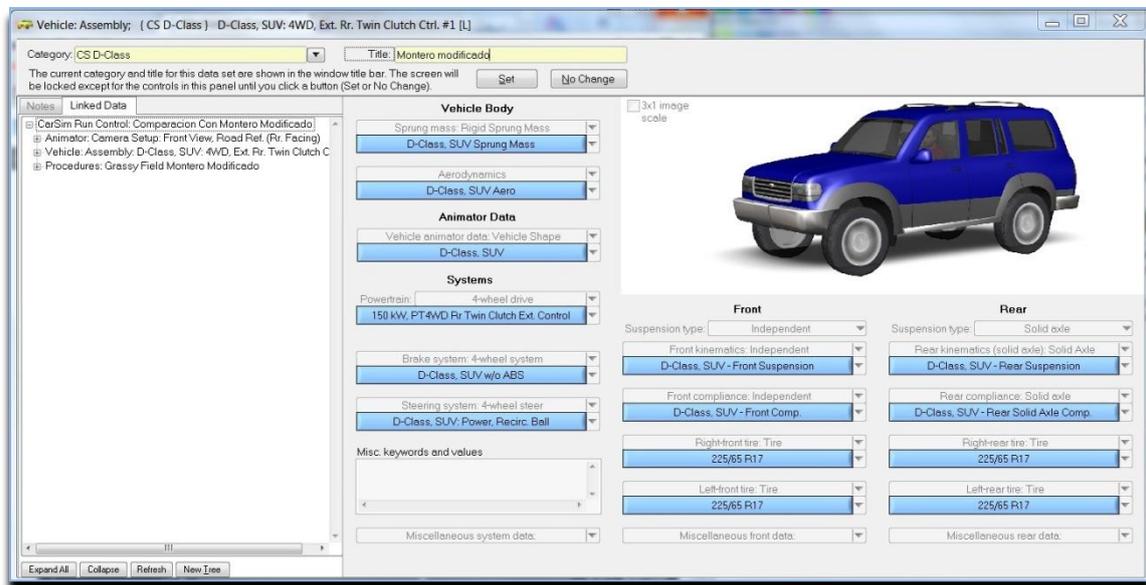


Figura 196: modificación de los valores del vehículo para la competición T2 (2)

Nota: Se omiten los siguientes pasos por ser idénticos (con distintos valores) a los pasos anteriores

Una vez realizados todos los cambios pertinentes se procede a comparar con la simulación del vehículo de serie y obtener resultados. En la siguiente ilustración (Ver *Figura 197*) el vehículo original es el del color rojo y el modificado está en color verde.

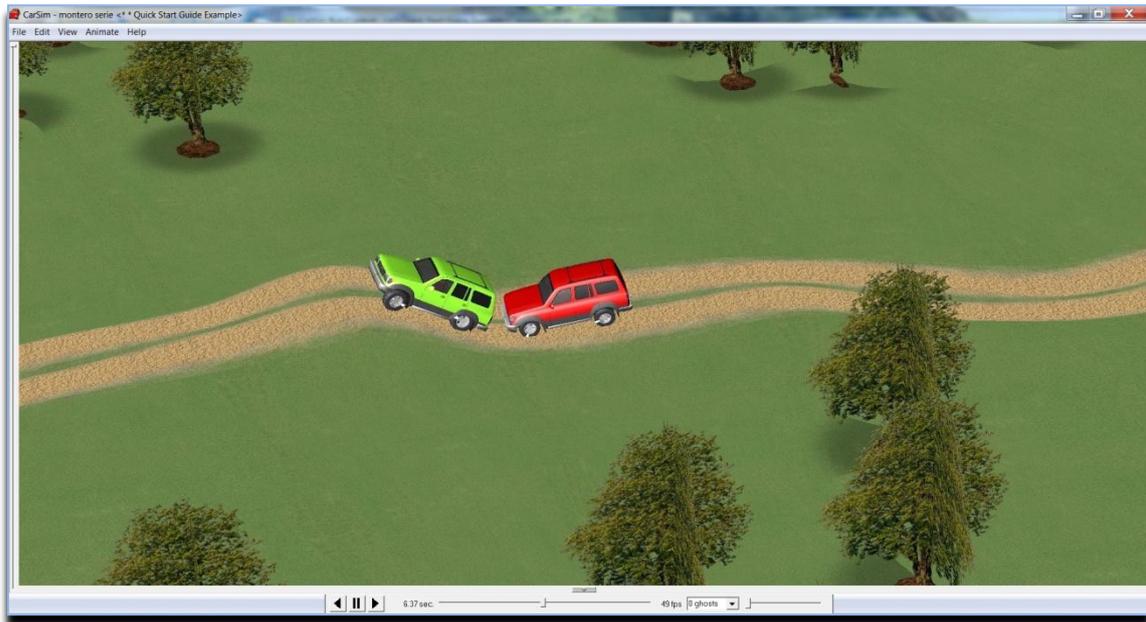


Figura 197: simulación del nuevo ensayo y comparación con el anterior

Se pueden habilitar la opción de situar “fantasmas” de los dos vehículos para seguir las trayectorias de cada uno y poder comparar mejor los resultados visualmente (aunque en este caso la mejora es suficientemente clara, se ilustra un ejemplo de lo expuesto) (Ver *Figura 198.*)



Figura 198: simulación del nuevo ensayo y comparación con el anterior, con 5 “fantasmas” por vehículo

Ahora se recogen los resultados en forma de gráficas, observándose una mayor aceleración, velocidad y tracción para el vehículo modificado, en las mismas condiciones del terreno y velocidad inicial para los dos vehículos. (Ver Figura 199 y 200)

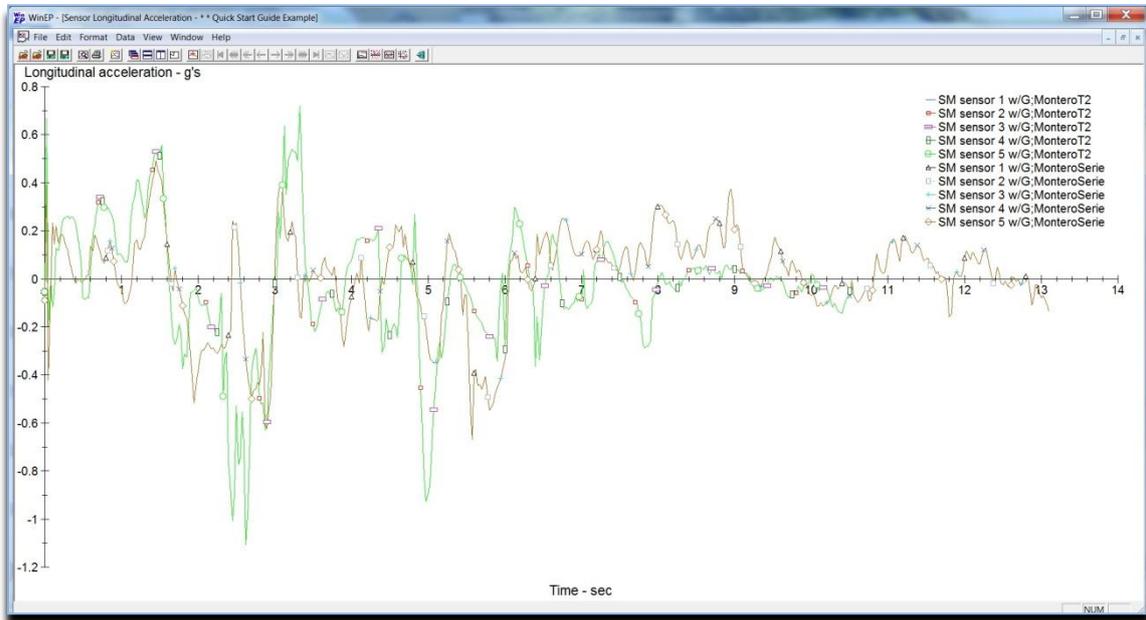


Figura 199: aceleración longitudinal para los dos modelos, de serie y T2

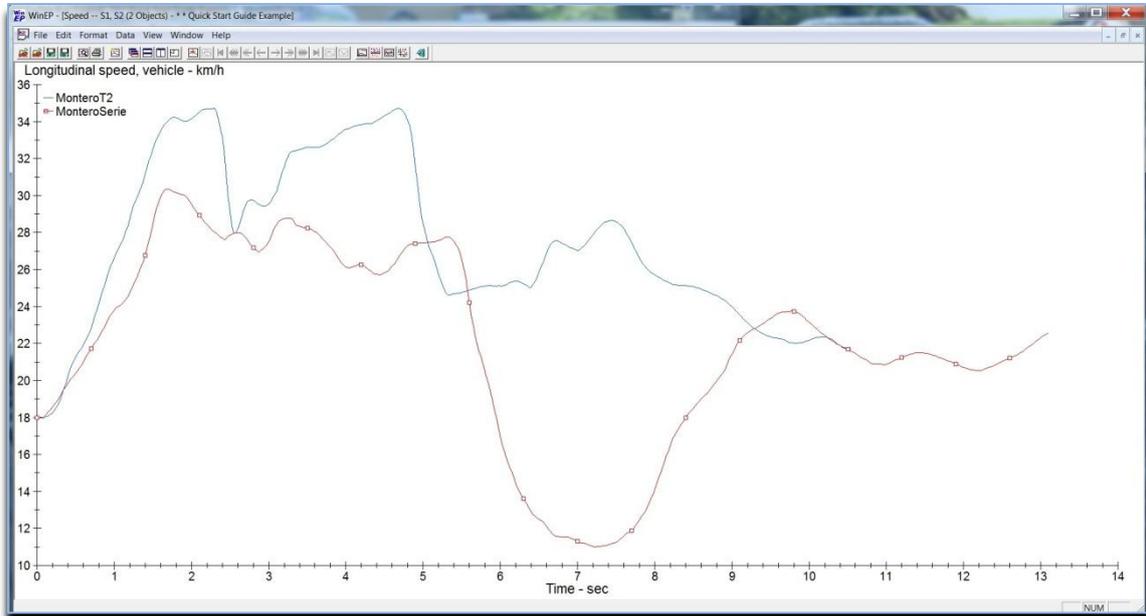


Figura 200: gráfica velocidad del trayecto vehículo de serie vs T2

3.3.- CONCLUSION DE LA SIMULACIÓN

Con las modificaciones principales de la suspensión, el motor y el sistema de frenado se observa que la diferencia de tiempo en recorrer el trazado y ascender la pendiente entre el vehículo de serie y el modificado para la categoría T2 es de más de 2.8 segundos, todo ello en un tramo que no llega a los 200 metros de distancia, en un terreno irregular y muy similar al que se encontrará en las futuras competiciones.

Por lo tanto, se concluye que el vehículo ha sufrido una **notable mejora de sus prestaciones** y características, haciéndolo realmente **competitivo y apto** para afrontar con éxito cualquier tipo de competición “off road” en **la categoría T2 de la FIA/RFEDA**.

Nota: Los resultados de los ensayos de aceleración y frenado, aun no considerándose completamente relevantes, se recogen a continuación en la tabla de las características detalladas del vehículo tras el total de las reformas en su apartado correspondiente.

4.- CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DESPUÉS DE LAS REFORMAS

Nota: los valores en **rojo** son valores o características modificadas o sustituidas tras las reformas. (Ver *Tabla 37*)

Motor	
Definición y posición	Delantero longitudinal vertical, de 4 cilindros en línea
Combustible	Diesel
Arquitectura	Culata de aluminio; bloque de fundición, con 5 apoyos
Diámetro/carrera	98.5 x 105.0 mm
Cilindrada	3200 cc
Alimentación	Inyección directa por conducto común, Turbo, refrigerado por agua y con intercooler de mayor eficiencia .
Distribución	Cuatro válvulas por cilindro a 45 grados, accionadas por taqués hidráulicos desde doble árbol de levas en culata mandados por correa dentada.
Lubricación	Bomba de engranajes. Carter de aluminio. Intercambiador agua/aceite en la base del filtro
Refrigeración	Por líquido, con circuito hermético y un electroventilador
Compresión	17:1
Potencia máxima	232 CV a 3600 r.p.m
Par máximo	559 Nm a 1845 r.p.m
Régimen máximo	4200 r.p.m
Transmisión	
Disposición motriz	4WD, Embrague y cambio en bloque con el motor delante.
Embrague	Monodisco en seco, de diafragma, con mando por cable autoajustable.

Cambio (Relaciones y desarrollos finales)	<p>1ª 2,952:1 (8.2 km/h)</p> <p>2ª 1,937:1 (15.5 km/h).</p> <p>3ª 1,336:1 (24.7 km/h).</p> <p>4ª 1,000:1 (34.6 km/h).</p> <p>5ª 0,804:1 (45.5 km/h).</p> <p>R (9.7km/h)</p>
Reductora (valor de la reducción)	<p>1ª 4.3</p> <p>2ª 8.1</p> <p>3ª 13.0</p> <p>4ª 18.2</p> <p>5ª 23.9</p> <p>R 5.1</p>
Bastidor	
Suspensión delantera	De doble horquilla con kit de muelles helicoidales y amortiguadores hidráulicos de competición (+4 cm) y barra estabilizadora.
Suspensión trasera	Multi-link con kit de muelles helicoidales y amortiguadores hidráulicos de competición (+4 cm) y barras estabilizadora
Dirección	De cremallera servoasistida. Relación 15,4:1
Diámetro volante	350 mm
Diámetro de giro	11.4 m
Sistema de frenado	Cuatro discos ventilados (Ø320/Ø320mm), pinzas de 6 pistones con asistencia por bomba de alta presión y antibloqueo ABS de origen.
Llantas	De 7"x16" pulgadas, ET +36
Neumáticos	265/70 112S especial "Off Road"
Alternador	De 980W y 70ª
Batería	De 48ª.h, sin mantenimiento

Dimensiones, peso, capacidades	
Batalla y vías (del/tras)	2545 y 1580/1580 mm
Largo/ancho/alto	4 315 / 1 895 / 1 885 mm
Depósito de combustible	De 300 litros, homologación FIA, en el maletero
Peso catalogo	2020 kg
PTMA/PMA 1º eje	1550 kg
PTMA/PMA 2º eje	1650 kg
Reparto de peso (del/tras)	51,7/48,3%
Número de plazas	2
Cotas de todo terreno	
Angulo de entrada	36.6°
Angulo de salida	25.0°
Angulo ventral	22.5°
Altura libre	265 mm
Altura vadeo	740 mm
Prestaciones y consumos homologados	
Velocidad máxima	202 km/h
Aceleración 0-100 km/h	9.6 s
Recuperación de 80 a 120 km/h en 4º	8.2 s
Recuperación de 80 a 120 km/h en 5º	11.3 s
Consumo urbano	11.5 l/100km
Consumo extraurbano	7.8 l/100km
Consumo medio	9.3 l/100km
Emisiones de CO₂	246 gr/km

Distancia Frenada 80-0 km/h	34.3 m
Distancia Frenada 160-0 km/h	129.2 m

Tabla 37: características detalladas del vehículo tras las reformas

5.- CONCLUSIONES FINALES

Tras la definición, análisis y obtención de las reformas y modificaciones planeadas y la consecución de consiguientes resultados del presente proyecto se puede concluir que se han obtenido los resultados marcados al comienzo del mismo, todo ello en pleno cumplimiento de la normativa dictada, por lo que las garantías de afrontar con éxito cualquier competición “off road” o “rally raid” con el vehículo **Mitsubishi Montero 3.2 Di-d T2** de este estudio son plenamente satisfactorias. (Ver Tabla 38)

			
	Serie	Modificado T2	Mejora (%)
Potencia (Cv)	165@3800 rpm	232 @3600 rpm	+40.60
Par (Nm)	373@2100 rpm	559 @1845 rpm	+49.86
Suspensión	serie	+4 cm, +rigidez, +absorción	-----
Frenos	Delanteros	Discos 241 mm, pinza 2 pistones, Par frenada: 5460 Nm	Delanteros Discos 320 mm, pinza 6 pistones, par frenada: 8984 Nm +64.54%
	Traseros	Discos 256 mm, pinza 1 pistón, Par frenada: 3485 Nm	Traseros Discos 320mm, pinza 6 pistones, par frenada: 5651 Nm +62.15%
Velocidad máxima (Km/h)	177	202	+14.12 %
Aceleración 0-100 km/h (s)	11.5	9.6	-19.78 %

Tabla 38: conclusiones finales

6.- PRESUPUESTO DETALLADO

6.1.- COSTES DE LOS MATERIALES

Número de Oferta: PFC2012 Cliente: Email: Proyecto: Adaptación de Mitsubishi Montero 3.2 Di-d a T2. Fecha: 22-febrero-2012			
CANT	CAPÍTULO DE MATERIAL DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIDAD (€)	PRECIO (€)
UNIDAD MOTRIZ (Reformas Grupo 2)			
1	<u>Snorkel de toma elevada, ref SMM2</u> - Fabricante Snorkel.es. - Kit de toma elevada, brida de 39 mm. - Caja y filtro de aire incluido.	311,00	311,00
1	<u>Línea de escape completa, ref R93884</u> - Fabricante RalliArt - Realizada con acero inoxidable. - Diámetro de 3". - Con supresor de catalizador de serie.	480,00	480,00
1	<u>Módulo de ECU adicional especial competición, ref AD7784</u> - Fabricante ADONIS. - Mapeado específico para el modelo y competición T2. - Incluye honorarios técnico de instalación y reprogramación.	849,60	849,60
1	<u>Kit completo Intercooler específico, ref A64453</u> - Fabricante Autobajn88. - Intercooler de aluminio. - Manquitos de silicona resistentes al calor. - 4 Codos 90º de aluminio. - Abrazaderas para montaje.	980,00	980,00
1	<u>Kit completo embrague competición, ref MI28002HD</u> - Fabricante AP RACING. - Reforzado un +30% respecto original. - Incluye volante de inercia reforzado.	1.045,00	1.045,00
1	<u>Kit de Inyectores de competición, ref RA7743</u> - Fabricante RalliArt. - +20% presión +20% volumen llenado. - Específico para motor 3.2 Di-d, código motor 4M41.	2.225,00	2.225,00

LLANTAS Y RUEDAS (Reformas Grupo 4)			
4	<p><u>Llanta de competición especial competición, ref BM5565</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante BRAID. - 16" diámetro, 7" ancho, 6 tornillos, ET +46. - De aleación, construcción Monoblock. 	315,0	1.260,00
4	<p><u>Neumáticos 80% "off-road", ref CT-ST885.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante Cooper Tires. - Modelo Cooper Discoverer S/T Maxx 2012. - 20% on road / 80% off road. 	205,00	820,00
SISTEMA DE SUSPENSIÓN (Reformas grupo 5)			
1	<p><u>Kit de suspensión delantero especial Todo terreno competición, ref KINGTA057.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante KingShocks.. - Amortiguadores de aceite con cámara de reserva (Coil Over). - Regulables en altura, +35 mm en eje delantero. - Mueles específicos T2, mayor rigidez. 	750,00	750,00
1	<p><u>Kit de suspensión trasero especial Todo terreno competición.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante KingShocks. - Amortiguadores de aceite con cámara de reserva (Coil Over), ref KINGTB088. - Regulables en altura, +35 mm en eje delantero. - Mueles específicos T2, mayor rigidez. Ref KING 232482. 	675,00	675,00
1	<p><u>Kit de SilentBlocks, casquillos de poliuretano.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante sahara4x4. - Trapecio frontal trasero, frontal delantero. - Trapecio trasero a chasis, delantero a chasis. - Tirante trasero a buje, delantero a buje. - Tirante intermedio trasero. 	100,00	100,00
SISTEMA DE FRENADO (Reformas grupo 7)			
1	<p><u>Kit de frenos Galfer GA9236</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 Pinzas de freno de 6 pistones, ref GA9236, fabricada en aleación de aluminio (monoblock), pintura tratamiento anticorrosión, kit anti-vibración de las pastillas de freno, medidas de 250x60x50mm. - 4 Discos de freno 330x26mm, DFR, ,realizados en aleación de aluminio, perforados y ventilados, ref TFS/2153. - Pastillas de freno, FDR1075, Área = 74.0cm³, $\mu=0.56$,ferodo de alto rozamiento y baja fatiga, ref FDR1075. - Latiguillos metálicos, recubiertos de malla metálica, medidas 500x3mm, Goodridge, 	1.850,00	1.850,00

	refG332-2.		
HABITÁCULO INTERIOR (Reformas grupo 8)			
2	<u>Baquets de competición ref CS 918 99.</u> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante Sparco. - Homologacion FIA. - Perfil lateral de media retención piernas y pelvis, revestido integralmente en terciopelo. - Bastidor en fibra de vidrio. - Cojín apoya piernas integrado en el revestimiento. - 5 agujeros para cinturón. - Anclajes laterales tipo W. - Masa: 8,3 Kg. 	377,00	754,00
1	<u>Anclajes Baquets, ref HC/732E.</u> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante OMP. - Longitud: 350mm. - Espesor: 6mm. - Material: Aluminio. 	68,00	68,00
2	<u>Arneses de competición de 6 puntos de anclaje, ref DA801.</u> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante OMP, modelo Profesional 6. - Homologacion FIA. - 6 puntos de fijación. - 3" ancho de hombros y 3" ancho de cintura. - Mecanismo de apertura rápida, tipo aviación. - Ajustador del cinturón en acero. 	182,00	364,00
4	<u>Ojetes arneses OMP</u>	3,00	12,00
4	<u>Chapas acero inoxidable</u> <ul style="list-style-type: none"> - medidas 40cm² - espesor 3mm. 	4,00	16,00
32	<u>Tuercas M10 Autoblocantes</u>	0,20	6,40
32	<u>Tornillos M10x60 8.8</u>	0,50	16,00
32	<u>Arandelas de bloqueo M10</u>	0,20	6,40
ARCO DE SEGURIDAD (Reforma grupo 8)			
1	<u>Barras antivuelco diseñada por el autor del proyecto</u> <ul style="list-style-type: none"> - Roll-bars realizados con tubos de acero Fe45 con tubos Ø 50x2mm (arco principal) y Ø 40x2mm (otras partes) teniendo que soldar los multipuntos. - El precio final incluye materiales y mano de obra. 	783,00	783,00
10	<u>Chapas acero inoxidable</u> <ul style="list-style-type: none"> - medidas 120cm². - espesor 3mm. 	6,00	60,00
40	<u>Tuercas M8 Autoblocantes</u>	0,20	8,00
40	<u>Tornillos M8x40 8.8</u>	0,50	20,00
40	<u>Arandelas de bloqueo M8</u>	0,20	8,00

INSTALACIONES DE SEGURIDAD (reformas varias, grupos 2, 6, 8 y 9)			
1	<p><u>Depósito de combustible en aluminio, ref ATL300RR300.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante ATL. Con homologación FIA. - Especial rally Raid T2. - Capacidad de 300 litros dimensiones 100x70x45 cm. - Boca de llenado, ventilación con respiraderos equipados con válvulas autoobturantes, válvulas de seguridad (antivuelco y de corte automático) - Incluye cajón protector del depósito de combustible del mismo fabricante, ref ATL300RRAL. - Capacidad: diseñado para modelo ATL RR300, 300 litros de capacidad. - Dimensiones: 102x72x47 cm - Protección interior de espuma ignífuga. - Homologación FT3 1999 de la FIA, especial Rally Raid. - 2 conexiones macho de entrada de combustible, 1 de salida y 1 de ventilación. 	5.230,00	5.230,00
1	<p><u>Kit de iluminación adicional exterior, ref 73516.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Focos de iluminación exterior, 2 unidades. - Fabricante PIAA. Modelo SMR Xtreme. - Incluye rampa de fijación y elementos de montaje. 	95,00	95,00
1	<p><u>Kit de extintores manuales OMP CAB/320 l de aluminio 2,4 l, ref 101513.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante OMP. - Longitud: 380 mm. - Diámetro: 110 mm. - Peso: 3.9 kg. - Agente extintor: AFFF - fijaciones inox y fajitas para el montaje. - Incendios Tipo Ay B. 	200,00	200,00
2	<p><u>Kit de extinción automática OMP, Ref CA/303/B.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante OMP. - Longitud: 325 mm. - Diámetro: 160 mm. - Peso: 8.1 kg. - Capacidad: 4.25 litros. - Agente extintor: AFFF. - Homologación FIA 2000. <p>Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 fijaciones inoxidables y fajitas para el 	265,0	530,00

	<p>montaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 rollos de tubo en aluminio 6 mm, 4 metros de longitud, para el tirador exterior e interior. CD/323/A - 4 válvulas de anclaje rápido en T. CD/392 - 2 válvulas terminales en L. CD/391 - 1 válvula de 3 salidas. CD/390 - 6 toberas pulverizadoras. - 1 cable de transporte resistente al fuego, 5 metros y 10mm de diámetro. CD/324/10 - 1 adhesivo redondo "E" de identificación para la capota. 		
1	<p><u>Volante de competición, ref CMS ARM708015R345MLN.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante Sparco. - 3 brazos y orificio central y seis de fijación. - Diámetro 350mm. - Profundidad 63mm. - Empuñadura 35mm de diámetro. - Gamuza negra. 	170,00	170,00
1	<p><u>Piña de separacion volante, ref O-OD-1960PE193A.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante OMP, Modelo AIRBAG. - retractable y deformable, posible conexión de múltiples volantes. 	45,00	45,00
2	<p><u>Cierres de seguridad de maletero y capo.</u></p>	11,00	22,00
3	<p><u>Seta de desconexión del vehículo.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Incluye cable de control remoto de 10mm de grosor, longitud 5 metros, resistente al agua, referencia 990044. - pegatina identificativa. 	15,00	45,00
1	<p><u>Kit de protección de bajos, ref 192193.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante Sahara4x4. - Protecciones Duraluminio de 8mm de espesor. - Cubrecarter, caja de cambios y diferencial trasero. 	561,00	561,00
2	<p><u>Láminas de policarbonato para las ventanillas, ref RD 4459.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Láminas de policarbonato de 3 mm transparentes. - Fabricante RacingDirect. - Homologación FIA. 	35,00	70,00
2	<p><u>Redes de seguridad para las ventanillas, ref RD S3329.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante RacingDirect. - Homologación FIA. 	25,00	50,00
1	<p><u>Kit de guardabarros, ref SPA33998.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante Sparco. 	45,00	45,00
1	<p><u>Sistema TerraTrip®, ref TRIP-202.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricante Terratrip. - Incluye elementos de montaje. 	575,00	575,00
	<p><u>Sistema GPS Sentinel, ref Ertf2332.</u></p>		

	- Fabricante ERTF. - Incluye elementos de montaje.	1650,00	1650,00
	Lámparas		
1	-Piloto marcha atrás color blanco,12v, Philips: 12498	1,43	1,43
1	- Piloto de matricula,12v Philips: 12961	1,25	1,25
2	-Luz de Freno,12v Philips: 12498	1,43	2,86
6	-Luz intermitente,12v: Philips 12961	1,25	7,50
2	- Luz antiniebla delantero,12v Philips: 12336 PRC1	3,40	6,80
1	-Luz antiniebla trasero12,v Philips: 12594 CP	1,03	1,03
2	-Piloto faro principal,12v Philips: 12342 PRC1	3,64	7,28
TOTAL MATERIAL			22.517,95

Tabla 39: Presupuesto de los materiales

Nota: No se ha incluido el equipamiento obligatorio de la RFEDA para el piloto/copiloto.

6.2.- REALIZACION DE LA REFORMA

CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIDAD (€)	PRECIO (€)
20	<u>Proyecto técnico de las reformas realizadas visado por el Colegio de Ingenieros con certificado de fin de obra.</u> - Autor del proyecto: Ramón Fernández González. - Incluye la realización de los cálculos pertinentes para llevar a cabo las modificaciones solicitadas por el cliente.	50,00 €/h	1.000,00
50	<u>Realización de la reforma</u> - Taller Leiborg Leganés. (Madrid) Calle: Avenida de Leganes 15 C.P 28915 NIF –YYYY-XX-XXXX Tfn: 91 615456 FAX: 91 615457 - Taller especializado en reformas de importancia. (15 años de experiencia) - Se cumplirá con el montaje de todas las piezas y materiales aquí descritos cumpliendo siempre con las características descritas anteriormente. Incluye: -Honorarios de los empleados. -Utilización de la maquinaria y herramientas.	45,00 €/h	2.250,00
TOTAL IMPLEMENTACIÓN			3.250,00

Tabla 40: Presupuesto de la realización de las reformas

6.3.- OTROS COSTES

CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIDAD (€)	PRECIO (€)
1	<u>Ficha de homologación de la RFEDA categoría T2</u>	90,00	90,00
1	<u>Ficha de homologación del arco de seguridad</u>	90,00	90,00
1	<u>Certificado de montaje</u>	90,00	90,00
1	<u>Dictamen del laboratorio acreditado</u>	300,00	300,00
1	<u>ITV</u>	48,00	48,00
1	<u>Nueva documentación y tarjeta técnica</u> - Incluye gastos de gestoría. - viajes de los empleados.	150,00	150,00
1	<u>Licencia de concursante RFEDA.</u> - Licencia para participante individual. - Para otras consultar www.rfeda.es	160,00	160,00
1	<u>Licencia de piloto RFEDA</u> - Licencia ESTATAL - Para otras consultar www.rfeda.es	350,00	350,00
TOTAL (OTROS COSTES)			1278,00

Tabla 41: otros costes

6.4.- RESUMEN PRESUPUESTARIO

CONCEPTO	IMPORTE (€)
MATERIAL	22.517,95
IMPLEMENTACION	3.250,00
OTROS COSTES	1278,00
TOTAL	27.045,95

Tabla 42: resumen presupuestario

Nota 1: Todos los precios incluyen el IVA.

Nota 2: El precio de la adquisición del vehículo no está incluido.

Madrid, a.....de.....de 2012

FDO: **Ramón Fernández González**

Autor del proyecto



7.- DESARROLLOS FUTUROS

En este último apartado destinado a los desarrollos futuros se proponen distintas líneas de trabajo y estudio partiendo de lo expuesto a lo largo de este proyecto. Los puntos de mayor interés a desarrollar son:

- Desarrollo de prototipo con base Mitsubishi Montero 3.2 y chasis tubular para competición en categoría T3 de todo terreno mejorados/prototipos en vista al Dakar 2013. La reglamentación de esta categoría permite profundos cambios y adaptaciones partiendo de la base de un modelo de serie, por lo que el estudio en materia de ingeniería es significativamente mayor, así como el desembolso que ha de realizarse.
- Diseño de una suspensión regulable independiente en fuerza y altura partiendo de cero para estudiar más a fondo el comportamiento dinámico del vehículo del presente proyecto, en función a su centro de gravedad.
- Optimización de las prestaciones del motor 3.2 Di-d, código 4M41 para aumentar exponencialmente sus características, ya que es sabido que puede obtenerse con garantías una gran multiplicación de la potencia y el par que es capaz de desarrollar, todo en vista del desarrollo del vehículo para la categoría T3.

8.- BIBLIOGRAFÍA

1. "Manual de automóviles" M.Arias-Paz 56ª Edición.
2. "Preparación de motores de serie a competición", Stefano Gilleri. Ceac Técnico Automóvil.
3. "La suspensión de automóviles de competición", Orlando Rios, 2003.
4. "Tratado sobre automóviles, tomo IV, La dinámica del automóvil", José Font Mezquita, Juan Fco. Dols Ruiz, Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
5. "Race Car Vehicle Dynamics", William F.Milliken y Douglas L.Milliken.
6. PFC "Modificación de un vehículo automóvil para competición en rally", Andrés Moreno Fernández, 2008.
7. PFC "Diseño y análisis de un arco de seguridad destinado a la competición", Miguel García Martín, 2009.
8. PFC "Diseño de un Buggy todo terreno", Aarón Beltrán Díaz, Universitat Politècnica de Catalunya.
9. Manual de taller Mitsubishi Montero, Mitsubishi Motor 2006.
10. Manual de reformas de vehículos, última corrección del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, corrección 1º Abril 2011.
11. Manual de procedimiento de Inspección de las estaciones I.T.V, última corrección del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Revisión 7ª, Enero 2012.
12. Real Decreto 866/2010 del 2 de julio.
13. www.rfeda.es, normativa y legislación. Real Federación Española de Automovilismo.
14. <http://www.minetur.gob.es>, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
15. <http://laimuz.unizar.es/contenidos/legislacion.html>
16. <http://boon.cc>
17. <http://www.mitsubishi4x4galloper.org/Foro>
18. <http://www.plazacompeticion.com>
19. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/laboratorio-de-tecnologias-iv/>, Laboratorio de Tecnologías IV, Universidad Carlos III de Madrid.
20. <http://www.mitsubishi-motors.es>
21. <http://www.taifunoffroad.ro>
22. <http://en.wikipedia.org/wiki>
23. <http://www.alibaba.com>
24. <http://www.km77.com>
25. <http://www.3dvia.com>
26. <http://www.the-blueprints.com>
27. <http://www.hardyracingteam.com>
28. <http://www.maxi4x4.com>
29. <http://www.ompracing.it>
30. <http://www.euro4x4parts.com>
31. <http://www.arc-racing.net>
32. <http://www.supercrosscar.com>
33. <http://www.rallyshop.it>
34. <http://latiendadel4x4.com>
35. <http://www.ralliart.com>
36. <http://recambios24.es>
37. <http://www.donspeed.com>
38. <http://www.adonisiberica.com>
39. <http://www.getcarspecs.com>



40. <http://www.carandsuv.co.nz>
41. <http://www.dakarcolombia.com>
42. <http://www.carsplusplus.com>
43. <http://www.tr24x4.com>
44. <http://www.terratrip.com>
45. <http://www.koni.com>
46. <http://www.arb.com.au>
47. <http://www.kingshocks.com>
48. <http://www.ironman4x4.com>
49. <http://suspensionconcepts.com.au/spax-australia>
50. <http://www.gt2i-competicion.es>
51. <http://www.marcoracing.com>
52. <http://www.recanvisclusella.com>
53. <http://www.mitsubishilinks.com>
54. <http://www.ertf.com>
55. <http://www.sparcousa.com>
56. Carsim® v8 Manual.
57. SolidWorks® 2012 Premium Manual.
58. SolidWorks® Simulation 2012 Premium Manual.
59. JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero.
60. <http://ingemecanica.com>
61. <http://www.solidprofessor.com>
62. <http://www.solidworkstutorials.com>



ANEXO I

A.I.1.- SOLICITUD FICHA DE HOMOLOGACIÓN



DEPARTAMENTO TÉCNICO
SOLICITUDES REPROGRAFÍA Y HOMOLOGACIONES 2012

IMPORTANTE:

- **Cumplimente el impreso en letras mayúsculas.**
- **Realice el ingreso en BARCLAYS BANK: CTA. CTE. Nº 0065 0087 87 0001004240**
- **En caso de necesitar factura, rellene el cuadro para facturación (incluyendo CIF/NIF).**
- **Envíe este impreso por e-mail preferiblemente (homologa@rfeda.es) o por fax (91 357 02 03) junto con una copia del comprobante de ingreso o transferencia bancaria.**

El plazo estimado de recepción será de tres semanas a partir de la fecha en la que se efectúen la solicitud e ingreso. Si desea el envío por mensajería a portes debidos, por favor póngalo en el apartado observaciones. (Ver *Tabla 43*)

COPIAS ORIGINALES DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN		PRECIOS
<input checked="" type="checkbox"/>	FICHA DE HOMOLOGACIÓN VEHÍCULO	90 €
<input type="checkbox"/>	FICHA DE HOMOLOGACIÓN KARTING	20 €

DATOS COMPLEMENTARIOS PARA LA SOLICITUD DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN (Obligatorio)			
MARCA	MITSUBISHI	MODELO	MONTERO
CILINDRADA	3200 cm ³	AÑO	2006
Nº FICHA HOMOLOGACIÓN		XXX-XXXX-XXXX	
DATOS COMPLEMENTARIOS PARA LA SOLICITUD DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN DE KARTING (Obligatorio solo en el caso de fichas de karting)			
MATERIAL	<input type="checkbox"/> CHASIS	<input type="checkbox"/> MOTOR	
MARCA		MODELO	
Nº FICHA HOMOLOGACIÓN		CATEGORÍA	

DATOS PARA EL ENVÍO POSTAL			
NOMBRE	RAMÓN FERNÁNDEZ GONZÁLEZ		
DIRECCIÓN	SAMARIA		
CÓDIGO POSTAL	28009	POBLACIÓN	MADRID



PROVINCIA	MADRID	TLF. FIJO/MÓVIL		679471611
E-MAIL	ramonfernandezgonzalez@gmail.com			
OBSERVACIONES				

DATOS PARA FACTURACIÓN (SOLO en caso de requerirse)				
NOMBRE				
DIRECCIÓN				
CÓDIGO POSTAL		POBLACIÓN		
PROVINCIA		TLF. FIJO/MÓVIL		
CIF / NIF				

Tabla 43: Solicitud ficha de homologación RFEDA para el vehículo

NO SE TRAMITARÁ NINGUNA FICHA QUE NO HAYA SIDO ABONADA PREVIAMENTE

A.I.2.- PLIEGO DE CONDICIONES

Observaciones.

1. El taller que realice la obra se ajustará a ejecutarla conforme al presente proyecto y a los reglamentos técnicos y normas UNE e ISO vigentes, teniendo completa responsabilidad al no cumplir el siguiente pliego de condiciones con respecto a la ejecución del presente proyecto de reforma de importancia en el vehículo del cliente del vehículo.
2. Se observarán las normas de la Presidencia del Gobierno y del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio que actualmente estén vigentes.
3. Los procedimientos de montaje e instalación de los componentes de dicho proyecto deberán ser el especificado en el reglamento FIA/RFEDA del presente año 2012 (incluido en el Anexo III del presente documento).

Condiciones que han de satisfacer los materiales.

1. Todos los materiales serán de la calidad especificada y tendrán las dimensiones y espesores que se marquen en los distintos documentos del proyecto, reservándose el peticionario el derecho de realizar las pruebas y ensayos de calidad de dichos materiales conforme a las normas UNE, corriendo con los gastos de dichos ensayos el contratista.
2. Los materiales metálicos serán de acero de calidad especificada a lo largo del proyecto sin deformaciones, roturas u otros defectos.
3. Los tornillos y bridas se ajustarán en diámetro y medida a las instrucciones.
4. En aquellos elementos que precisen soldaduras, éstas serán realizadas por personal especializado, de acuerdo a las especificaciones descritas en el presente proyecto.

Ejecución de la obra.

1. Será realizada por un taller homologado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y se ejecutará según proyecto.
2. Todos los montajes que se realicen con ensambles serán perfectos y de cierre hermético.



3. Los elementos que se alabeen dentro del plazo de garantía serían sustituidos por el taller sin derecho a ningún tipo de indemnización.
4. La pintura se realizará después de concluir toda la obra, tras lijar los conjuntos mecánicos y aplicar una capa de imprimación antioxidante.
5. Si en el transcurso del trabajo, y para buen fin de éste, fuese menester ejecutar cualquier clase de obra que no estuviese especificada, el taller estaría obligado a ejecutarla con arreglo a las condiciones que señale la dirección facultativa, sin tener derecho a reclamación alguna.
6. La Dirección Facultativa se reservaría el derecho de mandar retirar de la obra los materiales que a su juicio no reúnan las condiciones, y si éstos estuviesen montados, el taller estaría obligado a sustituirlos sin ningún tipo de indemnización.

Valoración.

1. Se abonará al taller la obra ejecutada con sujeción al proyecto que servirá de base a la contrata, y las modificaciones que debidamente se introdujeran.
2. Si se introdujera alguna disposición que varíe la obra y que suponga aumento o disminución del presupuesto, el taller quedaría obligado a ejecutarla con los precios que se establezcan previamente de mutuo acuerdo con el propietario, o si no, al precio que señalara la Dirección Facultativa.

Obligaciones del taller.

1. El taller debería comenzar la obra que se fije en contrato, y su ejecución se atendería al proyecto.
2. El taller se sujetaría a las leyes, normas y ordenanzas vigentes.
3. Todo el personal del taller que intervenga en la obra sería especializado y capaz de realizar todo lo que se le encomiende dentro de las condiciones exigidas por este pliego y demás documentos del proyecto.
4. El taller proporcionará a su cuenta todos los útiles y herramientas necesarios para realizar la obra.
5. El taller quedaría obligado al cumplimiento de la legislación vigente en lo relativo a accidentes de trabajo, siendo único responsable de los accidentes que por inexperiencia o descuido sobreviniesen.



6. Quedaría el taller obligado a responder por el vehículo en caso de destrozo, robo o incendio. Así, en el supuesto de que no estuviera cubierto ese riesgo por una compañía de seguros, se entiende que sería el taller el asegurador.

El tiempo de garantía sería estipulado por contrato, y durante el mismo, el taller realizaría a su cuenta cualquier reparación que hubiera que efectuar.



A.I.3.- CERTIFICADO DE TALLER

D....., expresamente autorizado por la empresa....., domiciliada en.....
provincia de....., calle....., teléfono....., dedicada a la actividad
de....**Reformas de vehículos, venta de repuestos y mecánica del automóvil**....., con nº de
Registro Industrial....**XXXXXXXX**....y nº de Registro Especial....**XXXXXX**.....

CERTIFICA:

Que la mencionada empresa ha realizado la/s reforma/s consistentes en:

.....**Transformación de Mitsubishi Montero 3.2 Di-d de calle a competición, grupo I,
categoría T2**.....

Tipificada/s en el Real Decreto 866/2010, con el/los número/s de
reforma/s.....**2.1...2.6...2.7...2.9...4.4...5.1...6.3...7.1...8.1...8.10...8.10...8.11...8.21...8.22...8.3
0...8.31...8.33...9.1**.....,y**11.5** sobre el vehículo de la marca.....**Mitsubishi**.....,
tipo.....**Turismo Todoterreno**..... matrícula.....**X-XXXX-XX**....., y con número de
bastidor..... **XXXXXXXXXXXX XXXXXXXX** de acuerdo con:

- La normativa vigente en materia de reformas de importancia en vehículos.
- Las condiciones del informe favorable, o en su caso, las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevadas a cabo en él.
- El proyecto descriptivo de la/s reforma/s, adjunto al expediente.

Madrid, a.....de.....de 2012

FDO:

A.I.4.- CERTIFICADO FINAL DE OBRA

Se certifica que:

D....., Ingeniero Técnico Industrial colegiado nº.....

1- Es el Director Técnico de las obras e instalaciones siguientes:

Titular
Dirección
Localidad
Proyecto **Adaptación de Mitsubishi Montero 3.2 Di-d a T2**
Redactado por **Ramón Fernández González**
Fecha visado
Constructor

2- Que las obras e instalaciones descritas han sido ejecutadas con estricta sujeción al proyecto presentado en...**Madrid**,...a.....de.....de.....**2012**....., como parte del expediente promovido por la empresa solicitante y con las modificaciones recogidas en proyectos adicionales o complementarios tramitados ante el mismo órgano.

3- Tales obras e instalaciones se han realizado bajo la supervisión y dirección técnica del que suscribe.

4- En el desarrollo de los repetidos trabajos se han observado y cumplido todas las prescripciones técnicas de seguridad y se han realizado todas las pruebas previstas en los Reglamentos vigentes que afectan a las instalaciones que el proyecto comprende.

5- Los elementos de la obra afectados por los Reglamentos vigentes y medidas de seguridad adoptados así como las pruebas de mediciones efectuadas son:

- Cálculo de los esfuerzos provocados por los elementos sustituidos y cálculo de los sistemas de sujeción de dichos elementos.
- Cálculo de las reacciones en los ejes debidas a la Tara, Carga Útil y Total.
- Gráfico acotado de la distribución de cargas.
- Cálculo justificando que la resistencia de la carrocería del vehículo transformado es igual o superior a la original.

Madrid, a.....de.....de 2012

FDO:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid



A.I.5.- CERTIFICADO DEL LABORATORIO OFICIAL

El/los abajo firmante/s..... expresamente autorizado por.....

INFORMA:

Que el vehículo, marca.....**Mitsubishi**....., tipo.....**Turismo todoterreno**.....
.....matrícula.....**X-XXX-XX**....., y con número de bastidor... **XXXXXXXX XXXXXX** es
técnicamente apto para ser sometido a la/s reforma/s consistente/s en:

... Transformación de Mitsubishi Montero 3.2 Di-d de calle a competición, grupo I, categoría T2...

.....
.....

Tipificada/s en el Real Decreto 866/2010 del 2 de Julio, con el/los número/s de reforma/s
.....**2.1...2.6...2.7...2.9...4.4...5.1...6.3...7.1...8.1...8.10...8.10...8.11...8.21...8.22...8.30...8.31...8**
.33...9.1.....,y**11.5** manteniendo las condiciones de seguridad y de protección al medio
ambiente reglamentariamente exigidas.

Madrid, a.....de.....de 2012

FDO:

A.I.6.- TARJETA DE ITV A MODIFICAR

D....., responsable de la ITV certifica con sede en Madrid, certifica que el vehículo **Mitsubishi Montero 3.2 Di-d** con nº bastidor **XXXXXXX XXXXXX** (Ver Figura 201) ha experimentado una reforma de importancia fuera de la homologación tipo:

- **Instalación de las reformas antes y citadas y homologación de vehículos para eventos deportivos.**

Los cambios sufridos en el vehículo, cumplen con la legislación vigente y no suponen ningún riesgo en la seguridad vial.

Nº SERIE		MATRÍCULA	
MMC AUTOMOVILES ESPAÑA, S. A. C/ Francisco Gervás, 4 28108 Alcobendas (MADRID)			
Número de identificación:		M1X50221	
Clasificación del vehículo:		Nº CERTIFICADO	
1 0 3 3 TURISMO/T. TERRENO		04404476	
Marca: MITSUBISHI Tipo: V60 Variante: VP321/LPECDA137 Denominación comercial: MONTERO Tara (kg): 2020 MTMA/MMA 1º E (kg): 2850/ 2810 MTMA/MMA 2º E (kg): 1200/ 1200 MTMA/MMA 3º E (kg): 1650/ 1650 MTMA/MMA 4º E (kg): ----/ ---- MMR S/F, c/F (kg): 750/ 3300 Neumáticos: 4/265/70R16 (112S) Nº de asientos: 2/5 Volumen de bodega: ----	Clase: ---- Altura total (mm): 1845 / 1875 Ancho total (mm): 1855 / 1895 Via anterior/posterior (mm): 1560 / 1560 Longitud total (mm): 4315 / 4400 Voladizo posterior (mm): 1025 / 1035 Distancia eje 1/2º (mm): 2545 Distancia eje 2º/3º (mm): ---- Distancia eje 3º/4º (mm): ---- Distancia 3ª rueda (mm): ---- Motor: Marca: MITSUBISHI Tipo: D 4M41 Nº Cilindros/Cilindrada (cm³): 4/ 3200 Potencia fiscal (CV / kW): 17,65 / 118,00		
Opciones incluidas en la homologación de tipo: (*) NEUMÁTICOS OPCIONALES : 235/80R16 (109S) ; 265/70R16 (112S) (*) LAS DIMENSIONES MAXIMAS SON DEBIDAS A ACCESORIOS OPCIONALES: PROTECTOR DELANTERO, BARRAS DE TECHO, PROTECTORES LATERALES. (*) ESTRIBOS MONTADOS EN ORIGEN			
Observaciones: VEHICULO IMPORTADO CON D.U.A. Nº 081 41 ; DE FECHA 24-08-2006, ADUANA DE BARCELONA - AUTOTERMINAL			
Por las piezas de origen extranjero incorporadas a este vehículo se han satisfecho los correspondientes derechos de Aduanas.			
El abajo firmante, legalmente autorizado por MMC AUTOMOVILES ESPAÑA, S. A. certifica que el vehículo carrozado cuyas características se reseñan en completamente conforme con el tipo homologado con la contraseña e1*2001/116*D142* así como con las opciones arriba incluidas.			
MADRID, 29 de Agosto de 06			
Fmna.			
INSCRITA EN EL REGISTRO MERCANTIL DE MADRID. EL 18 DE SE. TOMO 306 LIBRO I. SECCION 8. FOLIO 128. HOJA M-52808. INSCRIPCIÓN 1ª. CIF: A48288789			
Reformas autorizadas:			

Figura 201: Tarjeta ITV a modificar

Madrid, a.....de.....de 2012

FDO:



ANEXO II

MUY IMPORTANTE

REQUISITOS IMPRESCINDIBLES PARA LA TRAMITACIÓN DE LA LICENCIA

1. LOS SOLICITANTES DE LAS LICENCIAS DEBERÁN ENVIAR LA DOCUMENTACIÓN AL MENOS QUINCE DÍAS ANTES DE LA PRUEBA EN LA QUE DESEEN PARTICIPAR PARA FACILITAR LA TRAMITACIÓN. LAS LICENCIAS QUE LLEGUEN EL JUEVES Y/O VIERNES NO SERÁN TRAMITADAS HASTA EL LUNES DE LA SIGUIENTE SEMANA.
2. LAS LICENCIAS QUE NO TENGAN TODOS LOS DOCUMENTOS QUE SE EXIGEN PARA SU TRAMITACIÓN NO PODRÁN SER EXPEDIDAS HASTA QUE NO SE RECTIFIQUEN Y/O APORTEN.
3. SE RECOMIENDA A LAS PERSONAS QUE NO TENGAN NACIONALIDAD ESPAÑOLA, QUE ENVÍEN LA DOCUMENTACIÓN EN UN PLAZO MAYOR AL INDICADO ANTERIORMENTE, YA QUE DEBE SOLICITARSE EL OPORTUNO PERMISO A SU ADN.
4. LOS IMPRESOS PARA LA SOLICITUD DE LA LICENCIA TIENEN QUE ESTAR CORRECTAMENTE CUMPLIMENTADOS, RELLENANDO TODAS LAS CASILLAS BLANCAS CON LETRA CLARA. LICENCIAS REMITIDAS POR FAX NO SE TRAMITARÁN.
5. LA R.F.E. DE A. NO SE HARÁ RESPONSABLE DE AQUELLAS LICENCIAS QUE NO LLEGUEN A LOS DOMICILIOS POR UNA INCORRECTA DIRECCIÓN O FALTA DE DATOS.
6. LAS LICENCIAS QUE NO ADJUNTEN EL IMPORTE O JUSTIFICANTE DE PAGO CON LA SOLICITUD (LA FOTOCOPIA DE LA TRANSFERENCIA EFECTUADA, CHEQUE CONFORMADO O LOS DATOS CORRECTOS DE LA VISA) NO PODRÁN SER EXPEDIDAS.
7. EL CERTIFICADO MÉDICO DEBERÁ SER CUMPLIMENTADO EN EL IMPRESO OFICIAL DE LA R.F.E. DE A. O IMPRESO MÉDICO OFICIAL (SIEMPRE QUE RECOJA TODOS LOS DATOS SOLICITADOS) QUE SE RIGE SEGÚN LA NORMATIVA MÉDICA DE LA FIA. EL SOLICITANTE DE LA LICENCIA, GARANTIZARÁ LA VERACIDAD DE LOS DATOS CONTENIDOS EN LA CERTIFICACIÓN, Y QUE LA MISMA NO HAYA SUFRIDO NINGUNA MANIPULACIÓN FRAUDULENTA.
8. LA COMISIÓN MÉDICA DE LA REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE AUTOMOVILISMO, PODRÁ VERIFICAR EN CUALQUIER MOMENTO DURANTE LA VIGENCIA DE LA LICENCIA, LOS DATOS MÉDICOS QUE CONSTARON EN SU OBTENCIÓN.
9. EL SOLICITANTE DE UNA LICENCIA DE KARTING, QUE YA ESTÁ EN POSESIÓN DE UNA LICENCIA DE AUTOMOVILISMO (SIEMPRE Y CUANDO SEA DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS Y EL MISMO TIPO DE LICENCIA), O VICEVERSA, ABONARÁ EL IMPORTE TOTAL DE LA LICENCIA MENOS EL IMPORTE DEL SEGURO.
10. LOS CERTIFICADOS CON NÚMEROS DE LICENCIA SÓLO SE OTORGARÁN EN CASOS EXCEPCIONALES Y SIEMPRE Y CUANDO ESTA FEDERACIÓN COMPROBE QUE SE CUMPLIERON TODOS LOS TRAMITES ANTERIORES.
11. LOS PRECIOS INDICADOS EN EL PRESENTE IMPRESO PARA CADA TIPO DE LICENCIA SON COMUNES TANTO PARA LA EXPEDICIÓN DIRECTA DE LICENCIA POR PARTE DE LA R.F.E.A., COMO PARA LA HOMOLOGACIÓN DE LICENCIAS AUTONÓMICAS.

En cumplimiento de lo dispuesto en la Ley de Protección de datos de carácter personal, Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, le informamos de la incorporación de los datos comunicados al formalizar su licencia a los ficheros automatizados de esta Real Federación Española de Automovilismo, así como de la cesión a la Compañía de seguros Liberty de los datos necesarios para su debido aseguramiento.

En el caso de que usted no desee que sus datos sean utilizados para posteriores envíos de información complementaria de esta Real Federación o Entidades, Empresas o Instituciones colaboradoras, deberá comunicarlo por escrito al Departamento de Licencias.

De producirse alguna modificación en sus datos, rogamos nos lo comuniquen por escrito, con la finalidad de mantener su solicitud actualizada. De acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999, tiene usted derecho en cualquier momento a acceder, rectificar o cancelar los datos referentes a su persona incluidos en nuestras bases de datos en la siguiente dirección: Real Federación Española de Automovilismo. C/ Escultor Peresejo, 68 bis. 28023 Aravaca (Madrid).

Para fomentar y facilitar la difusión pública del automovilismo deportivo, que constituye una de las finalidades estatutarias de la R.F.E. de A., se informa de que todo licenciado que tome parte en competiciones oficiales de ámbito estatal o internacional en su caso, presta su consentimiento expreso a los efectos de que su nombre, su imagen y la del vehículo en que participe puedan ser reproducidos y difundidos en toda clase de grabaciones, retransmisiones audiovisuales y videojuegos.

Real Federación Española de Automovilismo

Escultor Peresejo, 68-Bis
28023 MADRID
Tel.: 91 729 94 30
E-mail: maria@rfeda.es
licencias@rfeda.es
www.rfeda.es

PUEDA ADELANTAR LA DOCUMENTACIÓN POR E-MAIL

federados@rfeda.es

* La licencia no tendrá validez hasta la recepción de la documentación original.

Figura 203: Solicitud de licencia de piloto 2012 (2)

AUTOMOVILISMO			
LOS CONCURSANTES SÓLO PODRÁN SER ASIGNADOS A PERSONAS MAYORES DE EDAD			
CONCURSANTE	<input type="checkbox"/> CONCURSANTE INDIVIDUAL: (CI) 160 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior		
	<input type="checkbox"/> ESCUDERÍA: (EC) 600 € • Copia de los Estatutos • Copia del documentos que acredite el registro de Asociaciones Deportivas • Escrito en el que consten los nombres y D.N.I. de las personas a las que serán adjudicadas las copias		
	<input type="checkbox"/> CONCURSANTE COMERCIAL: (CC) 1.865 € • Copia del documentos acreditativo de la empresa autorizando la solicitud • Escrito en el que consten los nombres y D.N.I. de las personas a las que serán adjudicadas las copias		
	<input type="checkbox"/> COPIA CONCURSANTE: (CP) 80 € • Nombre de la Escudería: • Documento acreditativo de la Escudería o Empresa autorizando la expedición. Sólo podrán ser asignados a mayores de Edad		
LOS MENORES DE EDAD DEBEN PRESENTAR AUTORIZACIÓN PATERNA O DEL TUTOR POR ESCRITO Y CON FIRMA LEGALIZADA ANTE NOTARIO O RECONOCIDA POR UNA ENTIDAD BANCARIA			
CONDUCTOR	<input type="checkbox"/> INTERNACIONAL: (IB) (IC) (IR) (IJR) (ID) 940 € TODAS LAS LICENCIAS INTERNACIONALES LLEVAN INCLUIDO EL SEGURO DE REPATRIACIÓN • Fotocopia del D.N.I. y del carnet de conducir en vigor • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Certificado médico (según normativa FIA) y Palmars deportivo	<input type="checkbox"/> (IA) 1.150 € <input type="checkbox"/> (IH) 1.360 €	
	<input type="checkbox"/> ESTATAL: (E) 350 € LOS DEPORTISTAS QUE SALGAN AL EXTRANJERO, TENDRÁN QUE CONTRATAR OBLIGATORIAMENTE EL SEGURO DE REPATRIACIÓN • Fotocopia del D.N.I. y del carnet de conducir en vigor • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Certificado médico (según normativa FIA)		
	<input type="checkbox"/> ESTATAL JUNIOR (16-18 AÑOS) - (CIRCUITO, AUTOCROSS): (EJ) 350 € • Fotocopia del D.N.I. y Certificado médico (según normativa FIA) • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Fotocopia D.N.I. del padre o tutor, así como la Autorización, con firma legalizada ante notario o reconocida por entidad bancaria		
	<input type="checkbox"/> ESTATAL RESTRINGIDA: (ER) 135 € • Fotocopia del D.N.I. y del carnet de conducir en vigor (Mayores de 18 años) • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Certificado médico (según normativa FIA)		
	<input type="checkbox"/> ESTATAL RESTRINGIDA REGULARIDAD: (ERR) 135 € • Fotocopia del D.N.I. y del carnet de conducir en vigor • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Certificado médico (según normativa FIA)		
	<input type="checkbox"/> COPILOTO ESTATAL: (CO) 195 € • Fotocopia del D.N.I. y Certificado médico (según normativa FIA) • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior		
COPILOTO	<input type="checkbox"/> COPILOTO ESTATAL RESTRINGIDO: (COR) 135 € • Fotocopia del D.N.I. y Certificado médico (según normativa FIA) • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior		
	PERMISO VALIDO PARA UN ÚNICO EVENTO. SÓLO SE PODRÁ EXPEDIR UN PERMISO DE PARTICIPACIÓN POR PERSONA Y AÑO.		
PERMISOS	<input type="checkbox"/> PERMISO DE PARTICIPACIÓN: <input type="checkbox"/> PILOTO <input type="checkbox"/> COPILOTO (PPP/PPC) 135/95 € • NOMBRE DEL EVENTO: • FECHA DE CELEBRACIÓN: • Fotocopia del D.N.I. • Fotocopia del carnet de conducir (mayores de 18 años) • Certificado médico (según normativa FIA) • Autorización paterna o del tutor, con firma legalizada ante notario o reconocida por entidad bancaria y DNI padre o tutor		
	LOS OFICIALES QUE ACTÚEN EN EL EXTRANJERO, TENDRÁN QUE CONTRATAR OBLIGATORIAMENTE EL SEGURO DE REPATRIACIÓN		
OFICIAL	<input type="checkbox"/> COMISARIO DEPORTIVO: (CD) 140 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Detallar obligatoriamente dos actuaciones realizadas en 2010/2011 1ª 2ª		
	<input type="checkbox"/> DIRECTOR DE CARRERA: (DC) 140 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Detallar obligatoriamente dos actuaciones realizadas en 2010/2011 1ª 2ª		
	<input type="checkbox"/> SECRETARIO DE CARRERA: (SC) 140 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Detallar obligatoriamente dos actuaciones realizadas en 2010/2011 1ª 2ª		
	<input type="checkbox"/> JEFE DE ÁREA: (JDA) 125 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Detallar obligatoriamente dos actuaciones realizadas en 2010/2011 1ª 2ª		
	<input type="checkbox"/> COMISARIO TÉCNICO: (OC) 125 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior • Detallar obligatoriamente dos actuaciones realizadas en 2010/2011 1ª 2ª		
	<input type="checkbox"/> COMISARIO TÉCNICO CONTROLADOR: (OCC) 90 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior		
	<input type="checkbox"/> CRONOMETRADOR: (OB) 125 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior		
	<input type="checkbox"/> COMISARIO DE RUTA: (OD) 85 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior		
LAS SOLICITUDES DE LAS LICENCIAS EN PRÁCTICAS DEBEN SER SELLADAS POR LAS FEDERACIONES AUTONÓMICAS O ENTIDADES ORGANIZADORAS			
<input type="checkbox"/> CRONOMETRADOR EN PRÁCTICAS: (OBP) 105 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior			
<input type="checkbox"/> COMISARIO DE RUTA EN PRÁCTICAS: (ODP) 60 € • Fotocopia del D.N.I. • Foto carnet para nuevos federados o que quieran cambiar la imagen anterior			

Figura 204: Solicitud de licencia de piloto 2012 (3)

Real Federación Española de Automovilismo

EXAMEN MÉDICO DE APTITUD PARA LA OBTENCIÓN DE LA LICENCIA 2012

(Rellenar todos los campos)

Nombre:		Apellidos:		Edad:	
Fecha Nac.:		Sexo:		D.N.I.	
Teléfono:		Domicilio:		C.P.:	
Población:		Provincia:		E-mail:	
Profesión:		Antecedentes Personales:		Antecedentes Familiares:	
Tratamientos Crónicos:		Alergias:		Talla:	
Peso:		VISIÓN			
Agudeza Visual: OD ___ OI ___		Corrección Visual:		Lentillas:	
Campo Visual:		Estereoscópica:		Visión de colores:	
CARDIORESPIRATORIO		<i>ES OBLIGATORIO UN ECG PARA LA TRAMITACIÓN DE LA PRIMERA LICENCIA</i>			
Pulso:		Tensión Arterial:		Auscultación cardiopulmonar:	
ECG Basal OBLIGATORIO para la 1ª Licencia y 30, 35 y 40 años.					
Detallar resultado:					
Prueba de Esfuerzo OBLIGATORIA para mayores de 45 años; (validez 2 años) ÚLTIMO AÑO DE REALIZACIÓN:					
Detallar resultado:					
EXAMEN ORTOPÉDICO					
.....					
VALORACIÓN FÍSICA Y PSICOLÓGICA					
.....					
VIGILANCIA MÉDICA ESPECIAL					
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones:					
.....					
VALORACIÓN APTITUD					
Apto / No apto para la práctica del deporte del automóvil cumpliendo con las normas médicas de la R.F.E. de A.					
.....					
MÉDICO Nombre: Nº Col: Lugar: Firma, fecha y sello			DEPORTISTA Nombre: Declaro que he informado exactamente al médico sobre mi estado de salud actual y sobre mis antecedentes y me comprometo a no hacer uso de sustancias y métodos prohibidos en la lista de la Agencia Mundial Antidopage. Firma		

Caduca a los 3 meses

Figura 205: Solicitud de examen médico exigido 2012



ANEXO III

A.III.1.- NORMATIVA DETALLADA POR CATEGORÍAS

A continuación se detallará la normativa seguida en cada categoría o módulo del vehículo, separando entre la normativa según el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las Comunidades Autónomas y la normativa específica para competición según la RFEDA/FIA.

A.III.1.1.- NORMATIVA APLICABLE A LAS REFORMAS DE VEHÍCULOS DE CLASE M1:

- Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.
- Real Decreto 2822/1998, de 23 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.
- Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación.
- 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 2140/85 relativo a “Normas sobre homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos”, derogado por Real Decreto 750/2010 de 4 de junio, si bien reglamenta las tarjetas de ITV que pueden ser expedidas hasta julio de 2012.
- REAL DECRETO 866/2010 de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.
- Manual de Reformas en Vehículos, editado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el que se explican pormenorizadamente todas las reformas de importancia definidas en el anexo I del Real Decreto 866/2010 de 2 de julio.
- Real Decreto 2042/1994, de 14 de Octubre, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos.
- Manual de Procedimiento de Inspección de las Estaciones ITV, editado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el que se explican pormenorizadamente todas las verificaciones a efectuar en los vehículos y defectos que afectan a la Seguridad Vial.
- Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 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.

- Reglamentos CEPE/ONU sobre criterios y especificaciones en la homologación de vehículos y sus partes.

A.III.1.2.-NORMATIVA APLICABLE PARA LAS MODIFICACIONES TECNICAS SEGÚN LA RFEDA/FIA

A.III.1.2.1. -MOTOR, UNIDAD MOTRIZ

El artículo 11.19 del Reglamento General de Vehículos, dicta que “Los vehículos a motor deberán cumplir lo establecido en las correspondientes disposiciones sobre emisión de humos, gases contaminantes, ruidos y compatibilidad electromagnética, de acuerdo con lo dispuesto en la reglamentación que se recoge en el anexo I”.

La Directiva 70/157/CEE establece que para vehículos destinados al transporte de menos de 9 personas incluido el conductor y peso inferior a 3500kg el nivel sonoro admisible ha de ser inferior a 82Db, medidos según las condiciones expresadas en el anexo 1 de dicha directiva.

Reglamento CEPE/ONU Nº26 estipula que la cola del escape de un vehículo M1, si sobresale de la defensa trasera más de 5mm ha de tener un radio de curvatura de 2,5mm en sus bordes, si sobresale 10mm por debajo de la línea de suelo también sus bordes han de tener un radio de curvatura de 2,5mm.

Artículo 284 – 2012 Reglamento Específico para Vehículos Todo Terreno de Serie

ARTÍCULO 6:

6.1 Motor

Los motores de gasolina sobrealimentados están prohibidos.

- Se permite reemplazar o duplicar el cable del mando del acelerador por otro que provenga, o no, del constructor.

-Encendido:

La marca y tipo de las bujías, limitador de revoluciones y cables de alta tensión son libres. La caja y las piezas de la unidad electrónica de control (ECU) relativas al encendido son libres; no obstante, el sistema debe ser completamente intercambiable con la unidad de origen.

La instalación de origen debe ser conservada y no puede ser modificada. Los sensores y actuadores en el lado de entrada no pueden modificarse, ni tampoco su función. No se podrá añadir ningún sensor, incluso con la única finalidad de la obtención de datos. Se prohíbe añadir un interruptor en el cableado original entre la unidad de control electrónica y un sensor y/o actuador.

En el caso en que un modelo esté equipado con un circuito eléctrico multiplexado, se permite el uso de cableado junto con una unidad electrónica de control homologada como Variante Opción.

- Todo sistema de captación de datos queda prohibido, salvo el que monte el vehículo homologado. Sólo el sistema de captación de datos que monte el vehículo de serie puede ser usado. En ningún caso puede ser modificado o registrar parámetros adicionales.

- Circuito de refrigeración:

El radiador que contiene el refrigerante es libre, así como el tipo de termostato, que puede retirarse. El emplazamiento y los puntos de anclaje de origen del radiador de serie deberán conservarse. Está permitido añadir un ventilador eléctrico a condición de que sea montado en algún vehículo de serie y que sea regularmente comercializado.

- Carburadores:

Debe mantenerse el sistema original. Los elementos del carburador que controlan la cantidad de gasolina que entra en la cámara de combustión pueden modificarse, siempre que no tengan ninguna influencia sobre la admisión de aire.

- Inyección:

Debe mantenerse el sistema original. Los elementos del sistema de inyección situados aguas abajo del dispositivo de medición del caudal de aire que regula la cantidad de combustible que entra en la cámara de combustión pueden modificarse, pero no suprimirse, siempre que no tengan ninguna influencia sobre la admisión de aire.

La unidad electrónica de control (ECU) para la inyección es libre.

Las entradas de la ECU (sensores, actuadores, etc.), incluidas sus funciones, deben ser las de serie. Se prohíbe añadir un interruptor en el cableado original entre la unidad de control electrónica y un sensor y/o actuador. Las salidas de la centralita electrónica deben mantener sus funciones de origen según la ficha de homologación. En el caso en que un modelo esté equipado con un circuito eléctrico multiplexado, se permite el uso de cableado junto con una unidad electrónica de control homologada como Variante Opción.

Será necesario asegurarse de que los sensores usados por un vehículo equipado con un circuito eléctrico multiplexado pueden conservarse con el cableado homologado. Los inyectores pueden modificarse o sustituirse con el fin de modificar su caudal, pero sin modificar su principio de funcionamiento o sus anclajes.

La rampa de inyección puede reemplazarse por otra de libre diseño pero dotada de conectores roscados destinados a conectar las canalizaciones y el regulador de presión de combustible, siempre y cuando la fijación de los inyectores sea idéntica a la de origen.

- Filtro de aire:

El filtro de aire, su alojamiento y el conducto entre ese alojamiento y la atmósfera son libres, pero el alojamiento deberá permanecer en su emplazamiento de origen, el aire no podrá tomarse del habitáculo, las modificaciones no deberán afectar a la estructura del vehículo y la instalación deberá estar enteramente situada en el compartimento motor.

Es posible hacer un orificio de un diámetro máximo de 10 cm en el capó o las aletas delanteras para la alimentación de aire al motor, y colocar un tubo de un diámetro interior máximo de 10 cm (Ver *Figura 206*).

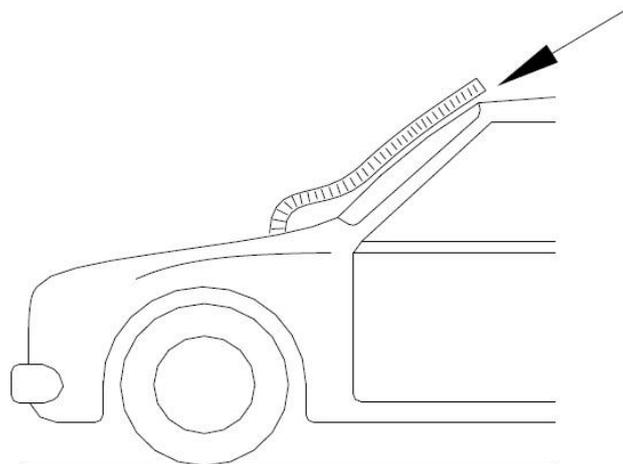


Figura 206: tubo de alimentación del filtro de aire

Brida (motor diesel sobrealimentado):

Todos los motores diesel sobrealimentados deben estar equipados con una brida fijada a la carcasa del compresor. Todo el aire necesario para la alimentación del motor debe pasar a través de esta brida, que deberá respetar lo siguiente:

El diámetro máximo interno (d) de la brida es:

- 39 mm para motores de hasta 5.000 cm³
- 43 mm para motores de más de 5.000 cm³ y hasta 6.000 cm³
- 46 mm para motores de más de 6.000 cm³

Este diámetro debe mantenerse sobre una longitud mínima de 3 mm medido aguas debajo de un plano perpendicular al eje de rotación situado a un máximo de 50 mm aguas arriba de un plano que pase por los extremos más aguas arriba de los álabes de la rueda (ver Figura 187).

Este diámetro debe respetarse independientemente de las condiciones de temperatura. El diámetro exterior de la brida a nivel del cuello, debe ser inferior a $(d)+6$ mm, y debe mantenerse sobre una longitud de 5 mm a cada lado de éste.

El montaje de la brida sobre el turbocompresor debe hacerse de tal manera que sea necesario retirar completamente dos tornillos del cuerpo del compresor, o de la brida, para poder desacoplar la brida del compresor.

El anclaje por tornillos de punzón no está autorizado. Para la instalación de esta brida, se permite retirar y añadir material en la carcasa del compresor, con el único propósito de fijar la brida sobre dicha carcasa. Las cabezas de los tornillos de fijación deben taladrarse para que puedan ser precintadas. La brida debe estar hecha de un único material y sólo puede taladrarse con el fin de instalarla y precintarla, que debe poder hacerse entre los tornillos de fijación, entre la brida (o la fijación brida/carcasa del compresor), la carcasa del compresor (o la fijación carcasa/placa de cierre) y la carcasa de la turbina (o la fijación carcasa/placa de cierre) (Ver Figura 207). Debe ser visible y poder inspeccionarse y precintarse fácilmente sin la ayuda de herramientas.

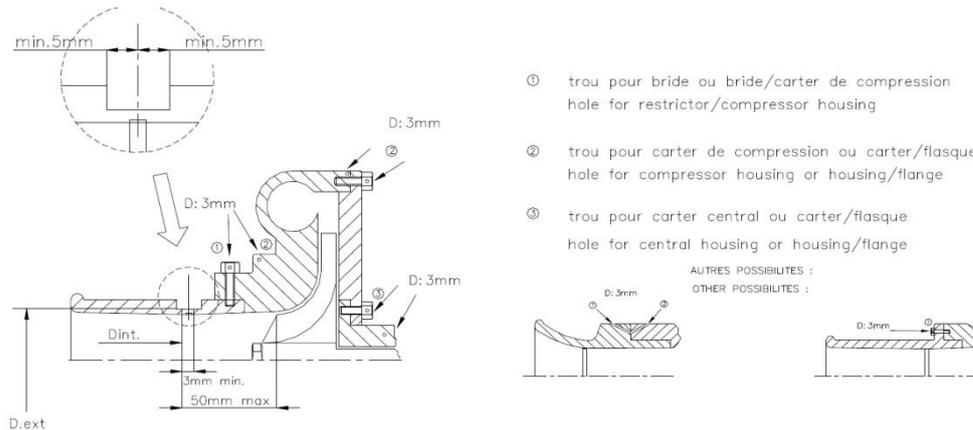


Figura 207: Brida en motores diesel turboalimentados

Se autoriza una brida solidaria (no desmontable) de la carcasa del compresor. En este caso, el diámetro exterior a nivel del cuello es libre. Es posible utilizar 2 bridas a condición de dividir por 1,4142 el diámetro normalmente utilizado para una brida.

- Distribución:

Los muelles y el juego de las válvulas son libres, pero los árboles de levas (incluido el perfil de las levas) deberán permanecer de serie.

- Bomba de alimentación:

El número y el principio de funcionamiento de las bombas de alimentación son libres. Los soportes del motor y de la caja de cambios deben ser los de origen u homologados. Si los soportes son los de origen, el material del elemento elástico es libre.

- Escape:

Será posible:

- retirar el interior del silencioso de origen;
- o bien modificar el escape desde el primer catalizador hasta la salida (Figura 208); las dimensiones máximas del conducto serán las del tubo situado aguas arriba del primer silencioso. La salida puede ser trasera, o bien, lateral.

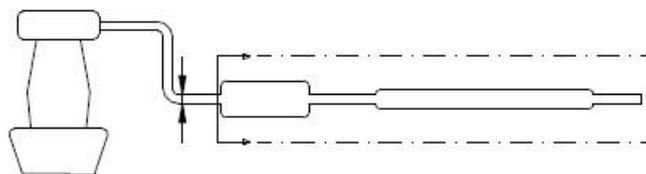


Figura 208: modificación posible de la línea de escape

En el caso de que existan dos entradas al primer silencioso, la sección del conducto modificado deberá ser menor o igual que el total de las dos secciones originales. Estas libertades no deben entrañar ninguna modificación de la carrocería y deben respetar la legislación del país de la prueba en lo que concierne a los niveles sonoros. Si se añade un silencioso de escape, debe ser como el de origen y debe contener un material absorbente del ruido. Las piezas suplementarias para el montaje del escape están autorizadas.

Convertidor catalítico: (convertidor catalítico y otro), los vehículos correspondientes deberán estar en conformidad con alguna de las dos versiones, sin que se admita ningún tipo de combinación de ambas. El convertidor catalítico es considerado como un silencioso y puede ser desplazado. Si está directamente fijado sobre el colector, el catalizador podrá ser reemplazado por una pieza cónica de la misma longitud y con las mismas dimensiones en entrada y salida.

Después de esta pieza el escape será libre con un diámetro de tubo como máximo igual al de la salida del catalizador. Si el catalizador forma parte integrante del colector de escape, es posible retirar únicamente la parte interna del catalizador.

- Controlador de la velocidad de cruce:

Este controlador puede desconectarse.

- Paneles aislantes:

Siempre que se respete el peso mínimo, estos paneles pueden suprimirse, así como las pantallas de plástico que tengan la finalidad de cubrir los elementos mecánicos en el compartimento motor y que cumplan únicamente una función estética.

- Aire acondicionado:

Será posible retirar el sistema de aire acondicionado de un vehículo homologado con dicho sistema, siempre que se respete el peso mínimo.

6.2 Transmisión

Las juntas de articulación de accionamiento de la caja de cambios son libres.

- Embrague: El disco es libre, salvo en lo que concierne al número y al diámetro.

- Los sistemas automáticos de bloqueo/desbloqueo de los diferenciales están autorizados con la condición de que estén homologados como Variante de Producción (VP) y que no se modifiquen.

A.III.1.2.2. -LLANTAS Y NEUMÁTICOS

Artículo 282 del 2012: Prescripciones Generales para Vehículos Todo Terreno

ARTÍCULO 6: RUEDAS Y NEUMÁTICOS

Las ruedas construidas parcial o totalmente de materiales compuestos están prohibidas. A excepción de los líquidos y geles antipinchazos aplicados en la superficie interna de los neumáticos, está prohibida la utilización de cualquier dispositivo que permita mantener las performances del neumático con una presión interna igual o inferior a la presión atmosférica.

El interior del neumático (espacio comprendido entre la llanta y la parte interna del neumático) debe rellenarse únicamente con aire y con los productos mencionados anteriormente.

Medición de la anchura de rueda:

La rueda estará montada en el vehículo y apoyada en el suelo, el vehículo se encontrará en condiciones de carrera, el conductor a bordo, la medición de la anchura de la rueda se efectuará en cualquier punto de la circunferencia del neumático, excepto en la zona de contacto con el suelo.

Cuando se monten neumáticos múltiples como parte de una rueda completa, esta deberá respetar las dimensiones máximas previstas para el grupo en el que se utilizan este tipo de neumáticos.

Artículo 284: Reglamento Específico para Vehículos Todo Terreno de Serie (grupo T2)

6.4 Ruedas y neumáticos

Las ruedas son libres, siempre que se respeten el diámetro (Artículo 801.a) y la anchura (Artículo 801.b) homologados, que se consideran como máximos. Deberán estar cubiertas por las aletas. Los neumáticos son libres a condición de que puedan montarse sobre estas ruedas, pero los neumáticos de clavos y las ruedas de motocicleta están prohibidos. La rueda de repuesto podrá desplazarse al interior del habitáculo, a condición de que esté sólidamente fijada y de que no esté instalada en el espacio reservado a los ocupantes. El cambio de las fijaciones de las ruedas, de tornillos a espárragos y tuercas, podrá hacerse a condición de respetar el número de puntos de anclaje y el diámetro de las partes roscadas como se indica en la *Figura 209*.

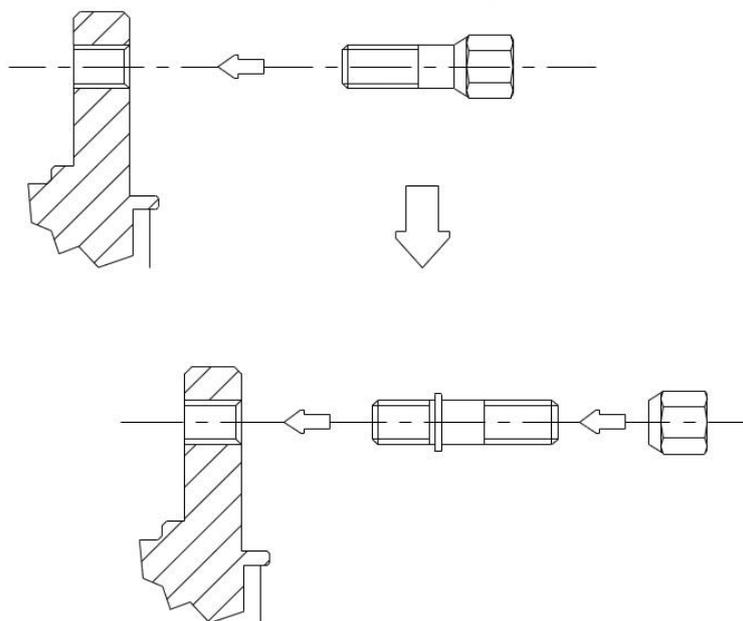


Figura 209: Fijaciones tornillería ruedas

A.III.1.2.3. -SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Artículo 284 – 2012 Reglamento Específico para Vehículos Todo Terreno de Serie

Se permiten algunos cambios que se contemplan en el artículo 284 “Reglamento específico para vehículos todoterreno de serie (Grupo T2)”, de acuerdo con el Real Decreto 866/2010 y la normativa 2007/46/CE, siendo esta última modificada por el reglamento europeo nº 678/2011.

- **“Suspensión:** Es posible cambiar por acero el material de los triángulos de la suspensión, siempre que el peso del nuevo triángulo sea mayor que el peso del triángulo original y que todo lo demás se conserve igual.
Se permite el refuerzo de la suspensión y sus puntos de anclaje por adición de material. Los refuerzos de suspensión no deben permitir a dos partes separadas ser unidas para formar una sola. En el caso de suspensión oleoneumática, las esferas pueden cambiarse así como sus dimensiones, forma y material, pero no su número. Una llave, ajustable desde el exterior del vehículo, puede montarse sobre las esferas.”
- **“Muelles helicoidales:** La longitud es libre, así como el número de espiras, el diámetro del hilo, el diámetro exterior, el tipo de muelle (progresivo o no) y la forma de los asientos del muelle. Los resortes neumáticos u oleoneumáticos pueden reemplazarse por resortes helicoidales con la única condición de que sean homologados en VO.”
- **“Amortiguadores:** Libres, siempre que se mantenga su tipo (telescopico, de brazo, etc.) y su principio de funcionamiento (hidráulico, de fricción, mixto, etc.). No deben tener otra función que la de amortiguador. El número de amortiguadores se limita a dos por rueda*. La comprobación será efectuada de la siguiente forma: Una vez desmontados los muelles y/o barras de torsión, el vehículo debe caer por gravedad hasta el tope del amortiguador en menos de cinco minutos. No obstante, si se sustituyen por amortiguadores con un principio de funcionamiento diferente que los de serie, requerirán la aprobación de la FIA.”
- “No se considerará reforma la instalación de barras de unión en torretas de suspensión.”

A.III.1.2.4. -SISTEMA DE FRENADO

Artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”

Ha de aplicarse la normativa que se dicta en el artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”, cuya descripción detallada se cita a continuación. El sistema de frenado debe de ser el original o el homologado en Variante Opción (VO). Se permiten algunos cambios que se contemplan en el artículo 284 “Reglamento específico para vehículos todoterreno de serie (Grupo T2)”, de acuerdo con el Real Decreto 866/2010, y la normativa 71/320/CEE, 98/12/CE y 2007/46/CE, siendo esta última modificada por el reglamento europeo nº 678/2011.

- “Los discos y las pinzas deben ser de origen u homologados en Variante Opción (VO). Los forros de freno son libres, así como su fijación (remachado, pegado, etc.), a condición de que la superficie de rozamiento no aumente. Las chapas de protección podrán retirarse o doblarse. En el caso de vehículos equipados con servofreno, este dispositivo puede desconectarse. Lo mismo se aplica a los sistemas antibloqueo de frenos. Las conducciones de los frenos pueden sustituirse por conducciones tipo aviación. En el caso de un vehículo que tenga homologado un sistema antibloqueo de frenos, este podrá desmontarse enteramente del vehículo de competición. Puede reemplazarse el freno de mano mecánico por un sistema hidráulico, pero en este caso un circuito de frenos en diagonal (en X) o el sistema original es obligatorio. Se debe mantener la función del freno de estacionamiento. Se permite modificar la posición del freno de mano hidráulico, siempre que permanezca en el emplazamiento homologado (en el túnel central, etc.)”

A.III.1.2.5. -HABITÁCULO INTERIOR

Artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”

Ha de aplicarse la normativa que se dicta en el **artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”**, cuya descripción detallada se cita a continuación.

ARTÍCULO 20: ASIENTOS

En T2 y T4 si se cambian los anclajes o soportes de origen, estos elementos deben estar hechos por una fabricante reconocido por la FIA o deben cumplir con las siguientes especificaciones:

En cualquier caso, el sistema de guías original se debe quitar o bloquear permanentemente.

- 1) Las fijaciones sobre la carrocería/chasis deben tener, como mínimo, 4 soportes por asiento, con tornillos de un mínimo de 8 mm de diámetro y contraplacas, de conformidad con el dibujo. El área de contacto mínima entre el soporte, chasis/carrocería y contraplaca es 40 cm² por cada fijación. Si se utilizan sistemas de liberación rápida, estos deben ser capaces de resistir fuerzas verticales y horizontales de 18.000 N, no aplicadas de forma simultánea.
- 2) La fijación entre el asiento y los soportes debe estar compuesta de cuatro sujeciones, 2 delanteras y 2 en la parte trasera del asiento, usando tornillos de un diámetro

mínimo de 8 mm y refuerzos integrados en el asiento. Cada sujeción deberá poder resistir una carga de 15.000 N aplicada en cualquier dirección.

- 3) El espesor mínimo de los soportes y de las contraplacas es de 3 mm para el acero y 5 mm para materiales de aleación ligera. La dimensión longitudinal mínima de cada soporte es de 6 cm.
- 4) En caso de utilización de un acolchado entre el asiento homologado y el ocupante, el espesor máximo de dicho acolchado no podrá ser superior a 50mm. Todos los asientos de los ocupantes deben ser homologados por la FIA (norma 8855/1999 o 8862/2009), y sin modificar. Para asientos que cumplan con la norma FIA 8855/1999, el límite de uso es de 5 años transcurridos desde la fecha de fabricación indicada en la etiqueta obligatoria. Una extensión de otros 2 años puede ser autorizada por el fabricante y debe ser indicada por una etiqueta adicional. Para asientos que cumplan con la norma FIA 8862/2009, el límite de uso es de 10 años transcurridos desde el año de fabricación

ARTÍCULO 6: CINTURONES DE SEGURIDAD

6.1 Arnese

Uso obligatorio de un arnés con 5 o 6 puntos de anclaje. Puntos de anclaje a la carrocería o al chasis o a la cabina o a la estructura de seguridad: 2 para la banda abdominal, 2 para las bandas de los hombros, 1 o 2 para la o las bandas pélvicas. Estos arneses deben cumplir con la Norma FIA nº 8853/98. Deben llevarse a bordo dos cutters en todo momento. Deben ser fácilmente accesibles para el piloto y el copiloto estando sentados con los arneses abrochados. Además, se recomienda que en las competiciones que incluyan secciones por carreteras abiertas, los arneses estén equipados con un sistema de apertura por pulsador. Las ADN podrán homologar puntos de anclaje situados en la estructura de seguridad durante la homologación de dicha estructura, a condición de que esos puntos de anclaje se sometan a las pruebas correspondientes.

6.2 Instalación

Está prohibido anclar los arneses a los asientos o sus soportes. Deben utilizarse los puntos de anclaje del vehículo de serie (grupos T2 y T4).

Si la instalación en los puntos de anclaje de serie fuese imposible, deben instalarse nuevos puntos de anclaje en la carrocería o el chasis o la cabina, uno para cada banda y lo más atrás posible para las bandas de los hombros. Se debe evitar que las bandas se dañen al rozarse por el uso contra aristas vivas. Las ubicaciones geométricas recomendadas para los puntos de anclaje se muestran en la *Figura 210*.

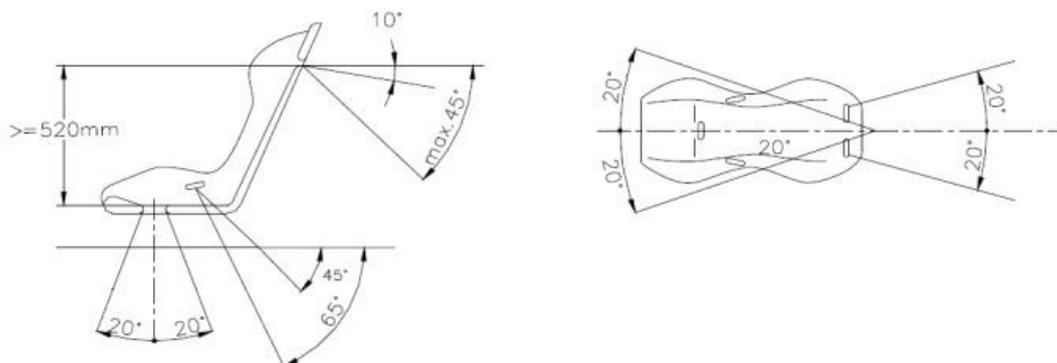


Figura 210: ubicaciones geométricas de los puntos de anclaje de los arneses

Las bandas de los hombros deben estar dirigidas hacia atrás y hacia abajo y deben instalarse de tal forma que no formen un ángulo mayor de 45° con la horizontal, a partir del borde superior del respaldo (20° desde los hombros del conductor en T4), aunque se recomienda que este ángulo no supere los 10° . Los ángulos máximos con relación al eje del asiento son 20° divergentes o convergentes (medidos en proyección horizontal). Si es posible, deberá utilizarse el punto de anclaje originalmente previsto por el constructor sobre el montante C. Los puntos de anclaje que impliquen un ángulo con la horizontal más elevado no deberán usarse.

Si la instalación en los puntos de anclaje de serie es imposible, las bandas de los hombros podrán fijarse o apoyarse en un refuerzo transversal trasero fijado a la estructura de seguridad o a los puntos de anclaje superiores de los cinturones delanteros. Las bandas de los hombros pueden fijarse también a la estructura de seguridad o a una barra de refuerzo por medio de un lazo, o bien fijarse a los anclajes superiores de los cinturones traseros, o apoyarse o fijarse en un refuerzo transversal soldado entre los tirantes longitudinales de la estructura (ver Figura 211).

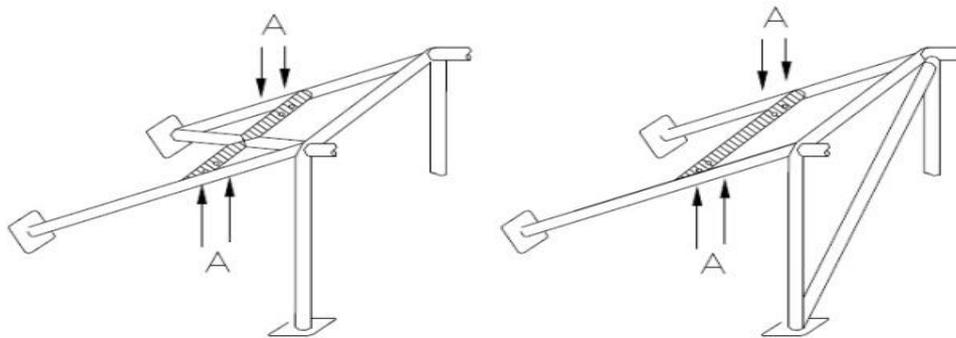


Figura 211: ubicaciones geométricas de los puntos de anclaje de las bandas de los hombros de los arneses

En este caso, el uso de un refuerzo transversal está sujeto a las siguientes condiciones:

- El refuerzo transversal será un tubo de, al menos, $38 \text{ mm} \times 2,5 \text{ mm}$ o $40 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ de acero al carbono estirado en frío sin soldadura, con una resistencia mínima a la tracción de 350 N/mm^2 .
- La altura de este refuerzo será tal que las bandas de los hombros, hacia atrás, están dirigidas hacia abajo con un ángulo de entre 10° y 45° (20° en T4) con respecto a la horizontal desde el borde del respaldo (o los hombros del conductor en T4), se recomienda un ángulo de 10° .
- Las bandas abdominales y pélvicas no deben pasar sobre los lados del asiento sino a través del asiento, con el fin de envolver y sujetar la región pélvica sobre la mayor área posible. Las bandas abdominales deben ajustarse estrechamente en la unión de la cresta pélvica y la parte superior del muslo. Bajo ningún concepto deben utilizarse sobre la zona abdominal.
- Se autoriza a fijar las bandas por medio de un lazo o por tornillos, pero en este último caso debe soldarse una pieza por cada punto de anclaje (ver Figura 212 para las dimensiones).

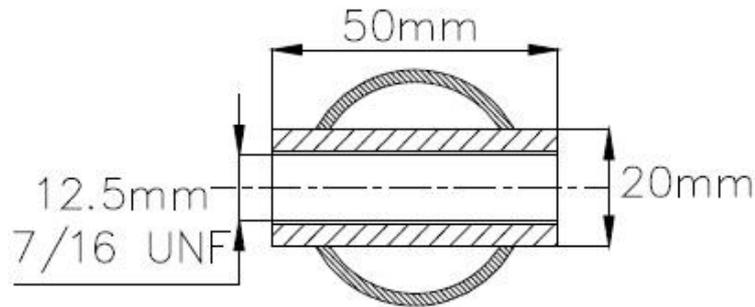


Figura 212: dimensiones pieza anclaje de las bandas

Estas piezas se situarán en la barra de refuerzo y las bandas estarán fijadas a ellos por medio de tornillos M12 8.8 o 7/16 UNF.

- Cada punto de anclaje deberá resistir una carga de 1.470 daN, o 720 daN para las bandas pélvicas. En el caso de un punto de anclaje para dos bandas (prohibido para las bandas de los hombros), la carga considerada será igual a la suma de las dos cargas requeridas.
- Para cada nuevo punto de fijación creado, se utilizará una placa de refuerzo en acero con una superficie de, al menos, 40 cm² y un espesor mínimo de 3 mm.
- Principios de fijación sobre el chasis/monocasco:

1) Sistema de fijación general: ver Figura 213.

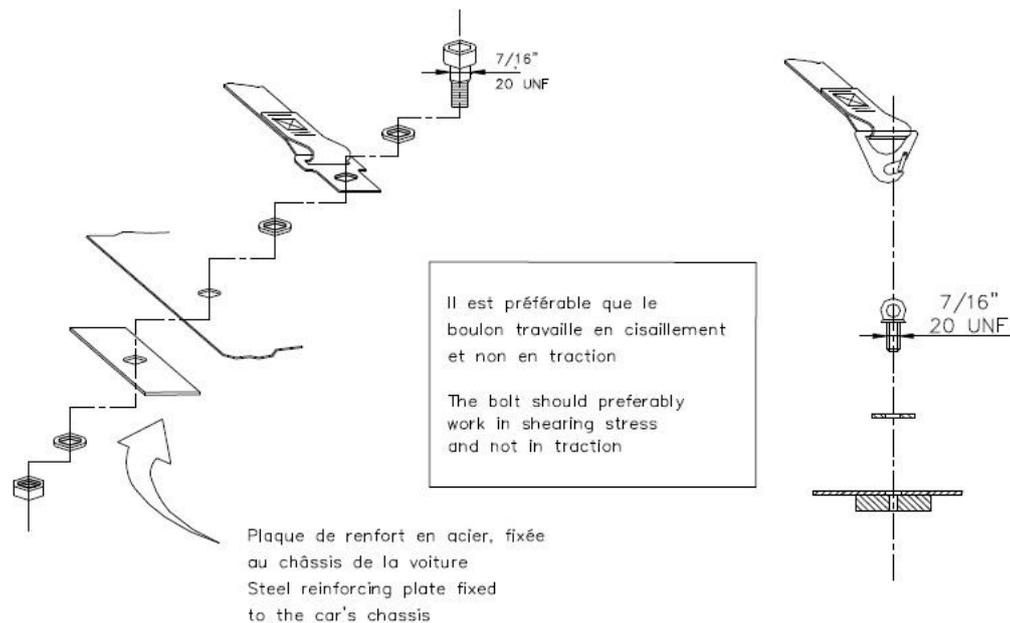


Figura 213: sistema de fijación general

2) Sistema de fijación para las bandas de los hombros: ver *Figura 214*.

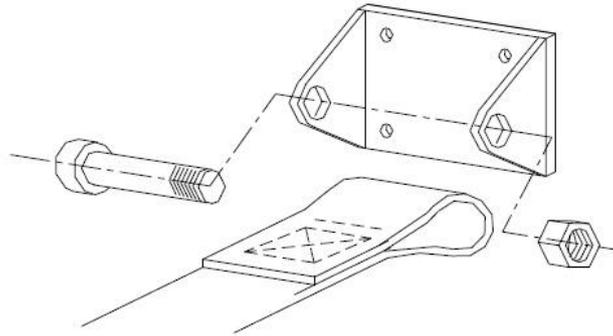


Figura 214: sistema de fijación general (2)

3) Sistema de fijación para las bandas pélvicas: ver *Figura 215*.

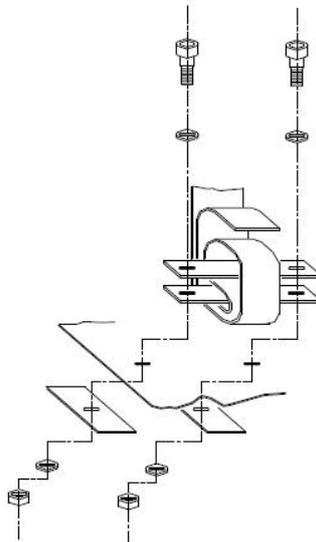


Figura 215: sistema de fijación para las bandas pélvicas

6.3 Utilización

Un arnés debe usarse en su configuración de homologación sin ninguna modificación o eliminación de piezas, y en conformidad con las instrucciones del fabricante. La eficacia y duración de los cinturones de seguridad está directamente relacionada con la forma en la que se instalan, usan y mantienen.

Los cinturones deben reemplazarse después de un accidente serio, si se encuentran cortados, deshilachados o debilitados debido a la acción de la luz del Sol o de productos químicos. También deben cambiarse si las piezas de metal o las hebillas están deformadas, dobladas o corroídas. Todo arnés que no funcione correctamente debe sustituirse.

Nota: No está permitido combinar elementos de diferentes arneses. Sólo pueden usarse juegos completos tal y como son conformados por los fabricantes.

A.III.1.2.6. -ARCO DE SEGURIDAD

Artículo 283 del 2012: Equipamiento de seguridad para vehículos todo terreno.

ARTÍCULO 8: ESTRUCTURAS DE SEGURIDAD

(Únicamente para T1, T3 y T2, ver Art. 287.3 para T4)

Para los vehículos del Grupo T1 y T3, la referencia de la fecha de homologación debe entenderse como la primera fecha de concesión del pasaporte técnico de la FIA.

8.1 Generalidades:

La instalación de una estructura de seguridad es obligatoria. Debe estar:

a) Fabricada de acuerdo a los requerimientos de los artículos siguientes;

b) Homologada o certificada por una ADN de acuerdo a los reglamentos de homologación para estructuras de seguridad; Se debe presentar a los Comisarios Técnicos de la prueba una copia original del documento o certificado de homologación aprobado por la ADN y firmado por técnicos cualificados que representen al fabricante.

Toda nueva estructura de seguridad homologada o certificada por una ADN y vendida a partir del 01/01/2003, deberá estar identificada, de forma individual, mediante una placa de identificación colocada por el constructor, que no pueda copiarse ni retirarse (por ejemplo, soldada, troquelada o con un adhesivo autodestructible).

La placa de identificación debe portar el nombre del constructor, el número de homologación de la ADN y el número de serie único del fabricante.

Deberá llevarse a bordo un certificado mostrando los mismos números identificativos y presentarse a los comisarios técnicos de la prueba.

c) Homologada por la FIA de acuerdo a los reglamentos de homologación para estructuras de seguridad.

Para el Grupo T2, debe ser objeto de una extensión (VO) de la ficha de homologación del vehículo homologado por la FIA. La identificación del fabricante y un número de serie debe ser claramente visible en todas las estructuras homologadas y vendidas desde el 1 de enero de 1997. La ficha de homologación de la estructura debe especificar cómo y dónde se indica esta información, y los compradores deben recibir un certificado numerado correspondiente a la misma. Toda modificación de una estructura de seguridad homologada o certificada está prohibida.

Será considerado como modificación cualquier proceso sobre la estructura por medio de mecanizado o soldadura que implique una modificación permanente del material o de la estructura de seguridad.

Cualquier reparación de una estructura de seguridad dañada tras un accidente debe llevarse a cabo por el fabricante de la estructura o con su aprobación. Los tubos de las estructuras de seguridad no deben transportar fluidos ni ninguna otra cosa. Las estructuras de seguridad no deben dificultar la entrada o salida del piloto y copiloto. Los elementos de la estructura podrán ocupar el espacio de los ocupantes atravesando el salpicadero y los revestimientos delanteros, así como el asiento y revestimientos traseros.

Los asientos traseros pueden plegarse.

8.2 Definiciones

8.2.1 Estructuras de seguridad:

Estructura multitubular instalada en el habitáculo cerca de la carrocería, concebida con el fin de evitar una deformación importante de la carrocería (chasis) en caso de accidente.

8.2.2 Arco de seguridad:

Estructura tubular formando un arco con dos bases de anclaje.

8.2.3 Arco principal (dibujo 253-1):

Estructura prácticamente vertical constituida por un arco tubular de una sola pieza (inclinación máxima +/-10° con respecto a la vertical) situado en un plano transversal al vehículo, e inmediatamente detrás de los asientos delanteros. El eje del tubo debe estar contenido en un solo plano.

8.2.4 Arco delantero (dibujo 253-1):

Similar al arco principal pero su forma sigue los montantes y el borde superior del parabrisas

8.2.5 Arco lateral (dibujo 253-2):

Estructura casi longitudinal y prácticamente vertical constituida por un arco tubular de una sola pieza, situado a lo largo de la parte derecha o izquierda del vehículo, siguiendo el pilar delantero del mismo el montante del parabrisas, y los montantes traseros siendo casi verticales y estando justo detrás de los asientos delanteros. El montante trasero debe ser rectilíneo en vista lateral.

8.2.6 Semiarco lateral (dibujo 253-3):

Idéntico al arco lateral pero sin el pilar trasero.

8.2.7 Tirante longitudinal:

Tubo casi longitudinal de una única pieza uniendo las partes superiores del arco principal y delantero.

8.2.8 Tirante transversal:

Tubo semi-transversal de una única pieza que une los miembros superiores de los arcos o semi arcos laterales.

8.2.9 Tirante diagonal:

Tubo transversal que une:

Uno de los ángulos superiores del arco principal o uno de los extremos del miembro transversal en el caso de un arco lateral, y el pie de anclaje opuesto inferior del arco o El extremo superior de un tirante trasero con el punto de anclaje inferior del otro tirante trasero.

8.2.10 Tirantes desmontables:

Miembros estructurales de una estructura de seguridad que se pueden desmontar.

8.2.11 Refuerzo de la estructura:

Miembro añadido a la estructura de seguridad para mejorar su resistencia.

8.2.12 Pie de anclaje:

Placa soldada al final de un tubo de la estructura para permitir su atornillado y/o soldadura sobre la carrocería/chasis, generalmente sobre una placa de refuerzo.

8.2.13 Placa de refuerzo:

Placa metálica fijada a la carrocería/chasis bajo el pie de anclaje de un arco para repartir mejor la carga sobre la carrocería/chasis.

8.2.14 Cartela (Dibujo 253-34):

Refuerzo para un ángulo o unión hecho de chapa doblada en forma de U (dibujo 253-34) de espesor no inferior a 1,0 mm. Los extremos de dicha cartela (punto E) deben estar situados a una distancia del punto superior del ángulo (punto S) de 2 a 4 veces el diámetro exterior del tubo mayor de los unidos.

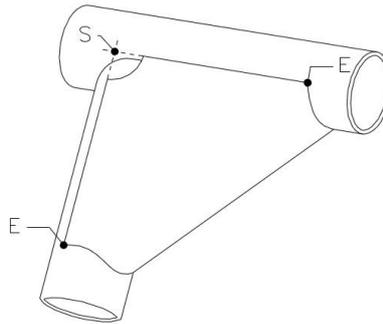


Figura 216: Dibujo 253-34

8.3 Especificaciones

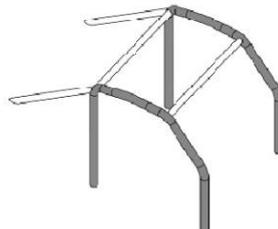
8.3.1 Estructura básica

La estructura básica debe estar realizada de acuerdo a uno de los diseños siguientes:

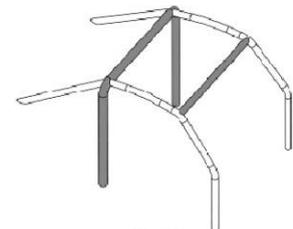
- 1 arco principal + 1 arco delantero + 2 miembros longitudinales + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje (dibujo 253-1)
- 2 arcos laterales + 2 miembros transversales + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje (ver dibujo 253-2)
- 1 arco principal + 2 semiarcos laterales + 1 miembro transversal + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje (ver dibujo 253-3)



253-1



253-2



253-3

Figura 217: Dibujo 253-1,2 y 3

La parte vertical del arco principal debe ser tan recta como sea posible y estar lo más próxima al contorno interior de la carrocería, y tener una sola curvatura en su parte vertical inferior. El montante delantero de un arco delantero o de un arco lateral debe seguir los montantes del parabrisas lo más cerca posible y tener una sola curvatura en su parte vertical inferior.

De cara a fabricar la estructura de seguridad, las conexiones de los miembros transversales de los arcos laterales, las conexiones de los miembros longitudinales al arco principal y delantero, así como la conexión de un semiarco lateral al arco principal, deben estar situadas al nivel del techo.

En cualquier caso, no debe haber más de 4 uniones desmontables a nivel del techo. Los tirantes longitudinales traseros deben anclarse cerca del techo y cerca de los ángulos superiores exteriores del arco principal a ambos lados del vehículo, permitiéndose por medio de conexiones desmontables.

Deberán formar un ángulo mínimo de 30° con la vertical y estar dirigidos hacia atrás., serán rectos y tan cercanos como sea posible a los paneles interiores laterales de la carrocería.

8.3.2 Diseño:

Una vez que la estructura básica está definida, debe ser completada con miembros y refuerzos obligatorios (ver artículo 283-8.3.2.1), a los cuales se podrán añadir miembros y refuerzos opcionales (ver artículo 283-8.3.2.2).

Salvo que esté explícitamente permitido y salvo que se usen uniones desmontables de acuerdo al Artículo 283-8.3.2.4, todos los elementos y refuerzos tubulares deben ser de una única pieza.

8.3.2.1 Tirantes y refuerzos obligatorios:

8.3.2.1.1 Tirante diagonal:

La estructura debe llevar unas cartelas diagonales definidas en:

- los dibujos 253-4 a 253-7 para los vehículos homologados antes del 01-01-2008.
- los dibujos 253-6 (Grupos T1 y T3 solamente) y 253-7 para los vehículos homologados a partir de 01-01-2008.

La orientación de la diagonal de los dibujos 253-4 y 253-5 puede ser invertida.

En el caso del dibujo 253-6, la distancia entre los dos anclajes de la carrocería/chasis no debe ser superior a 400 mm.

Los miembros deben ser rectos y pueden ser desmontables. El extremo superior de la diagonal debe unirse al arco principal a menos de 100 mm de la unión del arco principal con el tirante longitudinal trasero, o al tirante longitudinal trasero a menos de 100 mm de su unión con el arco principal (ver dibujo 253-52 para las medidas).

El extremo inferior de la diagonal debe unirse al arco principal o a un tirante longitudinal trasero a menos de 100 mm del pie de anclaje (excepto para el caso del dibujo 253-6).

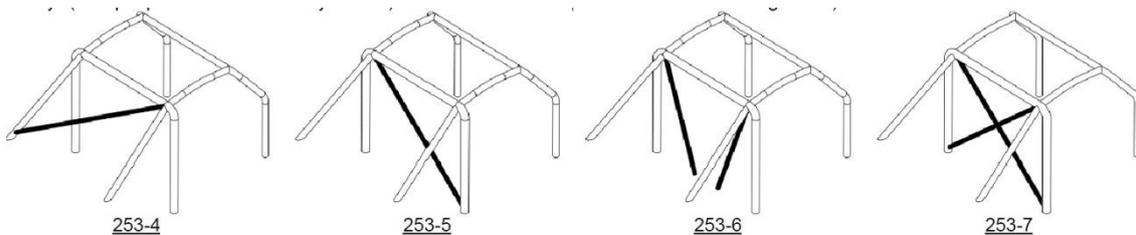


Figura 218: Dibujo 253-4, 5, 6 y 7

8.3.2.1.2 Tirantes de puertas:

Se deberá montar al menos un tirante longitudinal a cada lado del vehículo en la zona de la puerta (ver dibujo 253-8). El (los) tubo(s) que compongan este refuerzo deben estar incorporados a la estructura de seguridad, y su ángulo con el tubo horizontal no debe superar los 15° (inclinado hacia abajo y hacia delante). El diseño debe ser idéntico en ambos lados.

La protección lateral estará situada tan alta como sea posible y si consiste en una sola barra, estará situada a al menos 10 cm desde el fondo del asiento, pero en todos los casos sus puntos de anclaje superiores no estarán a más de la mitad de la altura total de la puerta medida desde su base. Si estos puntos de anclaje superiores están situados delante o detrás de

la apertura de la puerta, esta limitación de altura es también válida para la intersección correspondiente al tirante y la apertura de la puerta.

En el caso de una protección en “X” (dibujo 253-9), es aconsejable que los puntos de anclaje inferiores se fijen directamente sobre el larguero longitudinal de la carrocería (chasis) y que al menos una parte de la “X” sea una barra de una sola pieza. Los dibujos se pueden combinar. La conexión de los tirantes de puertas con el pilar de refuerzo del parabrisas (dibujo 253-15) está autorizada. Para competiciones sin copiloto, dichos miembros pueden ser montados sólo en el lado del conductor y no es obligatorio que el diseño sea idéntico en ambos lados.

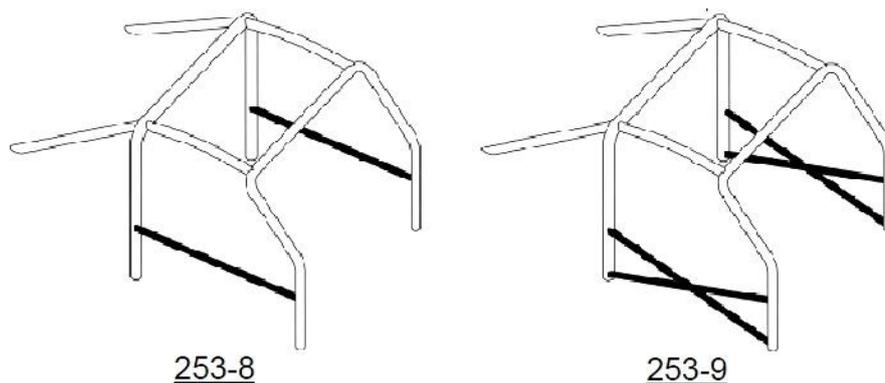


Figura 219: Dibujo 253-8 y 9

8.3.2.1.3 Miembro transversal (dibujo 253-29):

El miembro transversal fijado al arco delantero es obligatorio, pero no debe ocupar el espacio reservado para los ocupantes. Debe ser recto. Debe estar situado tan alto como sea posible, pero su borde inferior no debe estar situado por encima del punto más elevado del salpicadero. Para vehículos homologados a partir del 01/01/2007, no debe posicionarse por debajo de la columna de dirección.

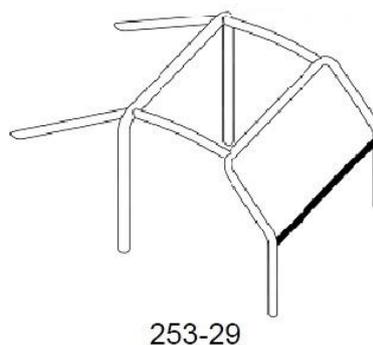


Figura 220: Dibujo 253-29

8.3.2.1.4 Elementos de refuerzo de techo:

Únicamente vehículos homologados desde el 01.01.2005: La parte superior de la estructura de seguridad debe cumplir con los dibujos 253-12, 253-13 y 253-14. Los refuerzos pueden seguir la curvatura del techo. Para competiciones sin copiloto, en el caso del dibujo 253-12 solamente, puede montarse un solo refuerzo pero su conexión delantera debe estar situada del lado del piloto. Los extremos de los refuerzos deben estar a menos de 100mm de la unión entre arcos y miembros (esto no será de aplicación para la punta de la V formada por los refuerzos en los dibujos 253-13 y 253-14).

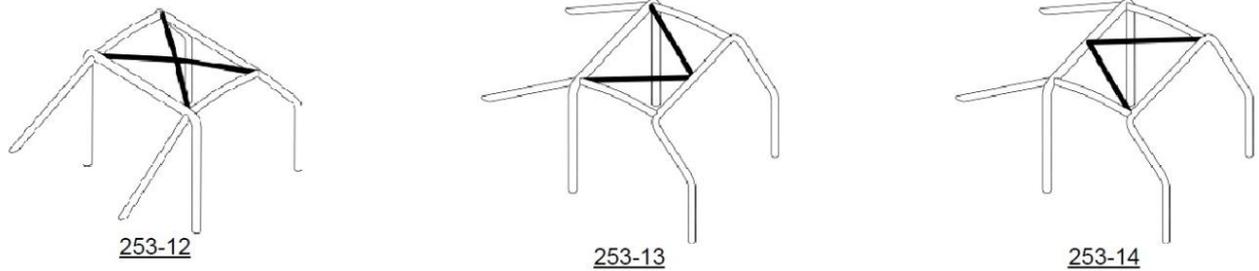


Figura 221: Dibujo 253-12, 13 y 14

8.3.2.1.5 Pilar de refuerzo del parabrisas:

Deben estar montados a cada lado del arco delantero (ver dibujo 253-15). Este refuerzo puede ser curvado a condición de que sea rectilíneo en vista lateral y que el ángulo de la curvatura no exceda 20° . Su extremo superior debe estar a menos de 100mm de la unión entre el arco delantero (lateral) y el miembro longitudinal (transversal). Su extremo inferior debe estar a menos de 100mm del pie de anclaje (delantero) del arco delantero (lateral) (ver dibujo 253-52 para medidas).

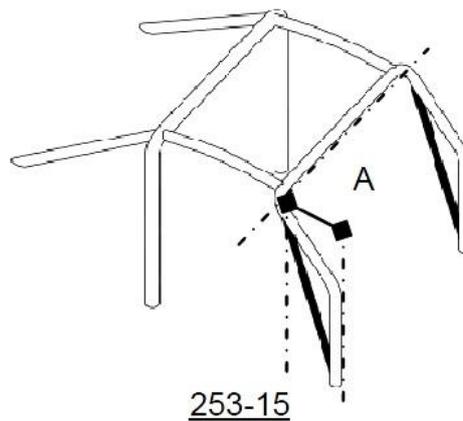


Figura 222: Dibujo 253-15

8.3.2.1.6 Refuerzo de ángulos y uniones:

Las uniones entre:

- los miembros diagonales del arco principal,
- los refuerzos del techo (configuración según dibujo 253-12 y sólo para vehículos homologados a partir de 01/01/2007),
- los tirantes de las puertas (configuración del dibujo 253-9),
- los tirantes de las puertas y los pilares de refuerzo del parabrisas (dibujo 253-15), deben estar reforzados por un mínimo de dos cartelas de conformidad con el artículo 283-8.2.14.

Si los tirantes de las puertas y el pilar de refuerzo del parabrisas no están situados en el mismo plano, el refuerzo debe estar fabricado en chapa de acero, siempre que cumpla con las dimensiones del art. 283-8.2.14.

8.3.2.2 Tirantes y refuerzos opcionales:

Excepto otras indicaciones dadas en el artículo 283-8.3.2.1, las cartelas y refuerzos mostrados en los dibujos 253-12 a 253-14, 253-16 a 253-21, 253-23 a 253-28 y 253-30 a 253-33, son facultativos y pueden instalarse a criterio del fabricante. Los tubos de refuerzo deben ser rectos. Deben estar o bien soldados o bien instalados mediante conexiones desmontables. Todos los tirantes y refuerzos mencionados anteriormente pueden utilizarse por separado o combinados entre sí.

8.3.2.2.1 Refuerzos de techo (dibujos 253-12 a 253-14 y 253-23 a 253-24):

Opcionales únicamente para los vehículos homologados antes del 01/01/2005. Para competiciones sin copiloto, en el caso del dibujo 253-12 solamente, puede montarse un solo refuerzo pero su conexión delantera debe estar situada del lado del piloto. Los miembros mostrados en los dibujos 253-23 y 253-24 pueden estar fabricados por dos tubos.

8.3.2.2.2 Diagonales entre los tirantes traseros (dibujo 253-20 y 21):

La configuración del dibujo 253-21 puede ser reemplazada por la del dibujo 253-22, en el caso de que se instale un refuerzo en el techo de acuerdo con el dibujo 253-14.

8.3.2.2.3 Refuerzos de anclaje sobre la suspensión delantera (dibujo 253-25):

Los refuerzos deben estar conectados a los puntos de anclaje superiores de la suspensión.

8.3.2.2.4 Miembros transversales (dibujos 253-26 a 253-28 y 253-30):

Los miembros transversales montados sobre el arco principal o entre los tirantes traseros pueden usarse para los anclajes de los arneses de seguridad, conforme al art. 253-6.2 (prohibida la utilización de conexiones desmontables). Para los miembros mostrados en los dibujos 253-26 a 253-27, el ángulo entre el brazo central y el vertical debe ser de al menos 30°.

8.3.2.2.5 Refuerzos de ángulo y unión (dibujos 253-31 a 253-34):

Los refuerzos deben estar hechos de tubos o chapa curvada en forma de U cumpliendo con el art. 283-8.2.14. El espesor de los elementos que formen un refuerzo no debe ser menor de 1,0 mm. Los extremos de las barras de refuerzo no deben situarse a más distancia de la mitad de la longitud del miembro al que van unidos, a excepción de aquellos del arco delantero, que pueden unirse a las barras de refuerzo de las puertas y el arco principal.

8.3.2.2.6 Instalación de los gatos elevadores:

Para vehículos del Grupo T1 y T3, se autoriza la instalación de gatos elevadores fijados a la estructura de seguridad.

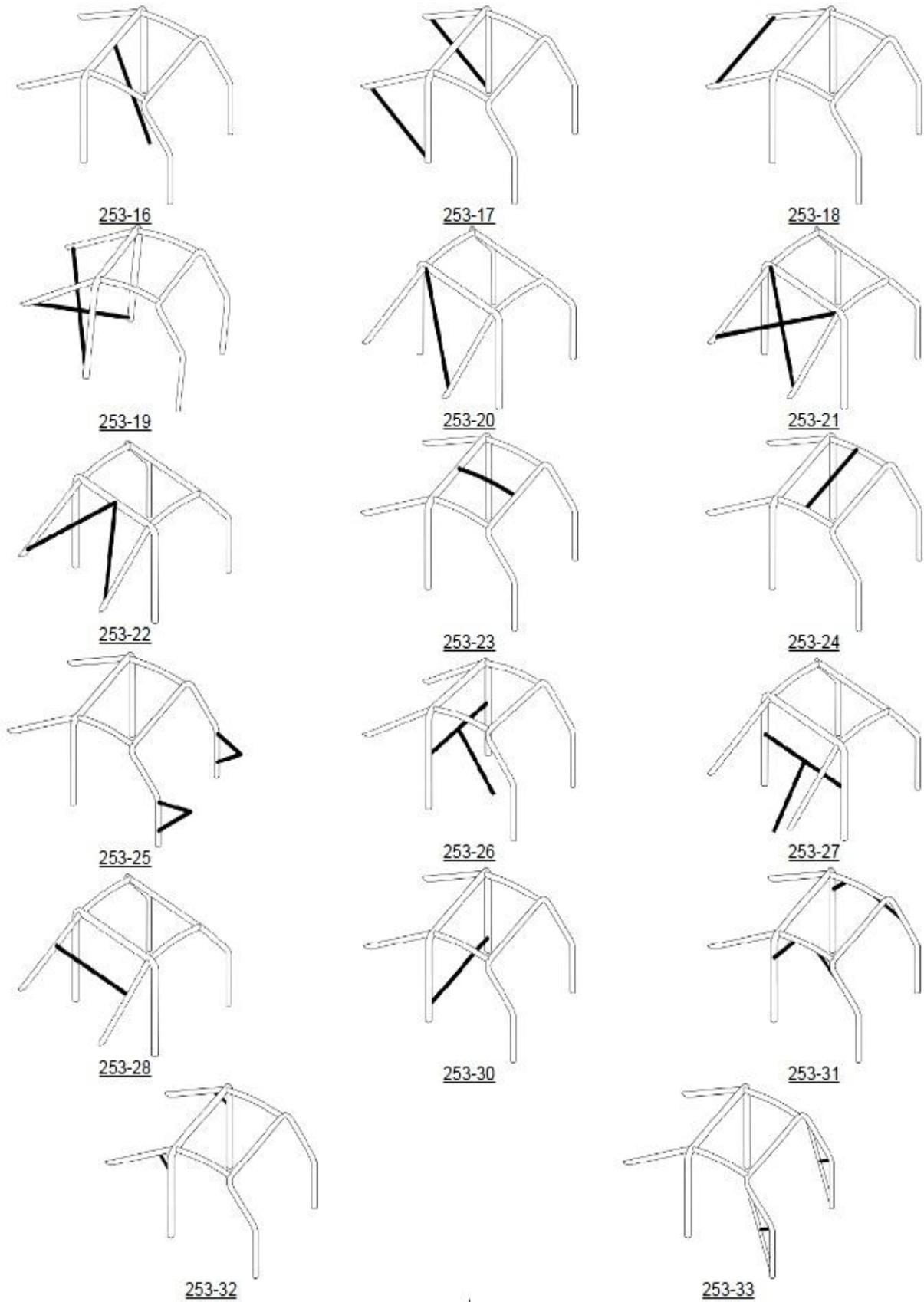


Figura 223: Dibujo 253-16-33

8.3.2.3 Configuración mínima de la estructura de seguridad:

La configuración mínima de la estructura de seguridad se define como sigue (Ver *Tabla 44*):

Vehículos homologados	Con copiloto	Sin copiloto
Antes del 01.01.2005	Dibujo 283-1A	Dibujo 283-2A o simétrico
A partir del 01.01.2005	Dibujo 283-1B	Dibujo 283-2B o simétrico

Tabla 44: configuración mínima de la estructura de seguridad

El miembro diagonal puede variar de acuerdo con el artículo 283-8.3.2.1.1. Los refuerzos del techo pueden variar de acuerdo con el artículo 283-8.3.2.1.4. En el caso de vehículos con tres ocupantes, la estructura de seguridad deberá cumplir con el dibujo 283-3, con un segundo arco principal situado cerca del respaldo del(los) asiento(s) posterior(es).

En el caso de vehículos Pick-up, cuando el habitáculo no es suficientemente espacioso para albergar la estructura de seguridad básica obligatoria, será posible instalar dicha estructura siguiendo las especificaciones de alguno de los dibujos 283-4 a 283-7. Esta posibilidad solo está abierta a vehículos de tipo pick-up, excluidos, por tanto, otros tipos de carrocería, y todos los elementos de la estructura deberán cumplir con las prescripciones de los otros párrafos (incluidas las especificaciones relativas al material estipuladas en el Artículo 283-8.3.3).

Dibujo 283-4: un solo refuerzo diagonal obligatorio.

Dibujo 283-5: dos refuerzos diagonales obligatorios, uno para la estructura de cuatro puntos de anclaje en el interior del habitáculo (de acuerdo al dibujo 253-5), el otro para la estructura de cuatro puntos de anclaje del exterior (de acuerdo con el dibujo 253-4 ó 253-5).

Dibujo 283-6: un solo refuerzo diagonal obligatorio (de acuerdo con el dibujo 253-4 ó 253-5).

Dibujo 283-7: dos refuerzos diagonales obligatorios, uno para la estructura de cuatro puntos de anclaje en el interior del habitáculo, el otro para la estructura de seis puntos de anclaje del exterior.

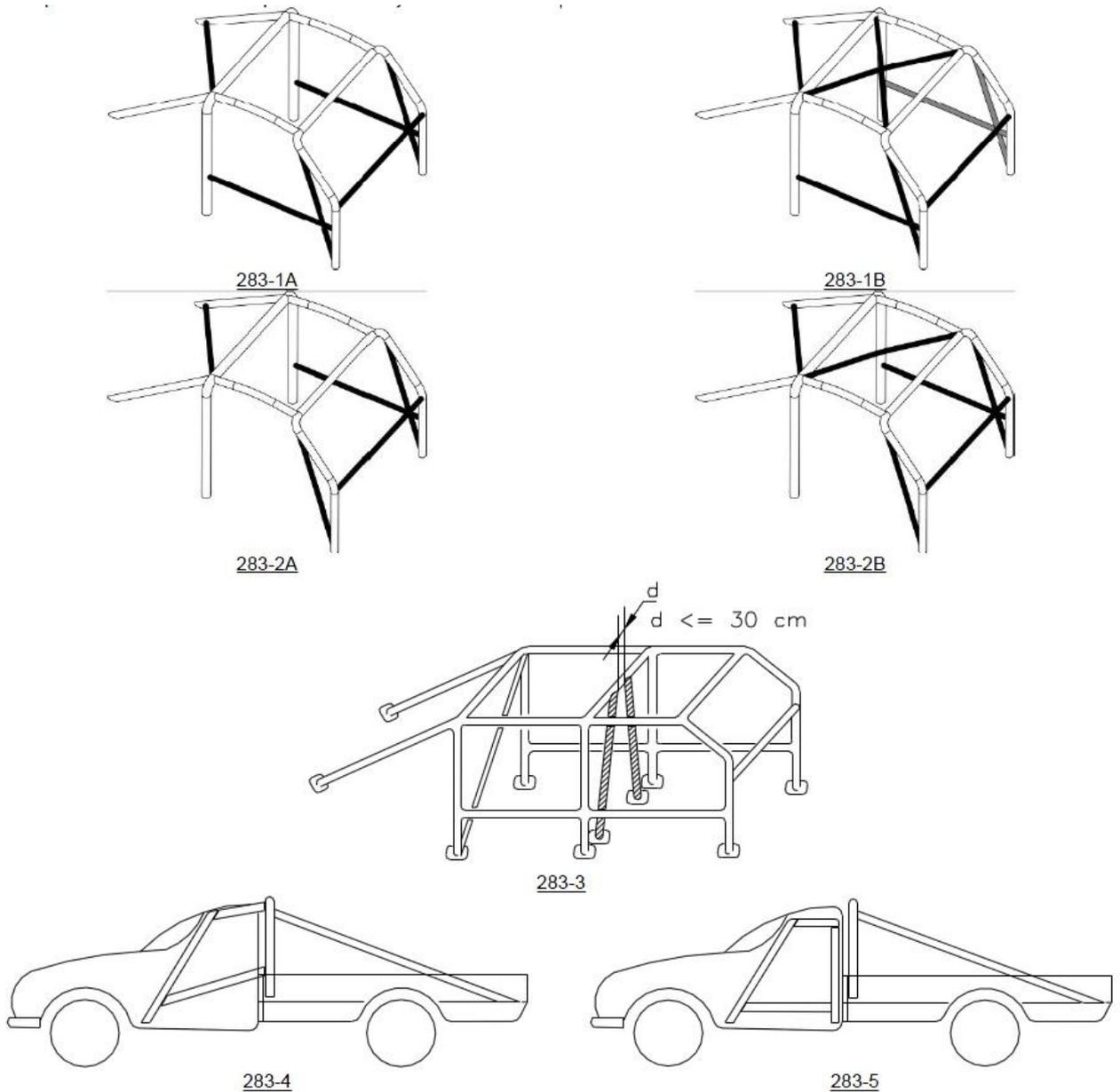


Figura 224: Dibujo 283-1 A-5

8.3.2.4 Tirantes desmontables:

Si se usan tirantes desmontables en la construcción de una estructura de seguridad, las conexiones desmontables utilizadas deben estar conformes con un tipo aprobado por la FIA (ver dibujos 253-37 a 253-47). Las conexiones desmontables deben montarse en la prolongación del eje de los tubos y no fuera de eje.

No deben soldarse después de ensamblarse. Los tornillos y las tuercas deben ser de una calidad ISO 8.8 o superior (norma ISO).

Las conexiones desmontables que cumplan con los dibujos 253-37, 253-40, 253-43, 253-46 y 253-47 están reservadas solamente para fijar los tirantes y los refuerzos opcionales descritos en el artículo 283-8.3.2.2 y están prohibidas para unir las partes superiores del arco principal, del arco delantero, de los semiarcos laterales y de los arcos laterales.

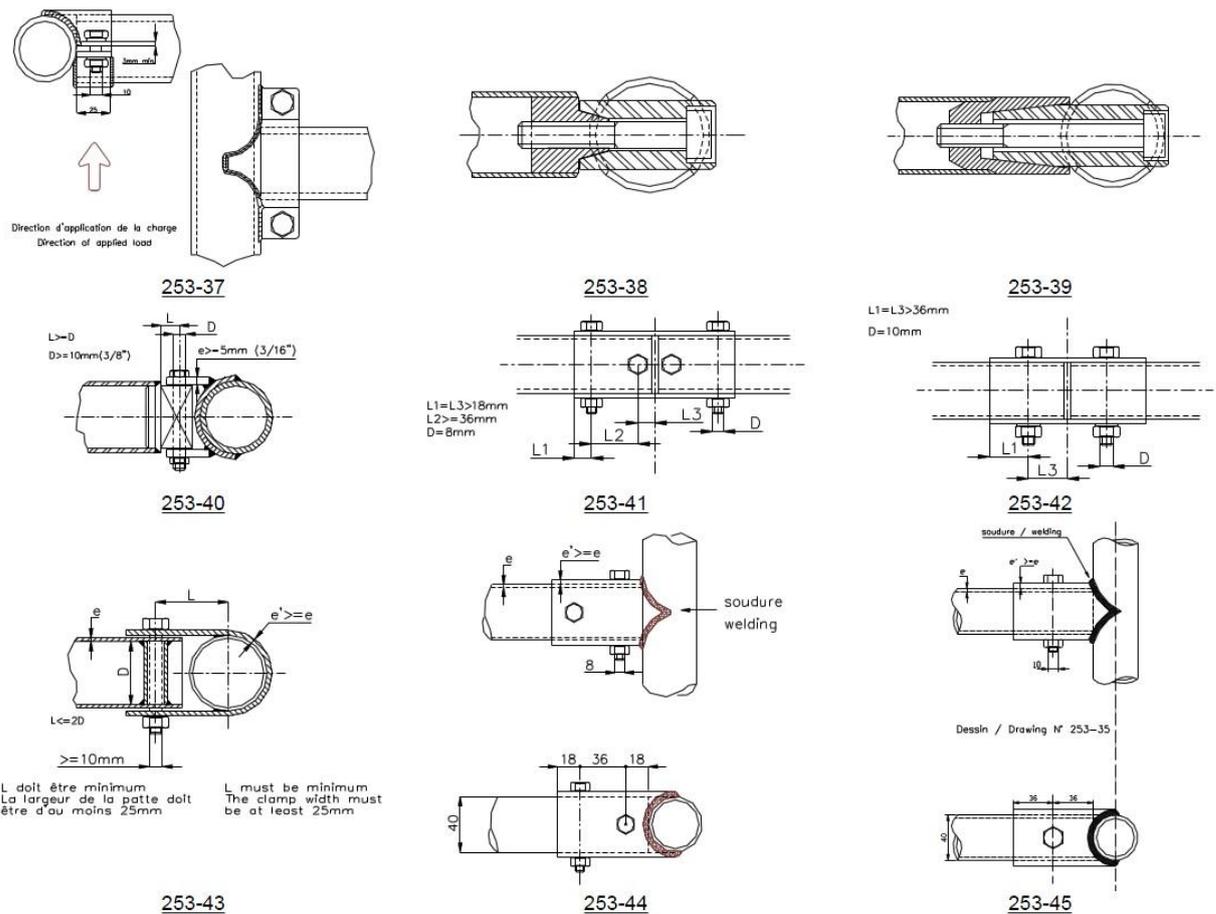


Figura 225: Dibujo 253-37-45

8.3.2.5 Especificaciones complementarias:

La estructura de seguridad completa debe estar totalmente contenida dentro de los siguientes límites:

- 200 mm por delante del eje delantero,
- el eje de las ruedas traseras.

En cualquier caso, los tirantes traseros pueden extenderse más allá de este plano para ser fijados al chasis. Los tirantes traseros en un chasis monocasco pueden extenderse más allá de los puntos de anclaje de la suspensión posterior, siempre que sean fijados o soldados sobre un cuerpo cóncavo del chasis monocasco.

La cara posterior del reposacabezas objeto de la carga reglamentaria definirá la posición del tubo del arco principal, el cual no podrá situarse por delante de la cara posterior del reposacabezas en proyección vertical. La distancia entre el plano horizontal tangente a los cascos de los ocupantes y los tubos de la estructura de seguridad no debe ser inferior a 50 mm.

8.3.2.6 Puntos de anclaje de la estructura a la carrocería o chasis:

Las estructuras de seguridad pueden anclarse directamente a la carrocería monocasco o al chasis, es decir, sobre la estructura que soporte las cargas del vehículo (si es necesario, se podrán añadir refuerzos adicionales en la unión entre el chasis y los pies de anclaje).

El mínimo de puntos de anclaje es:

- 1 para cada montante del arco delantero;
- 1 para cada montante de los arcos laterales o semiarcos laterales;
- 1 para cada montante del arco principal;
- 1 para cada tirante longitudinal trasero.

Para conseguir un montaje óptimo sobre la carrocería, el guarnecido original puede ser modificado junto a la estructura de seguridad o sus puntos de anclaje, recortándolo o modificándolo localmente. Sin embargo, esta modificación no permite la eliminación completa de partes de la tapicería o guarnecido.

Donde sea necesario, la caja de fusibles puede ser trasladada para fijar la estructura. Puntos de anclaje del arco delantero, arco principal, arcos laterales o semiarcos laterales: Cada punto de anclaje debe incluir una placa de refuerzo, de un espesor de, al menos, 3 mm. Cada pie de anclaje debe estar fijado por, al menos, 3 tornillos en una placa de refuerzo de, al menos, 3 mm de espesor y de, al menos, 120 cm² de superficie que estará soldada a la carrocería. Para los vehículos homologados a partir del 01/01/2007, el área de 120 cm² debe ser la de contacto entre la placa de refuerzo y la carrocería. Se muestran ejemplos en los dibujos 253-50 a 253-56.

Para el Dibujo 253-52, la placa de refuerzo no necesita estar soldada necesariamente a la carrocería. En el caso del dibujo 253-54, los laterales de los puntos de anclaje pueden estar cerrados con una placa soldada. Los tornillos deben ser de, al menos, M8 de una calidad ISO 8.8 o mejor (norma ISO). Las tuercas serán autoblocantes o dotadas de arandelas de bloqueo.

Obligatorio a partir del 01.01.2010:

El ángulo entre 2 tornillos (medido con respecto al eje central del tubo al nivel del pie de anclaje, véase el dibujo 253-50) no debe ser inferior a 60 grados.

Puntos de anclaje de los tirantes traseros:

Cada tirante longitudinal trasero deberá fijarse con 2 tornillos M8 con las placas de refuerzo de un área de, al menos, 60 cm² (dibujo 253-57), o fijadas por un solo tornillo a doble cizalladura (dibujo 253-58), bajo reserva de que sea de la sección y resistencia adecuadas y a condición de que se suelde un manguito al tirante. Sus puntos de anclaje deben estar reforzados por placas. Estas exigencias son las mínimas.

Como complemento, pueden utilizarse fijaciones suplementarias, las placas de apoyo de los pies de los arcos pueden soldarse a las placas de refuerzo, la estructura de seguridad (tal como ha sido definida en el Artículo 283-8.3.1) puede soldarse a la carrocería/chasis.

Caso especial:

Los miembros diagonales anclados a la carrocería (ver dibujo 253-6) deben llevar las placas de refuerzo mencionadas anteriormente. Para carrocerías/chasis que no sean de acero, cualquier soldadura entre la estructura de seguridad y la carrocería/chasis está prohibida, solo se permite el pegado de la placa de refuerzo a la carrocería/chasis.

En el caso de los vehículos con chasis tubulares o semi-tubulares (Grupos T1 y T3), la armadura de seguridad debe soldarse al chasis o formar parte integrante del chasis. Los puntos de fijación de los arcos delanteros, laterales, semilaterales y principales deben situarse, como mínimo, en el nivel del suelo del habitáculo. Al menos, un tubo de la misma sección y calidad debe prolongar cada pie del arco hacia abajo. Se recomienda una diagonal suplementaria, así como un tubo horizontal al nivel del suelo.

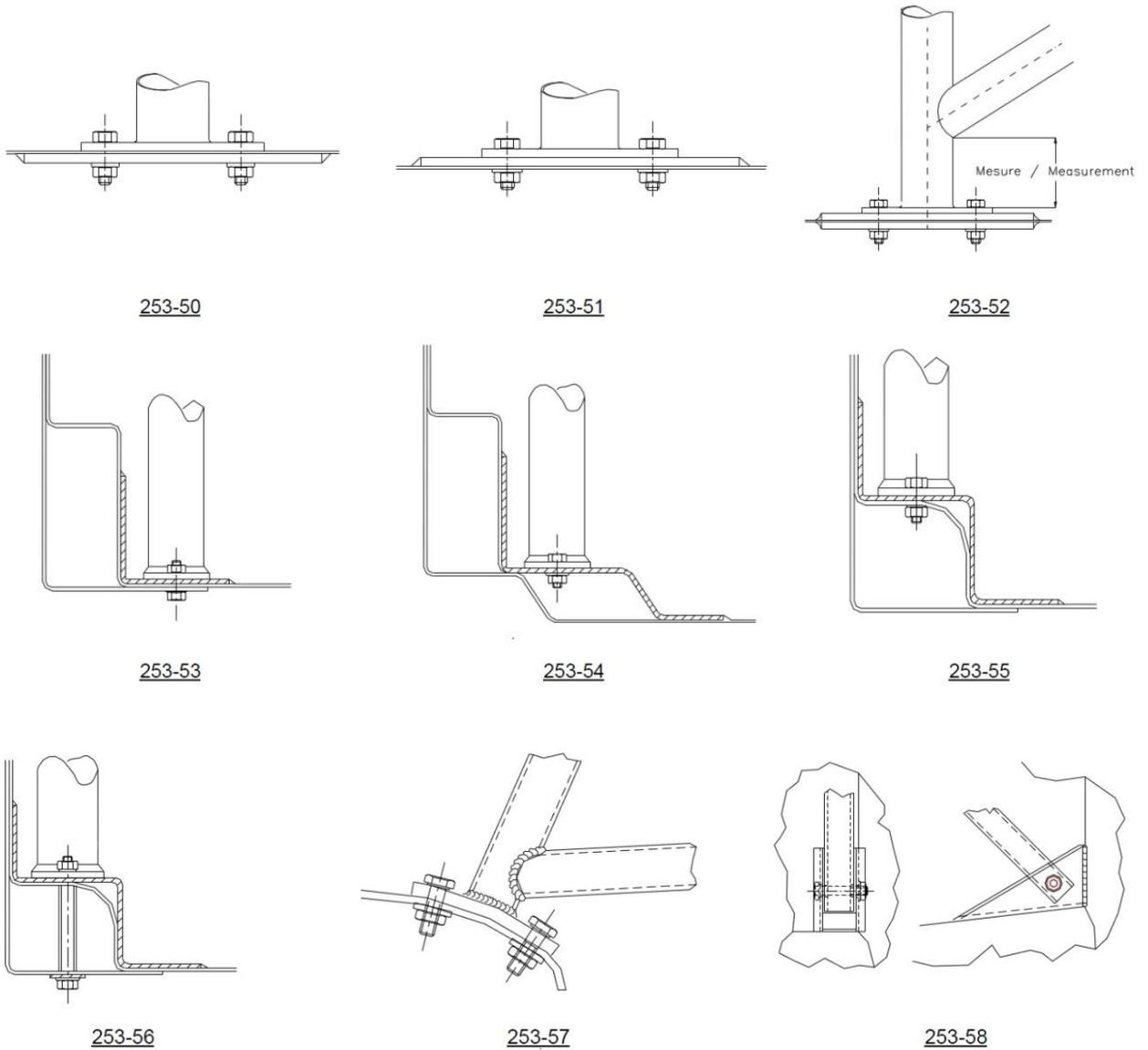


Figura 226: Dibujo 253-50-58

8.3.3 Especificaciones del material

Sólo se autorizan tubos de sección circular. Especificaciones de los tubos utilizados (Ver *Tabla 45*):

Material	Resistencia mínima a la tracción	Dimensiones mínimas (mm)	Utilización
Acero al carbono no aleado (ver a continuación) conformado en frío conteniendo un máximo del 0,3% de carbono.	350 N/mm ²	45 x 2,5 (1,75"x0,095") o 50 x 2,0 (2,0"x0,083")	Arco principal (Dibujos 253-1 y 253-3) o arcos laterales y miembros transversales traseros (Dibujo 253-2), según la construcción.
		38 x 2,5 (1,5"x0,095") o 40 x 2,0 (1,6"x0,083")	Semiarcos laterales y otras partes de la estructura de seguridad (a menos que se especifique otra cosa en los artículos anteriores)

Tabla 45: Especificaciones del material a utilizar

Nota: Estas cifras representan las dimensiones mínimas permitidas.

Al seleccionar el acero, debe prestarse atención a la obtención de buenas propiedades de elongación y adecuadas características de soldabilidad. El curvado del tubo debe hacerse en frío con un radio de curvatura (medido en el eje del tubo) de, al menos, 3 veces el diámetro. Si el tubo se ovaliza durante esta operación la relación entre el diámetro menor y mayor no será inferior a 0,9. La superficie al nivel de los ángulos debe ser uniforme sin ondulaciones ni fisuras.

8.3.4 Indicaciones para la soldadura:

Deberán cubrir todo el perímetro del tubo. Todas las soldaduras deben ser de la mejor calidad posible y de una penetración total (preferentemente usando soldadura al arco en atmósfera de gas inerte).

Aunque una buena apariencia exterior no garantiza necesariamente la calidad de la soldadura, una soldadura de mala apariencia no será nunca señal de un buen trabajo. En el caso de utilizar acero tratado térmicamente deben seguirse las instrucciones del fabricante (electrodos especiales, soldadura en atmósfera inerte).

8.3.5 Revestimiento protector:

En los lugares donde los cuerpos de los ocupantes puedan entrar en contacto con la estructura de seguridad debe instalarse un revestimiento protector no inflamable. En aquellos puntos en los que los cascos de los ocupantes pudieran entrar en contacto con la estructura de seguridad, el revestimiento debe cumplir con la Norma FIA 8857-2001, tipo A (ver la Lista Técnica nº 23 "Revestimiento de Arco de Seguridad Homologado por la FIA") y debe estar fijada permanentemente a la estructura.

Aplicación: Para todas las categorías.

Instrucciones y dibujos de refuerzos y diferentes fijaciones al suelo o chasis de la estructura antivuelco que pueden ser utilizadas.

Los pies de los arcos deberán soldarse a las placas de refuerzo, nunca directamente a la carrocería sin dicha placa de refuerzo.

- a) En el caso de ir soldada a la carrocería, al menos 3 tornillos en una placa de refuerzo de espesor mínimo 3 mm y de al menos 120 cm² de superficie.
- b) En el caso de que dicha placa se suelde al propio chasis, debe tener una mínima superficie de 50 cm² x 3 mm de espesor, y al menos, sujeta por 2 tornillos.
- c) Si la estructura antivuelco formara parte de una misma con el chasis, deberá presentarse el estudio de resistencia de materiales (ART.3 del presente Reglamento) del conjunto. Se muestran ejemplos en los dibujos 253-18 a 253-24.

Si la unión se hace según estos dibujos 253-18 y 253-20 la placa de refuerzo puede no estar soldada a la carrocería. Esto no se aplica necesariamente a los tirantes longitudinales traseros (ver más adelante). Los tornillos deben ser de, al menos, M8 de una calidad ISO 8.8 o superior. Las tuercas serán autoblocantes o dotadas de arandelas de bloqueo. Podrán utilizarse fijaciones suplementarias. Para carrocerías (o chasis) en aluminio, las soldaduras entre la estructura de seguridad y la carrocería están prohibidas. No obstante, se permite fijar la placa de refuerzo a la carrocería/chasis mediante adhesivos específicos.

Refuerzos en forma de cartela entre los elementos cruzados

Aconsejados en los elementos cruzados de los laterales protectores de los ocupantes (Ver Figura 227):

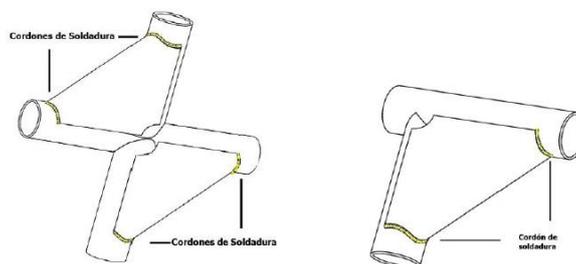


Figura 227: refuerzos en forma de cartela

Aconsejados en los elementos cruzados de los laterales protectores de los ocupantes. Dichas cartelas deben estar hechas de tubos o metal doblado en forma de U según el dibujo. Se aconseja soldar en las zonas representadas en la figura y no a lo largo de todas las líneas en contacto con los tubos.

Cómo debe ser el cálculo de la estructura:

Este informe debe realizarse para demostrar que el arco resiste las cargas estáticas determinadas en el art.3.1, que la deformación bajo dicha carga se encuentra dentro del límite elástico del material. Dado que la estructura debe considerarse un conjunto, el cálculo debe llevarse a cabo sobre ella completa. Este cálculo, podrá realizarse aritméticamente, o mediante cualquier programa basado en elementos finitos. Debe constar de tres partes o ensayos teóricos:

1) Estudio vertical sobre la estructura:

La estructura completa debe resistir una carga estática vertical de $7 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos) aplicado en la parte superior del arco principal (Ver *Figura 228*).

Carga vertical sobre arco principal:

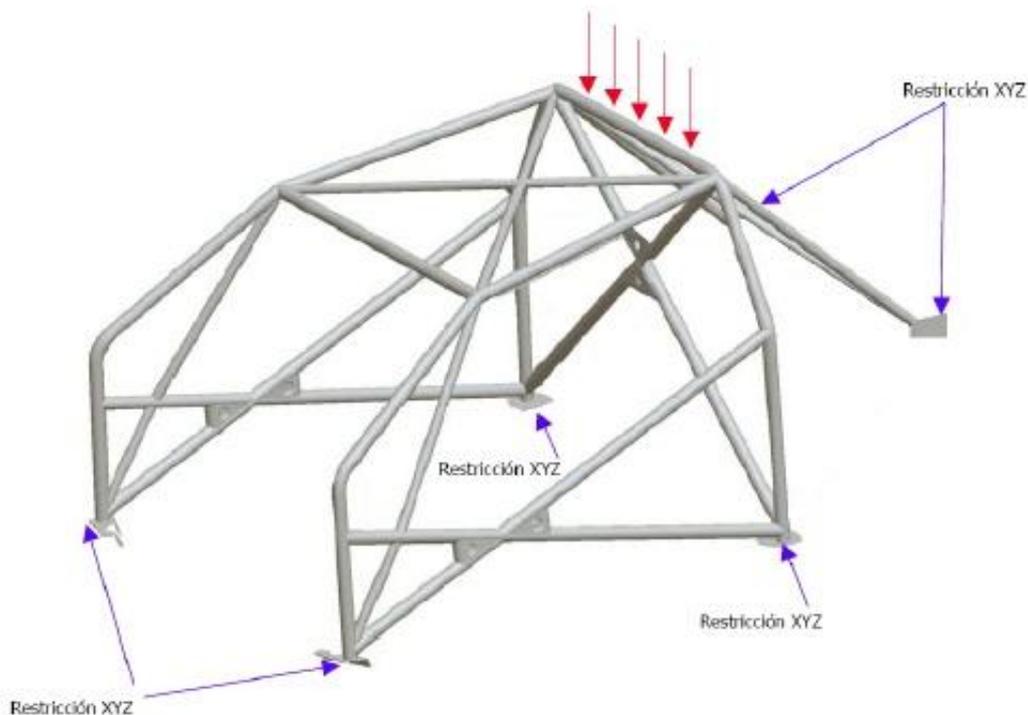


Figura 228: cargas del estudio vertical

2) Estudio en la dirección transversal:

De igual manera sobre el lateral de la estructura completa debe resistir una carga de $2 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma.

3) Estudio en la dirección longitudinal:

En la dirección longitudinal de la estructura completa debe resistir una carga de $6 \cdot p$ daN (p es el peso del coche + 75 kilogramos). Sobre la estructura de seguridad completa, no debe producirse rotura, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma.

A.III.1.2.7. -INSTALACIONES DE SEGURIDAD

Artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno

Ha de aplicarse la normativa que se dicta en el artículo 283 del 2012 “Equipamiento de Seguridad para Vehículos Todo Terreno”, cuya descripción detallada se cita a continuación.

ARTÍCULO 3: CANALIZACIONES, BOMBAS DE COMBUSTIBLE Y CABLES ELECTRICOS

3.1 Todos los grupos

Las conducciones deben estar protegidas externamente contra cualquier riesgo de deterioro (piedras, corrosión, roturas mecánicas, etc.).

Corte de combustible automático:

Se recomienda que todas las conducciones de combustible que alimentan al motor estén provistas con válvulas de corte automático situadas directamente en el depósito de combustible que cierren automáticamente todas las canalizaciones de combustible presurizadas si una de esas conducciones se rompe o tiene fugas. Los conductos de ventilación también deben estar equipados con una válvula antivuelco activada por gravedad. Todas las bombas de combustible deben funcionar solamente cuando el motor está en marcha o durante el proceso de arranque.

3.2 Grupo T2

Puede mantenerse la instalación de serie. Las canalizaciones de combustible deben reemplazarse por canalizaciones del tipo de aviación si se usa un depósito FT3 1999, FT3.5 o FT5; el recorrido de dichas canalizaciones libre. Si éstas se modifican, deben cumplir con los párrafos y artículos citados a continuación. Se autorizan protecciones adicionales en el interior contra el riesgo de incendio o proyección de fluido. Los cables eléctricos que no son originales deben ser protegidos por fundas que no mantengan la combustión.

ARTÍCULO 5: FIJACIONES SUPLEMENTARIAS

Al menos se instalarán dos fijaciones suplementarias para cada uno de los capós. Esta medida también se aplica a los portones, pero no a las puertas. Los mecanismos de cierre originales deberán dejarse inoperantes o desmontarse. Estas fijaciones serán del tipo “americano”, una bayoneta atraviesa el capó, y este último queda bloqueado por un pasador, también fijado al capó. Si se utilizan elementos de plástico, deberán preverse refuerzos metálicos, para evitar el riesgo de arrancamiento. Los objetos grandes llevados a bordo del vehículo (como la rueda de repuesto, caja de herramientas, etc.), deben estar firmemente sujetos.

ARTÍCULO 7: EXTINTORES - SISTEMAS DE EXTINCIÓN

El uso de los siguientes productos estará prohibido: BCF, NAF.

7.1 Sistemas instalados

7.1.1) Todos los vehículos deben estar equipados con un sistema de extinción que figure en la lista técnica nº 16: "Sistemas de extinción homologados por la FIA".

7.1.2) Todos los extintores deberán protegerse adecuadamente y estar situados en el habitáculo.

El contenedor se puede situar también en el maletero con la condición de que esté a, al menos, 300 mm del borde más externo de la carrocería y en cualquier dirección horizontal. Se debe asegurar con un mínimo de 2 abrazaderas metálicas con tornillos autoblocantes y el sistema de seguridad debe soportar una deceleración de 25 g. Todo el equipo de extinción debe ser resistente al fuego. Las conducciones de plástico están prohibidas y las conducciones de metal son obligatorias.

7.1.3) El piloto y copiloto(s) deben ser capaces de accionar el sistema de extinción manualmente cuando estén sentados normalmente con sus cinturones puestos y el volante en su sitio.

Grupos T1, T3 y T2:

Dos dispositivos de accionamiento desde el exterior deben situarse cerca de los cortacorrientes, pero no estar combinados con ellos.

7.1.4) El sistema debe funcionar en todas las posiciones.

7.1.5) Las toberas de extinción deben ser las adecuadas al agente extintor e instalarse de tal manera que no apunten directamente a la cabeza de los ocupantes.

Extintores manuales

7.2.1) Todos los vehículos deben estar equipados con uno o dos extintores; la capacidad mínima de éstos es la especificada en los artículos 7.2.3 y 7.2.4. Todos los camiones deben estar equipados con dos extintores cuya capacidad mínima debe ser la especificada en los Artículos 7.2.3 y 7.2.4.

7.2.2) Agentes extintores permitidos: AFFF, FX G-TEC, Viro 3, polvo o cualquier otro agente extintor homologado por la FIA.

7.2.3) Cantidad mínima de agente extintor:

AFFF: 2,4 litros
FX G-TEC: 2,0 kg
Viro 3: 2,0 kg
Zero 360: 2,0 kg
Polvo: 2,0 kg

7.2.4) Todos los extintores deben estar presurizados en función de su contenido como sigue: AFFF: De acuerdo con las instrucciones del fabricante o a 12 bar. FX G-TEC y Viro 3: de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Zero 360: de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Polvo: 8 bar mínimo y 13,5 bar máximo. Además, en el caso de los AFFF, los extintores deberán estar equipados con un sistema que permita la verificación de la presión del contenido.

7.2.5) La información siguiente deberá figurar visiblemente en cada extintor:

- Capacidad
- Tipo de agente extintor
- Peso o volumen del agente extintor
- Fecha en la que debe revisarse el extintor, que no debe ser más de dos años después de la fecha de llenado o última revisión, o bien la fecha límite de validez correspondiente.

7.2.6) Todos los extintores deben estar protegidos adecuadamente. Sus fijaciones deben ser capaces de soportar deceleraciones de 25 g. Además, solo se aceptarán las fijaciones metálicas de desprendimiento rápido con abrazaderas metálicas. Se recomienda encarecidamente utilizar canalizaciones resistentes al fuego: se desaconsejan las conducciones de plástico y las conducciones de metal se recomiendan encarecidamente.

7.2.7) Al menos uno de los extintores debe ser fácilmente accesible para el piloto y copiloto(s) cuando estén sentados normalmente con sus cinturones puestos y el volante en su sitio.

ARTÍCULO 10: ANILLA PARA REMOLQUE

Los vehículos deben estar equipados, como mínimo, con una anilla de remolque montada en la parte delantera y otra montada en la parte trasera. Este enganche estará fijado firmemente y no deberá usarse para levantar el vehículo. Deberá ser fácilmente visible y estar pintada en amarillo, rojo o naranja y debe estar situada dentro del perímetro del vehículo. Diámetro interior mínimo: 50 mm. Cada camión debe estar equipado en su parte delantera con un dispositivo que permita engancharlo un remolque. Su solidez y tamaño deben permitir el remolcado del vehículo en el itinerario de la prueba. Deberá ser fácilmente visible y estar pintado en un color que contraste (amarillo, rojo o naranja) y estar disponible inmediatamente cuando sea requerido. No debe sobresalir del plano delantero del paragolpes en la carrocería.

ARTÍCULO 11: LUNAS, VENTANAS Y ABERTURAS

Lunas y ventanillas:

Es obligatorio un parabrisas de vidrio laminado, que lleve una marca que permita ser verificado. Se puede instalar una o varias láminas transparentes o tintadas (espesor máximo total de 400 micras) en la superficie externa, salvo que esté prohibido por el reglamento de tráfico del país por donde esté pasando la prueba.

Todas las otras lunas pueden ser de cualquier tipo de cristal de seguridad homologado.

Se permite el uso de una banda parasol en el parabrisas (ver Anexo L), a condición de que permita a los ocupantes ver las señales de tráfico (semáforos, señales...). En caso de ausencia de parabrisas al inicio de una etapa, es obligatorio que todos los miembros del equipo utilicen casco integral con visera o gafas de tipo motocross, o bien un casco abierto con gafas de tipo motocross; en caso contrario, el vehículo no será admitido en la salida.

Durante el desarrollo de las etapas, los equipos deben tener permanentemente, en el habitáculo, gafas de tipo motocross que serán utilizadas si se rompe el parabrisas. Si después de un accidente, la deformación de la carrocería no permitiera la sustitución del parabrisas, por un parabrisas de vidrio laminado, podrá sustituirse por un parabrisas de policarbonato con un espesor mínimo de 5 mm.

Si el parabrisas está pegado, debe ser posible romper o desmontar las ventanillas delanteras desde el interior del habitáculo. El desmontaje debe poder hacerse sin utilizar herramientas.

Las ventanas traseras y laterales, si son transparentes, deben estar hechas de un material homologado o de policarbonato con un espesor mínimo de 3 mm.

Es obligatorio el uso de láminas de seguridad antideflagrantes, transparentes e incoloras en la cara interior de las ventanillas laterales, de la luna trasera, del techo solar y de los espejos retrovisores exteriores (sólo para las partes hechas en cristal). El espesor de dichas láminas no puede ser superior a 100 micras y deben tener una marca para verificar su instalación.

El uso de láminas tintadas se autoriza en las ventanas laterales y en la luna trasera. En ese caso, deben permitir a una persona situada a 5m del vehículo ver al conductor y ocupantes, así como el contenido del vehículo.

Redes:

Todos los vehículos en los que las puertas delanteras estén equipadas con ventanillas descendentes o ventanillas de cristal, deben estar equipados con redes de protección fijadas a esas puertas usando un sistema de desconexión rápida en su parte inferior.

El uso de fijaciones tipo “clip” está recomendado.

Las fijaciones de la red a la parte superior no deben ser desmontables sin el uso de herramientas.

Estas redes deben tener las siguientes características:

- Anchura mínima de las bandas: 19 mm.

- Tamaño mínimo de las aberturas: 25 x 25 mm

- Tamaño máximo de las aberturas: 60 x 60 mm

y deben extenderse, vistas de lado, desde el centro del volante hasta el punto más alejado hacia atrás del asiento del lado correspondiente.

ARTÍCULO 13: CORTACORRIENTES

Debe suprimirse el dispositivo antirrobo original (el tipo ‘Neiman’) del interruptor de encendido principal. El cortacorrientes general debe cortar todos los circuitos eléctricos (batería, alternador o dinamo, luces, claxon, encendido, controles eléctricos, etc.), y debe parar el motor. Para motores diesel que no tengan inyectores controlados electrónicamente, el cortacorrientes debe estar conectado a un dispositivo que interrumpa la admisión en el motor.

Debe ser un modelo antideflagrante y será accesible desde el interior del vehículo por el conductor y el(los) copiloto(s) sentados y atados por sus cinturones, y desde el exterior del vehículo. Los vehículos de los Grupos T1, T3 y T2 deben estar equipados con dos interruptores externos, uno a cada lado de la base de los montantes del parabrisas. Estarán claramente marcados mediante un rayo rojo en un triángulo azul con borde blanco y una base de, al menos, 12 cm.

El cortacorrientes debe ser fácilmente accesible en cualquier momento, incluso si el vehículo está volcado de un lateral o del techo. Además, un interruptor de paro del motor debe situarse en la cabina, con sus posiciones on-off claramente marcadas. Debe poder ser accionado por el conductor y el(los) copiloto(s) sentados y atados por sus cinturones. El interruptor debe asimismo aislar todas las bombas eléctricas de combustible.



Nota: en el caso de vehículos que usen un interruptor de motor mecánico, un dispositivo interruptor puede montarse en el exterior, separado del cortacorrientes eléctrico. No obstante, el dispositivo debe montarse junto al cortacorrientes, estar claramente identificado y tener las instrucciones de operación claras (por ejemplo tirar para parar motor).

ARTÍCULO 14: DEPÓSITOS DE SEGURIDAD APROBADOS POR LA FIA

En el caso de que un concursante utilice un depósito de combustible de seguridad, este deberá provenir de un fabricante aprobado por la FIA. Con este fin, sobre cada depósito suministrado deberá marcarse el nombre del fabricante, las especificaciones exactas según las cuales se ha fabricado este depósito, el número de homologación, la fecha de caducidad y el número de serie. El proceso de marcaje debe ser indeleble y debe ser aprobado con antelación por la FIA de acuerdo a la norma existente.

14.1 Envejecimiento de los depósitos

El envejecimiento de los depósitos flexibles implica una considerable reducción de sus propiedades físicas después de 5 años aproximadamente. No debe utilizarse ningún depósito más de 5 años después de su fecha de fabricación, excepto si es inspeccionado y revalidado por el fabricante durante un período de hasta otros dos años. Se debe instalar en el protector de los depósitos de FT3 1999, FT3.5 o FT5, una carcasa a prueba de fugas, hecha de material no inflamable, fácilmente accesible y desmontable únicamente mediante el uso de herramientas, para permitir la verificación de la fecha de caducidad.

14.2 Instalación de los depósitos

El depósito puede reemplazarse por un depósito de seguridad homologado por la FIA (especificaciones FT3 1999, FT3.5 ó FT5), o por otro depósito homologado por el fabricante del vehículo. En este caso, podrá utilizarse un panel para cerrar la abertura dejada por el depósito retirado. El número de depósitos es libre. También es posible combinar varios depósitos homologados (incluido el depósito de serie) y depósitos FT3 1999, FT3.5 ó FT5. Todo depósito que no esté homologado con el vehículo por un fabricante reconocido por la FIA, debe ser un depósito FT3 1999, FT3.5 ó FT5.

Los depósitos colectores de una capacidad inferior a 1 litro son de construcción libre. Su número está limitado a la cantidad de depósitos principales que equipan el vehículo. El depósito de origen podrá conservarse en su posición de serie. Un depósito FT3 1999, FT3.5 ó FT5, de mayor capacidad puede instalarse en la posición del depósito de origen. Para los vehículos del Grupo T2 en los que el constructor ha previsto un compartimento cerrado para el equipaje (maletero delantero o trasero) que es parte integrante de la carrocería, este compartimento podrá utilizarse para situar un depósito adicional. Deberán preverse orificios en el fondo del maletero para permitir la evacuación del combustible en caso de fuga. Para los vehículos en los que el constructor no ha previsto un compartimento cerrado para el equipaje, como parte integrante de la carrocería, el depósito adicional podrá situarse dentro del habitáculo, en la parte posterior al asiento más retrasado. En todos los casos, el depósito incluyendo los conductos de llenado, debe estar totalmente aislado por medio de paneles o carcasas ignífugas y estancos, previniendo la introducción de combustible en el habitáculo o el contacto con los conductos del escape.

Si el depósito estuviera instalado en el maletero, y los asientos estuvieran retirados, el habitáculo deberá estar separado del depósito por un panel resistente, ignífugo y estanco. En el caso de un vehículo de dos volúmenes, será posible utilizar un panel o carcasa, no estructural, ignífugo, hecho de plástico transparente, situado entre el habitáculo y la ubicación del depósito. Los depósitos deben estar eficazmente protegidos y muy firmemente anclados a

la carrocería o chasis del vehículo. Se recomienda la utilización de espuma de seguridad en los depósitos FT3 1999, FT3.5 ó FT5. La situación y tamaño del orificio de llenado y su tapón, pueden cambiarse, a condición de que la nueva instalación no sobrepase la carrocería y ofrezca todas las garantías contra una posible fuga de combustible dentro de uno de los compartimentos interiores del vehículo.

Estos orificios pueden situarse en la ubicación de las ventanillas traseras o laterales. El orificio de llenado debe estar siempre situado fuera del habitáculo sobre un elemento metálico. Si el orificio de llenado se encuentra en el interior de la carrocería, debe estar rodeado por un receptáculo que evacue al exterior.

El respiradero deberá salir por el techo del vehículo o bien describir un bucle tan alto como sea posible, por el interior del habitáculo, con salida por el lado opuesto a su conexión con el depósito. Estos respiraderos deben estar equipados con válvulas autoobturantes.

ARTÍCULO 15: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Debe colocarse una mampara de protección eficaz entre el motor y todos los elementos mecánicos por una parte, y los asientos de los ocupantes por otra, con el fin de evitar el paso directo de las llamas en caso de incendio.

ARTÍCULO 16: EQUIPO DE ILUMINACIÓN

El equipamiento de iluminación debe cumplir con la Convención Internacional sobre Tráfico, en todos sus puntos. Cada vehículo deberá estar equipado, como mínimo, con:

- 2 faros (que combinen luces de cruce y carretera).
- 2 pilotos delanteros
- 2 pilotos traseros e iluminación para la placa de matrícula.
- 2 luces de freno.
- 2 intermitentes en la parte anterior y posterior.
- Luces de avería.

Se podrán montar dos faros adicionales, siempre y cuando no estén situados a más de 250 mm por encima de la base del parabrisas. Pueden situarse dentro de los soportes de los retrovisores exteriores. Cada luz de freno tendrá una superficie mínima de 50 cm². Los dos faros y sus pilotos deben estar situados por delante del eje de las ruedas delanteras, a una altura máxima correspondiente a la unión del capó con la parte inferior del parabrisas (máximo de ocho lámparas).

Todos los faros situados hacia el frente, de más de 32cm² de superficie, deben estar adecuadamente protegidos y seguros en caso de rotura del cristal, por una rejilla o un panel traslúcido adicional. Además todos los vehículos estarán equipados con dos luces rojas traseras de niebla adicionales, situadas al lado de dos luces adicionales de freno.

Cada una de estas luces debe estar aprobada conforme a la norma de circulación ECE R38 (o una norma de otro país que sea, como mínimo, equivalente a esta) o bien contar con la aprobación de la FIA (lista técnica n.º 19).

Estarán situadas, como mínimo, a 1,25 m del suelo, y deberán ser visibles desde atrás y estar fijadas al exterior del vehículo. Deberán fijarse a los dos extremos traseros del vehículo o, para los vehículos de tipo pick-up, en los ángulos superiores de la parte trasera de la cabina.



Estas luces deben estar permanentemente conectadas durante la realización del tramo bajo las instrucciones del director de carrera. Todo el equipo de iluminación debe mantenerse en perfecto orden de funcionamiento durante toda la duración de la prueba. Un equipo podrá no ser autorizado a tomar la salida, hasta que haya reparado la instalación eléctrica.

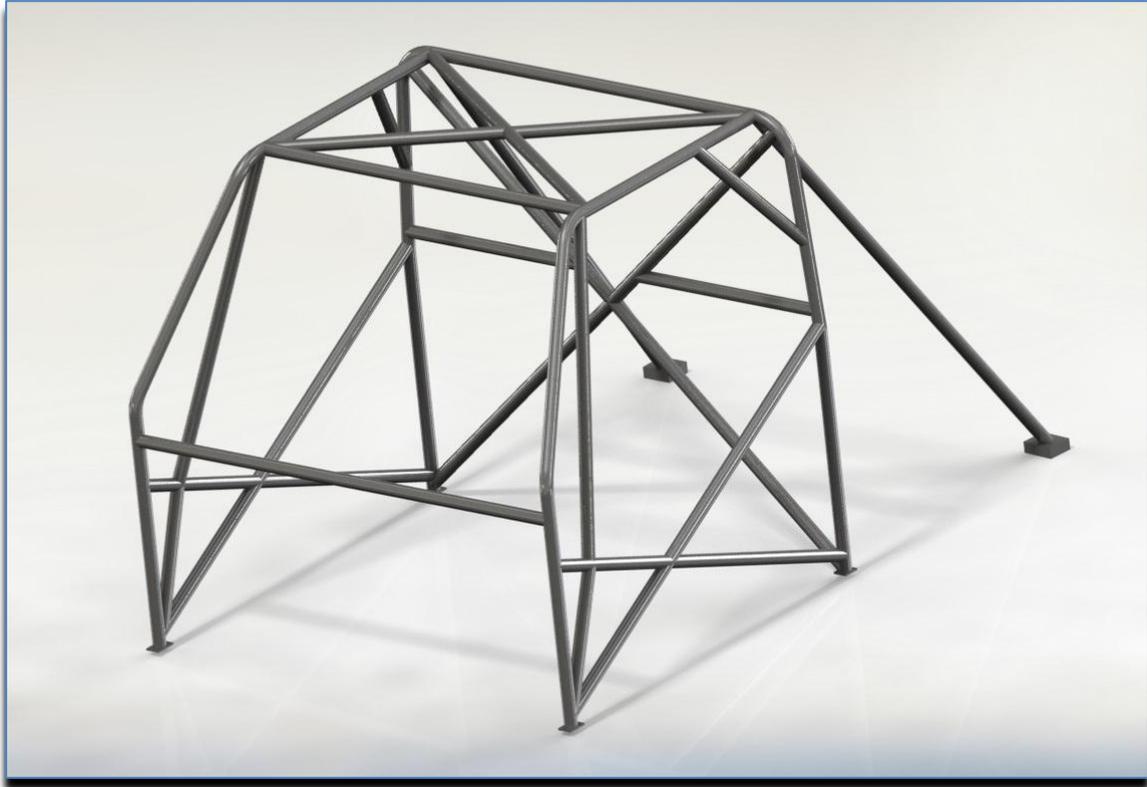
ARTÍCULO 21: AIR-BAGS

Todo sistema que contenga un air-bag de seguridad debe suprimirse.



ANEXO IV

A.IV.1.- INFORME COMPLETO DEL DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL ARCO DE SEGURIDAD



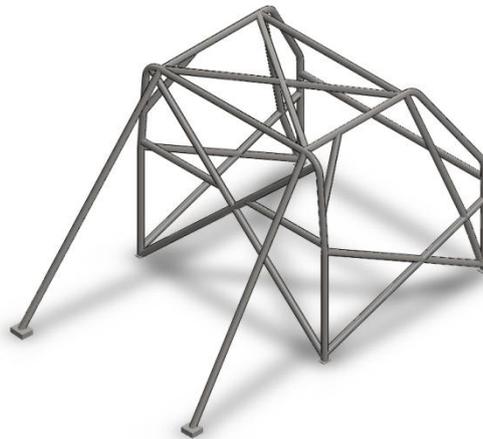
Diseñador: Ramón Fernández González.

Nombre de estudio: Estudio 1, 2 Y 3.

Tipo de análisis: Estático.

A.IV.1.1.- SIMULACIÓN DE ARCO DE SEGURIDAD. ENSAYO I

Información de modelo



Nombre del modelo: Estructura FINAL
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Saliente-Extruir49</p> 	Sólido	<p>Masa:64.4352 kg Volumen:0.00826092 m³ Densidad:7800 kg/m³ Peso:631.465 N</p>	<p>C:\Users\XponteX\Proyecto\ Mitsubishi Pajero-Montero FIA T2.2 (Bueno!)\Trabajo\Jaula de seguridad\Pasos SolidWorks\Estructura 2\Ensayo 1 Estructura 2\Datos\Estructura FINAL.SLDPRT Feb 13 10:31:48 2012</p>

Tabla 46: Información del modelo final del arco de seguridad

Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio 5
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Xpontex\Proyecto\Mitsubishi Pajero-Montero FIA T2.2 (Bueno!)\Trabajo\Jaula de seguridad\Pasos SolidWorks\Estructura 2\Ensayo 1 Estructura 2\Datos)

Tabla 47: propiedades del estudio

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Tabla 48: unidades empleadas

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 1.7218 (25CrMo4) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 4.5e+008 N/m² Límite de tracción: 7e+008 N/m² Módulo elástico: 2.1e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.28 Densidad: 7800 kg/m³ Módulo cortante: 7.9e+010 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.1e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir49)(Estructura FINAL)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

Tabla 49: propiedades del material

Cargas y sujeciones

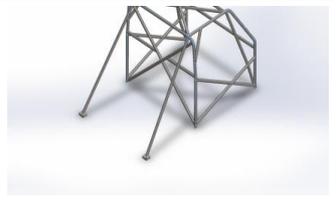
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción															
Fijo-1		<p>Entidades: 6 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>															
<p>Fuerzas resultantes</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fuerza de reacción(N)</td> <td>0</td> <td>140000.0</td> <td>0</td> <td>140000.0</td> </tr> <tr> <td>Momento de reacción(N-m)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Componentes	X	Y	Z	Resultante	Fuerza de reacción(N)	0	140000.0	0	140000.0	Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0
Componentes	X	Y	Z	Resultante													
Fuerza de reacción(N)	0	140000.0	0	140000.0													
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0													

Tabla 50: cargas y sujeciones del ensayo I

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	10 mm
Tamaño mínimo del elemento	1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Número total de nodos	572788
Número total de elementos	289252
Cociente máximo de aspecto	162.46
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	10.2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	1.15
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:01:38
Nombre de computadora:	XPONTEX-PC

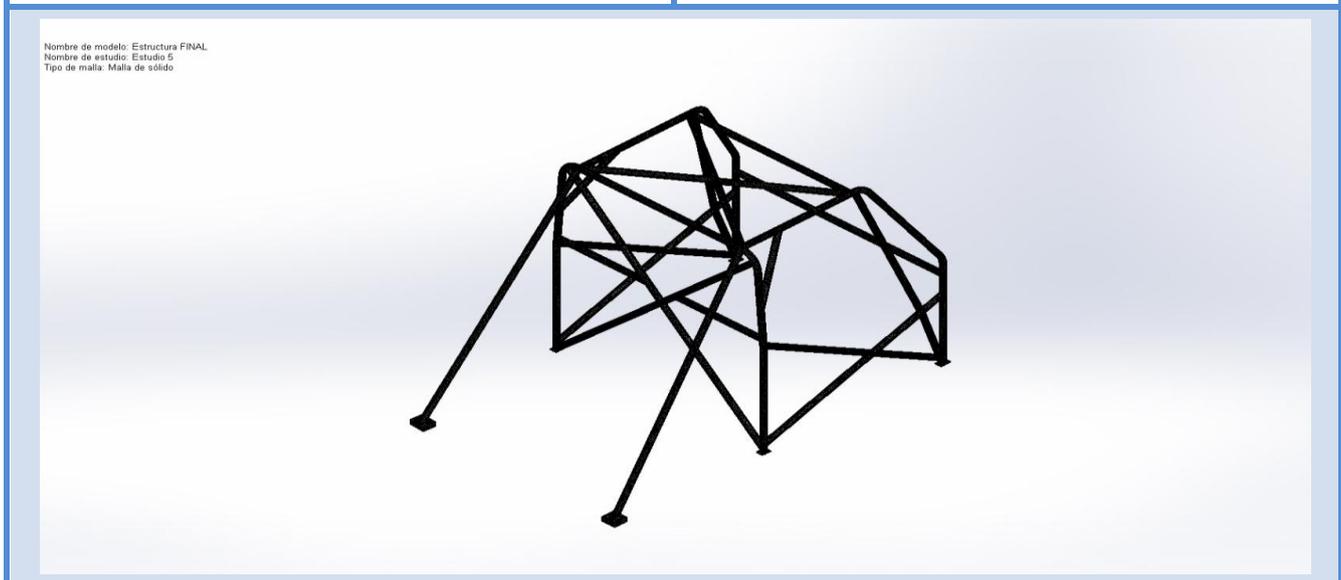
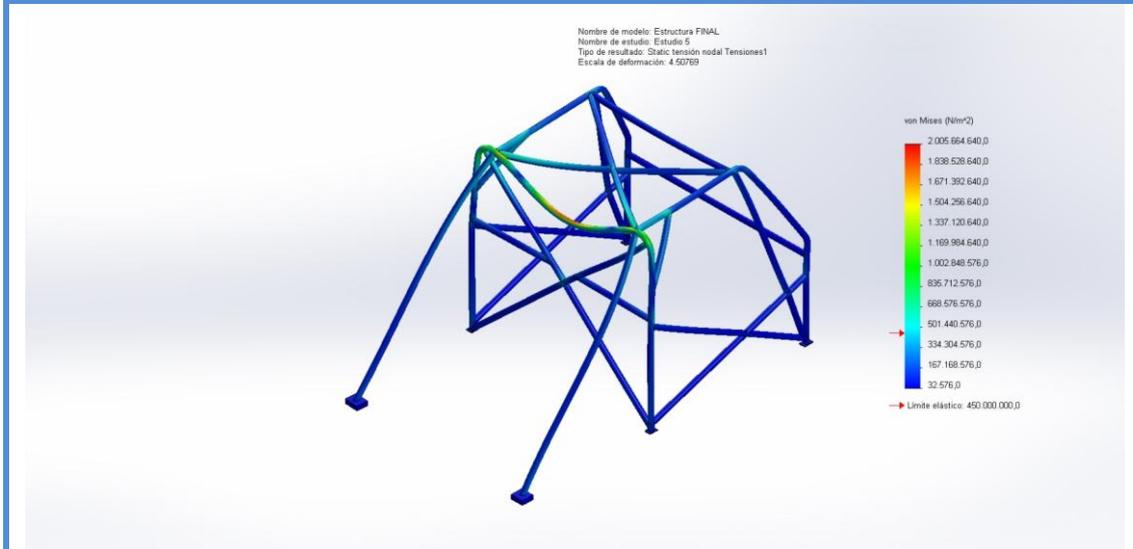


Tabla 51: información de la malla

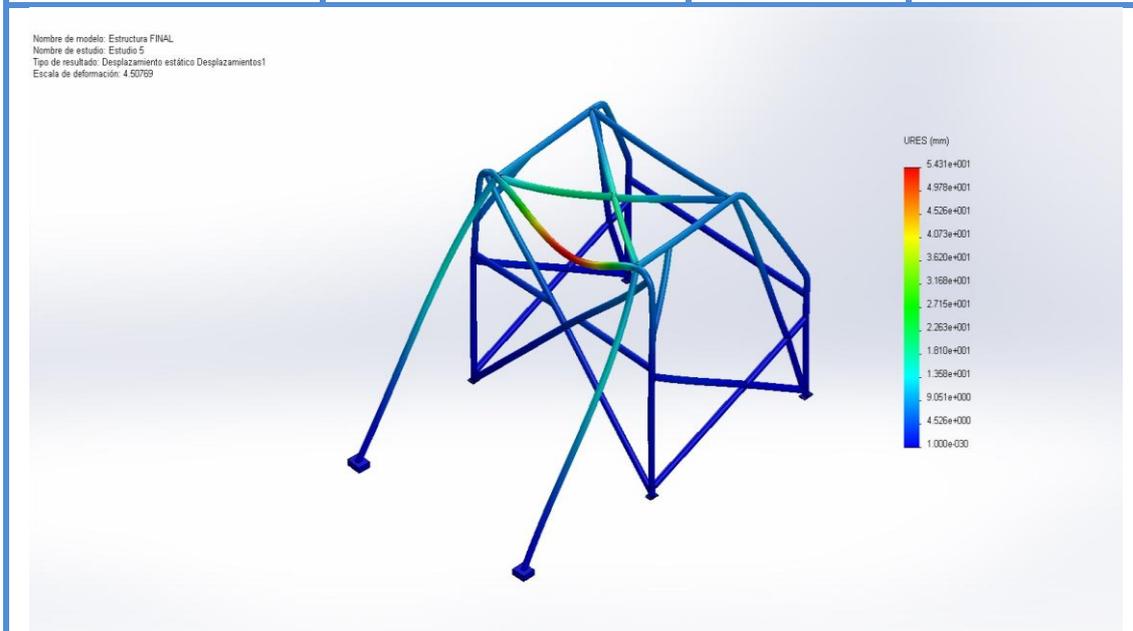
Resultados del estudio I

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	32576 N/m ² Nodo: 397263	2.00566e+009 N/m ² Nodo: 493549



Estructura FINAL-Estudio 5-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 112	5.43064 mm Nodo: 142161



Estructura FINAL-Estudio 5-Desplazamientos-Desplazamientos1

Tabla 52: resultados del ensayo I

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.34904e-007 Elemento: 115332	0.00851849 Elemento: 202094
<p>Nombre de modelo: Estructura FINAL Nombre de estudio: Estudio 5 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1 Escala de deformación: 4.50769</p> <p style="text-align: center;">Estructura FINAL-Estudio 5-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			
Nombre	Tipo		
Desplazamientos1{1}	Forma deformada		
<p>Nombre de modelo: Estructura FINAL Nombre de estudio: Estudio 5 Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1{1} Escala de deformación: 4.50769</p> <p style="text-align: center;">Estructura FINAL-Estudio 5-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}</p>			

Tabla 53: resultados del ensayo I (2)

Conclusión Estudio I

No se producen roturas en ningún punto de la estructura, desplazamiento máximo de 5.43 mm. **Estructura VÁLIDA.**

A.IV.1.2.- SIMULACIÓN DE ARCO DE SEGURIDAD. ENSAYO II

Cargas y sujeciones

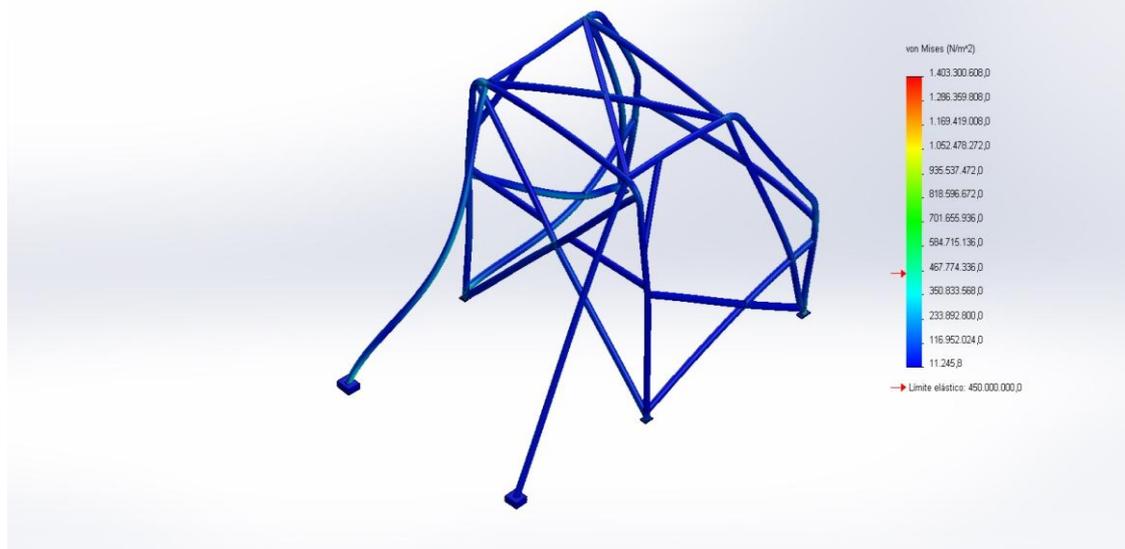
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 6 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-41000.7	-0.822424	0.339525	41000.7
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Tabla 54: cargas y sujeciones del ensayo II

Resultados del estudio II

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	11245.8 N/m ² Nodo: 117893	1.4033e+009 N/m ² Nodo: 117219

Nombre de modelo: Estructura FINAL
 Nombre de estudio: Estudio 5
 Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 10.3617



Estructura FINAL-Estudio 5-Tensiones-Tensiones1

Tabla 55: resultados del ensayo II

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 112	13.1583 mm Nodo: 180515
<p>Nombre de modelo: Estructura FINAL Nombre de estudio: Estudio 5 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1 Escala de deformación: 18.3617</p> <p>Estructura FINAL-Estudio 5-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.41829e-008 Elemento: 170519	0.00450378 Elemento: 39511
<p>Nombre de modelo: Estructura FINAL Nombre de estudio: Estudio 5 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1 Escala de deformación: 18.3617</p> <p>Estructura FINAL-Estudio 5-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

Tabla 56: resultados del ensayo II (2)

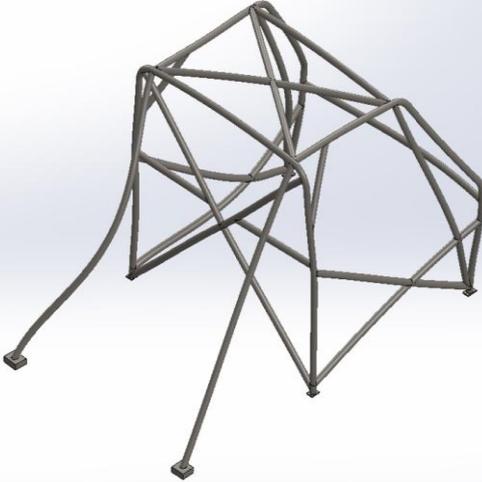
Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada
<p data-bbox="236 297 459 349">Nombre de modelo: Estructura FINAL Nombre de estudio: Estudio 5 Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1{1} Escala de deformación: 18.3617</p>  <p data-bbox="435 902 1158 931">Estructura FINAL-Estudio 5-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}</p>	

Tabla 57: resultados del ensayo II (3)

Conclusión Estudio II

No se producen roturas en ningún punto de la estructura, desplazamiento máximo de 13.18 mm. Estructura VÁLIDA.

A.IV.1.3.- SIMULACIÓN DE ARCO DE SEGURIDAD. ENSAYO III

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 6 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0	0	-123000.0	123000.0
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Tabla 58: cargas y sujeciones del ensayo III

Resultados del estudio III

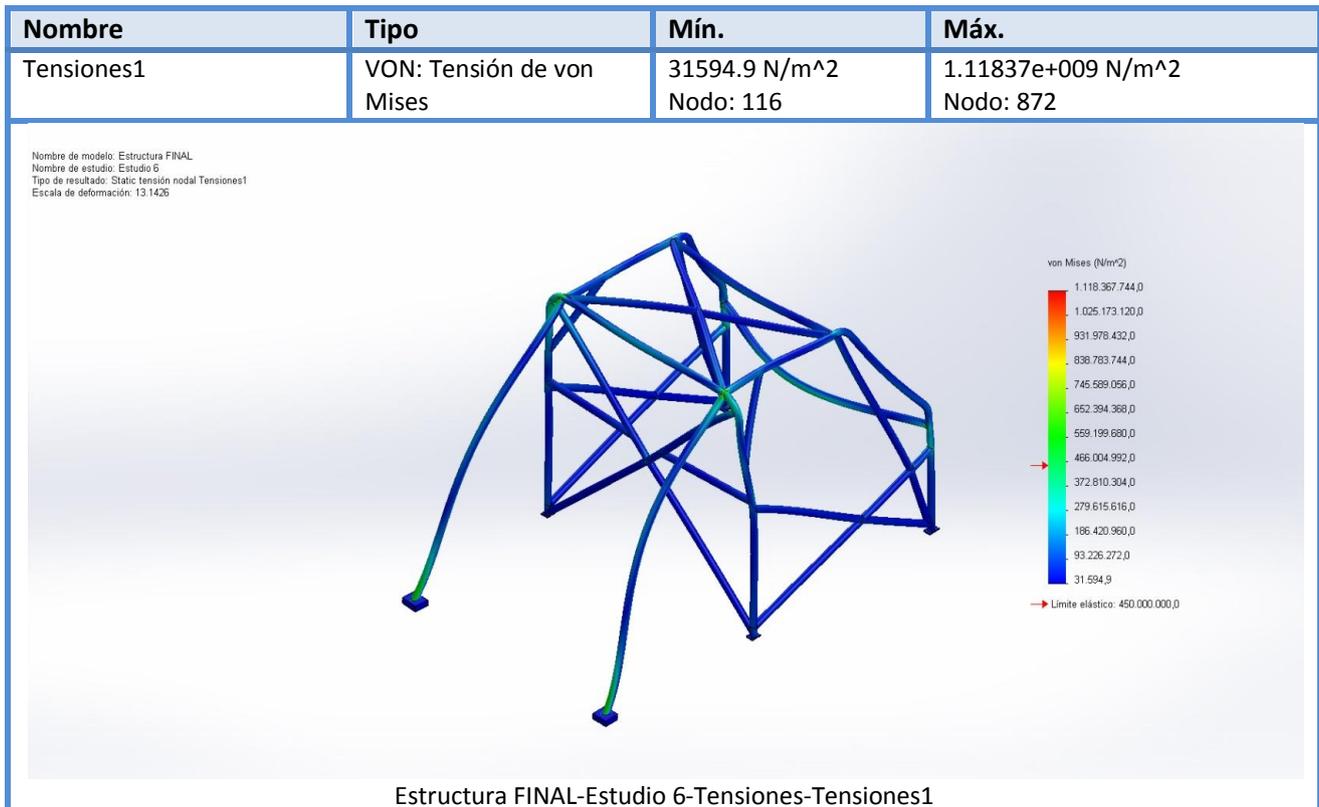
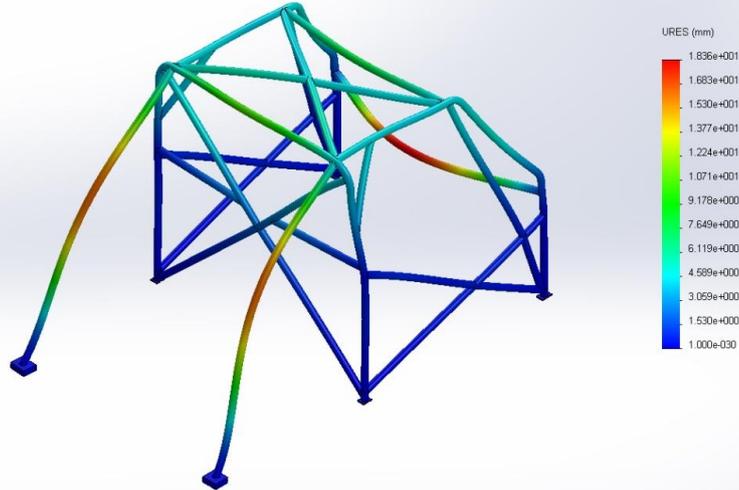


Tabla 59: resultados del ensayo III

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 112	18.3568 mm Nodo: 207495

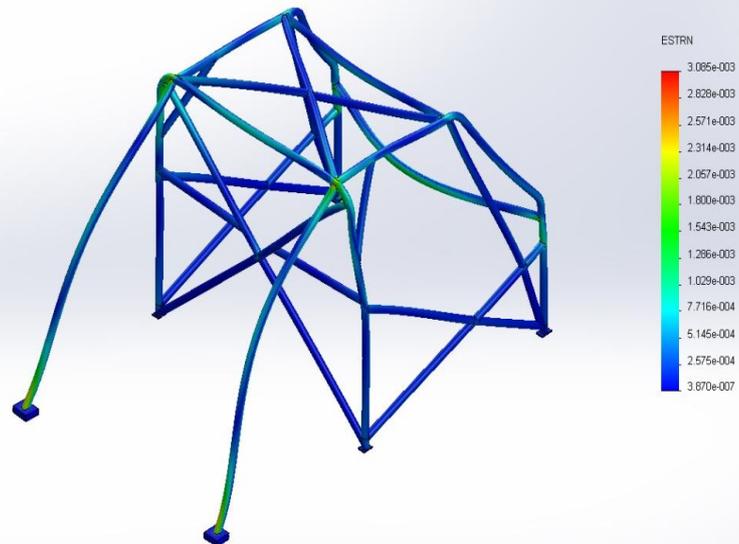
Nombre de modelo: Estructura FINAL
Nombre de estudio: Estudio 6
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 13.1426



Estructura FINAL-Estudio 6-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.86959e-007 Elemento: 330706	0.00308518 Elemento: 265683

Nombre de modelo: Estructura FINAL
Nombre de estudio: Estudio 6
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 13.1426



Estructura FINAL-Estudio 6-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Tabla 60: resultados del ensayo III (2)

Conclusión Estudio III

No se producen roturas en ningún punto de la estructura, desplazamiento máximo de 18.30 mm. Estructura VÁLIDA.

CONCLUSIÓN
FINAL
ESTRUCTURA
VÁLIDA



A.IV.2.- SAFETY ROLL BAR FIA CERTIFICATE

BLOCK CAPITALS

Manufacturer: ... Roll Bar Model No/Designation:**PFC2012**...
Address:

CARS FOR WHICH ROLL BAR IS DESIGNED

Make:**Mitsubishi**.....FIA Homologation No:
Model/s:**Montero/Pajero**.....
Weight of Car/s:lbs**2020**.....Kgs.....

ROLL BAR ESPECIFICATION

Main tube Dia:ins.....**50**...mm.
Brace/s Dia:.....ins.....**40**...mm
Thickness:ins.....**2**...mm.
Thickness:ins.....**2**...mm
Type of welding: ...**MIG**...
Weight of total assembly:**64.43 Kg**.....
Type of mounting:**To be entirely welded to the body**.....

DECLARATION BY DESIGNER for Roll Bars not complying with FIA design details

I declare the roll bar described has been:
- Shown by own stress calculating.

To meet the strength requirements specified in current FIA regulations. In addition, I declare that all details of the roll bar design including joints, mounting and attachments are also in conformity with these regulations.

Date:..... Signature: Name:.....**Ramón Fernández González**.....
Professional Qualifications:**Industrial Technical Engineer**.....

Acceptable signatories must be a Corporate Member of the Royal Aeronautical Society or the Institution of Civil, Mechanical or Structure Engineers.

DECLARATION BY MANUFACTURER I certify that the present safety structure complies with the conditions of the FIA Appendix J in particular with regard to its attachments, its connection and its stress resistances.

Date.....Signature.....
Status:

THE CERTIFICATE BECOMES INVALID IF THE ROLL BAR STRUCTURE IS MODIFIED IN ANY WAY FROM THE DESIGN OVERLEAF.

ONLY VALID IF ON RACMSA SECURITY PAPER OR PERFORATED WITH RACMSA SEAL

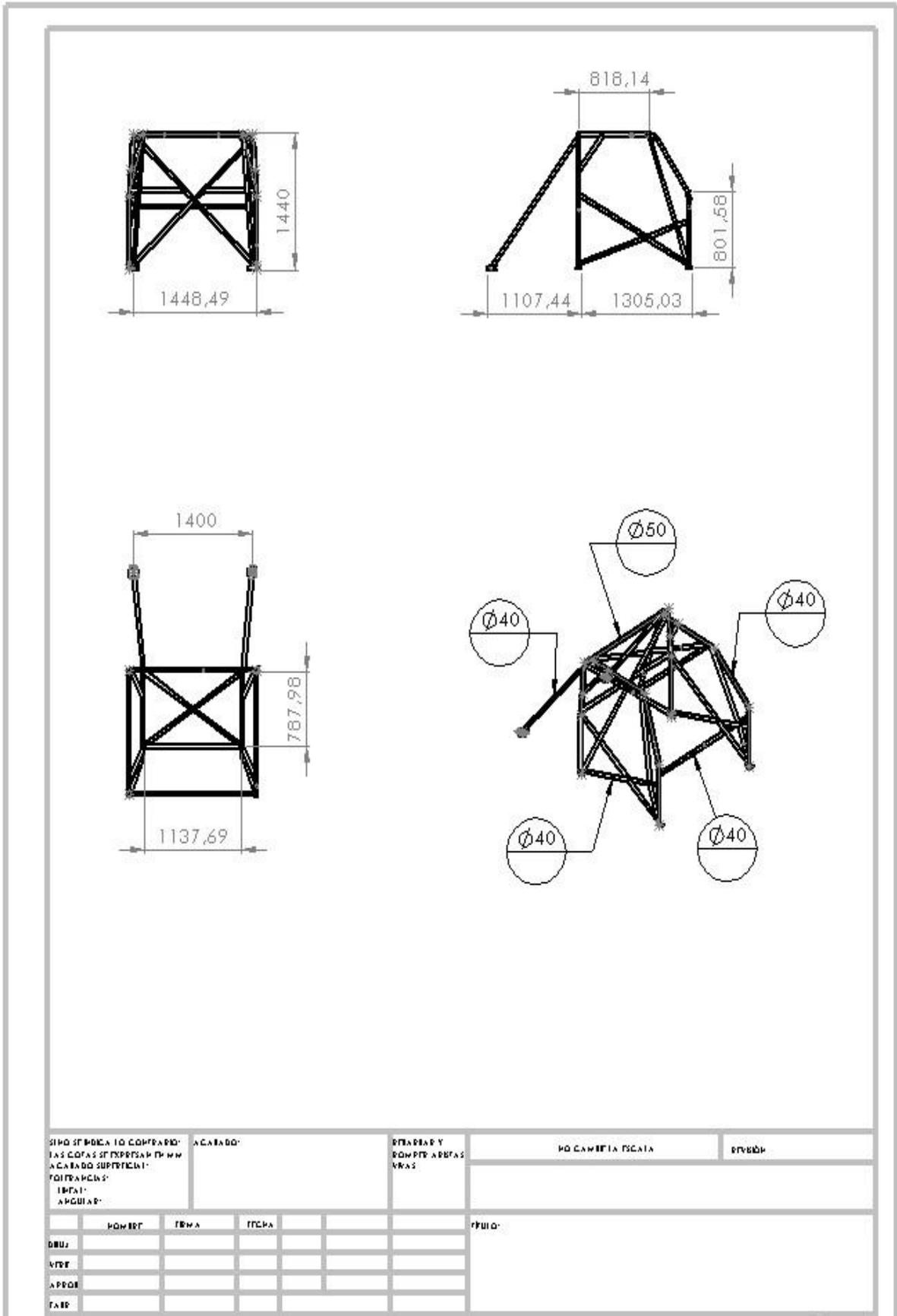


Figura 229: plano técnico del arco de seguridad

Photograph of complete structure outside car

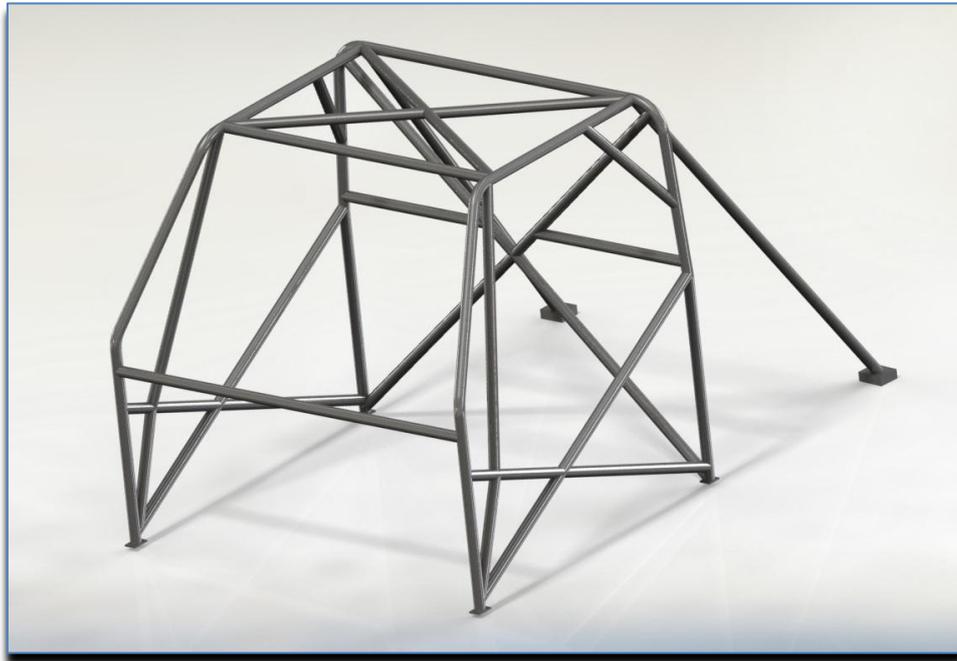


Figura 230: Arco de seguridad final, vista frontal

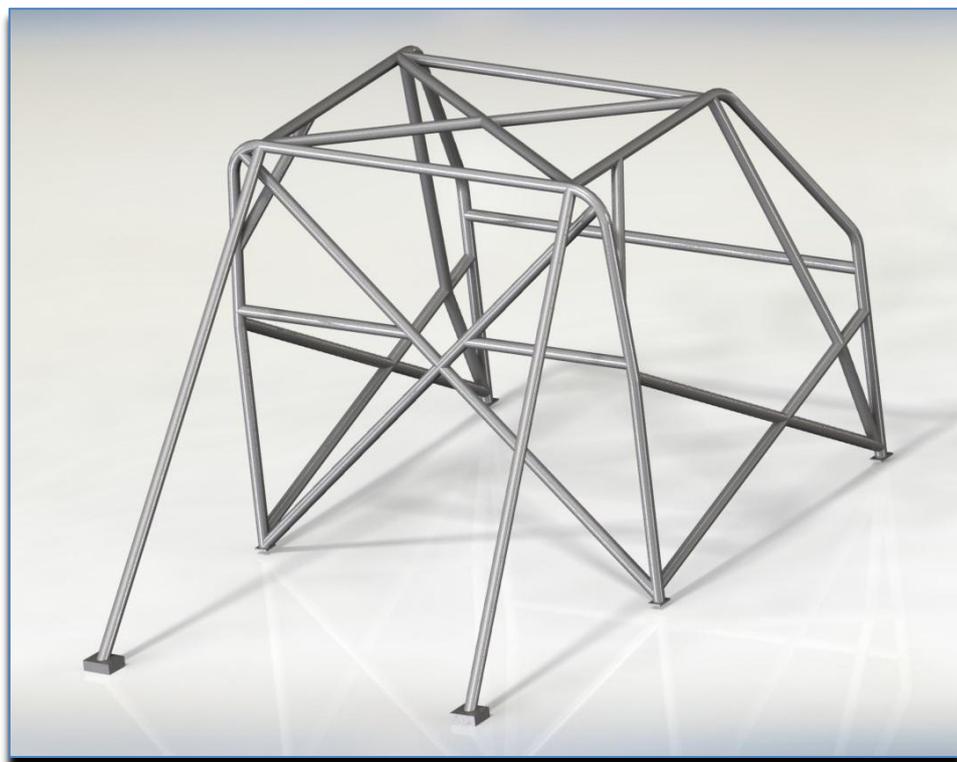


Figura 231: Arco de seguridad final, vista trasera