



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ES CUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

# **MODIFICACIÓN DE UN VEHÍCULO DE TURISMO PARA COMPETIR EN EL GRUPO R5 DE RALLY**

**ALUMNA: Silvia Merino Polo**

**TUTOR: José Antonio Calvo Ramos**



MODIFICACIÓN DE UN VEHÍCULO DE TURISMO  
PARA COMPETIR EN EL GRUPO R5 DE RALLY

*A mi abuela, Isabel Segura Pérez*



## ÍNDICE

1. Presentación.....	13
2. Introducción.....	15
3. Historia y clasificaciones actuales.....	17
4. Objetivos.....	41
5. Modificaciones a realizar.....	42
5.1. Sustitución del motor.....	42
5.2. Modificación del sistema de transmisión.....	55
5.3. Modificación del sistema de suspensión.....	61
5.4. Modificación de la dirección.....	66
5.5. Modificación de las ruedas y del sistema de frenado.....	69
5.6. Modificación del equipo eléctrico.....	75
5.7. Modificación de la carrocería e instalación de la estructura de seguridad.....	77
5.8. Instalación de accesorios adicionales.....	98
6. Proyecto técnico de Reformas de Importancia.....	103
6.1. Características técnicas del vehículo de origen.....	103
6.2. Objetivo del proyecto.....	107
6.3. Tipificación del proyecto.....	107
6.4. Reglamentación a aplicar.....	125
6.5. Reparto de pesos y par máximo de frenada por eje, antes de las reformas efectuadas.....	139
6.6. Elementos instalados.....	143
6.6.1. Reformas del grupo nº 2: Unidad motriz.....	143



6.6.2. Reformas del grupo nº 3: Transmisión.....	166
6.6.3. Reformas del grupo nº 4: Ejes y ruedas.....	177
6.6.4. Reformas del grupo nº 5: Suspensión.....	180
6.6.5. Reformas del grupo nº 6: Dirección.....	208
6.6.6. Reformas del grupo nº 7: Frenos.....	215
6.6.7. Reformas del grupo nº 8: Carrocería.....	232
6.6.8. Reformas del grupo nº 9: Alumbrado.....	270
6.6.9. Elementos opcionales.....	273
6.7. Características técnicas del vehículo antes y después de la reforma y reparto final de pesos.....	276
6.7.1. Características técnicas del vehículo antes y después de la reforma.....	276
6.7.2. Reparto de pesos y par máximo de frenado por eje después de la reforma...	279
7. Montaje.....	284
8. Presupuesto detallado.....	288
9. Conclusiones.....	293
10. Desarrollos futuros.....	295
11. Bibliografía.....	297



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Conde de Dion a bordo de su Dion-Bouton, en la París-Rouen de 1894.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2: Albert Lemaître, terminó segundo en un Peugeot 3 hp pero fue posteriormente declarado ganador de la París-Rouen de 1894.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3: Émile Levassor sobre un automóvil Panhard-et-Levassor, tras su victoria en la carrera París-Bordeaux-París de 1895.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4: Fotografía del vehículo colisionado de Marcel Renault tras el accidente que le costó la vida durante la carrera París-Madrid.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5: Fotografía tomada durante la segunda edición del Rally de Monte Carlo, en enero de 1912 .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6: Hannu Mikkola y Arne Herzt sobre un Audi Quattro durante el Rally del Algarve de 1980.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7: Lancia Delta HF 4WD, uno de los vehículos del Grupo A con más éxito desde que comenzó a emplearse en el Campeonato del Mundo de Rallye de 1987.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8: Subaru Impreza WRX STI, ganador del PWRC de 2006, bajo el mando de Al-Attiyah y Patterson.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9: Colin McRae sobre su Subaru Impreza 555 durante el WRC de 1997 del que fue ganador.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10: Citroën DS3 R3T con neumáticos Michelin, con el que se disputan actualmente los JWRC.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11: Volkswagen Polo R WRC durante la prueba del Rally de España del WRC 2013 donde recibió por partida doble los títulos del Campeonato de Constructores y del de Pilotos.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12: Citroën DS3 RRC.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13: Ford Fiesta S2000 durante el Rally de Monte Carlo de 2010.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14: Peugeot 208 R5.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 15: Mitsubishi Lancer Evo X.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 16: Lotus Exige R-GT.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 17: Subaru Impreza WRX STi 4 Door 2010 Versión R4.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 18: Renault Clio R3C.....</i>	<i>38</i>



Figura 19: Ford Fiesta R2B.....	39
Figura 20: Citroën DS3 R1B.....	40
Figura 21: Conjunto motor turboalimentado instalado en el vehículo, junto con la caja de cambios y el diferencial delantero, presentado en el Salón Internacional del Automóvil de Ginebra de 2013....	43
Figura 22: Cigüeñal montado en un vehículo de serie y en uno de competición.....	45
Figura 23: Asiento de válvula a 45° y a 30°.....	48
Figura 24: Perfil del árbol de levas de un motor de tipo convencional y el de uno de competición.....	49
Figura 25: Engranajes de dientes helicoidales y dientes rectos, con sus respectivos elementos sincronizadores.....	56
Figura 26: Sistema de transmisión 4x4 con motor transversal y sin diferencial central.....	57
Figura 27: Detalle del diferencial autoblocante mecánico de deslizamiento limitado instalado en ambos ejes.....	59
Figura 28: Detalle de un conjunto de suspensión delantera McPherson similar al instalado.....	61
Figura 29: Conjunto de amortiguadores delanteros y traseros de 3 vías.....	63
Figura 30: Esquema del conjunto de dirección instalado (no incluye el radiador para la refrigeración del líquido de dirección).....	67
Figura 31: Columna de dirección y volante retrasados respecto a su posición original en un Peugeot 208 R2.....	67
Figura 32: Detalle de una de las ruedas que monta el Peugeot 208 R5 en circuitos de asfalto (18").....	69
Figura 33: Detalle del conjunto de frenado montado en un Volkswagen Jetta RGT.....	70
Figura 34: Pinzas de montaje fijo, con 4 pistones.....	71
Figura 35: Carrocería con estructura de seguridad instalada, cumpliendo con la normativa del grupo R5 y el reglamento de seguridad de la FIA.....	77
Figura 36: Estructura de seguridad o jaula antivuelco.....	81
Figura 37: Arco principal.....	82
Figura 38: Arco delantero.....	83
Figura 39: Arcos laterales.....	83
Figura 40: Semiarcos laterales.....	84



<i>Figura 41: Tirantes longitudinales.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 42: Tirantes transversales.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 43: Tirantes traseros.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 44: Tirantes diagonales.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 45: Tirantes de puertas.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 46: Tirantes de refuerzo del techo.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 47: Tirantes de refuerzo del parabrisas.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 48: Diagonales entre los tirantes traseros.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 49: Refuerzos de anclaje.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 50: Miembros transversales de refuerzo sobre el arco principal y el arco delantero, y entre los tirantes transversales, longitudinales y traseros .....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 51: Refuerzos de ángulo y unión.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 52: Configuración mínima de seguridad en competiciones con copiloto.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 53: Pie de anclaje del arco delantero, del arco principal y de los arcos o semiarcos laterales.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 54: Pie de anclaje de los tirantes traseros.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 55: Ubicación de los puntos de anclaje de los arneses de seguridad sobre los asientos.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 56: Detalle de la posible ubicación del extintor manual, bajo el asiento del piloto, en un Peugeot 208 R2.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 57: Emplazamiento de la rueda de repuesto en un Peugeot 208 R2.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 58: Planos acotados del vehículo de serie.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 59: Esquema acotado de las fuerzas verticales que actúan sobre el vehículo.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 60: Esquema acotado del conjunto de fuerzas que actúan sobre el vehículo en condiciones de frenado.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 61: Representación esquemática del conjunto motor turboalimentado montado.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 62: Montaje de la brida de admisión sobre el grupo turbo.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 63: Despiece de los nuevos soportes motor instalados.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 64: Detalle esquemático de la nueva correa de distribución del motor.....</i>	<i>149</i>



<i>Figura 65: Arnés de motor.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 66: Sistema de admisión de aire.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 67: Detalle esquemático de la línea de escape montada.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 68: Conjunto de radiador montado.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 69: Detalle esquemático del intercambiador de calor instalado.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 70: Nueva bomba de agua instalada, de tipo eléctrico.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 71: Detalle esquemático del nuevo circuito de refrigeración del aceite motor, por aire.....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 72: Detalle esquemático del nuevo pedalier montado.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 73: Detalle de la Unidad de Control Electrónico (ECU) montada.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 74: Detalle esquemático del nuevo alternador instalado.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 75: Detalle de la nueva batería instalada, junto con sus soportes, fijada a la carrocería.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 76: Detalle del nuevo conjunto de arranque instalado.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 77: Despiece del nuevo embrague bidisco montado.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 78: Despiece del mecanismo hidráulico de control de embrague.....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 79: Detalle esquemático de la nueva caja de cambios secuencial instalada, con el diferencial delantero acoplado.....</i>	<i>170</i>
<i>Figura 80: Detalle esquemático de la nueva palanca secuencial de accionamiento de la caja de cambios instalada.....</i>	<i>172</i>
<i>Figura 81: Detalle esquemático del nuevo diferencial trasero.....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 82: Detalle esquemático del sistema de accionamiento eléctrico del embrague que lleva montado el diferencial trasero.....</i>	<i>175</i>
<i>Figura 83: Detalle esquemático del árbol de transmisión montado.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 84: Detalle de uno de los palieres montados en los ejes delantero y trasero.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 85: Llantas de asfalto y de tierra montadas.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 86: Despiece y conjunto de la suspensión delantera de asfalto instalada, de tipo McPherson.....</i>	<i>182</i>
<i>Figura 87: Despiece y conjunto de la suspensión delantera de tierra instalada, de tipo McPherson.....</i>	<i>183</i>





<i>Figura 88: Conjunto y detalle de las manguetas delanteras montadas para circuitos de asfalto.....</i>	<i>185</i>
<i>Figura 89: Detalle de las manguetas delanteras montadas para circuitos de tierra.....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 90: Detalle del subchasis delantero instalado.....</i>	<i>188</i>
<i>Figura 91: Detalle de uno de los trapecios delanteros instalados.....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 92: Detalle esquemático de la barra estabilizadora delantera montada .....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 93: Despiece y conjunto de la suspensión trasera de asfalto instalada, de tipo McPherson.....</i>	<i>192</i>
<i>Figura 94: Despiece y conjunto de la suspensión trasera de tierra instalada, de tipo McPherson.....</i>	<i>193</i>
<i>Figura 95: Detalle de las manguetas traseras montadas para circuitos de asfalto.....</i>	<i>195</i>
<i>Figura 96: Despiece esquemático de las manguetas traseras montadas para circuitos de tierra.....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 97: Detalle del subchasis trasero instalado.....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 98: Detalle de los trapecios traseros montados .....</i>	<i>199</i>
<i>Figura 99: Detalle de la barra de acoplamiento instalada, encargada de regular el ángulo de convergencia de las ruedas.....</i>	<i>200</i>
<i>Figura 100: Detalle de la barra estabilizadora trasera montada.....</i>	<i>201</i>
<i>Figura 101: Despiece esquemático de la nueva cremallera de dirección montada.....</i>	<i>209</i>
<i>Figura 102: Nueva fuente de gestión de presión del mecanismo de control de la dirección asistida.....</i>	<i>212</i>
<i>Figura 103: Detalle de una de las bieletas de dirección instaladas.....</i>	<i>213</i>
<i>Figura 104: Detalle y montaje de la nueva columna de dirección y del nuevo volante.....</i>	<i>214</i>
<i>Figura 105: Detalle de los discos de freno montados en las ruedas delanteras y traseras.....</i>	<i>217</i>
<i>Figura 106: Pinzas de freno montadas en las cuatro ruedas .....</i>	<i>219</i>
<i>Figura 107: Canalizaciones del nuevo circuito de frenos de montado.....</i>	<i>228</i>
<i>Figura 108: Detalle del nuevo mecanismo del freno de estacionamiento montado.....</i>	<i>231</i>
<i>Figura 109: Nuevos asientos delanteros instalados, de tipo baquet, y bases de fijación de los mismos.....</i>	<i>235</i>
<i>Figura 110: Dimensiones de los asientos delanteros instalados.....</i>	<i>236</i>
<i>Figura 111: Arnéses de seguridad montados, de 6 puntos de anclaje.....</i>	<i>236</i>



<i>Figura 112: Nuevo salpicadero instalado en el vehículo.....</i>	<i>241</i>
<i>Figura 113: Consola central instalada.....</i>	<i>243</i>
<i>Figura 114: Reposapiés instalado para el copiloto.....</i>	<i>244</i>
<i>Figura 115: Soportes de fijación de la rueda de repuesto.....</i>	<i>245</i>
<i>Figura 116: Jaula antivuelco o de seguridad anclada sobre la carrocería del vehículo.....</i>	<i>246</i>
<i>Figura 117: Protecciones para el motor y el diferencial trasero.....</i>	<i>248</i>
<i>Figura 118: Aletas delanteras instaladas .....</i>	<i>249</i>
<i>Figura 119: Aletas traseras instaladas.....</i>	<i>250</i>
<i>Figura 120: Protecciones instaladas en los pasos de rueda delanteros .....</i>	<i>251</i>
<i>Figura 121: Protecciones inferiores instaladas en el vehículo para circuitos de tierra.....</i>	<i>252</i>
<i>Figura 122: Despiece interior de las puertas delanteras instaladas.....</i>	<i>254</i>
<i>Figura 123: Capó montado, con entradas de aire y cierres metálicos de tipo rally.....</i>	<i>256</i>
<i>Figura 124: Conjunto parabrisas instalado.....</i>	<i>257</i>
<i>Figura 125: Parabrisas, mecanismo del limpiaparabrisas y palanca de accionamiento del limpiaparabrisas instalados.....</i>	<i>258</i>
<i>Figura 126: Ventanillas delanteras instalas .....</i>	<i>259</i>
<i>Figura 127: Ventanillas traseras instaladas.....</i>	<i>260</i>
<i>Figura 128: Despiece y conjunto del parachoques delantero instalado.....</i>	<i>261</i>
<i>Figura 129: Despiece y conjunto del parachoques trasero instalado.....</i>	<i>262</i>
<i>Figura 130: Despiece de los nuevos retrovisores exteriores instalado.....</i>	<i>263</i>
<i>Figura 131: Conjunto instalado para la ventilación de la cabina.....</i>	<i>264</i>
<i>Figura 132: Nuevo grupo calefactor montado en el vehículo.....</i>	<i>265</i>
<i>Figura 133: Portón trasero montado, junto con el alerón trasero.....</i>	<i>267</i>
<i>Figura 134: Nuevos faros delanteros instalados.....</i>	<i>271</i>
<i>Figura 135: Nuevos faros y pilotos traseros montados.....</i>	<i>272</i>



<i>Figura 136: Esquema acotado de las fuerzas verticales que actúan sobre el vehículo tras las reformas efectuadas.....</i>	<i>279</i>
<i>Figura 137: Esquema acotado del conjunto de fuerzas que actúan sobre el vehículo en condiciones de frenado tras las reformas efectuadas.....</i>	<i>280</i>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1: Gráficas comparativas del levantamiento de las válvulas frente a los grados de giro del cigüeñal para un motor convencional y uno de competición.....</i>	<i>50</i>
<i>Gráfica 2: Representación de la variación del coeficiente de fricción en función de la temperatura en pastillas de freno Ferodo DS2.11.....</i>	<i>72</i>
<i>Gráfica 3: Representación de la variación del coeficiente de fricción en función de la temperatura en pastillas de freno Ferodo DS3000 Plus 03.....</i>	<i>72</i>
<i>Gráfica 4: Curvas de par y potencia, frente al régimen de giro, para el motor de origen, el EP6C.....</i>	<i>163</i>
<i>Gráfica 5: Curvas de par y potencia, frente al régimen de giro, para el motor EP6CDT sin preparación.....</i>	<i>164</i>
<i>Gráfica 6: Curvas de par y potencia, frente al régimen de giro, para el motor EP6 CDT con preparación R5.....</i>	<i>165</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Materiales autorizados por la normativa de seguridad de la FIA para las uniones.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 2: Características técnicas del vehículo de serie.....</i>	<i>105</i>



<i>Tabla 3: Resultados obtenidos para los muelles más rígidos montados en las suspensiones de asfalto y de tierra, con <math>K = 5,8 \text{ daN/mm}</math> en el primera caso y <math>K = 3,3 \text{ daN/m}</math> en el segundo.....</i>	<i>205</i>
<i>Tabla 4: Presión generada en el circuito de frenos del vehículo de serie, con y sin servofrenos, en función de la fuerza ejercida sobre el pedal.....</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 5: Cálculo de las componentes de las fuerzas en función del ángulo de aplicación de las mismas....</i>	<i>238</i>
<i>Tabla 6: Cálculo de las componentes de las fuerzas en función del ángulo de aplicación de las mismas....</i>	<i>239</i>
<i>Tabla 7: Cálculo de las componentes de las fuerzas en función del ángulo de aplicación de las mismas....</i>	<i>240</i>
<i>Tabla 8: Características técnicas del vehículo antes y despues de las modificaciones llevadas a cabo sobre el mismo.....</i>	<i>278</i>
<i>Tabla 9: Presupuesto detallado.....</i>	<i>292</i>



# 1. PRESENTACIÓN

En la actualidad, el automovilismo es una de las disciplinas deportivas más populares del mundo. Por tanto, se trata de una industria en la que se invierte mucho dinero, por lo que se trabaja con el fin de obtener el máximo rendimiento desarrollando las últimas tecnologías en lo referente a motor, aerodinámica, suspensión, neumáticos,... Estos avances han beneficiado a la industria automotriz al irse incorporando paulatinamente a los vehículos comerciales.

Cada categoría de competición de automovilismo tiene su propio reglamento, que recoge todas las modificaciones permitidas en el motor, la transmisión, el circuito de combustible, la suspensión, la telemetría, los neumáticos y la carrocería, además de una normativa básica de seguridad aplicable a todas ellas.

Dentro de los tipos de competiciones, recogidos bajo los reglamentos de la FIA (Federación Internacional de Automovilismo), únicamente se desarrollan desde cero los Fórmula 1 y los Sport Prototipo. Estos últimos están concebidos esencialmente para su empleo en carreras de velocidad aunque también suelen competir en carreras de resistencia, como *Les 24h du Le Mans*.

Hay otras categorías que son disciplinas monomarca, como es el caso de los monoplazas de la GP2 o la GP3, donde todos los participantes compiten con el mismo vehículo, por lo que las diferencias se deben a la habilidad del piloto y a la capacidad de análisis y mejora del ingeniero de pista.

Por último, existen otras categorías que consisten en la adaptación de vehículos de calle a la competición, lo que supone una reducción de costes significativa en relación a los vehículos desarrollados desde cero.

En este último grupo es donde encuadramos el presente proyecto, en el cual se modificará un vehículo turismo de bajas prestaciones, con denominación "Peugeot 208 Allure", adaptándolo al reglamento del grupo R5 de la FIA para su participación en el Campeonato de Europa de Rallye.

El objetivo es hacerlo competitivo mediante la puesta a punto y llevando a cabo una serie de simulaciones previas que sirvan de base a la línea de trabajo, con el fin de ahorrar enormes costes antes de poner el coche en pista.



Así mismo, con el fin de que el vehículo pueda seguir circulando por las vías públicas de nuestro país tras las reformas llevadas a cabo, es necesario el cumplimiento de unos determinados requisitos básicos que vienen recogidos en el Manual de Reformas de Importancia, publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, por lo que se desarrollará un proyecto técnico que justifique dichas homologaciones.

En primer lugar se realizará una breve introducción a las competiciones de rally, frente a otras disciplinas automovilísticas de competición, seguido de un resumen de la historia de mencionadas competiciones desde sus inicios hasta la actualidad, que concluirá con un esquema del panorama actual.

A continuación se llevarán a cabo las modificaciones necesarias sobre el vehículo para su homologación R5 según la normativa vigente de la Federación Internacional del Automovilismo (FIA) y de la Real Federación Española de Automovilismo (RFEA).

Posteriormente, se tratará la realización del proyecto técnico necesario para legalizar las modificaciones realizadas sobre el vehículo mediante sus correspondientes reformas de importancia, en cumplimiento de la normativa vigente aplicable, dictaminada por el Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, que se encarga de la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera y la modificación del artículo 252 del Código de la Circulación, y el nuevo Real Decreto 886/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos. Dicha normativa se encuentra recogida en el nuevo Manual de Reformas de Importancia (Revisión 2ª, de Marzo de 2014) elaborado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las Comunidades Autónomas.



## 2. INTRODUCCIÓN

Las competiciones de rallye consisten en un desafío entre diferentes vehículos por completar una serie de itinerarios de elevada dificultad en el mínimo tiempo posible. Esta denominación probablemente se utilizó por primera vez en el *Rallye de Monte Carlo* de 1911 pero no fue hasta mediados del siglo XX cuando las competiciones de Europa comenzaron a denominarse de esta manera.

A diferencia de otras disciplinas automovilísticas, en las competiciones de rallye, los vehículos salen de uno en uno, generalmente con un minuto de diferencia entre sí, ya que no se trata de una carrera sino de una competición individual por obtener la mejor puntuación al realizar en el menor tiempo una serie de tramos cronometrados.

Además de esta diferencia fundamental, los rallyes presentan otra serie de características que no encontramos en el resto de las disciplinas, como son las siguientes:

- Los vehículos participantes parten de la base de vehículos comerciales ya que deben ser aptos para circular por las carreteras públicas, con lo que deben de estar matriculados y equipados con los mismos elementos obligatorios que el resto de los vehículos, como es el caso de faros, intermitentes o rueda de repuesto.
- Las competiciones tienen lugar en vías públicas, convenientemente cerradas al tráfico durante el desarrollo de las pruebas.
- Se disputan sobre cualquier superficie: asfalto, tierra, barro, nieve, hielo,...
- Destaca la presencia de un copiloto, ausente en otro tipo de competiciones automovilísticas, que es el encargado de anotar las referencias acerca del estado de la carretera, el tipo de curvas, distancias, etc., que posteriormente le “cantará” al piloto durante los tramos cronometrados. También se encarga de controlar los tiempos, de planificar los entrenamientos y llevar la documentación, así como de la radio, la bocina y otras funciones del coche como vigilar los niveles de presión, temperatura, combustible, etc.



Debido a las altas prestaciones de los vehículos se trata de competiciones bastante peligrosas, por lo que las medidas de seguridad se han reforzado considerablemente a lo largo de las últimas décadas. Así mismo, el compromiso por reducir el impacto medioambiental generado tanto directa como indirectamente, ha aumentado, extendiéndose entre organizadores y participantes.



## 3. HISTORIA Y CLASIFICACIONES

### ACTUALES

El rallye como competición podría tener sus orígenes en la Carrera de Carruajes sin Caballos (*Concours des Voitures sans Chevaux*) celebrada el 22 de julio de 1894 y organizada por Pierre Giffart, periodista de Le Petit Journal, que se disputó entre París y Rouen con un recorrido de 127 kilómetros. La competición, de libre presentación, contaba con 21 participantes tras las pruebas eliminatorias y las marcas vencedoras fueron las francesas Peugeot y Panhard-et-Levassor. Una de las exigencias que se impusieron es que cada vehículo debía contar con un mínimo de cuatro plazas que debían estar ocupadas por el conductor, un mecánico (generalmente el constructor) y dos jueces de carrera. No solo se premiaba al ganador sino que se valoraban otros factores como la fiabilidad del diseño o la comodidad de los pasajeros. El vencedor fue el conde Albert de Dion, que realizó el recorrido en 6 horas y 48 minutos, a una velocidad media de 17 km/h, a bordo de su Dion-Bouton, como puede observarse a continuación en la Figura 1.

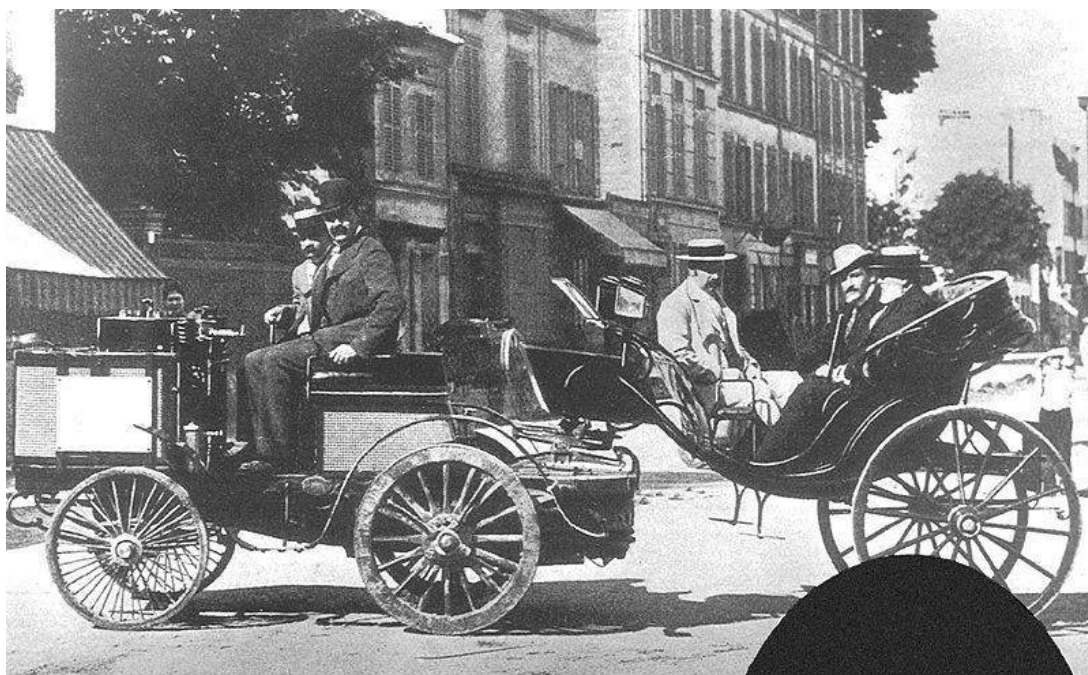


Figura 1: Conde de Dion a bordo de su Dion-Bouton, en la París-Rouen de 1894 (Imagen tomada de <http://www.theflagrants.com/blog/2013/10/concurso-de-carruajes-sin-caballos-por-eddie-the-great>)

El conde de Dion fue posteriormente descalificado por los jueces debido a su diseño consistente en un coche de vapor y al empleo de un fogonero; condiciones que elevaban en gran medida el consumo de agua del vehículo además de dificultar la maniobrabilidad del mismo.

Tras quedar descalificado el Conde y su *Dion-Bouton*, la victoria fue para Albert Lemaître, representando a '*Le Fils de Peugeot Frères*', y su Peugeot de 3 CV, como puede verse en la Figura 2, quién completó la vuelta en 6 horas, 51 minutos y 30 segundos.

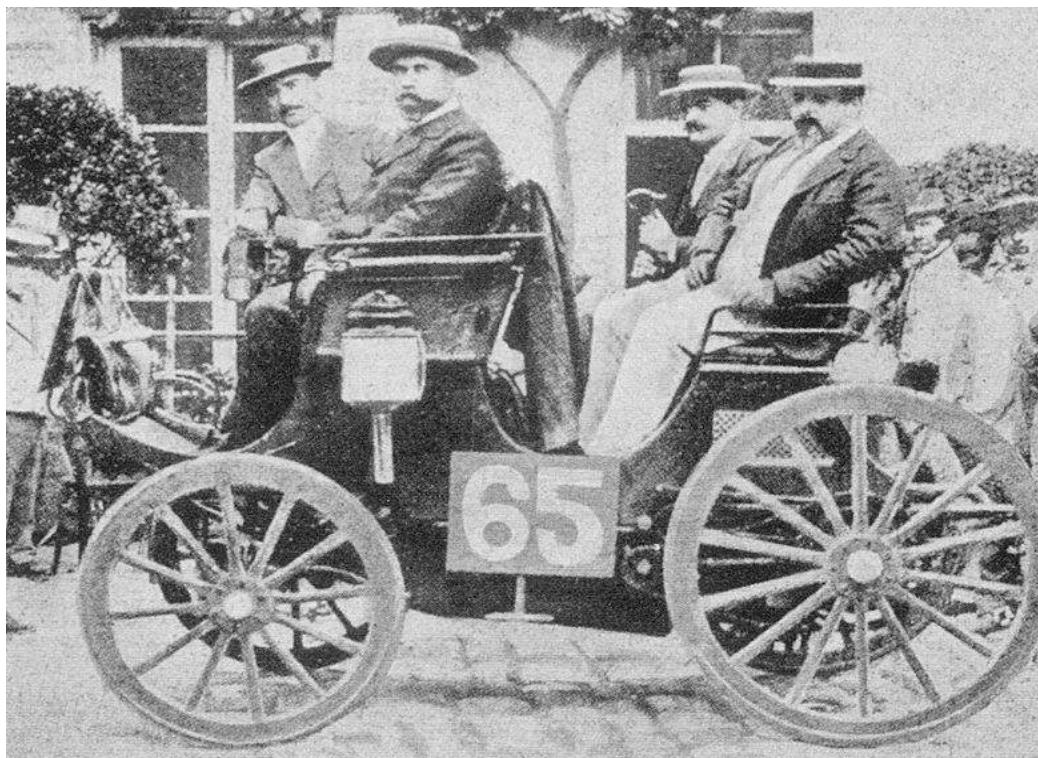


Figura 2: Albert Lemaître, terminó segundo en un Peugeot 3 hp pero fue posteriormente declarado ganador de la París-Rouen de 1894 (Imagen tomada de la página <http://www.theflagrants.com/blog/2013/10/concurso-de-carruajes-sin-caballos-por-eddie-the-great>)

El primer premio, de 5000 francos, concedido a aquel diseño que se ajustara en mayor medida a las especificaciones dadas, con mejores resultados, fue compartido entre Panhard-et-Levassor y '*Les Fils de Peugeot Frères*'.

El segundo premio, de 2000 francos, fue entregado al Conde de Dion, Bouton y compañía por su novedoso tractor de vapor, que funcionaba como un caballo proporcionando tanto velocidad absoluta como fuerza de tracción.

El tercer premio, de 1500 francos, fue otorgado a Maurice Le Blant por su vehículo de nueve plazas impulsado por el 'sistema Serpollet', consistente en una caldera de vaporización



instantánea. El cuarto premio, de 1000 francos, fue compartido entre los fabricantes Alfred Vacheron y Le Brun. Y, por último, el quinto premio, de 500 francos, fue para Émile Roger y su Benz.

Un año después, en junio de 1895, el conde de Dion organizó la primera carrera automovilística cronometrada de la historia con el fin de probar la eficiencia de los vehículos sin caballos, la carrera París-Bordeaux-París, que contaba con un recorrido de 1200 kilómetros. El ganador fue Émile Levassor, a manos de un automóvil Panhard-et-Levassor, como puede verse en la Figura 3, empleando 48 horas y 42 minutos en realizar el recorrido, a una media de 25 km/h.



*Figura 3: Émile Levassor sobre un automóvil Panhard-et-Levassor, tras su victoria en la carrera París-Bordeaux-París de 1895 (Imagen tomada de <http://www.theflagrants.com/blog/2013/10/el-nacimiento-de-las-carreras-by-eddie-the-great/>)*

A pesar de que Émile Levassor realizó la carrera en el menor tiempo, el primer premio fue otorgado a Paul Koechlin, quien cruzó la línea de meta en tercera posición, junto con su

Peugeot, 11 horas después de Levassor, pero cuyo vehículo cumplía con la normativa pertinente al disponer de cuatro asientos.

El 12 de noviembre de ese mismo año, el conde Albert de Dion fundó el primer club automovilístico de la historia, el llamado *Automobile Club* de Francia.

Italia, al igual que Francia, fue también un país pionero en este tipo de competiciones, las cuales empezaron a organizarse en el año 1895.

Durante la primera década del siglo XX otros países europeos, como Gran Bretaña o Alemania, y no europeos, como Estados Unidos, comenzaron a organizar sus propias carreras automovilísticas, con diferentes tramos y normativas. En 1903 tendría lugar la carrera París-Madrid, cancelada a mitad del recorrido por el gobierno francés debido a una serie de accidentes que se cobraron la vida de siete personas, entre ellas la de Marcel Renault, hermano de Louis Renault, fundador de Renault (ver Figura 4). Fue entonces cuando los organizadores buscaron alternativas a las carreras por carreteras, surgiendo las competiciones en circuitos cerrados.



Figura 4: Fotografía del vehículo colisionado de Marcel Renault tras el accidente que le costó la vida durante la carrera París-Madrid (Imagen tomada de <http://blog.caranddriver.com/century-club-the-100-year-history-of-cadillac-v-8s/>)

En 1911 tuvo lugar el primer Rally de Monte Carlo, entonces denominado Rally de Mónaco, organizado por Anthony Noghés, hijo del presidente del *Club Sport Velocipédique et Automobile* de Mónaco, con el objetivo de atraer a los turistas durante el invierno. La prueba tenía como meta la ciudad de Monte Carlo partiendo los competidores de diferentes ciudades de Europa. Además de premiarse a quién realizara las pruebas en el menor tiempo, puntuaban factores como el estado del vehículo o el número de ocupantes, entre otros. Dicha competición continuó realizándose anualmente (ver Figura 5).



Figura 5: Fotografía tomada durante la segunda edición del Rally de Monte Carlo, en enero de 1912  
(Imagen tomada de <http://dartzkombat.com/en/history-13025/andrei-nagel-38592>)

La Primera Guerra Mundial supuso un retroceso para las competiciones de rallye, cancelándose muchos de sus campeonatos, como el Rally de Monte Carlo que no fue reanudado hasta 1924. En contrapartida, en el período de entreguerras se comenzaron a disputar nuevas competiciones en toda Europa.

En los años 20, en los países de Austria, Italia, Francia, Suiza y Alemania surgieron numerosas variantes en lo referente a los rallyes de montaña. Los más relevantes serían el Rally de los Alpes Austríacos (*Österreichisch Alpenfahrt*), que continuó hasta la edición número 44 en 1973, y la





*Coupe Internationale des Alpes*, organizada conjuntamente por los clubs de automovilismo de esos países y que tuvo lugar entre 1928 y 1936.

En 1932 tuvo lugar el inicio del *Rallye des Alpes Françaises*, que continuó después de la Segunda Guerra Mundial como el *Rallye International des Alpes*, y posteriormente como Copa de los Alpes. Ese mismo año comenzó el *RAC Rally (Royal Automobile Club Rally)* o Rally de Gran Bretaña consistente en una carrera con diferentes puntos de partida y una ciudad común de llegada, con diferentes pruebas de maniobrabilidad y control del vehículo. Y, un año antes, surgía la belga *Liège-Rome-Liège*, una competición que tenía lugar por algunas de las peores carreteras de montaña de Europa.

En Irlanda, la celebración del primer campeonato nacional, conocido como *Ulster Motor Rally*, tuvo lugar en 1931. Inicialmente se trataba de un recorrido desde múltiples puntos de partida pero, después de unos años, se estableció un “circuito” de más de mil millas alrededor de la isla irlandesa, con una duración de cinco días, y pasó a denominarse *Circuit of Ireland Rally*.

En Italia, las competiciones se reanudaron inmediatamente tras la Primera Guerra Mundial y, en 1927 se fundó el *Mille Miglia*, en un trayecto de 1000 millas (1600 km) a través de diversas autopistas, desde Brescia hasta Roma, en un recorrido de ida y vuelta.

El Rally de Lieja celebrado en agosto de 1939 fue el último gran evento antes de la Segunda Guerra Mundial.

Las competiciones de rallye reaparecieron tras la Segunda Guerra Mundial, siendo los años 50 una de sus mejores épocas. Fueron reanudadas las clásicas pruebas europeas como el Rally de Monte Carlo, el Rally de los Alpes Austríacos, el Rally de Lieja, El Rally de Lisboa (Portugal, 1947), el Rally de los Tulipanes (Holanda, 1949), el Rally del Sol de Medianoche (1941, actualmente Rally de Suecia), el Rally de los Mil Lagos (1951, actualmente Rally de Finlandia), el Rally Acrópolis (Grecia, 1956), el Rally de Polonia o el Rally de Córcega.

Los vehículos empleados por entonces eran los mismos que antes de la guerra, apenas habían evolucionado debido a los conflictos acaecidos en toda Europa. Una prueba de ello es que el ganador de la edición de 1949 del Rally de Monte Carlo fue el mismo que en el año 1939, mismo piloto y mismo vehículo. Pero tras la guerra, nuevas tecnologías fueron incorporándose poco a poco a los vehículos y los fabricantes comenzaron a probar sus avances en los vehículos de carreras, que se convirtieron en el banco de pruebas perfecto.



Poco a poco se fue consolidando un calendario internacional de pruebas y las inscripciones a las mismas comenzaron a ser masivas, llegando a las 404 en el Rally de Monte Carlo de 1953 o a las 242 del RAC de 1952. En 1953 la FIA creó el Campeonato Europeo de Rally, compuesto por doce eventos, que se convirtió en el primer campeonato supranacional del mundo. Las pruebas que se incluyeron inicialmente fueron: el Rally de Monte Carlo, el Rally Acrópolis, el Rally de San Remo, el Rally de los Mil Lagos, el Rally de Suecia, el Rally de Gran Bretaña y otras desaparecidas como el Rally de los Alpes Austriacos, el Rally Lieja-Sofía-Lieja, la Copa de los Alpes, el Rally de Ginebra, el Rally de Polonia o el holandés Rally del Tulipán. Inicialmente los equipos acudían a los eventos más cercanos o populares, sin pretensiones de hacerse con el título que acabó siendo para los alemanes debido a su mayor cercanía a las pruebas y, por tanto, a la posibilidad de anotar más puntos.

Hasta este momento la única división de los vehículos en categorías era por cilindrada, pero pronto se optó por regular las características de los coches, como sucedía en las carreras de circuitos, y se adoptó la homologación. Estas regulaciones tomaron forma en el año 1957 con el primer reglamento, llamado Formulario Internacional de Homologación, y se establecieron firmemente en 1965 con la aparición del **Anexo J**, promulgado por la FIA y aún vigente en la actualidad.

En él se establecían los grupos, en función de la preparación de los vehículos, y las clases, en función de su cilindrada. También se obligó a los participantes a incorporar medidas de seguridad como es el caso de las barras antivuelco. Los vehículos fueron clasificados en 6 grupos iniciales que sufrieron ligeras modificaciones hasta establecerse en la década de 1970 como:

- **Grupo 1:** automóviles de turismo de producción en serie. Se trataba de vehículos de 4 plazas y era necesaria la fabricación de un mínimo de 5000 unidades anuales.
- **Grupo 2:** automóviles de turismo. Nuevamente vehículos de 4 plazas, pero el mínimo de unidades anuales requeridas era de 1000. Se permitía cierto nivel de preparación.
- **Grupo 3:** automóviles de gran turismo de producción en serie. Vehículos GT de 2 plazas. Se requería la fabricación de un mínimo de 500 unidades anuales.



- **Grupo 4:** automóviles de gran turismo especiales. Eran vehículos GT de 2 plazas con cierto nivel de preparación. Se requería un mínimo de 500 unidades anuales (unos años más adelante el número fue reducido a 400 unidades en 24 meses).
- **Grupo 5:** automóviles deportivos. Eran requeridas un mínimo de 25 unidades anuales.
- **Grupo 6:** sport prototipos.

Las marcas en general se inclinaron por el Grupo 4, que se convirtió en la categoría estrella de los rallyes hasta la aparición del Grupo B, en 1983.

En la década de los 70 aparecieron los primeros campeonatos internacionales. Entre ellos destaca la llamada Copa Mundial de Rally (*World Cup Rally*) que incluía dos pruebas de rally internacionales surgidas a raíz de la celebración del *London-Sydney Marathon Rally*, en 1968: el *Londres-México Rally* de 1970 y el *London-Sahara-Munich Rally* de 1974.

De 1970 a 1972 tuvo lugar el Campeonato Internacional de Marcas, que incluía seis pruebas de Europa: Monte Carlo, Suecia, San Remo, Austria, Acrópolis y RAC; y una africana: el Rally Safari, disputado en Kenia y, en ocasiones, en partes de Uganda y Tanzania.

En 1973 este campeonato fue reemplazado por el **Campeonato Mundial de Rally (FIA World Rally Championship o WRC)**, aunque por entonces únicamente se disputaba el Título de Marcas o Título de Constructores, siendo la primera prueba del calendario la 42ª edición del Rally Automovilístico de Monte Carlo. El Campeonato de Pilotos o Título de Pilotos se probó durante los años 1977 y 1978 bajo el nombre inicial de *FIA Cup for Rally Drivers* y se incorporó por primera vez en 1979.

La década de los 80 sería la época dorada de los rallyes, siendo los grandes protagonistas los vehículos del Grupo B, surgido en 1982. Estos vehículos, que derivaban del tradicional Grupo 4, eran muy potentes y ligeros e introducían importantes novedades técnicas a la competición: tenían tracción a las cuatro ruedas (frente a la tracción delantera del Grupo 4) y contaban con motores turboalimentados que permitieron elevar enormemente la potencia. Cuando la FISA (*Fédération Internationale du Sport Automobile*), hoy en día FIA, autorizó el uso de estos vehículos, Audi fue el primero en lanzar un automóvil perteneciente a dicha categoría, y junto a



Hannu Mikkola pilotando su Audi Quattro (ver Figura 6), empezó a cosechar éxitos. Pronto todas las marcas comenzaron a adaptar sus vehículos a la normativa del Grupo B.



*Figura 6: Hannu Mikkola y Arne Herzt sobre un Audi Quattro durante el Rally del Algarve de 1980  
(Imagen tomada de <http://fanaticosdorally.wordpress.com/page/33/>)*

Fueron unos años de grandes éxitos y desarrollos de los vehículos del Grupo B, pero pronto el número de pilotos y copilotos fallecidos, entre los que figura el italiano Attilio Bettega, el finlandés Henri Toivonen y el norteamericano Sergio Checo, así como el grave accidente ocurrido en el Rally de Portugal, donde el luso Joaquim Santos se salió de la carretera arrollando a los espectadores y provocando la muerte a tres de ellos, llevó a la FISA (en ese entonces, la división reguladora de la FIA) a prohibirlos en 1986. En su lugar se apostó fuertemente por utilizar vehículos pertenecientes al Grupo A (introducido en 1982 para reemplazar al antiguo Grupo 2) que, en contraste con el Grupo B, estaban limitados en potencia, peso, tecnología permitida y coste total.

Los vehículos del Grupo A (ver Figura 7) marcaron una época y sentaron las bases para los futuros World Rally Car. Además, sirvió de pasarela para la aparición, en 1990, de los fabricantes japoneses Toyota, Subaru y Mitsubishi, que se convirtieron rápidamente en claros favoritos.



Figura 7: Lancia Delta HF 4WD, uno de los vehículos del Grupo A con más éxito desde que comenzó a emplearse en el Campeonato del Mundo de Rallye de 1987

(Imagen tomada de <http://www.cochesmas.com/lancia-delta-un-historico-de-los-rallies.html>)

Ese mismo año se introdujo el Campeonato del Grupo N, que se disputaría paralelamente al WRC, con vehículos del Grupo N (que reemplazaban al anterior Grupo 1). Dicha competición pasaría a denominarse **Campeonato Mundial de Vehículos de Producción (PWRC)** en 2002, y posteriormente **WRC3** en 2013 (ver Figura 8).



Figura 8: Subaru Impreza WRX STI, ganador del PWRC de 2006, bajo el mando de Al-Attiyah y Patterson

(Imagen tomada de <http://darios.blogspot.com.es/p/world-champion-gr.html>)



Debido a la cancelación del Grupo B, los automóviles del Grupo S, que eran los vehículos que aspiraban a sustituir al grupo anterior, fueron cancelados y muchos de ellos nunca vieron la luz.

En la temporada de 1997 se introdujeron las regulaciones para el nuevo grupo que reinarían hasta la actualidad en el Campeonato Mundial de Rallye, siendo los vehículos más potentes del mismo: los World Rally Car (WRC), como el mostrado en la Figura 9. Estas regulaciones fueron introducidas en sustitución del grupo A e incluían, entre otras mejoras, las siguientes: basados en automóviles de producción de dos litros con cuatro cilindros, turboalimentados, con sistemas anti-lag, tracción a las cuatro ruedas, caja de cambios secuencial y elementos aerodinámicos.



Figura 9: Colin McRae sobre su Subaru Impreza 555 durante el WRC de 1997 del que fue ganador (Imagen tomada de <http://www.taringa.net/posts/imagenes/17735003/WRC-transcurso-en-imagenes-1973-2014-MegaPost.html>)

En el año 2001 nació el Campeonato Super 1600 que posteriormente pasaría a denominarse **Campeonato Mundial de Rally Junior (Junior World Rally Championship o JWRC)**, cuyo objetivo consistía en apoyar y relanzar a las jóvenes promesas del Campeonato y que, en la actualidad, se disputa entre pilotos “en crecimiento” de hasta 27 años que pilotan a bordo de un Citroën DS3 R3T con neumáticos Michelin como el de la Figura 10.



Figura 10: Citroën DS3 R3T con neumáticos Michelin, con el que se disputan actualmente los JWRC  
(Imagen tomada de [http://www.mynewsdesk.com/se/citroen\\_sverige/pressreleases/citroen-ds3-r3-som-fraeck-rallybil-446067](http://www.mynewsdesk.com/se/citroen_sverige/pressreleases/citroen-ds3-r3-som-fraeck-rallybil-446067))

En 2010 se creó un nuevo Campeonato paralelo a los dos ya existentes: el **Campeonato S2000** (posteriormente denominado **WRC2**). Éste nació como un intento de asentar las bases para las nuevas regulaciones que se establecerían en los World Rally Cars en 2011. Los vehículos participantes eran los Super 2000, bastados en el antiguo Grupo N pero con motores atmosféricos de 2 litros y tracción a las cuatro ruedas (ver Figura 11).



Durante los últimos años, la Federación Internacional de Automovilismo ha desarrollado y homologado multitud de categorías. Las categorías “reina” del panorama automovilístico actual, aquellas que participan en las diferentes competiciones del Campeonato Mundial de Rallyes (WRC), son las siguientes:

- **WRC: los World Rally Cars:** los WRC cuentan con motores de 1.6 litros, de inyección directa y “soplados” (sobrealimentados) por un turbo con brida de 33 mm de diámetro para una presión máxima absoluta de 2,5 bares. Presentan cambio secuencial sin diferencial central, tracción a las cuatro ruedas y un peso mínimo de 1200 kg. Son los únicos que permiten un kit aerodinámico específico (que incluye alerón trasero y paragolpes delantero) de libre desarrollo, ya que el resto de las categorías lo llevan bajo reglamento. Tienen una anchura mínima de 1820 mm, al igual que los Super 2000, los RRC y los nuevos R5, y tanto el volante motor como las lunas están aligeradas. Al igual que en los S2000, los RRC y los R5, las llantas en rallyes de asfalto han de ser de hasta 18” y para tierra de 15”. Respecto al resto de las categorías, presentan las ventajas de desarrollar una mejor frenada, una mayor velocidad punta y, principalmente, una gran capacidad de aceleración gracias al grupo turbo y a una brida de admisión de mayor tamaño. Siendo prácticamente inalcanzables en asfalto gracias a su gran estabilidad, son los actuales reyes del Mundial de Rallyes. Actualmente corren los siguientes WRC:

- **Citroën DS3 WRC**
- **Ford Fiesta RS WRC**
- **Mini John Cooper Works WRC**
- **Volkswagen Polo R WRC** (ver Figura 11)
- **Hyundai i20 WRC**



*Figura 11: Volkswagen Polo R WRC durante la prueba del Rally de España del WRC 2013 donde recibió por partida doble los títulos del Campeonato de Constructores y del de Pilotos (Imagen tomada de <http://www.redbull.com/es/motorsports/offroad/events/1331582709100/rally-de-espana>)*

- **RRC: los Regional Rally Cars:** más baratos que los World Rally Cars pero con el mismo motor que estos, nacieron como los coches perfectos para correr en los diferentes campeonatos nacionales y han demostrado, en más de una ocasión, ser bastante más rápidos que sus rivales directos, los S2000, tanto en capacidad en la salida de curva como en lo relativo a la velocidad punta. Los RRC son básicamente vehículos S2000 con un motor 1.6 turboalimentado, inyección directa y brida restrictora de admisión de 30 mm de diámetro. Estos 3 mm menos de diámetro (respecto al diámetro de la brida de un WRC) junto con una aerodinámica menos trabajada (tanto el alerón trasero como el kit aerodinámico son comunes), unos frenos menos potentes, mayor peso y un centro de gravedad más alto, marcan una gran diferencia entre los WRC y los RRC. A pesar de que en un principio a las marcas les gustó la idea, los RRC parecen haberse estancado en los últimos meses, entre otras razones por sus elevados precios que se han convertido en prohibitivos para el público al que van dirigidos. A pesar de ello, en campeonatos como el ERC o el WRC2 siguen teniendo por el momento muchas opciones de victoria. Actualmente corren los siguientes RRC:



- **Ford Fiesta RRC**
- **Mini John Cooper Works RRC**
- **Citroën DS3 RRC** (ver Figura 12)



*Figura 12: Citroën DS3 RRC (Imagen tomada de <http://www.worldcorfans.com/112110150064/citroen-ds3-rrc-announced>)*

- **S2000: los Super 2000:** actualmente en proceso de declive. Los S2000 montan un motor atmosférico de hasta 2000 cc con inyección multipunto (no directa). Su peso mínimo es también, según el reglamento de la FIA, de 1200 kg pero la RFEA ha rebajado esta cifra en 50 kg para hacerlos más competitivos. Los frenos que monta son bastante más pequeños que los de los WRC. A día de hoy no existe ningún equipo oficial que compita con estos coches pero sí pilotos privados y algún que otro equipo semi-oficial que aún los conducen en series nacionales, en el ERC y en el WRC2. Actualmente corren los siguientes S2000:

- **Peugeot 207 S2000**
- **Ford Fiesta S2000** (ver Figura 13)
- **Skoda Fabia S2000**
- **Proton Satria Neo S2000**
- **Fiat Grande Punto Abarth S2000**



Figura 13: Ford Fiesta S2000 durante el Rally de Monte Carlo de 2010 (Imagen tomada de <http://www.fastfiesta.com/fiesta-s2000-monte-carlo.html>)

- **R5:** son los últimos en aparecer. Presentan un motor de cuatro cilindros turboalimentado, caja de cambios secuencial, tracción integral sin diferencial central, peso mínimo de 1200 kg, ancho máximo de 1820 mm y los tamaños de las ruedas son de 15" para tierra y 18" para asfalto. Al igual que los S2000 o los RRC, montan el kit aerodinámico reglamentario. Su principal diferencia, respecto a los WRC, se encuentra en el conjunto del motor, ya que el bloque motor parte mucho más del de serie que el de los World Rally Cars. Con hasta 1620 cc y una brida de 32 mm de diámetro, permiten una potencia de unos 280 CV con aceleraciones más elevadas que la de sus antecesores, los S2000. Con ellos la FIA ha intentado poner fin a la escalada de gastos que se producen en todas las competiciones



automovilísticas, reduciendo el presupuesto a fin de que, al ser coches relativamente baratos, haya más marcas implicadas. Además el hecho de contar con motores 1.6 derivados de la serie anima a los fabricantes a demostrar el potencial de sus modelos en competición. Actualmente se esperan los siguientes R5:

- **Peugeot 208 R5** (ver Figura 14)
- **Ford Fiesta R5**
- **Opel Corsa R5**
- **Citroën DS3 R5**
- **Skoda Fabia R5**



*Figura 14: Peugeot 208 R5 (Imagen tomada de <http://www.automobilesreview.com/pictures/peugeot/208-type-r5/>)*

Además de estas, la FIA admite otras categorías dentro de su reglamento que no participan en el Mundial de Rallye como las anteriores pero que tienen muchos adeptos al tratarse de pilotos



con menos recursos, o más jóvenes, sobre coches aún más parecidos a los que circulan habitualmente por las calles. Estos son:

- **Grupo N:** son probablemente los coches que menos cambios revisten respecto a los de serie (al igual que los R1), siendo sin duda los que mejor mantienen el espíritu de los rallyes. Pueden montar un motor atmosférico de 3 litros o emplear un grupo turbo (con brida de 33 mm en el caso de los gasolina y 35 mm en el de los diesel) junto a motores de 2,5 litros, lo que permite una rápida recuperación en las zonas más lentas. Esto, unido a un desarrollo más largo para las secciones más rápidas, les pueden permitir superar a los S2000, a los que el reglamento ha intentado equiparar durante los últimos años. Sin embargo, sus mayores inercias y un peso que, en el caso de vehículos de tracción total (el reglamento contempla tanto tracción a dos como a cuatro ruedas) debe ser superior a 1350 kg, suponen una desventaja importante. Entre los modelos homologados en esta categoría encontramos:

- **Renault Megane RS**
- **Subaru Impreza WRX STi 2005**
- **Subaru Impreza WRX STi 2007**
- **Subaru Impreza WRX STi Spec C. 2009**
- **Subaru Impreza WRX STi 4 Door 2010**
- **Mitsubishi Lancer Evo IX**
- **Mitsubishi Lancer Evo X** (ver Figura 15)
- **Ford Fiesta ST**
- **Renault Megane Sport 250 N4**



Figura 15: Mitsubishi Lancer Evo X (Imagen tomada de <http://www.latulasport.es/index.php/nacional/espana/6008-carchat-riveiro-se-imponen-en-grupo-n-en-el-32-rallye-sierra-morena.html>)

- **Grupo R-GT:** es una especificación de la FIA para los coches de GT que participan en rallye. Inicialmente parecía que serían los rivales de dos ruedas motrices perfectos para los World Rally Cars, pero pronto la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) los restringió fuertemente. Se implantó un peso mínimo en función de la cilindrada, y un diámetro de restrictor que dependía de ese peso y de si se trataba de un motor turboalimentado o atmosférico. No tuvo apenas éxito, uno de los pocos fabricantes que apostó por ello fue Lotus construyendo su **Exige R-GT** (ver Figura 16) pero tras una temporada abandonó el proyecto. En la temporada de 2014 se presentó el **Porsche 996 GT3** que tampoco funcionó demasiado bien debido a diversos problemas mecánicos.





Figura 16: Lotus Exige R-GT (Imagen tomada de <http://carsroute.com/lotus-exige-r-gt-also-premiered-at-frankfurt/>)

- **R4:** surgieron hace unos años como una evolución del Grupo N, capaces de competir en igualdad de condiciones con los S2000. Sin embargo, a pesar de reducir el peso mínimo a 1300 kg, permitir ciertos cambios en el chasis y la carrocería, reduciendo inercias, y mantener el diámetro interior de la brida en 33 mm, no han supuesto un gran cambio respecto de los Grupo N. Pertenecen a esta categoría los modelos:

- **Subaru Impreza WRX STi 2007 Versión R4**
- **Subaru Impreza WRX STi Spec C 2009 Versión R4**
- **Subaru Impreza WRX STi 4 Door 2010 Versión R4** (ver Figura 17)
- **Mitsubishi Lancer Evo IX Versión R4**
- **Mitsubishi Lancer Evo X Versión R4**



Figura 17: Subaru Impreza WRX STi 4 Door 2010 Versión R4 (Imagen tomada de <http://www.rallyreportwrc.com/2012/06/17/heloise-estreno-el-subaru-r4-en-un-rally-tragico-en-targa-florio/>)

- **R3:** cuentan únicamente con tracción a un eje (pueden ser tracción delantera o trasera) y se presentan como la alternativa económica frente a categorías superiores con tracción total. El peso del vehículo y la cilindrada del motor dependen de si se trata de coches atmosféricos, gasolina-turbo o turbodiesel; y el tamaño del diámetro de la brida en los últimos dos casos es diferente. Se trata de vehículos muy competitivos sobre asfalto que también responden positivamente sobre tierra, incluso dentro de campeonatos en los que han tenido que competir contra coches mucho más evolucionados aerodinámicamente como en el Campeonato Mundial de Rallye Junior, contra los S1600, categoría creada principalmente para dicha competición. Los modelos que están homologados en R3 son:

- Citroën DS3 R3T
- Peugeot 207 R3T
- Renault Clio R3C (ver Figura 18)

- **Fiat Punto R3D**
- **Fiat 500 R3T**
- **Honda Civic Type R R3C**



Figura 18: Renault Clio R3C (Imagen tomada de <http://www.ewrc.cz/ewrc/show.php?id=21580>)

- **R2:** se trata de una categoría que ofrece mucho ruido y espectáculo, tanto en las zonas rápidas donde los pilotos exprimen al máximo los pequeños y apretados motores de sus vehículos, como en las zonas más lentas donde se mueven con facilidad gracias a su gran agilidad y reducido peso. Los motores van desde los 1400 hasta los 2000 cc y no cuentan con turboalimentación ni en la versión R2B ni en la R2C. Todos los vehículos actualmente homologados dentro de esta categoría son de tracción delantera, y son:

- **Skoda Fabia R2B**
- **Citroën C2 R2B**



- **Peugeot 207 R2B**
- **Peugeot 208 R2B**
- **Renault Twingo R2B**
- **Ford Fiesta R2B:** actualmente sirve como coche de formación para los jóvenes pilotos de la WRC Academy (ver Figura 19)



*Figura 19: Ford Fiesta R2B (Imagen tomada de <https://3d-car-shows.com/sasol-rally-winners-ford-drivers-cronje-and-houghton/>)*

- **R1:** son los más pequeños y sencillos de todas las categorías del Mundial de Rallyes. Cuentan con motores inferiores a los 1600 cc, sin turboalimentación ni cambio secuencial. La versión R1A tiene como peso mínimo establecido 980 kg, frente a los 1030 kg de la R1B. Presentan pocas modificaciones respecto al coche de serie permitiendo únicamente algunos cambios como es el caso del freno de mano y retoques en la suspensión y el interior, además de las correspondientes barras antivuelco y demás medidas de seguridad.

Podemos encontrar, entre los modelos homologados, los siguientes:

- **Citroën DS3 R1B** (ver Figura 20)
- **Renault Twingo R1B**
- **Ford Fiesta R1B**
- **Toyota Vitz R1B**



Figura 20: Citroën DS3 R1B (Imagen tomada de <http://www.ewrc.cz/ewrc/show.php?id=21580>)





## 4. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto consiste en la adaptación de un vehículo de serie mediante los correspondientes cálculos y las modificaciones necesarias, según los requisitos de las normativas de la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) y la Real Federación Española de Automovilismo (RFEA), mejorando sus prestaciones para su participación en los diferentes campeonatos de rallye a nivel nacional e internacional, y elaborando un proyecto técnico de reforma de importancia que recoja y justifique dichas modificaciones permitiendo su circulación en las vías públicas de nuestro país.

A lo largo del mismo se efectuarán dichas modificaciones técnicas en un vehículo de serie con denominación Peugeot 208 3p Allure 1.6 VTi (2013) de 120 CV, para su transformación en un Peugeot 208 de la categoría R5.

## 5. MODIFICACIONES A REALIZAR

Peugeot Sport, el departamento de competición de Peugeot, desarrolla y pone a disposición de sus clientes una serie de kits, para diferentes modelos de coche y categorías de competición, que reúnen el conjunto de piezas necesario para preparar un vehículo, mediante las modificaciones pertinentes, para su homologación dentro de dicha categoría.

En el caso que aquí concierne, la modificación de un Peugeot 208 1.6 VTi (del cual han sido producidas por lo menos 2500 unidades idénticas durante los últimos 12 meses consecutivos y que se encuentra homologado por la FIA como Vehículo Turismo o perteneciente al Grupo A) para competir, tanto en los campeonatos de España como en diversos campeonatos de todo el mundo, dentro del grupo o categoría R5, emplearemos el kit 208 T16. A continuación se abordarán las diferentes modificaciones, justificadas, que deben ser llevadas a cabo sobre el vehículo de serie.

### 5.1.- SUSTITUCIÓN DEL MOTOR

En la reglamentación específica para vehículos de grupo R5 (art. 261 del Anexo J de la FIA) se recogen las modificaciones permitidas y los requerimientos de piezas homologadas en VR5.

El **motor**, de hasta 1620 cc, debe ser gasolina turboalimentado, es decir, el aire suministrado al motor a través de la admisión ya ha sido comprimido previamente en el grupo turbo, con lo que la masa de aire que entra en la cámara de combustión es más elevada, quemándose más combustible y, por tanto, obteniéndose un importante aumento de potencia en el motor a igual velocidad y cilindrada. Ese aumento de presión del aire de admisión se logra mediante el empleo de un grupo turbo, formado por un compresor y una turbina montados sobre un mismo eje, y aprovecha la energía residual presente en los gases de escape del motor. Además, el turbocompresor deberá montar una brida con una dimensión máxima interna de 32 mm y una dimensión máxima externa de 38 mm mantenida sobre una longitud de 5 mm a cada lado del cuello central, según las condiciones dadas por el Artículo 255.5.1.8.3. La presión máxima permitida de sobrealimentación, según la reglamentación para vehículos del grupo R5, será de 2,5 bar. El filtro de aire es libre y está autorizado modificar la carcasa del turbo, por mecanizado

o por adición de material, para instalar la brida y el sensor de velocidad de giro del turbo. Esta modificación deberá estar homologada en VR5.

Por tanto se sustituye el motor de origen del vehículo, de 1598 cc y atmosférico, con denominación EP6C, que proporciona 120 CV de potencia máxima a 6000 rpm y 160 N·m de par máximo a 4250 rpm; por el conjunto motor mostrado en la Figura 21 junto a la nueva caja de cambios con diferencial delantero. El conjunto motor montado es el EP6CDT con preparación R5, turboalimentado de 1598 cc de cilindrada, proporciona una potencia máxima de 280 CV a 6000 rpm y un par máximo de 400 N·m a 2500 rpm.



*Figura 21: Conjunto motor turboalimentado instalado en el vehículo, junto con la caja de cambios y el diferencial delantero, presentado en el Salón Internacional del Automóvil de Ginebra de 2013 (Imagen tomada de <http://www.arpem.com/pruebas/ferias/coches/2013/salon-ginebra/peugeot/fotos-peugeot.html>)*

Deberá montarse una **brida de admisión**, de las dimensiones citadas en la página anterior, sobre la carcasa del grupo turbo, para restringir el paso de aire al motor, tal y como indica el

reglamento del grupo R5. Así mismo, debe instalarse un intercambiador de calor del aire de sobrealimentación o **intercooler** en el sistema de admisión, para disminuir la temperatura del aire de admisión al motor, considerablemente elevada durante el proceso de compresión, para evitar riesgos de detonación en el interior del motor.

En la preparación de motor EP6CDT para la categoría R5, se busca principalmente la obtención de un motor que proporcione un par elevado a baja relación de marchas a costa de sacrificar un poco de potencia en las altas, debido a que, mayoritariamente, el motor trabajará en regímenes intermedios y altos, en relaciones cortas de velocidad, en las cuales interesa que el vehículo acelere rápidamente. Para obtener un aumento de 124 CV de potencia y 160 N·m de par, respecto al motor EP6CDT de serie, se han realizado una serie de modificaciones sobre diferentes elementos del mismo, como podemos ver a continuación:

En primer lugar, se lleva a cabo un proceso de aligeramiento de **las bielas, el cigüeñal y los pistones**, con el objetivo de reducir inercias permitiendo que el motor gire a mayor número de revoluciones por minuto generando mayor potencia.

En cuanto a las bielas, la zona donde más sustancialmente puede reducirse peso es en la cabeza, ya que en ella es donde suelen ubicarse los mayores contrapesos en los motores de serie. También se rebaja el material de la parte de la caña, la cual generalmente se encuentra sobredimensionada, con cuidado de que las bielas no pierdan resistencia debido a los elevados esfuerzos de compresión a los que se verán sometidas durante el funcionamiento del motor.

El cigüeñal es un elemento muy estudiado, con un diseño altamente optimizado en los motores modernos; sin embargo, pueden lograrse mejoras trabajando sobre él, efectuando una reducción de peso en los contrapesos del mismo, realizando un posterior equilibrado estático y dinámico, así como un rectificado en la superficies de rodadura, y endureciendo muñequillas y cuellos. Los casquillos del cigüeñal son libres en cuanto a la marca y el material, pero deberá conservarse su tipo y dimensiones originales. Es cada vez más frecuente el empleo de rodamientos de agujas y rodillos, en vez de cojinetes de fricción, en los apoyos del cigüeñal y las bielas.

En la figura inferior (Figura 22), podemos ver una imagen en la que se muestra el cigüeñal empleado en un motor de serie y el que se emplearía en un motor preparado. En el primer caso,

como puede observarse, el cigüeñal cuenta con dos grandes contrapesos (A) para cada cilindro, con el fin de obtener la máxima estabilidad durante la marcha; sin embargo, en el motor de competición, el peso de los contrapesos se han reducido y algunos de ellos se han eliminado, disminuyendo la inercia del conjunto, lo cual permite variar rápidamente la velocidad de giro del motor y con ello, la velocidad del vehículo, a pesar de que se pierda la condición de estabilidad durante la marcha antes mencionada.

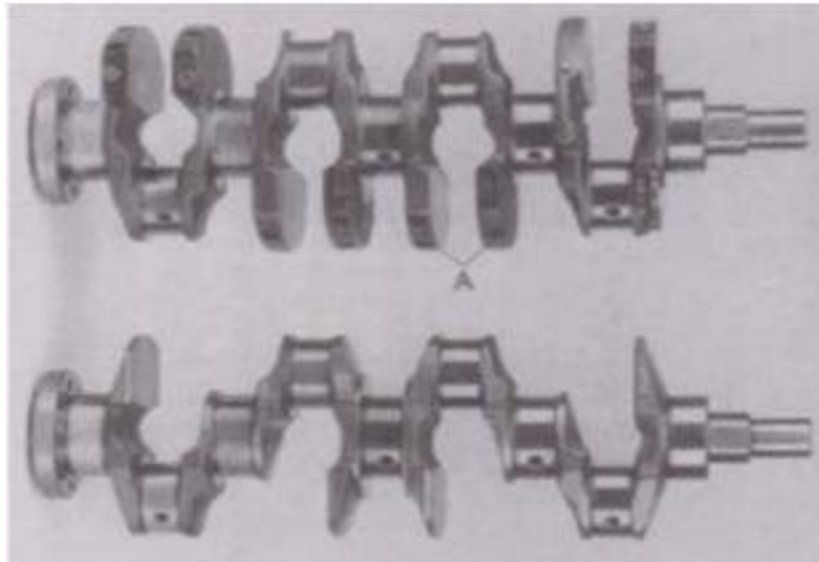


Figura 22: Cigüeñal montado en un vehículo de serie (arriba) y en uno de competición (abajo) (Imagen tomada de [http://www.slideshare.net/WilliamGonzales3/trucaje-demotores?next\\_slideshow=1](http://www.slideshare.net/WilliamGonzales3/trucaje-demotores?next_slideshow=1))

En cuanto a los pistones, tanto su forma como las dimensiones de la cabeza de los mismos deben asemejarse a la cámara de explosión, con el fin de: poder elevar al máximo el índice de compresión sin llegar a provocar la detonación; elevar la turbulencia de los gases, lo que facilita el mezclado óptimo de combustible y aire para su posterior encendido; y aumentar la velocidad de los gases en el escape. También puede reducirse la falda de los pistones para disminuir la fricción con las paredes de los cilindros y, por tanto, reducir el calentamiento generado. Debe tenerse especial cuidado en motores cuadrados o supercuadrados (aquellos en los que la relación carrera/diámetro de sus pistones presenta un valor inferior a la unidad, es decir, aquellos en los que el diámetro de los mismos es superior a la carrera que recorren) ya que si el rebaje de material de la falda es excesivo, el pistón tendería a cabecear en el interior del cilindro, existiendo riesgo de rotura de la película de aceite que recubre las paredes, pudiendo provocar la fractura del émbolo en poco tiempo.



Los **segmentos** a emplear deben ser obtenidos por la técnica de fundición centrífuga, con la cual se consigue mejorar las propiedades mecánicas, entre ellas, el aumento del módulo elástico o módulo de Young; a fin de que presenten gran poder de adaptación en todos sus puntos de contacto con el diámetro interno del cilindro. Para reducir el desgaste de los cilindros y el frenado de los émbolos, los segmentos serán cromados en esta superficie de contacto.

El **volante de inercia** se ve asimismo aligerado, lo que se traduce en una disminución de la inercia de giro del mismo, lo cual persigue el objetivo buscado en este tipo de vehículos, es decir, aceleraciones bruscas con una respuesta rápida por parte del motor y el sistema de distribución. Esto conlleva un notable descenso en la estabilidad del régimen de giro a bajas revoluciones de giro, provocando una pérdida de redondeo del motor a dichas revoluciones en relación a la masa que quitemos, pero no llega a suponer un problema al tratarse de un motor de competición de rallye, el cuál va a trabajar mayormente en regímenes elevados. Pueden lograrse reducciones de peso de hasta dos tercios respecto al peso del volante de inercia original.

Una vez llevado a cabo el proceso de aligeramiento de los elementos móviles, deberá verificarse que el peso de todas las bielas, así como el de los pistones, sea el mismo, con el objetivo de evitar vibraciones y el desequilibrado de fuerzas del motor. Dicho aligeramiento de las piezas mencionadas lleva asociado un aumento de rigidez así como un incremento de las tensiones de trabajo, por lo que será necesaria la revisión del motor y sustitución de elementos con mayor frecuencia de lo habitual en un motor de serie, sin preparación.

Tras ello, da comienzo el proceso de modificación geométrica de la **culata** ya que la potencia es proporcional a la cantidad de combustible que entra en la cámara de combustión y ésta guarda relación con la masa de aire admitida a través del dosado, para una combustión completa. Es por esto y debido a la imposibilidad de aumentar la presión de entrada del aire a la cámara de combustión, fijada por la normativa de la FIA en un máximo de 2,5 bar, ni emplear sistemas de admisión de geometría variable (prohibidos), para aumentar la masa de aire introducida en el motor y facilitar la evacuación de los gases quemados, deben pulirse los **conductos de admisión y de escape** de la culata con el fin de que la superficie oponga menor resistencia al paso del aire, ya que en general estos suelen presentar, por los procesos de fabricación con los que son llevados a cabo, un acabado con gran rugosidad.



Tras el proceso de pulido de los conductos, se comprobará que no haya diferencias geométricas entre los 4 cilindros ya que un desequilibrio de este tipo disminuye enormemente el rendimiento del motor. La comprobación se lleva a cabo introduciendo la culata en un banco de flujo y midiendo los caudales de aire que atraviesan las válvulas a través de diferentes mecanismos, como pueda ser el valor del levantamiento de las mismas.

Asimismo, es necesario dar una forma esférica a las **cámaras de combustión** y pulir su contorno a fin de eliminar los llamados puntos calientes o aristas de la cámara, en los cuales se acumula el calor al comprimir los gases, pudiéndose llegar a su inflamación anticipada sin la necesidad de un encendido por bujías, originándose el denominado autoencendido de la mezcla.

Se reforzarán los **pernos de fijación**, proporcionándoles una mayor sección para aumentar el apriete de la culata, y los **soportes del motor**, los cuales serán reemplazados por otros que absorban mayores impactos y vibraciones, conservándose el mismo número que en el motor original.

Se retirarán los **dispositivos para el reciclaje de gases de escape** y los orificios resultantes de esta operación serán sellados.

El siguiente paso se centra en la potenciación de los **órganos de distribución** alojados en la culata y su correcta sincronización.

En primer lugar, al haber ensanchado los conductos de admisión y de escape, se montan **válvulas** de mayor diámetro. Esto conlleva por un lado el reacondicionado de las guías de las válvulas mediante un proceso de mandrinado, a fin de ajustarlas a las nuevas válvulas, y por otro lado, la sustitución de los resortes de cierre de las válvulas, como se verá más adelante.

En lo referente al **ángulo de asiento de las válvulas**, valor que influye enormemente en la ley de distribución del motor, la mayoría de los constructores de motores adoptan un ángulo de 45° para el cierre de las válvulas, por ser aquel que ofrece mayor seguridad de cierre rápido, lo que conlleva una mejor evacuación del calor generado en el cilindro. Esto supone un punto favorable para las válvulas, principalmente para la de escape, en las que es necesaria una mayor robustez así como una gran transmisión de calor. En contrapartida, un ángulo de 30° debilita el espesor de la válvula, haciéndola más susceptible a la deformación por efecto de la presión o debido a las altas temperaturas pero permite incrementar el paso de aire y por tanto, el combustible en el cilindro, aumentando el beneficio volumétrico. Es por esto, y al permanecer la válvula de

admisión significativamente más fría que la de escape, que equiparemos al motor con válvulas de admisión de ángulo de contacto de  $30^\circ$  mientras que las de escape mantienen su geometría de  $45^\circ$  (ver Figura 23).

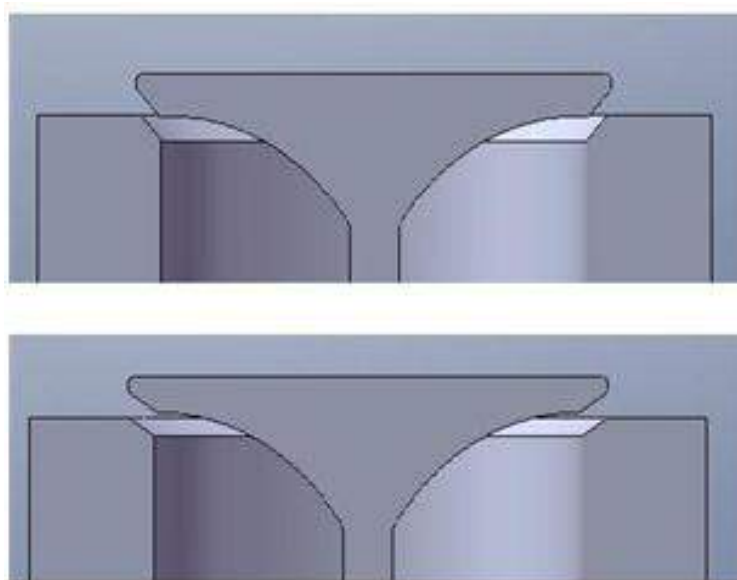


Figura 23: Asiento de válvula a  $45^\circ$  (arriba) y a  $30^\circ$  (abajo) (Imagen tomada de <http://www.pirataomotor.com/art%C3%ADculos-t%C3%A9cnicos/valvulas-y-conductos.html>)

Otro de los elementos a tener en cuenta es que al sustituir las válvulas por otras de mayor tamaño y, con ello, aumentar la masa de aire admitida en el motor, junto con la cantidad de combustible, se produce un incremento adicional de temperatura en el interior de los cilindros, lo que supone un importante problema de refrigeración. Por ello, se equipa al motor con válvulas de alta calidad, generalmente constituidas en aleaciones de acero al cromo, bastante resistentes a la oxidación y las altas temperaturas.

A continuación se reemplazan los **árboles de levas** por unas levas más deportivas, obteniéndose una importante ganancia de potencia con un buen diseño y sincronización de las mismas. La sustitución del eje de levas y del perfil de las levas, por otros más deportivos, se ve reflejado en el ciclo de apertura y cierre de válvulas, mejorándolo en dos aspectos fundamentales:

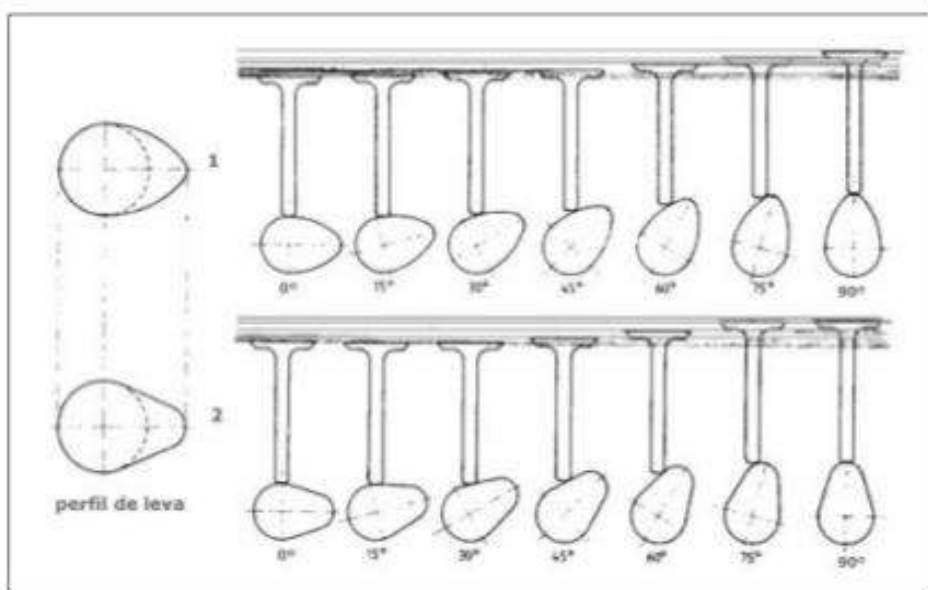
- Permitiendo que la válvula de admisión se abra y cierre a mayor velocidad respecto al sistema original manteniéndose con ello la válvula más tiempo abierta y en su posición más elevada, permitiendo mayor entrada de aire.



- Aumentando el llamado cruce de válvulas al aumentar el tiempo que permanecen abiertas las válvulas, con el fin de aprovechar al máximo el efecto de la inercia de los gases y mejorar el vaciado y posterior llenado del cilindro.

El perfil de levas determina no sólo el tiempo que permanecen abiertas las válvulas, sino también la forma en que se cierran, suave o bruscamente, para que su caída sobre el asiento no produzca rebotes a alta velocidad debido a la pérdida de contacto con la leva y a los efectos de inercia.

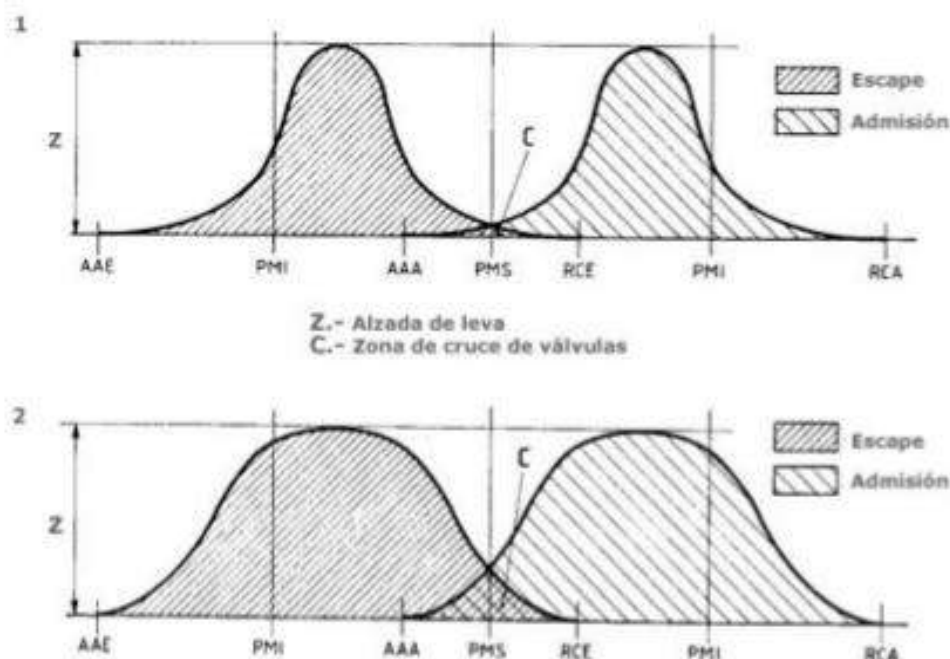
A continuación, en la Figura 23, podemos encontrar un esquema comparativo entre el perfil de un árbol de levas de serie, presente en automóviles de prestaciones medias (1), frente al empleado en motores de tipo deportivo (2) y en el que puede observarse como, a igualdad de giro, la válvula del caso 2 permanece más tiempo abierta que la del 1.



*Figura 24: Perfil del árbol de levas de un motor de tipo convencional (arriba)  
y el de uno de competición (abajo) (Imagen tomada de*

*[http://www.slideshare.net/WilliamGonzales3/trucaje-demotores?next\\_slideshow=1](http://www.slideshare.net/WilliamGonzales3/trucaje-demotores?next_slideshow=1))*

En la siguiente gráfica (Gráfica 1) puede verse la relación entre el grado de giro del cigüeñal y el levantamiento de las válvulas, en un motor de prestaciones medias (1) y en uno de tipo deportivo (2). En ellas se observa la mayor superficie de admisión en el caso 2, frente al 1, así como un cruce de válvulas más acusado:



Gráfica 1: Gráficas comparativas del levantamiento de las válvulas frente a los grados de giro del cigüeñal para un motor convencional (arriba) y uno de competición (abajo) ((Imagen tomada de [http://www.slideshare.net/WilliamGonzales3/trucaje-demotores?next\\_slideshow=1](http://www.slideshare.net/WilliamGonzales3/trucaje-demotores?next_slideshow=1))

Por lo tanto, para su empleo en un vehículo de competición de rally, el árbol de levas que ha de montarse debe tener unos valores de ángulo de apertura y tamaño de levas medio, con el fin de obtener una gran flexibilidad y potencia a bajo régimen. La alzada máxima será de 11 mm, máximo valor permitido por el reglamento, y el número y diámetro de los palieres se conserva igual que en el motor EP6CDT de serie.

A la hora de diseñar las leyes de distribución, es fundamental tener en cuenta la rigidez de los muelles de las válvulas y el peso de las mismas, ya que un incorrecto cierre de las válvulas de admisión o escape produciría el mal funcionamiento del motor, así como posibles averías en los colectores o rotura de las válvulas al colisionar contra ellas la cabeza del pistón.

Los **resortes de las válvulas** serán sustituidos por otros de mayor longitud, diámetro y rigidez, debido a la sustitución de las válvulas, por otras de mayor tamaño, y los árboles de levas, por unos de mayor alzada, con el fin de que funcionen correctamente a altas velocidades de giro del



motor. Por esta misma razón también que se reemplazan los **retenes** por unos de mayor resistencia y menor peso, generalmente fabricados con titanio, los cuales presentan muy buenas propiedades de dureza, durabilidad y ligereza debido a su alta resistencia, bajo módulo de Young, reducida densidad y excelente resistencia a la fatiga y a la corrosión.

Las **poleas de los árboles de levas** son indispensables para poner a punto las levas de competición y, según el reglamento, su elección es libre, por lo que se sustituyen las de origen por unas regulables, que permitan un mejor ajuste de los ángulos de distribución, y más ligeras (en su mayoría de aluminio, frente a las de origen fabricadas en acero), con radios en el cuerpo para reducir su peso y, con ello, su inercia, sustrayendo menor potencia al cigüeñal para el accionamiento de los árboles de levas. Por último, la **correa de distribución** del motor será reemplazada por una de mayor resistencia.

Uno de los principales problemas que se presentan en este tipo de motores, adaptados para su uso en competición de rallye, son las ondas generadas en el cárter del motor, producto de las fuertes aceleraciones laterales a la que se ve sometido el vehículo, que pueden llegar a provocar que la bomba hidráulica no sea capaz de dosificar correctamente el aceite hacia los tanques, lo que implica falta de lubricación y un riesgo importante de gripaje. Este fenómeno se conoce como descebado de la bomba y su efecto se puede minimizar de dos formas: efectuando perforaciones en las paredes del cárter original para conseguir que el movimiento del aceite sea menos brusco o mediante el empleo del llamado cárter seco.

Este último método, empleado frecuentemente en motores de competición y aviación, motores que suelen cambiar frecuentemente de posición, consiste en el empleo de un cárter de reducidas dimensiones, a modo de bandeja, dónde se recoge el aceite y se envía a un pequeño depósito independiente a través de una bomba desde donde posteriormente se bombea al motor para terminar nuevamente en el cárter por la acción de una tercera bomba. Sin embargo, según la normativa, no queda autorizado el uso de cárter seco, por lo tanto nos decantaremos por la primera opción, efectuando las perforaciones pertinentes en el **cárter** original. El aceite debe fluir desde el tanque de recogida de aceite hacia el motor solamente bajo el efecto de la gravedad.

Para facilitar el libre paso de los gases a través de los **colectores de admisión y de escape**, éstos han de presentar la menor cantidad posible de obstáculos y tener las paredes lo más lisas posible debido a que el aire (y la mezcla de aire y combustible) tiende a originar remolinos que



provocan contracorrientes ante las más pequeña irregularidad en la superficie por la que se deslizan, por lo que deberán pulirse.

Tras el montaje del nuevo motor con preparación R5, se reemplazará la **línea de escape** original, diseñada teniendo en cuenta los costes, el espacio y la insonorización, y que no llega a extraer todo el aire del motor; por una de competición, creada para un flujo de gases de escape óptimo y fabricadas de acero inoxidable de alta calidad. La línea de escape de alto rendimiento montada consta de 3 zonas: colectores 4 en 1, supresores de catalizador y silenciosos deportivos. El grosor de los tubos utilizados para el sistema de escape ha de ser mayor o igual a 0.9 mm, y la sección máxima de los mismos debe ser equivalente a la de un tubo con diámetro interior máximo de 70 mm, según la normativa. El convertidor catalítico de serie se conserva y su núcleo ha de estar situado al menos 150 mm antes del extremo del tubo de escape.

Según el reglamento, no está permitida la conexión entre el colector de admisión y el de escape.

Debe respetarse en todo momento la legislación respecto a la contaminación acústica del país donde se celebre el evento y sus niveles de ruido autorizados.

El siguiente paso de vital importancia en la potenciación del motor será la mejora de la **gestión electrónica** de los inyectores y del encendido.

Por un lado, es necesario un control óptimo de la inyección para introducir en la cámara de combustión la cantidad de combustible requerida en cada caso, a través de los inyectores, en el momento idóneo para sacarle el máximo rendimiento posible al motor. Tanto la cantidad de combustible inyectado como el instante exacto de inyección del mismo, varían en función de las revoluciones del motor, la posición del pedal de aceleración, la presión atmosférica y otra serie de parámetros que deben programarse para la optimización del motor.

Por otro, la gestión electrónica del encendido se encarga de hacer saltar la chispa de la bujía en el momento necesario del ciclo, con el fin de obtener el máximo rendimiento que es capaz de dar el combustible. El momento idóneo de encendido varía también en función de las revoluciones del motor, las condiciones atmosféricas y la posición del pedal del acelerador, entre otros factores.

Por lo tanto se sustituye y reprograma la **centralita, E.C.U o U.C.E** (Unidad de Control Electrónico) que se encargada, entre otras cosas, de la gestión de la inyección de combustible, el avance del encendido, la presión de la turboalimentación, limitadores de régimen de giro (según



la normativa el régimen de motor máximo está limitado a 7500 rpm) y velocidad, correctores de levas y todos aquellos parámetros de funcionamiento que precisen gestión electrónica, de acuerdo a las nuevas prestaciones que presenta el motor tras la preparación específica para el grupo R5.

El software que emplea la E.C.U. consiste básicamente en un programa desarrollado por el fabricante para un tipo de motor en concreto, para un determinado uso y país (factor de gran importancia debido a que el clima, la altura, el valor de las emisiones permitidas y la calidad de los combustibles, entre otros, son factores que pueden variar significativamente de un país a otro). Por lo tanto, la correcta reprogramación de la E.C.U con nuevos mapas, en función de la prueba y las diferentes condiciones de conducción, será una importante y complicada labor que se deberá reajustarse continuamente antes de cada competición.

El cambio de motor lleva asociada la sustitución del **arnés de motor**, encargado de la conexión de los diferentes dispositivos, como sensores de presión de aceite o de temperatura del motor, por uno capaz de soportar las altas temperaturas del nuevo motor, evitando la fundición del aislamiento de los cables.

Por último, deberá llevarse a cabo una **correcta lubricación de todos los componentes** del motor con el fin de asegurar la durabilidad necesaria de los componentes para poder concluir las pruebas en las que participa el vehículo, que se encuentra sometido a mayor potencia y régimen de giro de lo habitual y que, por tanto, precisa de un buen caudal de aceite para lubricar adecuadamente todos los elementos del motor.

En lo referente al sistema de lubricación, el reglamento del grupo R5 da libertad de elección en cuanto al radiador, el intercambiador aceite/agua, las tuberías, el termostato, los coladores de la bomba, el filtro y el indicador del aceite. Se permite montar un separador aire/aceite en el exterior del motor con una capacidad máxima de 1 litro. El radiador del aceite debe estar situado en el interior de la carrocería. Está autorizado equipar un ventilador para la refrigeración del aceite del motor, pero no deberá tener efecto aerodinámico.

Por tanto, se sustituye la **bomba de aceite** por otra capaz de cumplir con los requerimientos del nuevo motor, más grande y de mayor potencia, con lo cual la bomba instalada deberá ser capaz de manejar elevados caudales. La bomba de aceite deberá estar homologada en VR5, así como



el sistema de accionamiento de la misma, y tanto la velocidad de flujo como el sistema de regulación de la presión del aceite podrán ser modificados con respecto a la original. También se reemplazarán las **canalizaciones** de dicho sistema por otras de mallado metálico, capaces de soportar 70 bar de presión a una temperatura de trabajo de 232 °C.

Se instalará un circuito de refrigeración del aceite de motor debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan en el motor preparado, para ello se sustituye el **radiador** de serie del vehículo por uno más grande y de mayor capacidad, adecuado para las nuevas características térmicas del motor. La **bomba de agua** de origen es reemplazada por una de mayor caudal y potencia, modificándose su sistema de accionamiento, consistente en una correa auxiliar movida por el cigüeñal, por un mando eléctrico asistido por un motor auxiliar. El **intercambiador de calor** encargado de aprovechar el calor desprendido por el motor para el calentamiento de la cabina, es sustituido por uno más ligero y resistente a las temperaturas.

Para concluir, las protecciones del motor fabricadas en plástico y cuyo propósito sea esconder los componentes mecánicos en el compartimento del motor, serán retiradas. También se eliminan los elementos destinados a luchar contra la contaminación, así como los materiales de insonorización acústica y los adornos bajo el capo no visibles desde el exterior. Los tornillos y tuercas pueden ser reemplazados siempre que sus repuestos sean de material ferroso.

Según la normativa el pistón completo debe estar homologado en VR5, así como la culata, mientras que tanto las bielas, como el cigüeñal o la junta de culata pueden ser originales u estar homologadas bajo la normativa de dicha variante. También la ECU ha de estar homologada en VR5 así como sus entradas (sensores, actuadores, etc.) y las funciones de estos. Lo mismo ocurre con los árboles de levas, los empujadores o balancines, el colector de admisión, el colector de escape, la bomba de agua, los árboles de equilibrado del mismo, la unidad del acelerador, el radiador del motor, el cárter del aceite y por último, la bomba del aceite así como su sistema de accionamiento. Del mismo modo deben homologarse el volante motor, las válvulas de admisión y de escape y los soportes del motor.



## 5.2.- MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

La mejora del sistema de transmisión es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en coches de competición. De ello depende el correcto aprovechamiento de la mejora de las prestaciones del motor, además de la fiabilidad del vehículo y su capacidad para concluir las pruebas en las que participa sin averías.

En primer lugar se reemplazará el **embrague**, situado entre el volante de inercia del motor y la caja de velocidades, y encargado de acoplar o desacoplar el motor a la transmisión con el fin de, en el primer caso, transmitir el par proporcionado por el motor a la caja de cambios y de, en el segundo caso, separarlos, interrumpiendo la transmisión, para cambiar de marcha o detener el vehículo, permitiendo que el motor siga arrancado. Con su preparación se obtiene una importante mejora en la transmisión del par motor a la caja de velocidades, minimizándose las pérdidas al reducirse los deslizamientos entre el embrague y el volante de inercia.

Dicha preparación consiste en la sustitución del embrague presente en el vehículo original por un embrague bidisco de competición, de tipo cerámico, el cual posee un índice de rozamiento superior, permitiendo un deslizamiento menor, lo que conlleva la minimización de la potencia perdida en el recorrido del par motor a las ruedas; además de presentar una elevada resistencia a las temperaturas. Asimismo, se retirarán los resortes de torsión, cuya función principal consiste en amortiguar las vibraciones torsionales del motor proporcionando una marcha más suave, con el fin de reducir las pérdidas de potencia producidas en los mismos.

La normativa del grupo R5 dictamina que el mecanismo de embrague, así como su sistema de control, debe estar homologado dentro de dicha categoría.

La preparación de la **caja de cambios** o caja de velocidades persigue dos objetivos: por un lado, reducir lo máximo posible el tiempo empleado en el cambio de marcha y, por otro, adecuar y optimizar las relaciones de desmultiplicación o multiplicación de todas las marchas en función de la nueva potencia entregada por el motor y los requerimientos en este tipo de competiciones.

Por tanto, se sustituye la caja de cambios manual en “H” de 5 velocidades (además de la marcha atrás) de serie por otra de accionamiento secuencial con piñones de dientes helicoidales siempre engranados, con 5 velocidades, junto con la marcha atrás. Con el cambio secuencial se reduce al mínimo el tiempo de transición entre dos marchas, al no ser necesario el

accionamiento del pedal de embrague para realizar el cambio, ni para subir ni para bajar de marcha, excepto en la salida. Esto se debe a que la caja de cambios instalada incluye elementos de sincronización (ver Figura 25), los que, junto con una buena gestión del motor, permiten que no sea necesario ni tan siquiera levantar el pie del acelerador para subir de marcha, gracias al aumento de la separación entre las muescas del sincronizador junto a la condición de piñones siempre engranados.



Figura 25: Engranajes de dientes helicoidales y dientes rectos, con sus respectivos elementos sincronizadores (Imagen tomada de <http://www.aficionadosalamecanica.net/foro/viewtopic.php?f=12&t=28>)

Estas cajas de cambio presentan la ventaja de ser más sencillas a la hora de modificar las relaciones de transmisión con lo que se ahorra mucho tiempo, debido a las continuas modificaciones que éstas sufren dependiendo del circuito en el que tenga lugar la competición. Los piñones de engranajes helicoidales disponen de más de un diente engranando a la vez por lo que son capaces de transmitir mayor potencia, a pesar de experimentar empuje y fricción lateral, lo que se traduce en menor pérdida de potencia en la transmisión del motor a las ruedas.

Las principales desventajas que presentan son las de tener un funcionamiento tosco y generar un alto nivel de ruido, pero portan piñones más resistentes y las marchas son más fáciles de engranar.

En definitiva, su instalación se debe a la gran fiabilidad que muestran al ser capaz de manejar mayores potencias consiguiendo transmitir un par motor mucho más elevado, además de reducir el tiempo de cambio hasta los 0,3 segundos, lo cual acaba resultando bastante significativo teniendo en cuenta la frecuencia con la que se realizan los cambios en una competición de este tipo.

En cuanto a las **relaciones de transmisión**, debe realizarse un correcto ajuste de las mismas atendiendo a los diferentes circuitos en los que se compita, como se ha visto anteriormente, pero en general, dado que los tramos por los que discurren las pruebas suelen tener muchas curvas, se tiende a sacrificar parte de la velocidad punta a cambio de unas marchas más cortas que permitan transmitir más par y mejorar la aceleración.

La **palanca de accionamiento de la caja de cambios** se sustituirá por una de tipo secuencial situada en la parte posterior del volante, a la derecha del mismo.

Según el reglamento, tanto la caja de cambios como su control, soportes, refrigeración y lubricación, así como las relaciones finales (conjunto piñón/corona) de las marchas han de estar homologadas en VR5.

Como vimos anteriormente en la presentación de las principales categorías que podemos encontrar en el panorama automovilístico actual referido a las competiciones de rallye, los vehículos pertenecientes al grupo R5 presentan **tracción integral**, cuatro ruedas motrices, **sin diferencial central**, semejante al sistema de transmisión que puede observarse en la Figura 26.



Figura 26: Sistema de transmisión 4x4 con motor transversal y sin diferencial central (Imagen tomada de <http://www.goauto.com.au/mellor/mellor.nsf/story2/5484B956E7794A8CCA256A950026A703>)



Al presentar el vehículo de origen tracción únicamente al eje delantero, y no estar permitido el empleo de un diferencial central, la transformación del sistema de transmisión presente en el vehículo en un sistema de tracción 4x4 consiste en el acoplamiento del eje trasero a la transmisión mediante un **árbol de transmisión**, cuyos extremos se encuentran alojados en la caja de cambios y en el diferencial trasero, para proporcionarle tracción. Debido a la carencia de diferencial central, ambos ejes giran solidariamente al no existir reparto de potencia entre los mismos.

Este sistema de tracción 4x4, derivado de un tracción delantera, permite un mejor control del vehículo en superficies de baja adherencia al transmitir la fuerza de tracción a las cuatro ruedas. Desde terrenos resbaladizos o con bajo índice de adherencia hasta caminos en mal estado, con desniveles, esta configuración presenta mejores características para mantener el agarre suficiente en condiciones de nieve o hielo, así como para salvar numerosos obstáculos y zonas embarradas en los circuitos.

Debido a la igualdad de la velocidad de giro de ambos ejes, este tipo de vehículos presentan dificultades al circular a alta velocidad en firmes muy adherentes, como en el asfalto, en especial, a la hora de tomar una curva en dichas condiciones ya que, al no permitir que las ruedas delanteras y las traseras giren a distinta velocidad, se generan esfuerzos muy elevados en los elementos de la transmisión. Esto no ocurre sin embargo en terrenos con poco agarre, en los que mediante el deslizamiento de las ruedas se permite que ambos ejes giren a distintas velocidades. Se trata de una solución económica, sencilla y ligera para la tracción permanente del vehículo, sobre todo cuando las condiciones de adherencia son pésimas.

Para apoyar este sistema de transmisión y ser capaces de transmitir al suelo toda la potencia que entrega el motor, incluso en condiciones de muy baja adherencia, se sustituye el **diferencial delantero** abierto, de serie, por un diferencial autoblocante mecánico de deslizamiento limitado. Asimismo se monta en el eje trasero un **diferencial trasero** de este tipo, encargado del reparto de potencia entre las ruedas de dicho eje. El empleo de diferenciales autoblocantes mecánicos de deslizamiento limitado radica en las condiciones de conducción, a elevadas velocidades sobre circuitos plagados de curvas, lo que podría conllevar en cualquier momento la pérdida de agarre en alguna de las ruedas al girar esta de manera descontrolada, situación que se corrige con este tipo de diferencial encargado de repartir la potencia a cada una de las ruedas en función de lo que éstas pueden transmitir al suelo, evitando el deslizamiento de las mismas.

Se instalará un embrague controlado electrónicamente a la entrada del diferencial trasero, de forma que, cuando se actúe sobre el freno de mano, una bomba eléctrica activa el embrague, desconectando el diferencial trasero de la transmisión y evitando así los posibles problemas de pérdida de control y estabilidad.

Los diferenciales autoblocantes mecánicos de deslizamiento limitado (ver Figura 27), además de las funciones propias de un diferencial y a diferencia de otros tipos de diferenciales autoblocantes, son capaces de repartir progresivamente el par del motor a cada semieje independientemente de la velocidad de giro de cada una de las ruedas llegando a transmitir todo el par a aquel con mayor adherencia cuando se supera el denominado tarado del autoblocante. Este tarado guarda relación con la diferencia de giro máxima permitida entre las dos ruedas de un eje antes de que se produzca el bloqueo mecánico total del diferencial, y está determinado por el ángulo de la hélice de los tres pares de ruedas helicoidales de las que está constituido el diferencial autoblocante. Se empleará un tarado del 40%, típico en vehículos de competición.

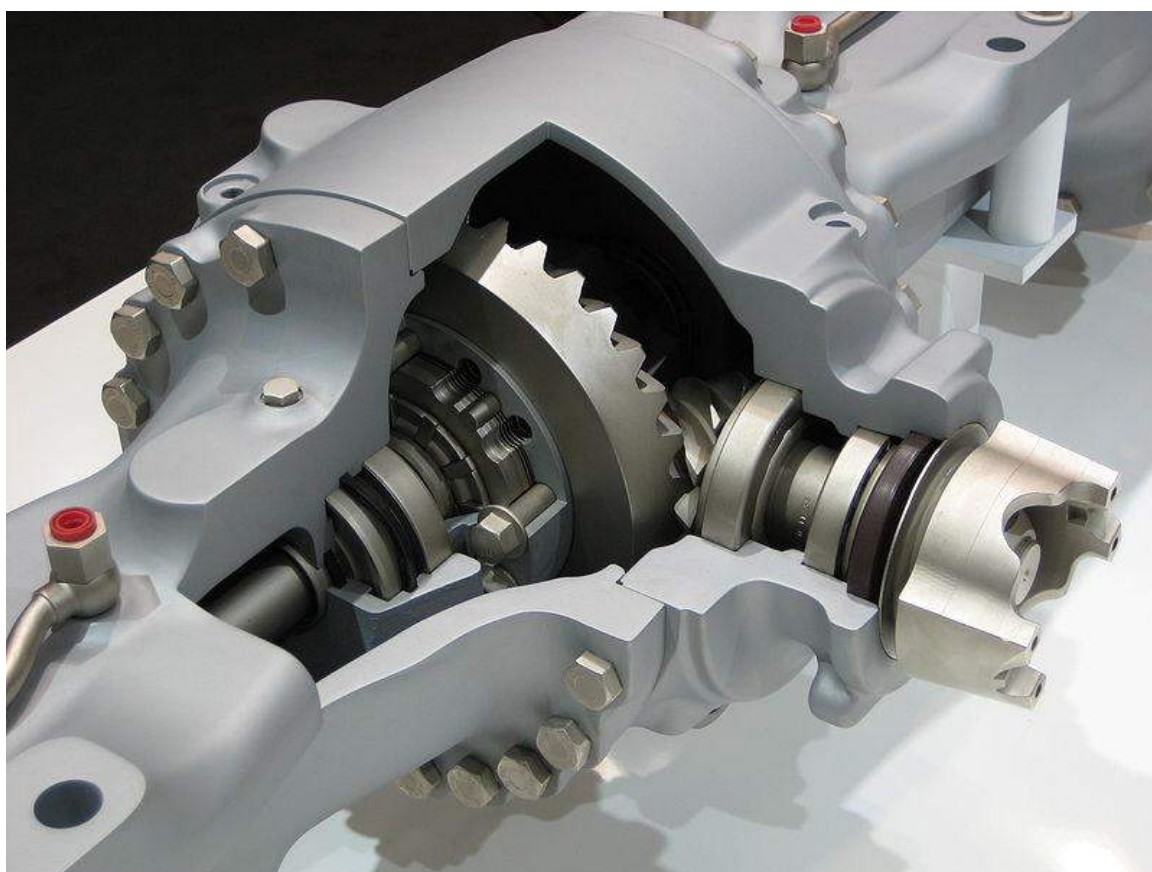


Figura 27: Detalle del diferencial autoblocante mecánico de deslizamiento limitado instalado en ambos ejes (Imagen tomada de [http://www.foromaquinas.com/showthread.php?12953-Diferencial-Autoblocante-\(Tipos-y-explicacion-de-funcionamiento\)](http://www.foromaquinas.com/showthread.php?12953-Diferencial-Autoblocante-(Tipos-y-explicacion-de-funcionamiento)))



Este sistema resulta de gran ayuda, principalmente en terrenos de baja adherencia, cuando una de las ruedas motrices (en este caso cualquiera de ellas) tracciona sobre una superficie deslizante, como pueda ser hielo o barro, o se levanta en el aire a consecuencia de un bache o durante el trazado de una curva a alta velocidad, situaciones muy comunes en este tipo de competiciones. En un diferencial convencional, la característica de compensación da lugar a que el par motor se concentre en la rueda cuya adherencia se ha reducido, la cual tendería a girar a gran velocidad mientras la opuesta permanece inmóvil, lo que conlleva la pérdida de tracción del vehículo, así como de estabilidad, al disponer de dos ejes tractores. Esto no ocurre con el diferencial autoblocante de deslizamiento limitado, el cual, en el momento en que una rueda pierde adherencia, envía mayor par a la otra, que sí que es capaz de transmitir la fuerza al terreno, con lo que resulta mucho más eficaz.

La instalación de diferenciales autoblocantes, junto con la instalación de separadores de rueda, conlleva el refuerzo de los **palieres**, tanto de los delanteros como de los traseros, con el objetivo de evitar la rotura de los mismos al encontrarse sometidos a mayores esfuerzos. Es por esto que se sustituyen los del vehículo de origen por unos de mayor resistencia. Además, se reemplazarán las juntas homocinéticas de los palieres por otras de mayor tamaño capaces de aguantar los nuevos esfuerzos asegurando en todo momento la máxima fiabilidad.

Según la normativa, tanto los árboles de transmisión transversales o palieres como los longitudinales o semiejes, deben estar homologados en VR5.

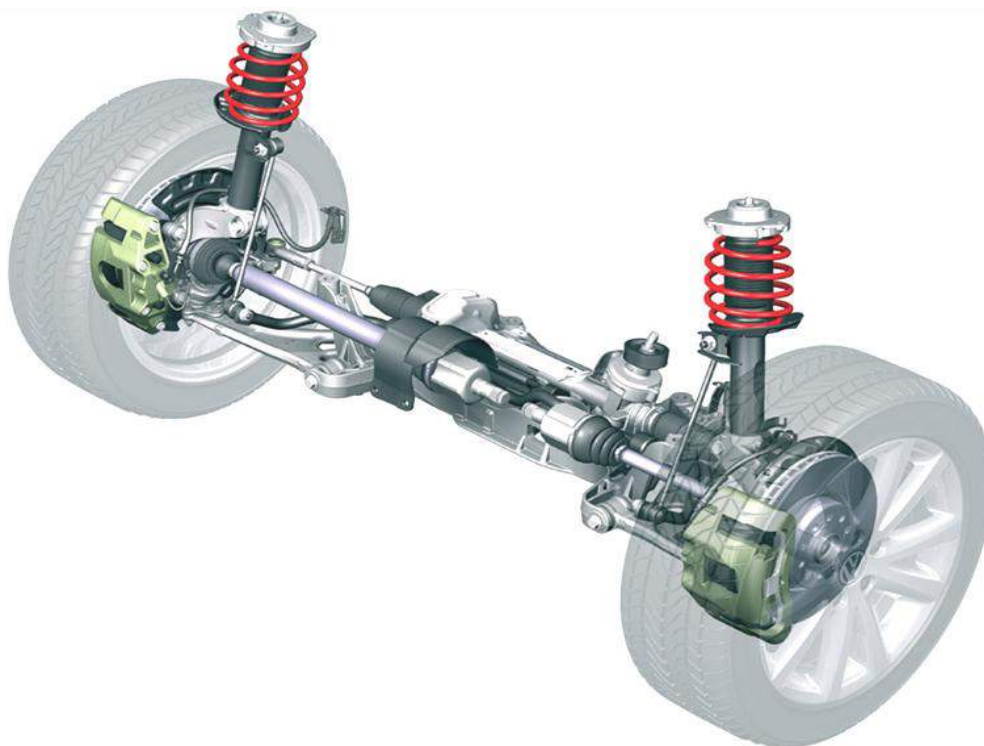
Se reemplazará por completo el **pedalier** del vehículo de origen por otro más sencillo, fabricado en aluminio y con pedales antideslizantes.



### 5.3.- MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Las suspensiones de serie de los vehículos comerciales están diseñadas con el objetivo de ofrecer el máximo confort a los ocupantes durante la conducción, disponiendo de una gran adaptabilidad para absorber todas las irregularidades del terreno y maximizando su durabilidad, junto con el cumplimiento de un mínimo de prestaciones. Sin embargo, las suspensiones de vehículos preparados para competir en rallye distan mucho de las originales, siendo únicamente fundamental mejorar al máximo las prestaciones, de manera que cada rueda trabaje de la forma más óptima en cualquier circunstancia, sin importar los compromisos de confort y durabilidad, con la única condición de que la suspensión del vehículo aguante como mínimo hasta el final de las pruebas.

Según la reglamentación del grupo R5, solamente los amortiguadores y el montaje de la estructura McPherson (ver Figura 28) homologada en la variante VR5 pueden ser utilizados y, en ningún caso, pueden conectarse entre sí los amortiguadores. Esta suspensión, presente en más del 85% de los automóviles actuales, es la solución que mejor cumple los requisitos en cuanto a las prestaciones buscadas, además de ofrecer una gran viabilidad al tratarse de un sistema simple, que se adapta fácilmente al espacio disponible y con múltiples opciones de reglaje, para acondicionarla en función del circuito.



*Figura 28: Detalle de un conjunto de suspensión delantera McPherson similar al instalado (Imagen tomada de <http://www.km77.com/glosario/m/mcpherson.asp>)*



Por tanto, se modificará la **suspensión** McPherson **delantera**, para adecuarla a los objetivos anteriormente mencionados, y se reemplazará el conjunto de **suspensión trasera** por uno igual al instalado en el eje delantero.

La suspensión McPherson es un sistema de suspensión independiente formado principalmente por un amortiguador con resorte integrado, que no sólo cumple con su papel de suspensión y amortiguación, sino que también desempeña funciones estructurales y de guiado. Al tratarse de un sistema independiente, cada rueda está conectada al chasis por separado de las demás, lo que permite que cada una de ellas se mueva verticalmente sin afectar a las otras. Frente a sus excelentes ventajas, entre las que también se incluyen su simplicidad y bajo coste, presenta la desventaja de generar mayores ruidos y vibraciones en la carrocería en comparación con otros sistemas de suspensión, debido a la elevada fricción que se genera en los amortiguadores, sometidos a esfuerzos de flexión al tratarse también de elementos estructurales, y a la transmisión directa de movimiento entre el asfalto y el chasis.

Una vez seleccionado el sistema de suspensión que se montará tanto en las ruedas del eje delantero, como en las del trasero, debe estudiarse la geometría que ha de tener dicho sistema para poder desempeñar su función de la manera más óptima. Para ello se llevará a cabo un estudio mediante programas de simulación o cálculos numéricos, optimizando el modelo partiendo de una geometría inicial y mediante un proceso iterativo hasta llegar a una solución que sea capaz de obtener las mejores prestaciones del neumático intentando que este se mantenga permanentemente en contacto con el suelo y que sufra lo menos posible.

Los **amortiguador** son elementos fundamentales del sistema de suspensión puesto que se encargan de controlar las oscilaciones del resorte cuando la rueda choca contra irregularidades del terreno. Los amortiguadores instalados, con tope hidráulico regulable, son regulables en 3 vías (ver Figura 29): compresión en baja velocidad, compresión en alta velocidad y extensión. La regulación de los mismos ha de tener lugar antes del comienzo de la prueba, quedando totalmente prohibida su regulación desde el habitáculo del conductor durante el desarrollo de la misma.

Mediante la vía de compresión en baja velocidad se regula la dureza del amortiguador cuando la velocidad de compresión es reducida, como en los balanceos del vehículo. La vía de compresión en alta velocidad se encarga de la regulación de la dureza del amortiguador cuando la velocidad de compresión es elevada, como en baches u otras irregularidades del terreno. Y por último, la regulación en extensión define la dureza del amortiguador en su carrera de extensión, tanto en baja como en alta velocidad.



Figura 29: Conjunto de amortiguadores delanteros y traseros de 3 vías  
(Imagen tomada de <http://tecnoshock.com/productos/amortiguadores/dampers.htm>)

Alrededor del cuerpo del amortiguador va montado el **muelle** de la suspensión, el cual es regulable en precarga y altura. El soporte inferior del muelle va apoyado sobre la tuerca que se desplaza sobre el cuerpo roscado del amortiguador con el objetivo de regular la altura de dichos muelles y por tanto, la del vehículo, en función del tipo de tramo sobre el que se dispute la prueba. Mediante este mecanismo también es posible regular el reparto de pesos sobre cada rueda dentro de unos ciertos límites para adecuarlo a las necesidades de cada competición. El reglaje de los muelles deberá realizarse, al igual que ocurre con los amortiguadores antes del comienzo de la correspondiente prueba.

Según la normativa, la dimensión de los muelles principales es libre pero no su tipo (helicoidal) ni su material, que ha de tratarse de alguna aleación de acero. Por tanto, los muelles que se instalarán presentan un diámetro de espira inferior a los de origen, lo que aumenta la constante de rigidez de los mismos, reduciéndose el balanceo del vehículo tanto longitudinal como transversalmente, según la siguiente ecuación:

$$K = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot N} \quad (Ec. 1)$$



Donde:

- $d$  es el diámetro del hilo
- $G$  es el modulo de elasticidad transversal de Coulomb
- $D$  es el diámetro medio de la espira
- $N$  es el número de espiras útiles

Se reemplazarán los **triángulos de la suspensión** y los **brazos oscilantes** por unos específicos para este tipo de competiciones y más resistentes, que permitan mejorar la caída del vehículo tras un salto o desnivel.

Por último, la **barra estabilizadora**, componente de la suspensión encargado de solidarizar el movimiento vertical del mismo eje con el fin de evitar la excesiva inclinación lateral que sufre la carrocería del vehículo al encontrarse sometido a fuerza centrífuga, como ocurre en las curvas. Actúa transfiriendo parte de la fuerza de extensión de la suspensión asociada a la rueda interna, la más descargada durante el trazado de la curva, a la externa, reduciendo la compresión que sufre ésta y con ello, la inclinación de la carrocería del vehículo.

Se reemplazará la barra estabilizadora delantera por una de mayor rigidez, la cual viene determinada por el material de la misma y su diámetro, a pesar de que este hecho repercute en el confort de la conducción. También se instalará una barra estabilizadora trasera, no presente en el vehículo de origen. Según la normativa, no está permitido el empleo de barras estabilizadoras ajustables desde el habitáculo ni la conexión entre la delantera y la trasera. Deberán ser puramente de tipo mecánico y estar homologadas, junto con sus puntos de anclaje, en VR5.

En cuanto a las **uniones de la suspensión**, la posición de sus puntos de anclaje debe conservarse según la normativa, pero las juntas pueden ser de un material diferente al original, por ejemplo silent blocks más duros, rótulas,...; por lo que se sustituirán por otras de material más resistente. El montaje de la suspensión sobre anclajes más rígidos evita una variación indeseada de cotas en las ruedas.

Se sustituyen las **manguetas** y los **bujes** de las ruedas por unos más ligeras y resistentes con el fin de disminuir el peso no suspendido, consiguiendo que la suspensión trabaje mejor.



Se reemplaza el **subchasis** delantero, fabricado en chapa doblada y soldada, por uno más ligero y con mayor resistencia. Se instala un subchasis trasero, de tipo tubular, donde irán anclados los nuevos trapecios traseros y el nuevo diferencial trasero.

También se montará una **barra de acoplamiento** en el eje trasero encargada de regular el ángulo de convergencia de las ruedas traseras en función del tipo de circuito donde tiene lugar la competición.

Debe tenerse en cuenta que de poco sirven las modificaciones llevadas a cabo en el motor o en otros elementos si no puede transmitirse todo el par proporcionado al suelo a través de los neumáticos. Este contacto depende principalmente de la suspensión, por lo que es fundamental realizar una buena elección de esta y de los tarados más óptimos para la misma según la prueba. El objetivo consiste en que el vehículo sea capaz de absorber las irregularidades del terreno sin perder en ningún momento el contacto con la calzada, conduciéndolo hasta sus límites para mejorar los tiempos empleados en los tramos cronometrados. En la búsqueda de la máxima eficiencia se debe sacrificar el confort de los ocupantes frente a la mejora de prestaciones, en contrapartida a los vehículos comerciales.

Una vez efectuada la modificación del sistema de suspensión debe comprobarse que ninguna parte del vehículo toque con el suelo cuando los neumáticos de un lado se encuentren desinflados. Esta prueba será efectuada en una superficie plana bajo condiciones de carrera, es decir, con los ocupantes a bordo. Otra comprobación a efectuar sobre los amortiguadores consiste en retirar los muelles y las barras estabilizadoras del vehículo y medir el tiempo que éste tarda en hundirse hasta detenerse en el límite. Este tiempo ha de ser inferior a 5 minutos.

## 5.4.- MODIFICACIÓN DE LA DIRECCIÓN

En primer lugar se reemplazará el mecanismo o **caja de dirección** (piñón y cremallera) por otra con menor desmultiplicación para facilitar al piloto los movimientos del volante, ya que esto permite realizar con mayor rapidez el giro necesario para tomar una curva, lo que es de gran ayuda en este tipo de competiciones debido a la sinuosidad de los tramos de carretera en los que se celebran las pruebas y a la velocidad de circulación del vehículo durante las mismas, permitiendo reducir la fatiga del piloto, aumentando su concentración. Esta acción lleva asociada la sustitución de las **rótulas de dirección**, encargadas de permitir la flexión del chasis en los baches de la carretera impidiendo que éstos afecten a la caja de dirección, por unas más flexibles y resistentes.

Otro de los elementos del sistema de dirección que debe sustituirse, tras el reemplazamiento de la caja de dirección, es la **asistencia de la dirección**, de tipo eléctrico en el vehículo de origen, por una de tipo hidráulico, la cual debe ajustarse correctamente para evitar sobreesfuerzos del piloto al girar el volante. Por lo tanto, para garantizar este último requerimiento, permitiendo que la fuerza necesaria a aplicar sobre el volante, una vez efectuadas todas las modificaciones, sea la misma que en el vehículo original, se instala una bomba hidráulica con caudal y presión elevados, capaz de cubrir las mencionadas necesidades del sistema de dirección.

Todo esto lleva asociada la instalación de **las canalizaciones para la asistencia hidráulica** de la dirección, conforme a la disposición espacial del sistema de dirección, adecuadas en cuanto a su resistencia, siendo capaces de soportar una presión mínima de 280 bar a una temperatura de trabajo mínima de 232 °C. Se emplearán conductos de tipo aeronáutico, recubiertos de malla metálica, los cuales, además de cumplir con las especificaciones, presentan un aumento significativo de resistencia a la abrasión y menores deformaciones al ser sometidos a presión, lo que en definitiva conlleva una disminución de las pérdidas asociadas a las conducciones. También se montará un **radiador para la refrigeración del líquido de dirección** debido a que al someter al fluido a continuas y elevadas oscilaciones, se produce un incremento acusado de la temperatura del mismo, con lo que es necesario evacuar ese exceso de temperatura para el correcto funcionamiento del sistema.

En la figura 30 puede observarse un esquema del conjunto de dirección formado por la cremallera de dirección, la asistencia hidráulica de la misma y sus canalizaciones, la columna de dirección y el volante (no incluido el radiador para la refrigeración del líquido de dirección).



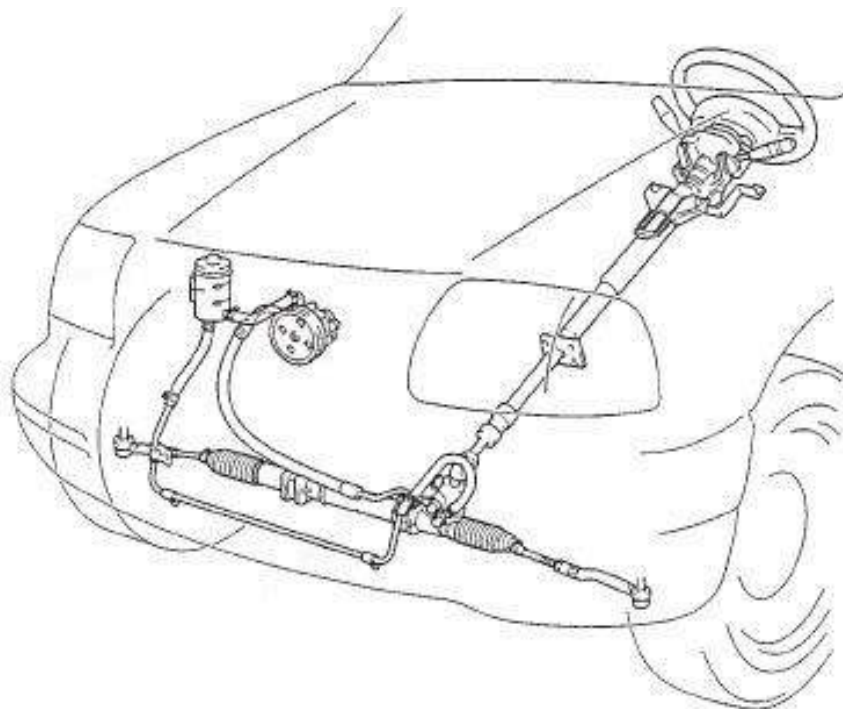


Figura 30: Esquema del conjunto de dirección instalado (no incluye el radiador para la refrigeración del líquido de dirección) (Imagen tomada de <http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-459791552-venture-kit-de-reparacion-de-direccion-hidraulica-1998-07-JM>)

Otra modificación a llevar a cabo, que tiene que ver con la optimización de la posición del centro de gravedad del vehículo, consiste en retrasar la posición del piloto dentro del habitáculo. Con este objetivo se sustituirá la columna de dirección por una de mayor longitud y se instalarán barras adicionales de sujeción, para poder desplazar el volante hacia la parte posterior, como puede observarse en la Figura 31.



Figura 31: Columna de dirección y volante retrasados respecto a su posición original en un Peugeot 208 R2 (Imagen tomada de <http://www.rallyraid.es/2012/10/umberto-scandola-domina-el-shakedown-del-rallye-sanremo-16731>)



Según el reglamento del Anexo L del CDI (Código Deportivo Internacional) que se encarga de regular los aspectos relativos a las licencias, exámenes médicos, código de conducta en circuitos y equipamiento de los pilotos, es obligatorio el uso de guantes ignífugos durante el transcurso de las pruebas. Por ello, y dado que la elección del volante de dirección es libre, se sustituye el **volante** original por uno de la marca Sparco, recubierto de piel vuelta que asegure un correcto agarre. Se desconecta el sistema de cierre del bloqueo de la dirección.

Se instalará un **mecanismo de liberación rápida** del volante, obligatorio según el reglamento de la FIA, consistente en una brida concéntrica al eje del volante, de color amarillo conseguido mediante anodización u otro revestimiento que dure tiempo en dicho color, y colocado sobre la columna de la dirección, detrás del volante.

Las **bieletas de dirección** de origen serán sustituidas unas nuevas más resistentes, con rótulas de tipo uniball de mayor rigidez.

A excepción de ciertos elementos ya mencionados cuya elección es libre, el resto de las modificaciones llevadas a cabo sobre el sistema de suspensión deben estar homologadas dentro de la variante VR5 como es el caso de la caja de dirección, la columna de dirección y las rótulas de dirección.

## 5.5.- MODIFICACIÓN DE LAS RUEDAS Y DEL SISTEMA DE FRENADO

En primer lugar, las ruedas completas, según el reglamento del grupo R5, son libres a condición de que estén situadas dentro de la carrocería original homologada. El empleo de neumáticos destinados a motocicletas está prohibido. Las fijaciones de las ruedas por tuercas pueden ser sustituidas libremente por espárragos y tuercas.

La anchura máxima del conjunto llanta/ neumático ha de ser de 9" (228.6 mm) de ancho y 650 mm de diámetro. El material de las llantas es libre pero éstas deben estar hechas de fundición. Para los rallyes sobre tierra, solamente está autorizado el empleo de llantas de 6.5" x 15" o de 7"x15", con un peso mínimo de 8.6 kg en cualquiera de los dos casos. Para los rallyes sobre asfalto, únicamente están autorizadas las llantas de 8" x 18", con un peso mínimo de 8.9 kg.

Por lo tanto se reemplazarán las **llantas** originales por unas de 7"x15" en los rallyes de tierra y otras de 8"x18" en los de asfalto, ambas multi-radio y de la marca OZ (ver Figura 32).

En cuanto a los **neumáticos**, se montaran unos para las competiciones sobre tierra y unos para las de asfalto, y dependiendo de las condiciones meteorológicas durante las pruebas, de verano o de invierno (ver Figura 32).



Figura 32: Detalle de una de las ruedas que monta el Peugeot 208 R5 en circuitos de asfalto (18") (Imagen tomada de <http://es.autoblog.com/photos/peugeot-208-r5-par-s-2012/1735076/>)

El interior de los neumáticos únicamente puede estar relleno de aire, incluido el espacio entre el interior y la llanta. La utilización de cualquier dispositivo que permita a los neumáticos conservar su rendimiento con una presión igual o inferior a la atmosférica está prohibida. No se permite tampoco el montaje de extractores de aire sobre las ruedas.

Es obligatorio llevar al menos una **rueda de repuesto** que ha de estar correctamente sujeta, mediante correas, y ubicada en el maletero del vehículo, sin ocupar el espacio reservado a los ocupantes del vehículo y sin que se produzcan modificaciones exteriores de la carrocería con motivo de dicha instalación.

En cuanto al sistema de frenado (ver Figura 33), es importante trabajar sobre el mismo con el fin de adecuarlo a las nuevas prestaciones del motor, debido a la significativa potenciación llevada a cabo sobre éste. El objetivo persigue la capacidad de disminuir la velocidad del vehículo en el menor tiempo posible, y con ello permitir al vehículo trazar correctamente las numerosas curvas presentes en el recorrido de las pruebas.



Figura 33: Detalle del conjunto de frenado montado en un Volkswagen Jetta RGT (Imagen tomada de <http://forums.vwvortex.com/showthread.php?3833676-Volkswagen-Jetta-RGT>)

El trabajo a realizar sobre los frenos consiste en la mejora de su par de frenada, mantenido en un régimen más amplio de temperaturas, y el aumento de la resistencia a fatiga de los mismos. Durante el transcurso de las pruebas la solicitud por parte del piloto al sistema de frenado es muy elevada, no dando tiempo a que éste pueda enfriarse, es por eso que, a pesar de emplear materiales con buenas propiedades de disipación de calor, será necesario poder actuar en un rango más extenso de temperaturas.

En primer lugar, a la hora de mejorar el sistema de frenado, se sustituirán las **pinzas de freno** flotantes de serie de las cuatro ruedas por otras de la marca Alcon, fijas, de 4 pistones situados 2 a 2 a cada lado del disco de freno (ver Figura 34), con el objetivo de aumentar la presión de frenada y mejorar el reparto de la misma a lo largo de la pastilla. Se añadirán un par de **muelles de recuperación** dentro del orificio de las pinzas, con el objetivo de reducir el tiempo de respuesta del sistema al levantar el pie del freno, así como cubrepolvos para protegerlas, tal y como autoriza la normativa del grupo R5.

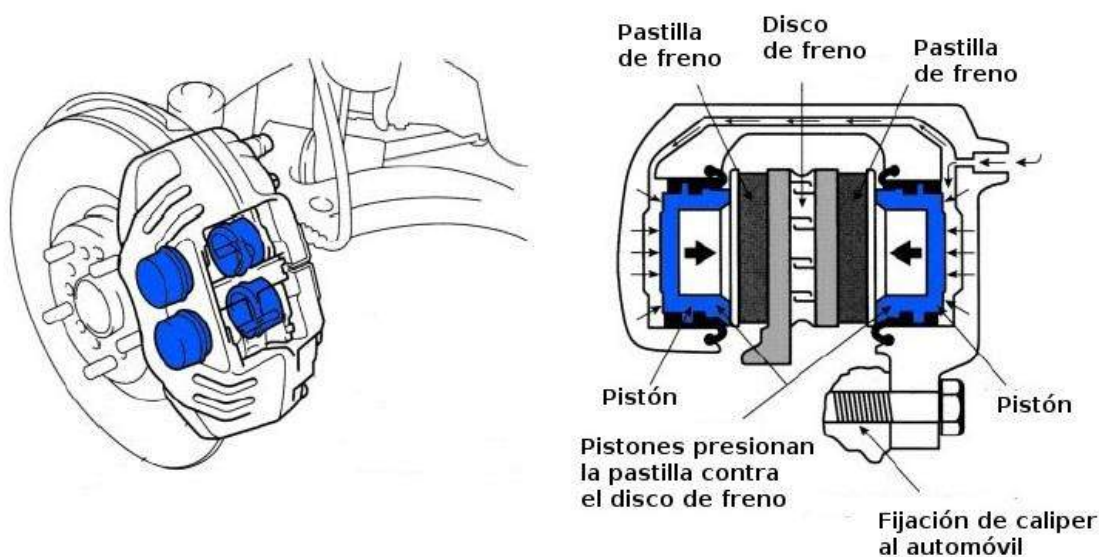
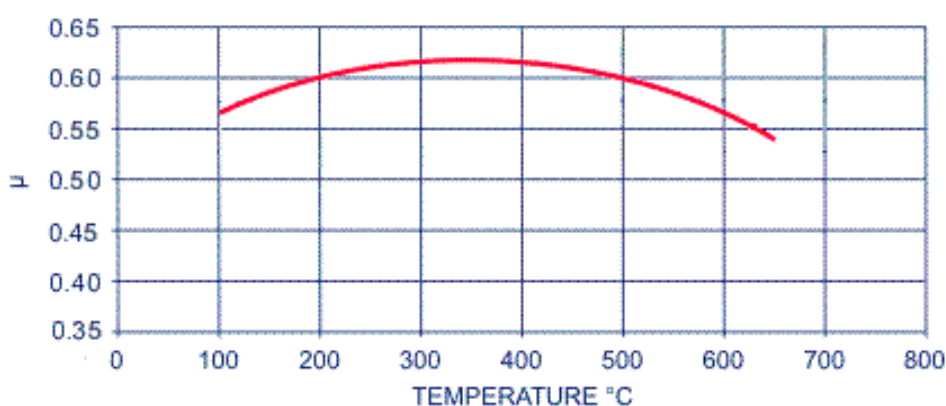


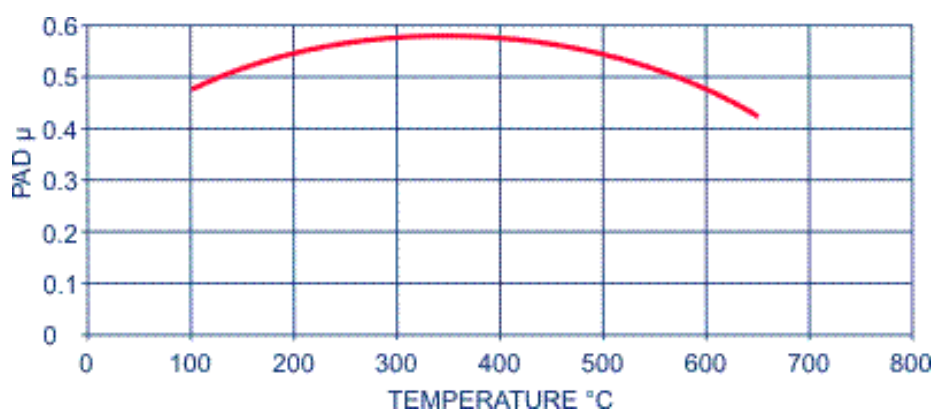
Figura 34: Pinzas de montaje fijo, con 4 pistones (Imagen tomada de <http://www.bolido.com/2011/03/el-funcionamiento-del-caliper-de-freno/>)

Las **pastillas de freno** originales, cuyo coeficiente de fricción es aproximadamente de 0.45, son sustituidas por unas pastillas Ferodo DS2.11, para competiciones sobre asfalto, y unas Ferodo DS3000 Plus 03 para competiciones sobre tierra; ya que el material de las pastillas y el modo de montaje de las mismas es libre, según la normativa VR5, siempre que se conserven las

dimensiones de la superficie de contacto. La característica más destacada que poseen estos tipos de pastilla consiste en el elevado coeficiente de fricción que presentan a todas las velocidades y temperaturas, incluso en ambientes fríos, cuyo máximo se sitúa en torno a 0.62 en las pastillas empleadas para competiciones de asfalto, y a 0.58 en las empleadas en competiciones de tierra (ver Gráficas 2 y 3). También es destacable el potente par de frenado que son capaces de desarrollar sin existencia de fading; la excelente mordida inicial que ambas presentan; las reducidas pérdidas de eficacia al pasar del pedal del freno al del acelerador y la baja resistencia que presentan al soltar el freno. Dichas pastillas se emplean especialmente en competiciones de rally debido a su rápida respuesta, su elevado nivel de fricción y la gran capacidad de par que son capaces de transmitir, en un rango de temperaturas que cubre desde los 100 hasta los 650°C aproximadamente.



Gráfica 2: Representación de la variación del coeficiente de fricción en función de la temperatura en pastillas de freno Ferodo DS2.11 (Imagen tomada de [http://www.apracing.com/products/race\\_car/brake\\_pads/ap\\_racing\\_brake\\_pad\\_materials.aspx](http://www.apracing.com/products/race_car/brake_pads/ap_racing_brake_pad_materials.aspx))



Gráfica 3: Representación de la variación del coeficiente de fricción en función de la temperatura en pastillas de freno Ferodo DS3000 Plus 03 (Imagen tomada de [http://www.apracing.com/products/race\\_car/brake\\_pads/ap\\_racing\\_brake\\_pad\\_materials.aspx](http://www.apracing.com/products/race_car/brake_pads/ap_racing_brake_pad_materials.aspx))





Se reemplazan los **discos de freno** por otros de mayor resistencia térmica, siendo de mayor tamaño los montados para circuitos de asfalto al generarse sobre dicha superficie mayores esfuerzos de frenada y debido a la intención de reducir peso de las masas no suspendidas del vehículo, lo que es más posible en el caso de discos de freno de tierra por las condiciones adherentes de ésta. Estos discos se componen de dos piezas de diferente material para favorecer la evacuación del calor generado, tratándose el núcleo de una aleación de aluminio y la pista, que es la zona sobre la que friccionan las pastillas, de un acero con alta resistencia a la fatiga y a las temperaturas.

En cuanto a la **bomba del sistema de frenado**, se reemplazará la presente en el vehículo de origen, de 22,2 mm de diámetro de pistón, por dos de menor diámetro, de 15 mm, una por cada eje, instaladas en el pedalier y con un repartidor de frenada de balancín, situado junto al freno de mano, para que el piloto pueda regular el reparto de frenada entre ambos ejes a su gusto en cada curva durante el transcurso de la prueba. Se retirará el sistema antibloqueo de frenos (ABS), al contar el nuevo vehículo con el repartidor de frenada mencionado, al igual que el servofreno, para lograrse una mayor precisión.

A continuación se sustituyen los latiguillos o **canalizaciones de los frenos** de origen por unas de tipo aeronáutico, con malla metálica externa, capaces de soportar una presión mínima de 280 bar a una temperatura de trabajo mínima de 232 °C; para mejorar, además de la resistencia al desgaste por fricción, la resistencia a la dilatación por temperatura y por presión, de forma que se mantenga el mismo tacto sobre el freno ante cualquier temperatura del sistema y las pérdidas de eficiencia sean muy reducidas. El tacto del pedal de freno se endurecerá, aumentando su efectividad.

Seguidamente se reemplazará el **líquido de frenos** por otro con mayor punto de ebullición, con el objetivo de evitar que, al elevarse excesivamente la temperatura de los frenos, debido a su continuo uso o al requerir una mayor exigencia por parte de estos, se formen burbujas de aire en su interior por efecto de la ebullición del mismo.

Por último se realizará la sustitución del **freno de mano** original por uno de tipo hidráulico, mejorándose la potencia y el tacto del mismo, permitiendo el bloqueo de las ruedas con menor esfuerzo que en el vehículo de origen, para poder derrapar el coche fácilmente en curvas cerradas. No consta de ningún mecanismo para mantenerlo bloqueado y la palanca suele hacerse más alargada, para facilitar su accionamiento y liberación.



Los discos de freno, las pastillas, los cilindros principales y el freno de mano deben estar homologados en VR5. Puede añadirse un dispositivo para evitar que el barro se deposite en los discos de freno y/o las ruedas.

Deberán instalarse **separadores de rueda** con el objetivo de aumentar el ancho de las vías delantera y trasera del vehículo y mejorar con ello el comportamiento dinámico del mismo. Deberán montarse separadores de 60 mm en todas las ruedas, para aumentar el ancho de las vías delantera y trasera del vehículo de origen desde los 1475 mm de la vía delantera y los 1471 mm de la trasera, hasta los 1595 mm de la vía delantera y los 1591 mm de la trasera, del vehículo reformado.

## 5.6.- MODIFICACIÓN DEL EQUIPO ELÉCTRICO

La marca, tipo, capacidad y cables de la batería son libres, según el reglamento del grupo R5, pero ha de mantenerse el número de baterías. La tensión nominal que recorra las mismas ha de ser igual o inferior a la del vehículo de serie.

Se reemplazará la **batería** de origen por una específica para vehículos de competición, de plomo ácido, con un peso más reducido (mínimo 8 kg), elevada potencia, capacidad de carga rápida y gran pico de arranque (incluso a temperaturas próximas a los -40 °C). La nueva batería debe estar localizada dentro del habitáculo, detrás de la base del asiento del copiloto, correctamente fijada y con su terminal positivo protegido. La localización de la batería debe estar homologada en VR5 y ésta ha de ser de tipo “seca”. Las fijaciones a la carrocería deben estar constituidas por un soporte y dos abrazaderas metálicas con revestimiento aislante, fijados al suelo mediante tornillos y tuercas. Se montará un desconector de energía o cortacorrientes, conectado a la batería y situado en la consola central ubicada entre los asientos delanteros, encargado de cortar el suministro de energía entre la batería y el motor.

El **alternador** de serie será sustituido por uno de competición, de mayor amperaje, con un régimen de giro más elevado y una correa de mayor resistencia, capaz de entregar mayor potencia y satisfacer las demandas de energía de la batería. Presenta entradas de aire en su carcasa para mejorar su refrigeración.

El **dispositivo de arranque** de origen será reemplazado por otro de tipo rally, con un interruptor para el contacto y un botón o pulsador para el arranque, situado en la consola central.

Tanto el alternador como el starter o arrancador del motor deben estar homologados en VR5 al igual que la posición de sus soportes. El motor del arrancador es libre.

Deberá sustituirse el **cableado eléctrico del habitáculo** por uno nuevo más reducido, en lo referente al número de cables debido a la desinstalación de numerosos elementos, como la radio o el aire acondicionado, y diferente, con motivo del cambio de ubicación de muchos otros elementos como el arranque o el mando de control de la calefacción.

En cuanto al **sistema de iluminación** del vehículo, se sustituyen los faros de origen del vehículo por otros que se ajusten correctamente a las nuevas dimensiones del vehículo, recubiertas por una superficie protectora transparente de policarbonato. Dichas cubiertas protectoras no tienen

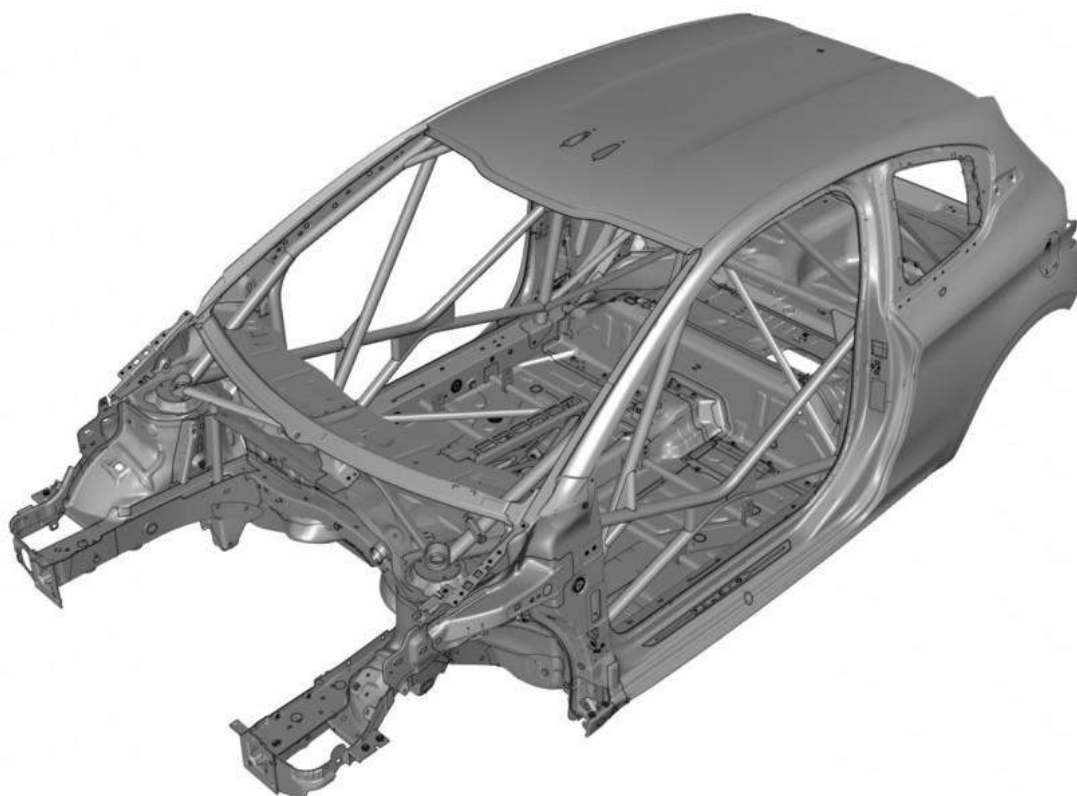


influencia alguna sobre la aerodinámica del vehículo. Las luces intermitentes laterales, así como su localización, deben conservarse.

La normativa específica que está autorizado el montaje de hasta 6 faros adicionales, incluyendo los correspondientes relés, con la condición de que éstos estén autorizados por las leyes del país. Esos faros adicionales no podrán montarse en la carrocería y siempre han de ir en pares.

## 5.7.- MODIFICACIÓN DE LA CARROCERÍA E INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SEGURIDAD

En este apartado se abordarán las modificaciones que es necesario llevar a cabo para la adaptación de la carrocería del vehículo de serie a las restricciones dadas por la normativa del grupo R5 y el reglamento de seguridad de la FIA (ver Figura 35). En primer lugar, se verán las modificaciones a realizar en la propia carrocería del vehículo para que ésta pueda alojar los nuevos elementos mecánicos instalados, desde un punto de vista meramente geométrico, y, en segundo lugar, se realizarán la instalación de una jaula antivuelco que cumpla con el reglamento de seguridad del anexo J del CDI, emitido por la FIA.



*Figura 35: Carrocería con estructura de seguridad instalada, cumpliendo con la normativa del grupo R5 y el reglamento de seguridad de la FIA (Imagen tomada de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)*

Como parte de las modificaciones llevadas a cabo en la **carrocería** se suprimirá la parte posterior del vehículo, desde los asientos traseros hasta el maletero, con el fin de alojar tanto el nuevo subchasis trasero con sus respectivos puntos de anclaje, como la transmisión trasera, situada en el compartimento en el que se aloja la rueda de repuesto en el vehículo de origen.



Se retiran las **guías de los asientos** de serie, junto con estos, añadiéndose los anclajes para los nuevos asientos (sustitución que se verá en el siguiente apartado) así como la de los arneses. Estos anclajes se situarán en una posición más atrasada con respecto a la original, es decir, más cerca de la parte posterior del vehículo siguiendo el objetivo buscado al retrasar la columna de dirección, consistente en la mejora del reparto de pesos y con ello de las prestaciones al retrasar la posición del centro de gravedad del vehículo. Además, el hecho de que el piloto esté sentado más cerca del centro de giro del vehículo mejora las sensaciones que recibe respecto a las respuestas del mismo por lo que puede aproximarse más a sus límites y sacarle el máximo partido.

Otros de los elementos modificados son los **pasos de rueda traseros**, que serán ensanchados para alojar las nuevas ruedas, y los **anclajes de los amortiguadores**, los cuáles son reforzados para que puedan aguantar las sollicitaciones a las que se verán sometidos por los nuevos amortiguadores montados, más rígidos. Además, se realizará un mecanizado sobre los triángulos de la suspensión para la colocación de los **anclajes de la barra estabilizadora trasera** añadida.

De manera similar a los trabajos realizados sobre el eje trasero, se modifican los **pasos de rueda delanteros** y se sustituyen los **soportes de los amortiguadores** por otros geométricamente compatibles y de mayor rigidez.

Los **puntos de anclaje** de los diferentes componentes instalados el vehículo se reforzarán con los materiales permitidos por la normativa, pero la posición de los mismos y su forma se mantendrán en relación a las del vehículo de origen. Dichos refuerzos se situarán en zonas no visibles desde el exterior.

Tanto el **portón trasero** como el **capó original** del vehículo se reemplazarán por otros de dimensiones adecuadas, debido a las modificaciones geométricas llevadas a cabo sobre la carrocería, y fabricados con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, más ligero. Las aperturas adicionales presentes en el capó del vehículo, para mejorar la refrigeración del motor, deben estar homologadas bajo la normativa R5 y provistas de una malla de 10 mm de cota máxima. Se instalarán unos cierres metálicos de tipo rally tanto en el capó como en el portón trasero. Se añadirán canalizaciones de aire en el capó únicamente para la refrigeración de los elementos auxiliares, sin que éstas cumplan ningún tipo de función aerodinámica.

Los **parachoques**, delantero y trasero, también se reemplazan por unos con geometría acorde a las modificaciones efectuadas sobre la carrocería (principalmente el ensanchamiento de la misma), fabricados en fibra de vidrio, manteniéndose las propiedades del material de origen





con un aligeramiento del 10% de de peso, y se eliminan las piezas de plástico de insonorización y protección fijadas bajo la carrocería. Los **puntos de levantamiento** el vehículo para el anclaje del gato serán reforzados.

A continuación se procede al montaje de **protecciones inferiores** respetándose en todo momento la distancia entre los bajos y el suelo. Estas protecciones, que son desmontables, están diseñadas para proteger los siguientes componentes: motor, radiador, suspensión, caja de cambios, diferencial delantero, depósito de combustible, transmisión, dirección, escape y diferencial trasero. Fabricadas bajo una aleación de aluminio, deben tener un mínimo de espesor de 3 mm y pueden extenderse únicamente a través del ancho del parachoques delantero, hasta la cota del eje delantero, y desde el eje trasero hasta el parachoques trasero. Se añadirán **protecciones interiores** a la carrocería, elaboradas con fibra de vidrio.

Se eliminará el **retrovisor interior** y se reemplazarán los **retrovisores exteriores** por unos deportivos más pequeños, fijos, no replegables ni regulables con el fin de no comprometer excesivamente la aerodinámica del vehículo.

Dichas reformas conllevan el aumento del ancho total del vehículo desde los 1739 mm de origen hasta los 1820 mm máximos permitidos por la normativa de la variante R5, lo que mejora el comportamiento dinámico del vehículo. La distancia entre ejes también se ve modificada, pasando de los 2538 mm del vehículo de serie a los 2560 mm del vehículo preparado, aumentándose la estabilidad del mismo a altas velocidades y en curvas amplias, y reduciéndose la transferencia de pesos en frenada. Los voladizos máximos que puede tener el vehículo son de 930 mm en el delantero (art. 209a) y 935 mm en el trasero (art. 209b).

Por último, se sustituye el antiguo **depósito de combustible** por uno nuevo de mayor capacidad, reforzado y aligerado, fabricado en kevlar, homologado en VR5, y adecuado a la forma de los nuevos componentes instalados en la suspensión trasera. Dicho depósito se encuentra alojado en su respectivo container estanco (según la normativa de la FIA) de aluminio, y fijado a la carrocería con sus respectivos anclajes. Esta sustitución lleva asociada también el cambio de las **líneas de combustible** por unas de calidad aeronáutica, con mallado metálico externo, capaces de soportar una presión mínima de 70 bar a una temperatura de trabajo mínima de 135 °C. Debe incluirse una protección impermeable entre los depósitos y los ocupantes del vehículo. Se añadirá un **depósito de combustible auxiliar** de menor capacidad. La **bomba de combustible**



será reemplazada por otra capaz de suministrar el elevado caudal necesario para el funcionamiento a plena potencia del vehículo.

El nuevo depósito cumple con la normativa FIA FT-1999 en la cual se somete al mismo a las pruebas indicadas a continuación:

1.- El depósito será sometido a una compresión según su eje principal hasta que este quede completamente aplanado. No deberán producirse agrietamientos en el mismo ni fenómenos de delaminación.

2.- Para calcular la resistencia elástica del depósito, se realizará la siguiente prueba, la cual tiene lugar con un depósito normal, por un lado, y, por otro, con un depósito tratado en una disolución de 60% de iso-octano y 40% de tolueno durante un mínimo de 72 horas. Se trata de la extracción de diez muestras de cada depósito, de 25 mm de ancho por 150 mm de largo, cinco de las cuales en dirección de la urdimbre y otras cinco en dirección de la trama. Tras ello, se someterá a dichas muestras, sujetas en sus extremos, a una carga mínima de 2 kN, con un separación inicial de 75 mm al comienzo de la prueba y un avance de 30 cm por minuto.

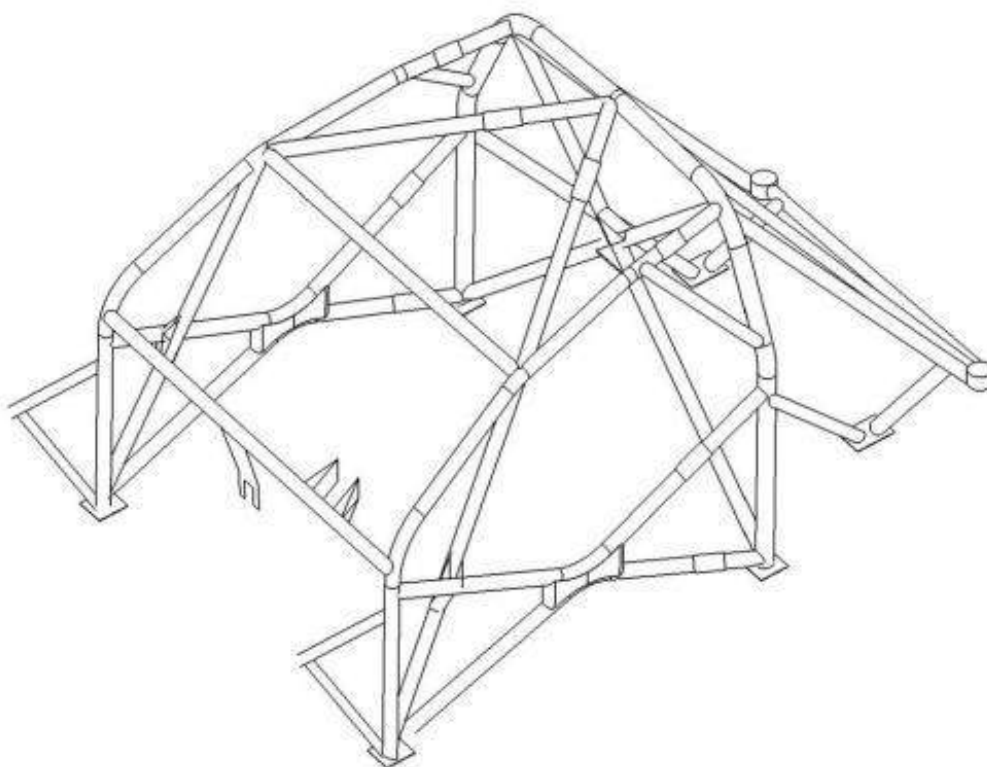
3.- Para la evaluación de la resistencia a punzonamiento, se recortan 5 muestras de 105 mm de diámetro y se sujetan mediante tornillos en un banco de ensayo. El instrumento punzante, de acero, se desplazará sobre dichas muestras a una velocidad de 20-40 cm por minuto, las cuales deberán ser capaces de soportar un mínimo de 0,78 kN. Se emplearán cinco ensayos, en dos de los cuales la perforación de la muestra será paralela a la urdimbre, en otros dos paralela a la trama y en la última, a 45° de la urdimbre. La resistencia a punzonamiento del material será el mínimo de los tres valores obtenidos.

4.- Para determinar la resistencia de las uniones del material se somete a cinco muestras de un depósito normal y a cinco de un depósito tratado en una disolución al 60% de iso-octano y 40% de tolueno durante un mínimo de 72 horas, a ensayos de 2 kN de fuerza mínima con la unión en el centro de las garras. La resistencia de las uniones será el valor mínimo de los cinco obtenidos.

5.- Con el objetivo de evaluar la resistencia al desgarro del depósito, se recortan diez muestras de 75x200 mm, cinco de ellas en la dirección de la urdimbre y otras cinco en dirección de la trama. Uno de los extremos de cada muestra será sujeto con unas mordazas, y en el otro extremo se efectuará un corte de 75 mm. A continuación se

aplicará una carga con una velocidad de 30 cm por minuto y se medirán los valores últimos de resistencia. La resistencia al desgarro del depósito será el menor valor de los 5 picos más altos obtenidos, descontando el primero, y, como mínimo, deberá ser de 0,25 kN para que el depósito sea válido.

En segundo lugar se abordará otra de las cuestiones más importantes en estas competiciones, exigida por el reglamento en el apartado de seguridad, y que consiste en la instalación de una **estructura de seguridad o jaula antivuelco**, similar a la mostrada en la Figura 36, que evite que el habitáculo sufra una deformación importante en la carrocería en caso de accidente.



*Figura 36: Estructura de seguridad o jaula antivuelco (Imagen tomada de <http://www.evolucion-a.com/es/catalogo/Catalog/show/barras-antivuelco-renault-clio-rs-matter-356>)*

Según la normativa de la FIA, la estructura básica debe estar formada por una de las siguientes combinaciones:

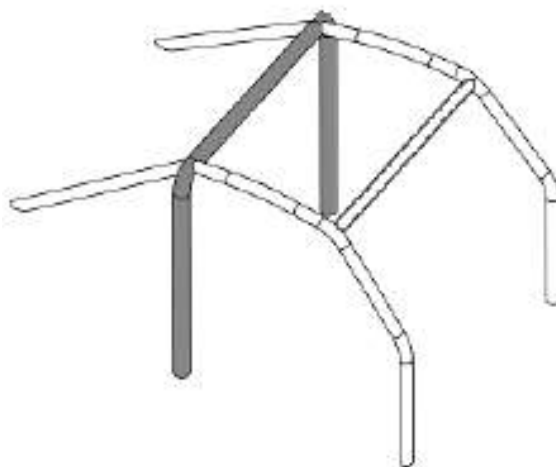
- 1 arco principal + 1 arco delantero + 2 miembros longitudinales + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje
- 2 arcos laterales + 2 miembros transversales + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje
- 1 arco principal + 2 semiarcos laterales + 1 miembro transversal + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje

Una vez definida la estructura básica, ésta debe ser completada con miembros y refuerzos obligatorios a los que pueden añadirse una serie de miembros y refuerzos opcionales.

En cuanto a los refuerzos obligatorios, la estructura debe incorporar dos tirantes diagonales en el arco principal, uno o varios tirantes de puertas (longitudinales) a cada lado del vehículo, refuerzos de techo, pilares de refuerzo del parabrisas y refuerzos de ángulos y uniones. Además de estos, hay una serie de refuerzos opcionales, que pueden ser instalados o no a voluntad del fabricante.

#### MIEMBROS ESTRUCTURALES DE LA JAULA DE SEGURIDAD

El **arco principal** (ver Figura 37) es una estructura prácticamente vertical, constituida por un arco tubular de una sola pieza, con una inclinación máxima de  $\pm 10^\circ$  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. La parte vertical del arco principal debe situarse tan próxima como sea posible al contorno interior de la carrocería.



*Figura 37: Arco principal (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

El **arco delantero** (ver Figura 38) es similar al arco principal, constituido también por un único tubo, pero su forma sigue los montantes y el borde superior del parabrisas. Los montantes delanteros del arco delantero deben seguir los montantes del parabrisas lo más cerca posible y tener una sola curvatura en su parte vertical inferior.



*Figura 38: Arco delantero (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

El **arco lateral** (ver Figura 39) consiste en una estructura longitudinal y prácticamente vertical constituida por un arco tubular de una sola pieza, situado a lo largo del lateral derecho o izquierdo del vehículo. Su pilar delantero sigue el montante del parabrisas, siendo los montantes traseros casi verticales y situados justo detrás de los asientos delanteros. El montante trasero debe ser vertical. El montante delantero del arco lateral, al igual que en un arco delantero, debe seguir los montantes del parabrisas lo más cerca posible y tener una sola curvatura en su parte vertical inferior.



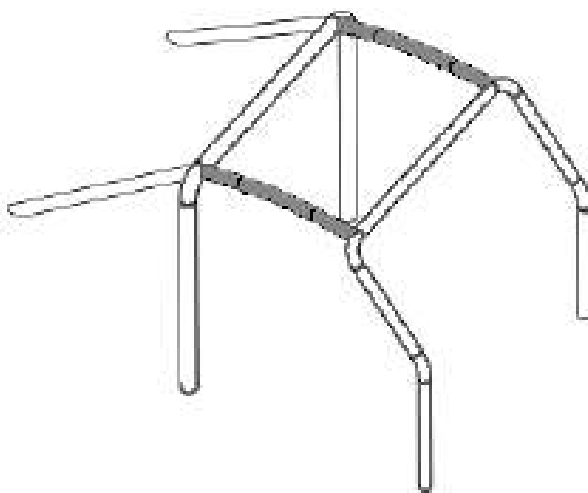
*Figura 39: Arcos laterales (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

El **semiarco lateral** (ver Figura 40) es idéntico al arco lateral pero sin el pilar trasero.



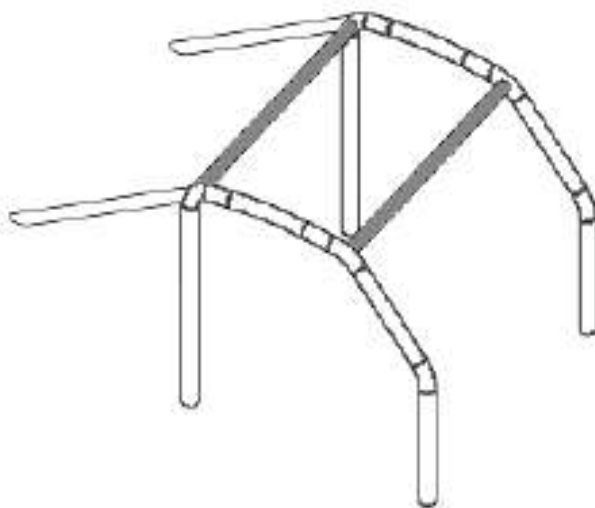
*Figura 40: Semiarcos laterales (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

El **miembro o tirante longitudinal** (ver Figura 41) es un tubo longitudinal de una única pieza que une las partes superiores del arco principal y el arco delantero.



*Figura 41: Tirantes longitudinales (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

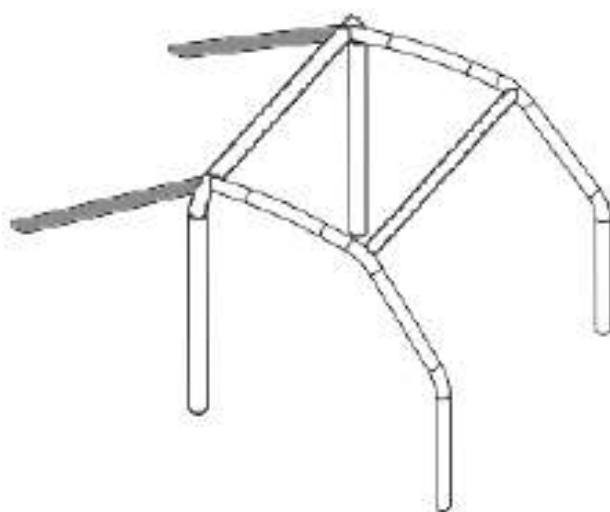
El **miembro o tirante transversal** (ver Figura 42) consiste en un tubo transversal de una única pieza que une los miembros superiores de los arcos o semiarcos laterales.



*Figura 42: Tirantes transversales (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

Las conexiones de los miembros o tirantes transversales a los arcos laterales, así como las de los miembros o tirantes longitudinales a los arcos principal y delantero, y al igual que la unión de un semiarco lateral al arco principal, deberán estar situadas a nivel del techo. Las soldaduras de tipo TIG están completamente prohibidas y, en el caso de emplear uniones desmontables, no debe haber más de 4 a nivel de techo.

Los **tirantes traseros** (ver Figura 43), constituidos cada uno por un único tubo, unen el montante superior del arco principal o de los arcos o semiarcos laterales, a la carrocería. Deben anclarse cerca del techo y de los ángulos superiores exteriores del arco principal, a ambos lados del vehículo. 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.



*Figura 43: Tirantes traseros (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*



El denominado **pie de anclaje** es una placa soldada en los extremos de las barras de la estructura de seguridad, para permitir el atornillado de la misma a la carrocería del vehículo. Entre esta última y el pie de anclaje se sitúa una placa de refuerzo, generalmente soldada al chasis del vehículo, encargada de repartir homogéneamente la carga.

### MIEMBROS AUXILIARES OBLIGATORIOS DE LA JAULA DE SEGURIDAD

Los **tirantes diagonales** (ver Figura 44) son tubos transversales que unen uno de los ángulos superiores del arco principal o uno de los extremos del miembro transversal de un arco lateral, con el pie de anclaje opuesto inferior. También se colocan uniendo el extremo superior de un tirante trasero con el punto de anclaje inferior del contrario. La unión del extremo inferior de la diagonal al arco principal o al tirante trasero debe producirse a menos de 100 mm del pie de anclaje. Así mismo, el extremo superior de la diagonal debe unirse al arco principal a menos de 100 mm de la unión de este con el tirante posterior.

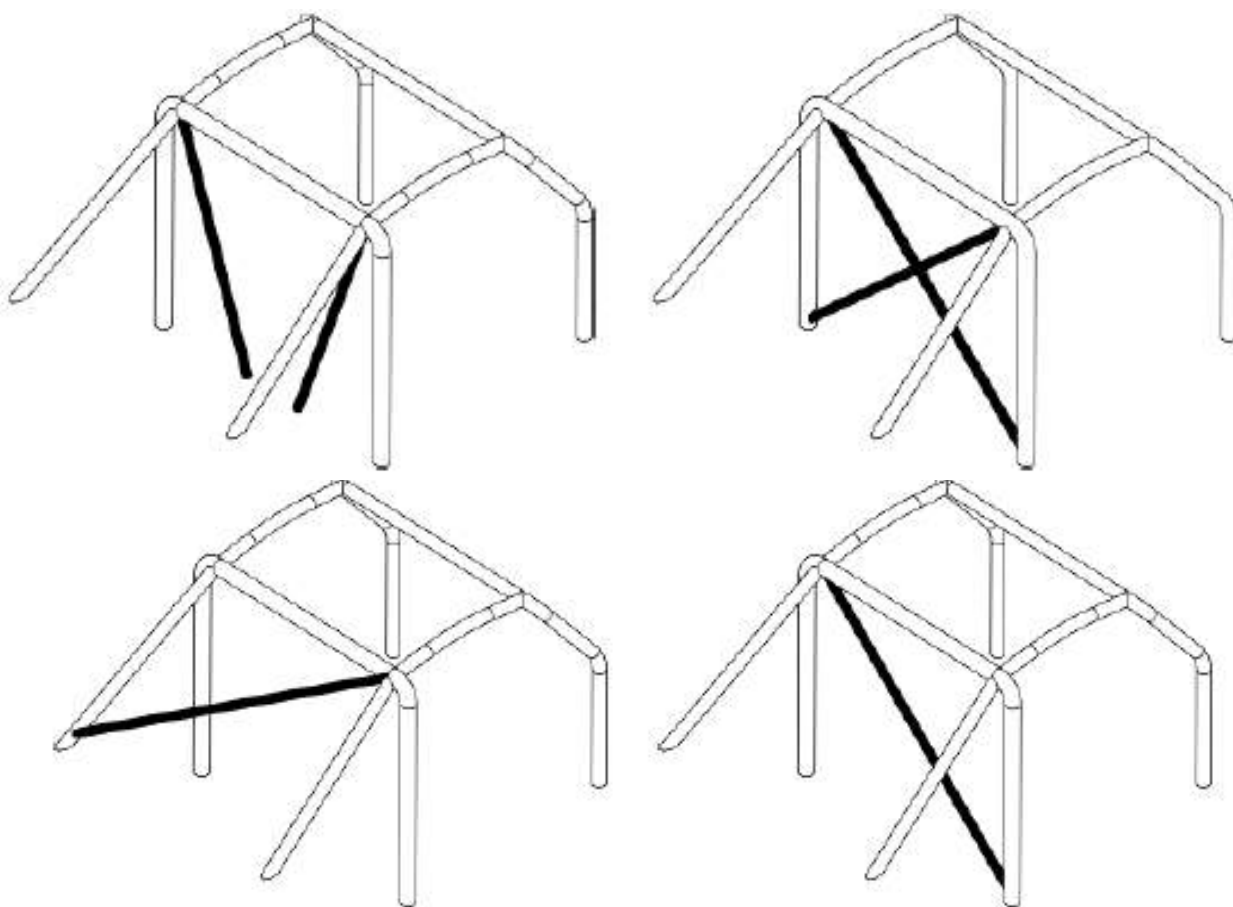
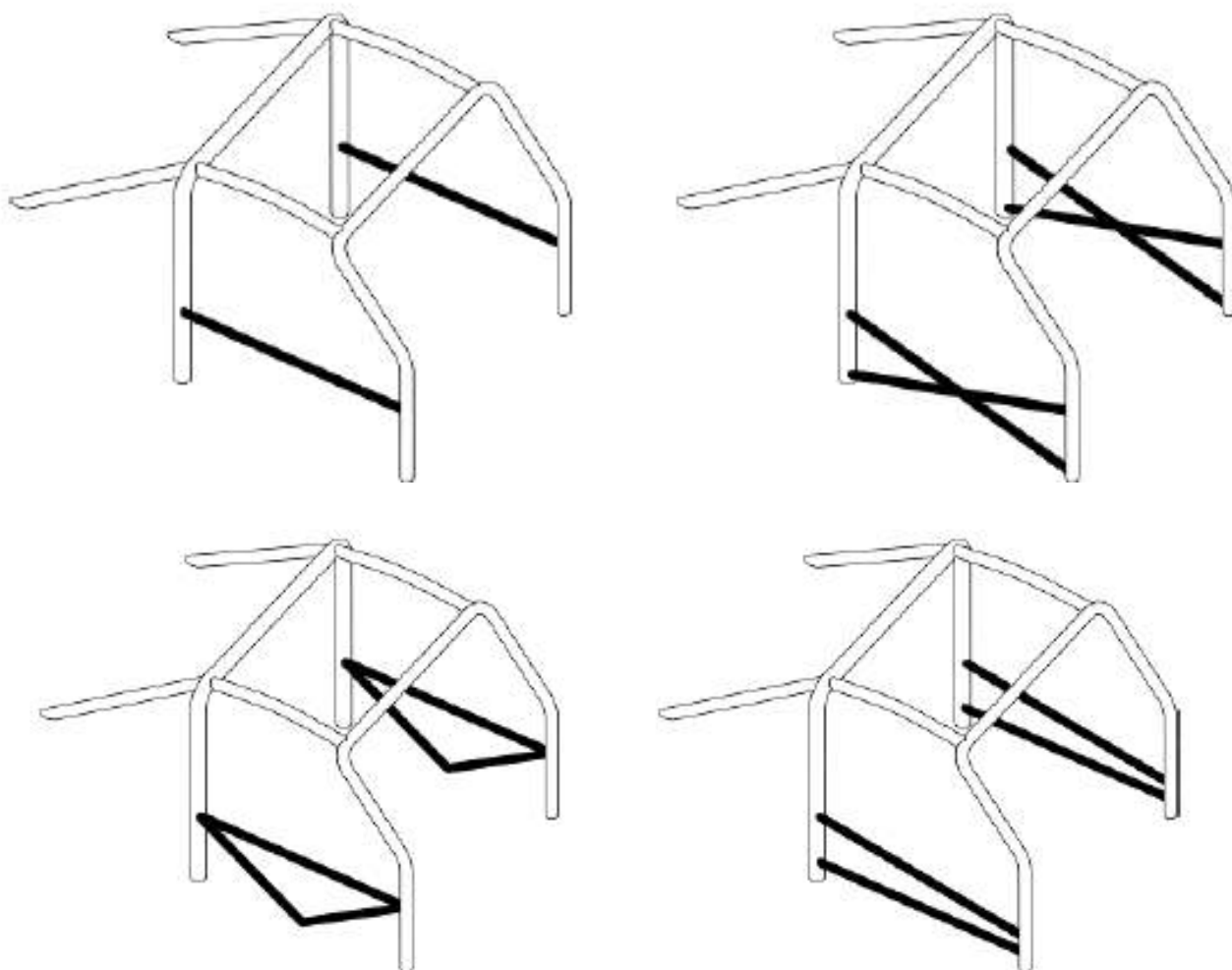


Figura 44: Tirantes diagonales (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)

Los **tirantes de puertas** (ver Figura 45) son barras de protección lateral. Se sitúan longitudinalmente a los lados de la carrocería, pueden combinarse varios diseños siempre que sean idénticos en ambas laterales, excepto en el caso de competiciones sin copiloto, en las cuales está autorizado su montaje únicamente en el lado del conductor. Se situarán lo más arriba como sea posible, sin llegar a impedir la entrada de los ocupantes, y siempre que sus puntos de anclaje superiores no se encuentren por encima de la mitad de la altura total de la puerta, medida desde su base.



*Figura 45: Tirantes de puertas (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

Los elementos de **refuerzo del techo** mejoran la resistencia de toda la estructura al proporcionarla rigidez. Puede tratarse de barras con una cierta curvatura que se adapten a la forma del techo. De los refuerzos de techo mostrados en la Figura 46, en el primer caso, deberá cumplirse, tras el montaje de los mismos, que los extremos de los refuerzos estén a menos de 100 mm de la unión entre arcos y miembros. En el segundo caso, para la unión de los tubos en la

punta de la V, si los tubos no se juntan entre sí, la distancia entre ellos en su conexión con el arco o el miembro transversal no deberá ser superior a 100 mm.

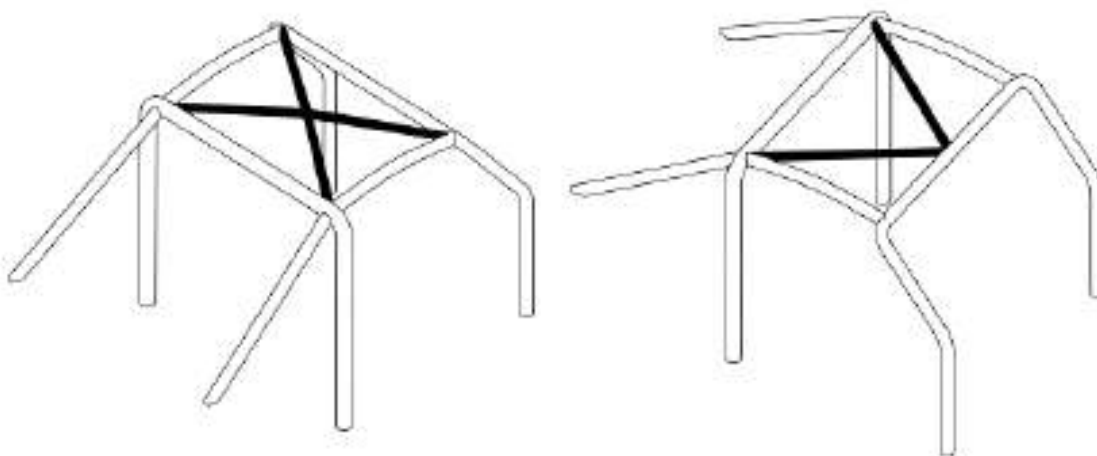


Figura 46: Tirantes de refuerzo del techo (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)

Los **pilares de refuerzo del parabrisas** (ver Figura 47) deberán montarse a cada lado del arco delantero si la dimensión “A” es superior a 200 mm. Pueden ser curvados siempre que sean rectilíneos en vista lateral y que el ángulo de curvatura no exceda los 20°. Su extremo superior debe estar a menos de 100 mm de la unión entre la parte lateral del arco delantero y el miembro transversal. Su extremo inferior debe estar a menos de 100 mm del pie de anclaje del arco, en el caso de arco delantero, o del pie de anclaje delantero en el caso de arco lateral. Su conexión con los tirantes de puertas está autorizada.

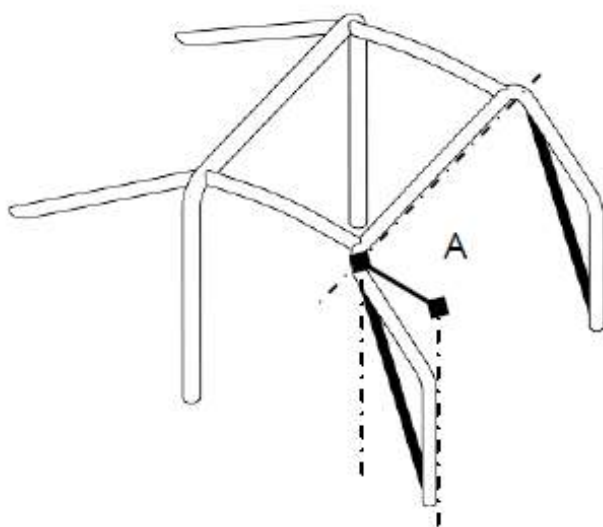
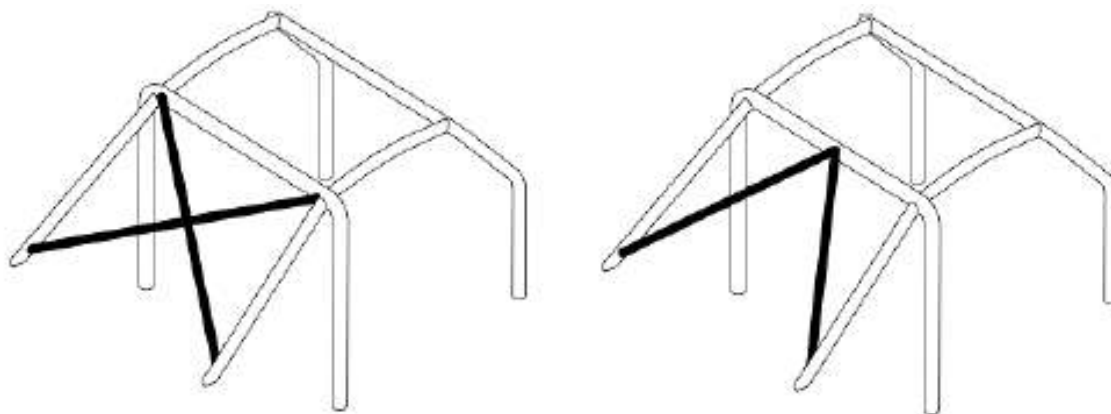


Figura 47: Tirantes de refuerzo del parabrisas (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)

## MIEMBROS AUXILIARES OPCIONALES DE LA JAULA DE SEGURIDAD

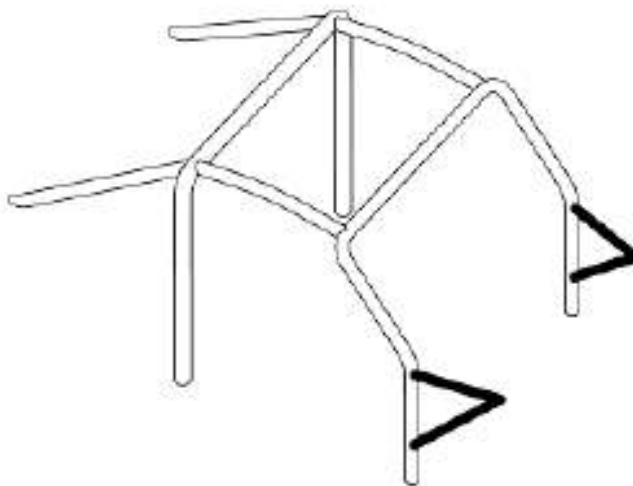
Pueden añadirse **pilares de refuerzo del parabrisas**, con las mismas condiciones exigidas para los pilares obligatorios.

Las **diagonales entre los tirantes traseros** (ver Figura 48) permiten rigidizarlos, aumentando la resistencia de todo el conjunto.



*Figura 48: Diagonales entre los tirantes traseros (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

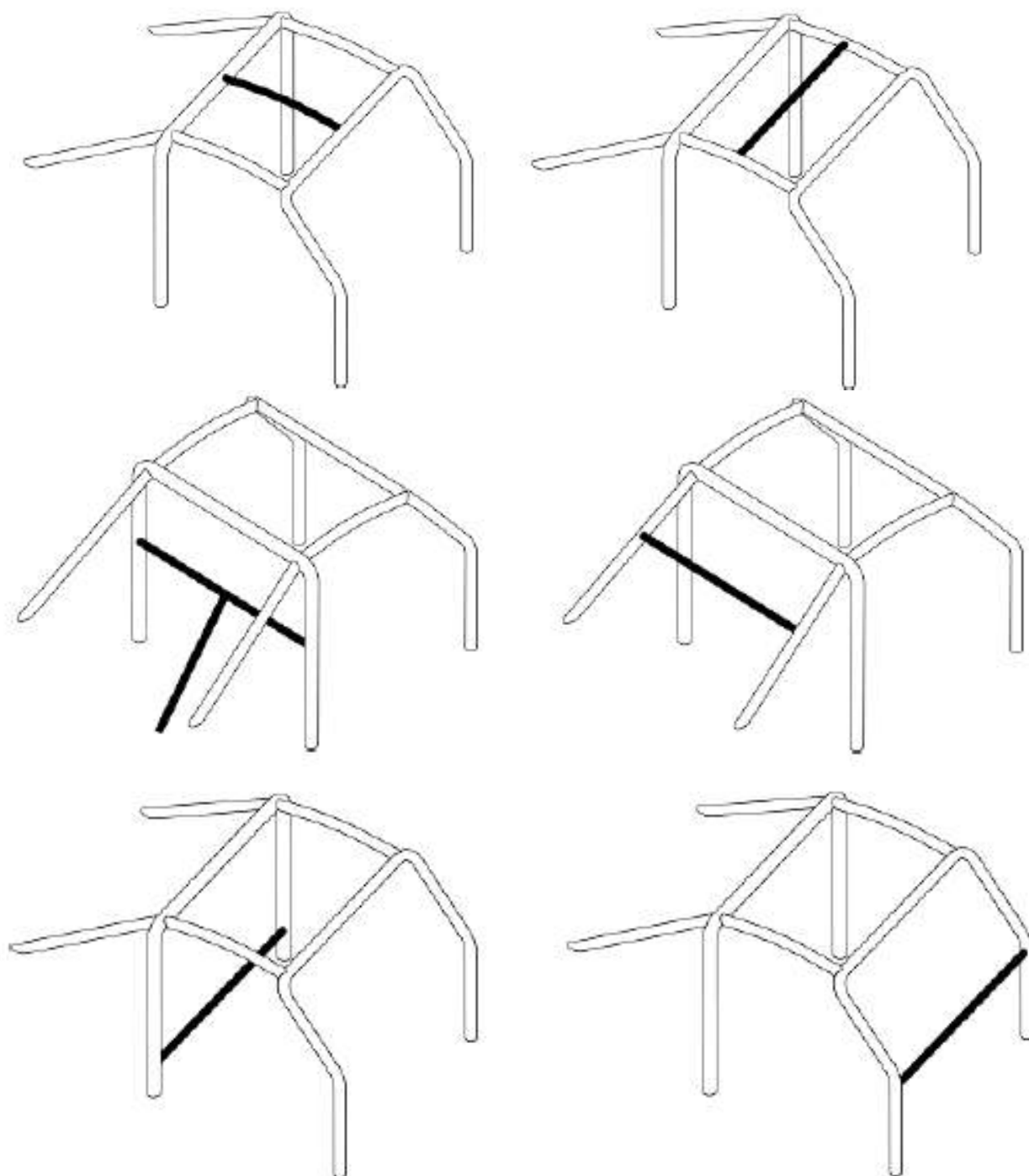
Pueden incluirse **refuerzos de anclaje sobre la suspensión delantera** (ver Figura 49), los cuales han de estar conectados a los puntos de anclaje superiores de la suspensión.



*Figura 49: Refuerzos de anclaje (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

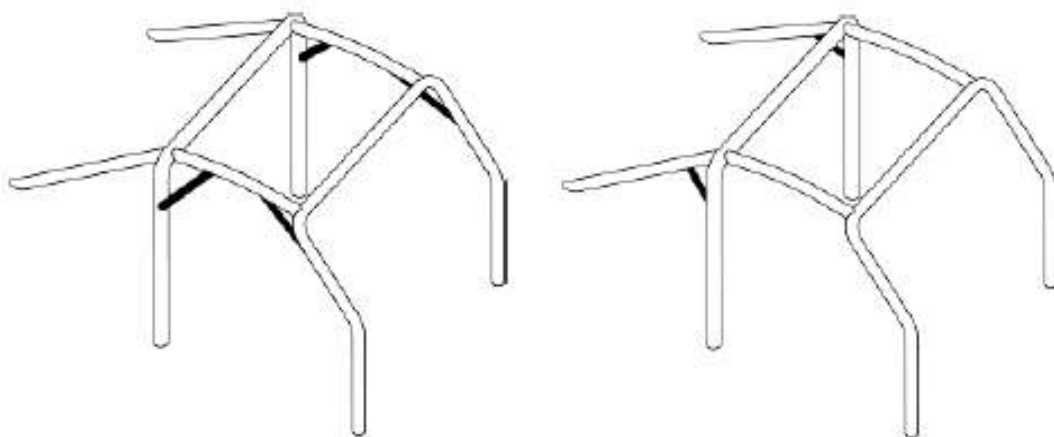
Pueden montarse **miembros transversales sobre el arco principal, el arco delantero y el arco trasero o entre los tirantes transversales, los longitudinales y los traseros**, como los

mostrados en la Figura 50. Estos elementos pueden usarse para fijar los anclajes de los arneses de seguridad, debido a la prohibición del empleo de conexiones desmontables dado por el art. 253-6.2. Si se montan miembros transversales fijados al arco delantero, no deben invadir el espacio reservado a los ocupantes ni posicionarse por debajo de la columna de dirección.



*Figura 50: Miembros transversales de refuerzo sobre el arco principal y el arco delantero, y entre los tirantes transversales, longitudinales y traseros  
(Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

Por último, pueden añadirse **refuerzos de ángulo y unión** (ver Figura 51) consistentes en tubos o chapas curvadas en forma de U, cumpliendo con el art. 253-8.2.14. El espesor de los elementos que formen el refuerzo no debe ser inferior a 1 mm. Los extremos de las barras de refuerzo no deben situarse a mayor distancia de la mitad de la longitud del miembro al que van unidos, a excepción de los refuerzos de ángulo del arco delantero, que pueden unirse a las barras de refuerzo de las puertas y el arco delantero.

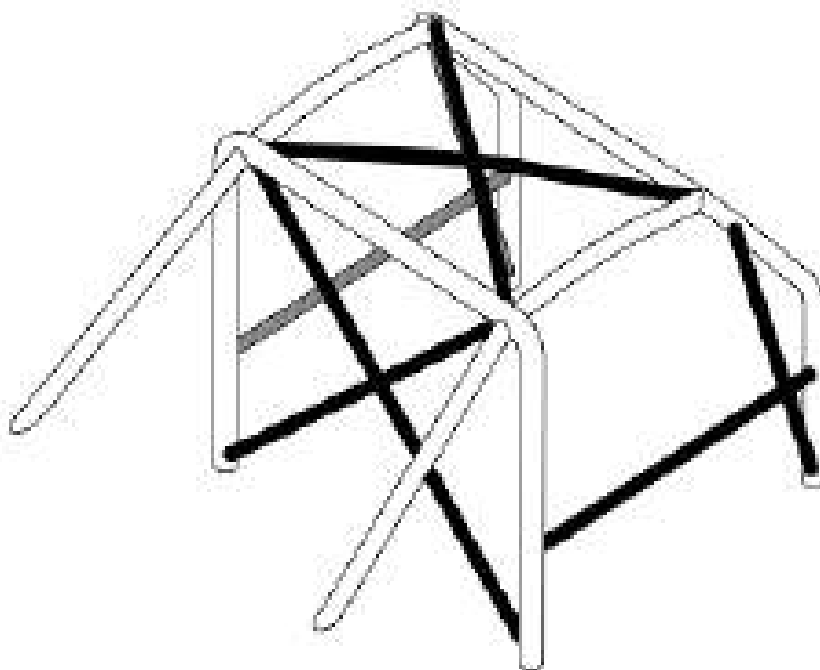


*Figura 51: Refuerzos de ángulo y unión (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

Los refuerzos de ángulos y uniones comprenden principalmente las uniones entre:

- Los miembros diagonales del arco principal
- Los refuerzos del techo
- Los tirantes de las puertas
- Los tirantes de las puertas y los pilares de refuerzo del parabrisas, éstos deben estar reforzados con un mínimo de dos cartelas de acuerdo con el artículo 253-8.2.14. En el caso de que los tirantes de las puertas y los pilares de refuerzo del parabrisas no estén situados en el mismo plano, el refuerzo debe estar fabricado en chapa de acero, cumpliendo con las dimensiones del artículo anteriormente citado.

Por lo tanto, la **configuración mínima de seguridad con copiloto**, según el reglamento, será similar a la mostrada en la Figura 52.



*Figura 52: Configuración mínima de seguridad en competiciones con copiloto  
(Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

### **UNIÓN DE LA JAULA ANTIVUELCO A LA CARROCERÍA**

Longitudinalmente, la estructura de seguridad debe estar contenida entre los anclajes de los elementos de las suspensiones delanteras y traseras que soportan las cargas verticales (muelles y amortiguadores).

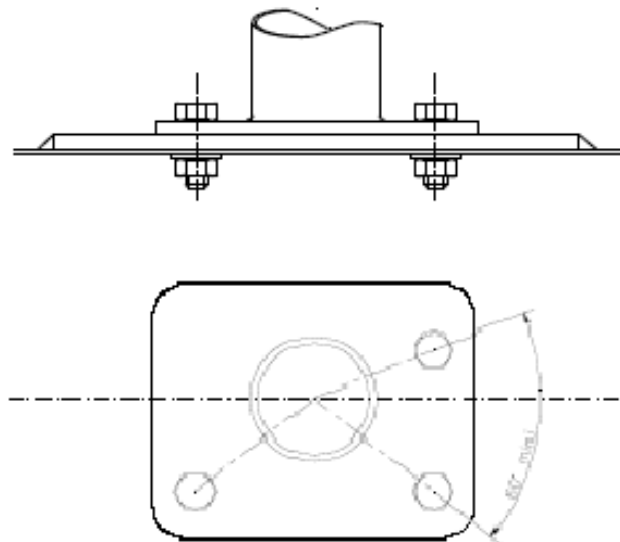
Cada uno de esos puntos de anclaje puede ser conectado a la estructura de seguridad mediante un solo tubo de dimensiones 30 x 1,5 mm.

El mínimo número de puntos de anclaje es de:

- 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



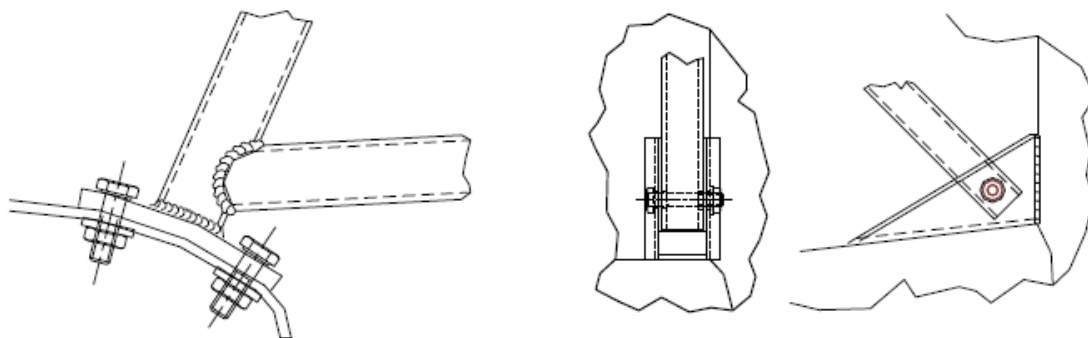
Cada **pie de anclaje del arco delantero, del arco principal y de los arcos o semiarcos laterales** (ver Figura 53), debe estar formado por un tubo soldado a una placa, y fijado por al menos 3 tornillos sobre una placa de refuerzo de, como mínimo, 3 mm de espesor y 120 cm<sup>2</sup> de superficie de contacto, la cual se encuentra (generalmente) soldada a la carrocería.



*Figura 53: Pie de anclaje del arco delantero, del arco principal y de los arcos o semiarcos laterales (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

Los tornillos deben ser, como mínimo, de métrica 8 con una calidad ISO 8.8 o superior (norma ISO). Las tuercas empleadas son autoblocantes o dotadas de arandelas de bloqueo. El ángulo entre 2 tornillos, medido con respecto al eje central del tubo a nivel del pie de anclaje no debe ser inferior a 60°, como puede observarse en la imagen superior.

En cuanto a los **puntos de anclaje de los tirantes traseros**, cada tirante longitudinal trasero deberá fijarse con un mínimo de 2 tornillos M8 con las placas de refuerzo de un área de, al menos, 60 cm<sup>2</sup> (ver Figura 54, izquierda); o fijadas por un solo tornillo a doble cizalladura (ver Figura 54, derecha) a condición de que éste sea de la sección y resistencia adecuadas, y siempre que se suelde un manguito al tirante.



*Figura 54: Pie de anclaje de los tirantes traseros (Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*



Como fijaciones suplementarias se podrán soldar los pies de anclaje de los arcos de la jaula antivuelco directamente a las placas de refuerzo, formando una unión permanente.

Para las uniones únicamente se autoriza el empleo de tubos de sección circular con las siguientes especificaciones (ver Tabla 1):

Material	Resistencia mínima a la tracción	Dimensiones mínimas (mm)	Utilización
Acero al carbono no aleado conformado en frío sin soldadura, conteniendo un máximo del 0.3 % de carbono	350 N/mm <sup>2</sup>	45 x 2.5 (1.75"x0.095") o 50 x 2.0 (2.0"x0.083")	Arco principal o arcos laterales, según construcción, y miembros transversales traseros
		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 1: Materiales autorizados por la normativa de seguridad de la FIA para las uniones  
(Tabla obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)*

Para un acero no aleado, el contenido máximo de aditivos es de 1.7 % de manganeso y 0.6 % de otros elementos. En la selección del acero empleado debe prestarse especial atención a las propiedades de éste en cuanto a elongación y soldabilidad.

El **acero** escogido para la construcción de la estructura de seguridad es el **S355**, que presenta un límite elástico de 355 N/mm<sup>2</sup>.

El curvado de los tubos debe realizarse en frío, con un radio de curvatura de, como mínimo, 3 veces su diámetro. Si durante la operación la sección del tubo pierde su forma esférica puede



seguir empleándose siempre que la relación entre su diámetro menor y mayor no sea inferior a 0.9. La superficie a nivel de los ángulos ha de ser uniforme, sin ondulaciones ni fisuras.

En cuanto a las **soldaduras** entre barras o placa de anclaje/barra, éstas deberán cubrir todo el perímetro del tubo, siendo de la mejor calidad posible y de penetración total. Preferentemente se empleará la técnica de soldadura al arco en atmósfera de gas inerte. Deberá comprobarse la apariencia de las soldaduras ya que, aunque una buena apariencia exterior no garantiza necesariamente calidad, una mala apariencia (falta de homogeneidad, fisuras,...) es indicativo de mal trabajo.

Por último, en los lugares puedan entrar en contacto los cuerpos de los ocupantes con la estructura de seguridad, debe instalarse **revestimientos protectores no inflamables**. En la barra transversal del arco delantero y las barras superiores de los arcos laterales, aquellas que pueden entrar en contacto con los cascos del piloto y del copiloto, el revestimiento empleado debe cumplir con la norma FIA 8857-2001, tipo A, y encontrarse permanentemente fijada a la estructura.

La jaula o estructura de seguridad, además de cumplir con unos requerimientos mínimos en cuanto a seguridad, se emplea para dar rigidez al chasis y soportar los nuevos esfuerzos a los que se verá sometido el vehículo debido al uso de competición que se le va a dar al mismo. Es por este motivo que, generalmente, la jaula dispone de mayor número de barras que las obligatorias.

El refuerzo de la carrocería es un aspecto muy importante puesto que de ello depende en gran medida el comportamiento del vehículo en las curvas ya que evita que se produzca una torsión excesiva en la misma, impidiendo que las cotas varíen de manera indeseada, al ser absorbidos dichos esfuerzos a través del sistema de suspensión.

La jaula instalada cumple también funciones estructurales ya que soporta los elementos de la suspensiones delantera y trasera para evitar el sobredimensionamiento de la carrocería, la cual se encontrará sometida a valores similares a los del vehículo de origen.

## PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA PARA LA HOMOLOGACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SEGURIDAD

Si la estructura de seguridad básica, como la mostrada en la Figura 52, ha sido fabricada por materiales que cumplan con la normativa y cumplen con las dimensiones mínimas obligatorias, es decir, con las especificaciones recogidas en la Tabla 1, puede ser homologada sin el requerimiento de ninguna prueba de carga estática ni necesidad de cálculos aritméticos. Esto es lo que ocurre con la jaula de seguridad instalada en el vehículo presente, fabricada en acero S355, de 2 mm de espesor, con diámetro 50 mm en las barras del arco principal y los miembros transversales traseros; y diámetro 40 mm en las barras de los semiarcos laterales y demás partes de la estructura de seguridad.

Las estructuras de seguridad que no cumplan con dichas especificaciones deberán ser sometidas a una serie de pruebas estáticas realizadas en un instituto aprobado por la FIA. Para ello, la jaula antivuelco deberá estar instalada directamente, o por medio de una estructura adicional, en el dispositivo de ensayo, por medio de sus fijaciones originales. Se llevarán a cabo dos ensayos: uno sobre el arco principal y otro sobre el delantero.

- Ensayo sobre el arco principal:

El arco principal, junto con el resto de la estructura de seguridad, deberá resistir una carga vertical de  $7,5 \cdot p$  daN, siendo  $p$  igual al peso del vehículo + 500 kg, aplicada en la parte superior del dicho arco por medio de un tampón rígido.

Dicho tampón debe ser de acero, tener un radio de  $20 \pm 5$  mm en los bordes situados directamente sobre el arco, y presentar las siguientes dimensiones:

- Longitud = anchura del arco principal + un mínimo de 100 mm.
- Anchura =  $250 \pm 50$  mm.
- Grosor = un mínimo de 40 mm.

El tampón deberá seguir el perfil transversal del arco principal y aplicar la carga durante 15 segundos. La carga aplicada no deberá producir ni rotura ni deformaciones superiores a 50 mm (medidos bajo carga y según el eje de aplicación de la carga) en el punto de aplicación.



- Ensayo sobre el arco delantero:

El arco delantero, junto con el resto de la estructura de seguridad, deberá resistir una carga vertical de  $3,5 \cdot p$  daN, siendo  $p$  igual al peso del vehículo + 500 kg, aplicada en la parte superior del dicho arco, en el lado del piloto y en la intersección del mismo con el miembro transversal delantero, por medio de un tampón rígido.

El tampón debe ser de acero, tener un radio de  $20 \pm 5$  mm en los bordes situados directamente sobre el arco, y presentar las siguientes dimensiones:

- Longitud =  $450 \pm 50$  mm.
- Anchura =  $250 \pm 50$  mm.
- Grosor = un mínimo de 40 mm.

Dicho tampón deberá estar diseñado de modo que, al aplicar la carga, permanezca en la zona de intersección entre el arco delantero y el miembro transversal delantero. El eje longitudinal del tampón deberá estar dirigido hacia delante y hacia abajo con un ángulo de  $5 \pm 1^\circ$ , con respecto al eje horizontal; y el eje transversal del mismo, dirigido hacia el exterior y hacia abajo con un ángulo de  $25 \pm 1^\circ$  con respecto a la horizontal.

La carga aplicada será mantenida durante 15 segundos y no deberá producir ni rotura ni deformaciones superiores a 100 mm, medidos bajo carga según el eje de aplicación de la misma, en el punto de aplicación.

## 5.8.- INSTALACIÓN DE ACCESORIOS ADICIONALES

En este último apartado se abordarán otra serie de modificaciones a llevar a cabo sobre el vehículo para su preparación en este tipo de competiciones. Algunas de ellas están exigidas por el reglamento y otras son optativas, a gusto del preparador o del equipo.

En primer lugar se sustituirán **los asientos delanteros** por unos de tipo baquet, de la marca Sparco, homologados por la FIA para competición automovilística según la norma 8862/2009. El asiento del copiloto es un Sparco SCX 00804ZNR y el del piloto un Sparco SCX H 00805ZNR.

El peso de su cuerpo desnudo (sin relleno ni soportes) debe ser superior a 7 kg. Como ya se ha visto anteriormente, está autorizado mover los asientos delanteros más atrás, junto con la columna de dirección y los arneses de seguridad, para retrasar la posición del centro de gravedad del vehículo, pero nunca más allá del plano vertical definido por el borde delantero del asiento trasero original. Los **asientos traseros** serán retirados, como se vio en el apartado anterior.

Los **soportes y anclajes de los asientos delanteros** serán reemplazados por otros, homologados por la FIA bajo el reglamento del grupo R5, situados (al igual que los asientos delanteros) más cerca de la parte posterior del vehículo. Los **soportes y anclajes de los asientos traseros** serán eliminados, al igual que éstos.

Se reemplazarán los **cinturones de seguridad** por unos arneses de seguridad de la marca Sparco, de 6 puntos de anclaje, homologado por la FIA según las normas 8854/98 y 8853/98. Las fijaciones de los arneses deben estar homologadas bajo la normativa de la variante R5. En la Figura 55 se muestran las ubicaciones geométricas de los puntos de anclaje:

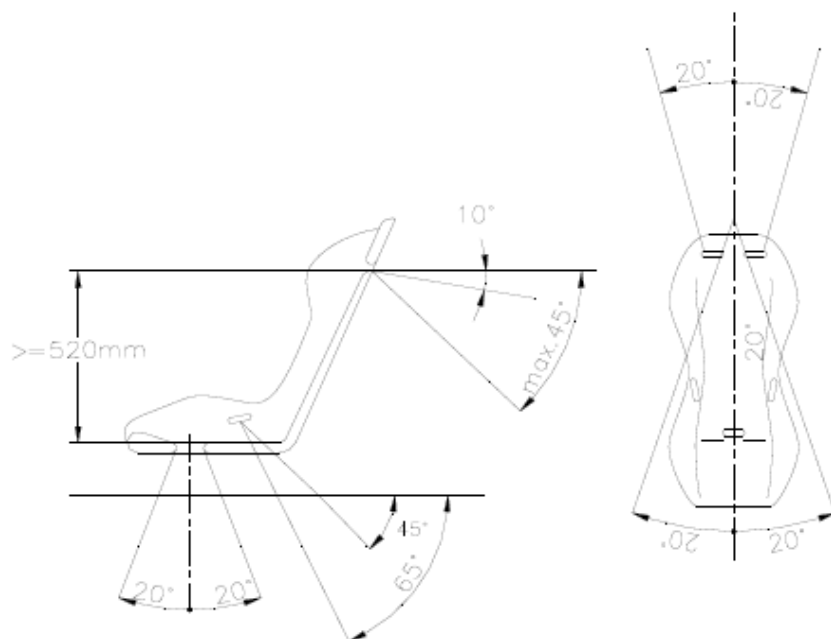


Figura 55: Ubicación de los puntos de anclaje de los arneses de seguridad sobre los asientos  
(Imagen obtenida del Art. 253 del Anexo J de la FIA)

Se procederá a la instalación de un **extintor automático**, ubicado bajo el capó, y **otro manual**, situado tras el asiento del copiloto o bajo alguno de los asientos delanteros (ver Figura 56), que actúen sobre el interior del vehículo y sobre el vano motor. La capacidad de dichos extintores es de un mínimo de 3 kg de agente extintor, en el primer caso, y de 2 kg en el segundo, de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 253.7 del Anexo J.



Figura 56: Detalle de la posible ubicación del extintor manual, bajo el asiento del piloto, en un Peugeot 208 R2 (Imagen tomada de <http://www.tf1.fr/auto-moto/photo/la-peugeot-208-r2-en-photos-7220785-REIBX05VTUVSTyAxMw==.html#photo/14>)



Todos los elementos de los extintores deberán protegerse adecuadamente, ser resistentes al fuego y estar situados en el interior del habitáculo. El contenedor puede situarse en el maletero siempre que se encuentre, como mínimo, a 300 mm del borde más externo de la carrocería y en dirección horizontal. Deberá asegurarse con un mínimo de 2 abrazaderas metálicas con tornillos autoblocantes y el sistema de seguridad debe ser capaz de soportar una deceleración de 25 g. Las conducciones del sistema de extinción instalado serán metálicas (obligatorio).

Tanto el piloto como el copiloto deberán ser capaces de operar sobre el **accionamiento interno del extintor** manualmente, estando situados en sus respectivos asientos y con los arneses de seguridad abrochados, por lo que se ubicará el mismo en la nueva **consola central** instalada, situada entre los asientos delanteros y encargada de controlar el mando de ciertos sistemas del vehículo como el arranque o la calefacción. Este accionamiento deberá estar situado junto al interruptor cortacorrientes ya mencionado, encargado de producir el corte de suministro eléctrico entre la batería y el motor. Las toberas de extinción deben ser adecuadas para el tipo de agente extintor e instalarse de tal forma que no apunten directamente a la cabeza de los ocupantes. Todos los extintores deberán estar correctamente presurizados.

Entre los agentes extintores permitidos por la normativa de seguridad de la FIA están: AFFF, FX G-TEC, Viro 3 y polvo, quedando completamente prohibidos los productos BCF y NAF.

Se reemplazarán las **puertas delanteras** por otras simplificadas y ligeras, fabricadas con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, que incluyan paneles de espuma adicionales en su interior encargados de absorber parte del impacto en caso de choque lateral, y compatibles con las dimensiones de los tirantes de puerta de la estructura de seguridad. Asimismo se retirará el sistema de **cierre centralizado** y se montarán las nuevas **ventanillas delanteras**, fijas, fabricadas en policarbonato, con una pequeña abertura rectangular con apertura corredera que permite la ventilación de los ocupantes. También se procederá al montaje de las **ventanillas traseras**, fijas, también elaboradas en policarbonato.

Se montará un **sistema de sujeción de la rueda de repuesto** consistente en aprietes de anclaje rápido, colocado junto las herramientas necesarias para el cambio de la misma, el gato y la pistola de ruedas (ver Figura 57). El gato ha de funcionar exclusivamente de manera manual (accionado por el piloto o el copiloto) y sin ayuda de ningún sistema hidráulico, neumático o eléctrico. La pistola de ruedas no debe permitir desmontar más de una tuerca a la vez.



Figura 57: Emplazamiento de la rueda de repuesto en un Peugeot 208 R2 (Imagen tomada de <http://www.caranddriverthef1.com/coches/planeta-motor/54048-peugeot-208-r2>)

Además de los elementos mencionados hasta ahora, cuya instalación es de carácter obligatorio, se autoriza el empleo de otros accesorios que no tienen ningún efecto sobre el comportamiento del vehículo, como aquellos que mejoren el confort o la estética del interior del vehículo (iluminación, calefacción, radio,...). Entre estos está también la colocación de una palanca de freno de mano más larga o el empleo de un separador adicional en el pedal del freno. En cualquier caso, estos accesorios no incrementarán la potencia del motor ni influirán en la dirección, transmisión, frenos o agarre del vehículo, ni directa ni indirectamente.

El **salpicadero** original será retirado y sustituido por otro más simplificado, sin recubrimientos plásticos, radio, botones ni guantera. El **sistema de calefacción** de origen será reemplazado completamente por otro de menor peso y potencia. Se retirará el compresor del **aire acondicionado**, eliminándose asimismo los siguientes elementos: condensador y ventilador auxiliar, tanque de fluidos, evaporador y ventilador del evaporador, válvula de expansión, canalizaciones, conexiones, interruptores de contacto, sensores y actuadores del sistema. Se eliminarán las **alfombrillas**, así como los **materiales de insonorización** del motor y del habitáculo.



Se reemplazarán las **lunas delantera y trasera** por otras de tipo laminado, con mayor número de capas de policarbonato sódico, más ligeras y seguras para los ocupantes del vehículo, y homologadas bajo la normativa grupo R5. Se sustituirá el **mecanismo del limpiaparabrisas** delantero (incluido el tanque y las canalizaciones del mismo), eliminándose el trasero.

Otro de los elementos adicionales, así como opcionales, consiste en la instalación de una **centralita de interfonos** para la comunicación del piloto y el copiloto durante los tramos cronometrados de las competiciones, ya que, debido al ruido del motor y al empleo de casco, ésta suele ser muy complicada y fácilmente mejorada con el montaje de unos auriculares y un micrófono en cada uno de los cascos.

Se instalará una **consola central** entre los asientos delanteros encargada del control de ciertos sistemas del vehículo como la calefacción, el claxon o el arranque. Además, se montará un **reposapiés para el copiloto** con el objetivo de mejorar su comodidad debido a la instalación de barras de la jaula de seguridad en su emplazamiento original.

Se montará un **conjunto encargado de la ventilación de la cabina** situado en el techo del vehículo.

Toda esta retirada de elementos no obligatorios contribuye a la reducción de peso del vehículo, incrementado debido al refuerzo de ciertos componentes y a la sustitución de otros por elementos más resistentes pero generalmente más pesados, ya que el peso mínimo autorizado es de 1230 kg (1390 kg con piloto + copiloto), restricción que se trata de apurar al máximo, en la medida de lo posible, para una rápida aceleración.

## 6. PROYECTO TÉCNICO DE REFORMAS DE IMPORTANCIA

### 6.1.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO DE ORIGEN

En la siguiente tabla (Tabla 2) se encuentran los datos de la ficha técnica completa del vehículo de origen, y a continuación, los planos acotados del mismo (Figura 58):

<b>FABRICANTE</b>	PEUGEOT
<b>Nº DE IDENTIFICACIÓN</b>	VF3CC5FS9DW06****
<b>MARCA</b>	PEUGEOT
<b>VARIANTE</b>	CA5FS0
<b>DENOMINACIÓN COMERCIAL</b>	208 3P Allure 1.6 VTi
<b>Nº DE PLAZAS / DISTRIBUCIÓN ASIENTOS</b>	5 / 2+3
<b>MASAS</b>	
<b>TARA (kg)</b>	1165
<b>MTMA/MMA (kg)</b>	1605
<b>MMR S/F, C/F (kgf)</b>	577/1150
<b>DISTRIBUCIÓN DE PESOS ENTRE EJES</b>	62,6/37,4
<b>PRESTACIONES Y CONSUMOS HOMOLOGADOS</b>	
<b>VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)</b>	190
<b>ACELERACIÓN 0-100 km/h (s)</b>	9.9
<b>ACELERACIÓN 0-1000 m (s)</b>	30.2
<b>CONSUMO URBANO (l/100 km)</b>	7.4
<b>CONSUMO EXTRAURBANO (l/100 km)</b>	4.5
<b>CONSUMO MEDIO (l/100 km)</b>	5.6
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> (g/km)</b>	129
<b>NORMATIVA DE EMISIONES</b>	Euro V
<b>DIMENSIONES (mm)</b>	
<b>ESTRUCTURA Y MATERIAL</b>	Monocasco en acero



NÚMERO DE PUERTAS	3
ALTURA TOTAL	1460
ANCHURA TOTAL	1739
LONGITUD TOTAL	3962
BATALLA	2538
VÍA ANTERIOR	1475
VÍA POSTERIOR	1471
VOLADIZO POSTERIOR	652
ALTURA DEL CDG	660
OTROS DATOS RELACIONADOS CON LAS DIMENSIONES	
COEFICIENTE $C_x$	0.31
SUPERFICIE FRONTAL (m <sup>2</sup> )	2.12
FACTOR DE RESISTENCIA	0.66
VOLÚMENES DEL MALETERO:	
- CON UNA FILA DE ASIENTOS (litros)	1076
- CON DOS FILAS DE ASIENTOS (litros)	285
MOTOR	
MARCA	PEUGEOT
TIPO	EP6C
COMBUSTIBLE	Gasolina
POTENCIA MÁXIMA (CV – kW) / rpm	120 – 88 / 6000
PAR MÁXIMO (N·m/rpm)	160 / 4250
SITUACIÓN	Delantero transversal
NÚMERO DE CILINDROS	4 – En línea
MATERIAL DEL BLOQUE/ CULATA	Aluminio / Aluminio
DIÁMETRO x CARRERA (mm)	77 x 85.8
CILINDRADA (cm <sup>3</sup> )	1598
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	11 : 1
DISTRIBUCIÓN	4 válvulas por cilindro. Doble árbol de levas en cabeza (DOHC)
ALIMENTACIÓN	Inyección indirecta
TRANSMISIÓN	
TRACCIÓN	Delantera
CAJA DE CAMBIOS	Manual, 5 velocidades



<b>DESARROLLOS (km/h a 1.000 rpm):</b>	
1ª velocidad	8.5
2ª velocidad	14.8
3ª velocidad	21.1
4ª velocidad	27.4
5ª velocidad	33.8
<b>SUSPENSIÓN Y FRENOS</b>	
<b>SUSPENSIÓN DELANTERA (estruct./muelle)</b>	Independiente, tipo McPherson/ resorte helicoidal/ barra estabilizadora
<b>SUSPENSIÓN TRASERA (estruct./muelle)</b>	Semi-independiente, brazo tirado/ eje transversal de torsión/ resorte helicoidal
<b>BARRA ESTABILIZADORA (delante/detrás)</b>	Sí / No
<b>FRENOS DELANTEROS (diámetro en mm)</b>	Disco ventilado (Ø 266)
<b>FRENOS TRASEROS (diámetro en mm)</b>	Disco ventilado (Ø 249)
<b>DIRECCIÓN</b>	
<b>TIPO</b>	Cremallera
<b>TIPO DE ASISTENCIA</b>	Eléctrica
<b>ASISTENCIA EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD</b>	No
<b>DESMULTIPLICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD</b>	No
<b>DESMULTIPLICACIÓN NO LINEAL</b>	No
<b>DESMULTIPLICACIÓN DIRECCIÓN</b>	16.2
<b>DIRECCIÓN A LAS CUATRO RUEDAS</b>	No
<b>DIÁMETRO DE GIRO ENTRE BORDILLOS / PAREDES (m)</b>	10.4 / 11.2
<b>VUELTAS DEL VOLANTE ENTRE TOPES</b>	2.9
<b>NEUMÁTICOS</b>	
<b>NÚMERO Y DIMENSIONES</b>	4 x 195/55 R16
<b>ÍNDICE DE CARGA</b>	87 H
<b>LLANTAS</b>	
<b>DIMENSIONES (pulgadas)</b>	6 X 16

Tabla 2: Características técnicas del vehículo de serie (Datos tomados de <http://www.km77.com/precios/peugeot/208/2012/208-5p-allure-16-vti-120>)

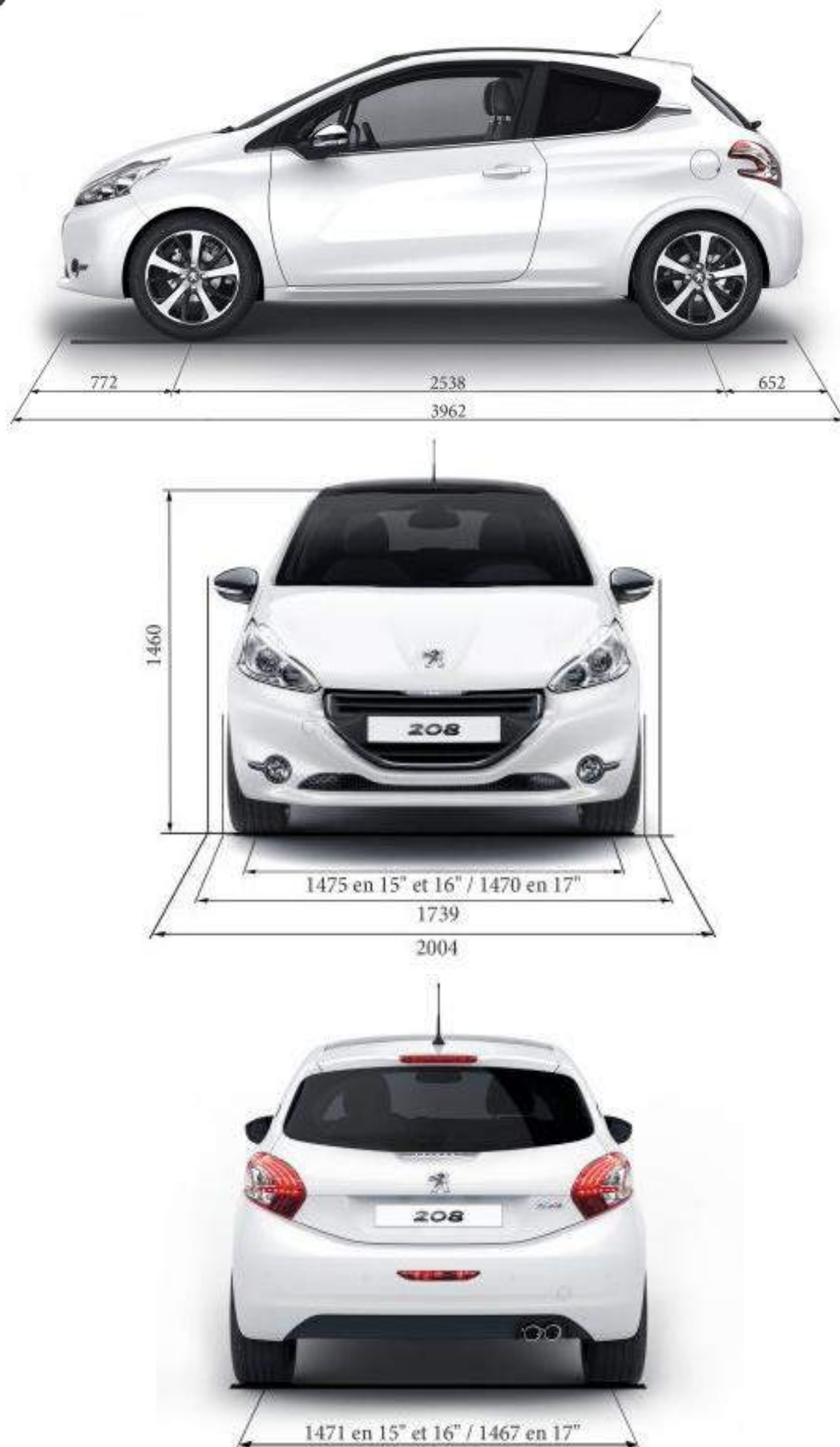


Figura 58: Planos acotados del vehículo de serie (Imágenes obtenidas de [http://www.carissime.com/peugeot\\_208\\_ft.htm](http://www.carissime.com/peugeot_208_ft.htm))



## 6.2.- OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente proyecto se basa en el estudio técnico que justifica la viabilidad de las reformas de importancia a realizar sobre el vehículo de origen, con el objetivo de mejorar tanto sus prestaciones como la seguridad del mismo. Para ello se hará uso del Manual de Reformas de Importancia del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

## 6.3.- TIPIFICACIÓN DEL PROYECTO

En primer lugar se define la categoría a la que pertenece el vehículo del presente estudio:

Categoría M1: Vehículos a motor destinados al transporte de personas, que tengan al menos cuatro ruedas (o tres ruedas y un peso máximo superior a 1 tonelada) y que cuenten con hasta ocho plazas como máximo, además del asiento del conductor.

Según el Manual de Reformas de Importancia, anteriormente mencionado, y el Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, que obedece a las prescripciones contenidas en las Directivas 2002/24/CE, 2003/37/CE y 2007/46/CE dadas por el Parlamento Europeo y el Consejo, las reformas realizadas sobre el vehículo, recogidas en grupos, son las siguientes:

### - GRUPO N°2: UNIDAD MOTRIZ

**DESCRIPCIÓN: Modificaciones sobre la configuración de la unidad motriz del vehículo.**

#### ▪ REFORMA 2.1.- Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente.

En esta reforma se contemplan las modificaciones del sistema de admisión, tales como: instalación de un turbocompresor, refrigerador de aire de admisión (intercooler) o toma elevada de admisión (snorkel), entre otras.

La tramitación de dicha reforma se debe a la sustitución de todo el conjunto de admisión del motor por otro con turbocompresor y refrigerador del aire de admisión. El



turbocompresor llevará montada una brida restrictora de admisión de 32 mm de diámetro interior y 38 de diámetro exterior, situada a la salida del compresor, cuya función consiste en condicionar el flujo de aire que entra en el motor. El intercooler se encargará de enfriar el aire tras su compresión, el cuál aumenta mucho su temperatura durante dicho procedimiento.

Esta reforma se tramitará junto con la 2.9, al suponer una modificación de la potencia máxima entregada por el motor.

Entre la Documentación Necesaria a presentar para el trámite de dicha reforma, se incluye un Informe de Conformidad con una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación, así como un Certificado del Taller en el que tiene lugar dicha modificación.

▪ **REFORMA 2.2.- Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de alimentación de combustible.**

Dicha reforma se tramitará debido al reemplazamiento de la bomba de combustible por otra de mayor potencia, capaz de suministrar mayores caudales, y a la sustitución de las canalizaciones del sistema de alimentación de combustible, por unas de calidad aeronáutica, con mallado metálico externo, capaces de soportar mayores presiones de trabajo.

Para llevar a cabo la gestión de la reforma, será necesaria la presentación de un Informe de Conformidad junto con una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y un Certificado del Taller.

▪ **REFORMA 2.3.- Modificación o sustitución de la unidad motriz por otra de distintas características.**

Esta reforma se tramitará debido a la sustitución del bloque motor presente en el vehículo de origen por otro de mayores prestaciones, preparado para su homologación bajo el reglamento del grupo R5.

Entre la documentación necesaria para la gestión de dicha reforma, debe presentarse una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación, junto con el Informe de Conformidad, acompañado del Certificado del Taller.



Deberá especificarse, además de la fecha del cambio o modificación de la unidad motriz, la marca y el tipo de motor instalado, así como el número de cilindros del mismo, su cilindrada, la potencia fiscal y real y la nueva tara.

Como se ha visto anteriormente, la modificación de la potencia máxima implica la tramitación adicional de la reforma 2.9.

▪ **REFORMA 2.6.- Modificación o sustitución de las características del sistema de escape: disposición, volumen total, silenciadores, catalizador, tramo de salida,...**

La presente reforma se tramitará debido a la sustitución de toda la línea de escape del vehículo original, desde los colectores hasta el tramo de salida (incluidos el catalizador y el silenciador), por otra más adecuada para las características del nuevo motor instalado, de mayor potencia y par motor.

El reemplazamiento completo de la línea de escape original del vehículo de serie por otra de competición lleva asociado un pequeño aumento de potencia debido al empleo de las ondas de presión y depresión, generadas en el mismo, que aumentan el llenado del cilindro. Debido a este aumento de potencia, dicha reforma se tramitará junto con la reforma 2.9.

Entre la documentación necesaria para su tramitación debe incluirse un Informe de Conformidad y el Certificado del Taller, además de una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación. Se admitirá el nivel de emisiones a fecha de matriculación del vehículo.

▪ **REFORMA 2.7.- Modificación de la ubicación, sustitución, adición o reducción del número de depósitos de combustible.**

En esta reforma se considerarán los casos en los que se altere la configuración inicial de los depósitos de combustible por cambio de emplazamiento, sustitución del mismo por otro diferente, adición o eliminación de depósitos, adición de depósito(s) auxiliar(es) y/o modificación de los periféricos, conexiones o fijaciones al vehículo.

Dicha reforma será tramitada debido a la sustitución del depósito de combustible presente en el vehículo de origen por uno diseñado para competición, más ligero y

resistente debido a su fabricación en kevlar; el cual se encontrará alojado dentro de un container estanco de aluminio, según especifican las normativas de la FIA. También se añadirá un depósito auxiliar de menor capacidad.

Para su tramitación, es requerida la presentación de un Informe de Conformidad, acompañado de una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación, y el Certificado del Taller.

▪ **REFORMA 2.8.- Modificación del sistema de accionamiento del mando para la aceleración, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación del mismo.**

La tramitación de dicha reforma se debe al reemplazamiento del acelerador, junto con el pedalier completo del vehículo de origen, por otro con pedales antideslizantes de aluminio más sencillos.

Tras la modificación deberá garantizarse la no interferencia en el normal funcionamiento de los sistemas de airbag y pretensores del vehículo, lo cual debe estar recogido expresamente en el Informe de Conformidad. De esta exigencia se excluyen a los vehículos para uso militar, protección civil, servicio de bomberos y responsables del mantenimiento del orden público.

Deberá presentarse para su tramitación un Informe de Conformidad, acompañado de una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación, así como del Certificado del Taller.

▪ **REFORMA 2.9.- Modificación de sistemas, o de la programación de los mismos, que puedan variar la potencia máxima.**

La tramitación de dicha reforma se debe a la sustitución de la centralita de serie del vehículo de origen por otra con una nueva programación, para la correcta gestión del funcionamiento del motor con el fin de obtener de éste el máximo rendimiento, y por tanto, la máxima potencia.

En el caso de variación de la velocidad máxima (como es el caso), deberá adecuarse el código de velocidad de los neumáticos a la nueva velocidad máxima.



Para la gestión de la reforma, será necesario presentar un Informe de Conformidad, acompañado de una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación, además del correspondiente Certificado del Taller. Se admitirá el nivel de emisiones a fecha de matriculación del vehículo.

▪ **REFORMA 2.10.- Modificación del sistema de accionamiento para el arranque de la unidad.**

La tramitación de dicha reforma se debe al reemplazamiento del arranque original del vehículo por un arranque por pulsador de tipo rally, sin bombín, y con un interruptor secundario encargado del contacto.

Para el trámite de dicha reforma deberá presentarse un Informe de Conformidad, acompañado de una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller en el que ha tenido lugar la modificación.

- **GRUPO N°3: TRANSMISIÓN**

**DESCRIPCIÓN: Modificaciones que afecten al sistema de transmisión del vehículo.**

▪ **REFORMA 3.1.- Modificación de las características o sustitución del elemento de conexión o desconexión de la transmisión por otro diferente.**

Esta reforma se aplica a transformaciones tales como: cambio de embrague o convertidor de par, entre otras.

La tramitación de dicha reforma se debe al reemplazamiento del embrague original del vehículo de serie por uno cerámico bidisco, capaz de resistir el elevado par proporcionado por el nuevo motor sin patinar.

Para su gestión, será necesaria la presentación, como parte de la Documentación Necesaria, de un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller en el que tiene lugar la reforma. El Informe de



Conformidad incluirá la descripción e identificación de los elementos a modificar o sustituir.

▪ **REFORMA 3.2.- Modificación del sistema de accionamiento del embrague, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación del mismo.**

La presente reforma se debe a la sustitución del sistema de accionamiento del embrague por otro de tipo hidráulico, junto al reemplazamiento del pedalier de origen por otro de competición cuyas características ya han sido mencionadas en la reforma 2.8.

Entre la Documentación Necesaria para su tramitación se incluye el Informe de Conformidad, en el que se describirán e identificarán los elementos que serán modificados o sustituidos, acompañado de una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación, y el Certificado del Taller.

Tras la reforma, deberá garantizarse la no interferencia en el normal funcionamiento de los sistemas de airbag y pretensores del vehículo después de la transformación o la modificación del mismo, indicándolo expresamente en el Informe de Conformidad.

▪ **REFORMA 3.3.- Modificación de la caja de cambios o sustitución por otra de distintas características.**

La tramitación de la presente reforma se debe a la sustitución de la caja de cambios original del vehículo, manual en “H” de 5 velocidades, por otra secuencial, de 5 velocidades.

La gestión de la presente reforma conlleva la realización y presentación de un Proyecto Técnico y su correspondiente Certificación final de obra, junto al Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller. Se admitirá el nivel de emisiones a fecha de matriculación del vehículo.



▪ **REFORMA 3.4.- Modificación de las características, o sustitución, de los elementos de transmisión por otros diferentes, desde la salida de la caja de cambios hasta las ruedas.**

Esta reforma se aplica a transformaciones tales como: modificación o instalación de cajas de transferencia, modificación de la relación final de transmisión de los diferenciales, instalación de autoblocantes o bloqueos de diferencial, instalación de cubos de rueda libre (liberadores de rueda), entre otros.

La tramitación de dicha reforma se debe a la sustitución del diferencial delantero original del vehículo y a la instalación de un diferencial trasero, para el reparto de potencia entre los semiejes traseros debido a la nueva condición de tracción de éstos. Ambos diferenciales instalados son de tipo autoblocante, de deslizamiento limitado. También se instalará un embrague eléctrico conectado al diferencial trasero encargado de desconectar el mismo al actuar sobre el freno de mano.

La gestión de la presente reforma, requiere la presentación de un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el correspondiente Certificado del Taller.

▪ **REFORMA 3.5.- Modificación del sistema de tracción a través de la variación del número de ejes motrices.**

Dicha reforma se debe al cambio de tracción delantera a tracción permanente experimentado por el vehículo mediante el acoplamiento del eje trasero a la transmisión a través de la instalación de un árbol de transmisión, cuyos extremos se encuentran conectados entre la salida de la caja de cambios y el diferencial trasero, que es el encargado de transmitir la potencia al eje trasero; aumentando el número de ejes motrices.

Esta reforma requiere entre la Documentación Necesaria para su tramitación, la elaboración de un Proyecto Técnico junto con la presentación de la Certificación final de obra, el Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado pertinente del Taller en el que se lleva a cabo.



- **REFORMA 3.6.- Modificación o sustitución del sistema de selección de velocidades por otro de distintas características.**

La presente reforma se debe a la sustitución de la palanca manual selectora de velocidades presente en el vehículo de serie, por otra de tipo secuencial, ubicada tras el volante, a la derecha del mismo en forma de leva.

Para la tramitación de dicha reforma se debe incluir la presentación de un Proyecto Técnico y la Certificación final de obra, junto con un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller.

- **GRUPO N°4: EJES Y RUEDAS**

**DESCRIPCIÓN:** Modificaciones que afecten a la configuración de los ejes y las ruedas del vehículo.

- **REFORMA 4.1.- Sustitución del eje por otro de distintas características o modificación de las características del mismo.**

La presente reforma se debe a la sustitución de los semiejes delanteros y traseros por otros fabricados con materiales más resistentes, debido a los sobreesfuerzos que tendrán lugar sobre los mismos al incluirse los separadores de rueda para alcanzar las nuevas dimensiones del vehículo (aumento de ancho total), y al empleo de diferenciales autoblocantes, que generarán esfuerzos mayores en dichos ejes.

La tramitación de dicha reforma lleva asociada la preparación de un Proyecto Técnico, así como la presentación de la Certificación final de obra, acompañada del Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller. El Informe de Conformidad incluirá la siguiente información:

- Tipo(s) de eje(s) que se incorpora(n).
- Características (motricidad, direccional o fijo, capacidad de carga, rueda sencilla o gemela, elevable, fijo o descargable).



- Información sobre la conservación y sustitución de los elementos principales (suspensión, frenos, etc.) y su descripción.
- Actuadores.

▪ **REFORMA 4.2.- Modificación de la distancia entre ejes.**

Dicha reforma será necesaria debido al aumento de la distancia entre ejes, la cual pasa de los 2538 mm del vehículo de serie hasta los 2560 mm del vehículo reformado.

La Documentación Necesaria para su tramitación incluye el desarrollo y aportación de un Proyecto Técnico, la Certificación final de obra, el Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller.

▪ **REFORMA 4.4.- Modificaciones o sustituciones en ruedas e instalación o desinstalación de separadores de ruedas que impliquen modificación del ancho de vía.**

La presente reforma consiste en la instalación de separadores de rueda de 60 mm en cada una de las ruedas, con el objetivo de aumentar el ancho de vía del vehículo desde los 1475 mm de la vía delantera y los 1471 mm de la trasera del vehículo de origen, hasta los 1595 mm de la vía delantera y los 1591 mm de la trasera, del vehículo reformado.

Su tramitación requiere la realización de un Proyecto Técnico (al excederse el ancho de vía en más de 60 mm) y de la Certificación final de obra, además del Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller. El Informe de Conformidad deberá asegurar la compatibilidad entre llanta y neumático.

▪ **REFORMA 4.5.- Sustitución de neumáticos por otros no equivalentes.**

Criterios de equivalencia para neumáticos:

- Índice de capacidad de carga igual o superior
- Código de categoría de velocidad igual o superior



- Igual diámetro exterior con una tolerancia de  $\pm 3\%$ .
- Que el perfil de la llanta de montaje sea el correspondiente al neumático.

La presente reforma se debe al reemplazamiento de los neumáticos de origen del vehículo por otros no equivalentes (al no disponer estos del mismo diámetro exterior que los primeros), más adecuados a las nuevas características del vehículo y de las competencias.

La Documentación Necesaria para su tramitación consiste en el Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller.

#### - GRUPO N°5: SUSPENSIÓN

**DESCRIPCIÓN: Modificaciones que afecten al sistema de suspensión del vehículo.**

- **REFORMA 5.1.- Modificación de las características del sistema de suspensión o de algunos de sus componentes elásticos.**

La presente reforma se debe al reemplazamiento del conjunto de suspensión delantero, de tipo McPherson, por otro del mismo tipo con amortiguadores regulables en compresión y extensión, y muelles más rígidos y regulables en precarga y altura. También se reemplazará el conjunto de suspensión trasera, de rueda tirada, por uno de tipo McPherson, en cada una de las ruedas, como el instalado en el eje delantero.

Asimismo se reemplazará la barra estabilizadora delantera por una regulable, de mayor rigidez, y se instalará una igual en el eje trasero.

La tramitación de esta reforma requiere la presentación de un Proyecto Técnico acompañado de la correspondiente Certificación final de obra, un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller.



- **GRUPO N°6: DIRECCIÓN**

**DESCRIPCIÓN: Modificaciones que afecten al sistema de dirección del vehículo.**

▪ **REFORMA 6.1.- Modificación del sistema de dirección.**

Esta reforma se refiere a la modificación del sistema de dirección: no asistida, modificaciones en los elementos de asistencia, modificaciones en el sistema mecánico de dirección, excepto en el volante, entre otras.

La tramitación de esta reforma se debe a la sustitución, junto con las rótulas y bieletas de dirección, de la caja de dirección original del vehículo (formada por cremallera y piñón de la columna de dirección) por otra de menor desmultiplicación, y al reemplazamiento de la asistencia eléctrica de la misma por una de tipo hidráulico.

La gestión de dicha reforma requiere la elaboración y presentación de un Proyecto Técnico junto con la Certificación correspondiente de final de obra, un Informe de Conformidad, el Certificado del Taller en el que ha tenido lugar dicha reforma y una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación.

▪ **REFORMA 6.2.- Cambio de emplazamiento, adición o desinstalación del volante.**

Se incluye dentro de esta reforma la adición de elementos que alejen el volante del salpicadero y lo acerquen al conductor.

La tramitación de la presente reforma se debe al cambio producido en la posición del volante, el cual se verá retrasado con respecto a su posición en el vehículo de serie, con el fin de (como se ha explicado anteriormente) desplazar el centro de gravedad del vehículo hacia la parte posterior del mismo, favoreciendo a su vez las sensaciones de conducción recibidas por el piloto, y por tanto, su respuesta ante las mismas.

Para su gestión, deberá desarrollarse y presentarse un Proyecto Técnico, además de la Certificación final de obra, el Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller correspondiente.



▪ **REFORMA 6.3.- Sustitución del volante por otro.**

La presente reforma se debe a la sustitución del volante original por uno recubierto de piel vuelta que asegure un correcto agarre del mismo por parte del piloto.

Según el Manual de Reforma de Importancia, no se permite la sustitución de un volante con airbag por otro que no lo tenga y deberá garantizarse la no interferencia en el normal funcionamiento de los sistemas de airbag y pretensores del vehículo después de la transformación o la modificación del mismo, indicándolo expresamente en el Informe de Conformidad. De esta exigencia se excluye a los vehículos para uso militar, protección civil, servicio de bomberos y responsables del mantenimiento del orden público.

La tramitación de dicha reforma requiere la presentación de, además del Informe de Conformidad, un Certificado del Taller en el que ha tenido lugar y una Copia de la Resolución de la Autoridad de homologación.

- **GRUPO N°7: FRENOS**

**DESCRIPCIÓN:** Modificaciones que afecten al sistema de frenado del vehículo.

▪ **REFORMA 7.1.- Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes.**

La tramitación de la presente reforma se debe a la sustitución de todo el sistema de frenado original del vehículo (pinzas, pastillas y discos de freno) por otro con mayor preparación para hacer frente a las prestaciones del nuevo motor.

La gestión de dicha modificación requiere la aportación de un Proyecto Técnico, junto con la Certificación final de obra, un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y un Certificado del Taller.



- **REFORMA 7.3.- Modificación de los mandos de accionamiento del freno, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación de los mismos.**

La tramitación de la presente reforma se debe al reemplazamiento de todo circuito de frenos original por otro de mayor presión, junto a la sustitución del pedal de freno (con el resto del pedalier) de serie, según lo comentado en la reforma 2.8.

Asimismo, se reemplazará la palanca de accionamiento de serie del freno de mano por otra más alargada, sin dispositivo de retención.

Deberá garantizarse la no interferencia con el normal funcionamiento de los sistemas de airbag y pretensores del vehículo después de la transformación o modificación del mismo, indicándolo en el Informe de Conformidad. Exigencia de la que se excluye a los vehículos de uso militar, protección civil, servicio de bomberos y responsables del mantenimiento del orden público.

La gestión de dicha reforma requiere la aportación de un Proyecto Técnico, junto con la Certificación final de obra, un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y un Certificado del Taller.

#### - **GRUPO N°8: CARROCERÍA**

**DESCRIPCIÓN: Reformas que afecten al acondicionamiento interior de los vehículos.**

- **REFORMA 8.1.- Reducción del número de plazas de asiento.**

Se considerará reforma la eliminación permanente del número de plazas que supongan la inutilización de los anclajes de las mismas (mediante elementos que solo puedan ser desmontados con herramientas no disponibles normalmente).

La presente reforma se tramitará debido a la retirada de los asientos traseros del vehículo, junto con sus respectivos anclajes, con el objetivo de alojar la estructura de seguridad.



Entre la Documentación Necesaria para su gestión ha de incluirse un Informe de Conformidad, el cual indicará si es necesario modificar el volumen de las bodegas, en función de la nueva configuración de las plazas. Igualmente deberá aportarse el Certificado del Taller en el que ha tenido lugar la reforma, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y una serie de Documentación Adicional, que incluye una copia del esquema incluido en el expediente de homologación conforme con el Reglamento 36, Reglamento 52, Reglamento 107, Directiva 2001/85/CE e Informe H que ampare la nueva distribución de asientos.

Deberán cumplirse las condiciones establecidas en el Anexo II del punto C de la Directiva 2007/46/CE. Según la norma H del Real Decreto 2028/1986, los informes deberán ir acompañados de toda la documentación técnica (fotografías, planos, esquemas, etc.) necesarios para la identificación biunívoca de los montajes realizados.

▪ **REFORMA 8.10.- Sustitución de asiento por otro distinto.**

La tramitación de dicha reforma se debe a la sustitución de los asientos delanteros por otros de tipo baquet, de la marca Sparco.

La Documentación Necesaria a aportar para el trámite de la reforma consiste en un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller. Esta reforma deberá cumplir con las condiciones establecidas en el Anexo II del punto C de la Directiva 2007/46/CE.

▪ **REFORMA 8.11.- Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje.**

La presente reforma se debe al reemplazamiento de los cinturones de seguridad delanteros por unos arneses de seguridad de la marca Sparco, de 6 puntos de anclaje.

Para su tramitación, deberá presentarse un Informe de Conformidad, acompañado de una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller correspondiente.

▪ **REFORMA 8.20.- Instalación o desinstalación de elementos permanentes en la zona frontal del interior del habitáculo del vehículo.**

La tramitación de dicha reforma se debe a la sustitución del salpicadero original por otro más simplificado, eliminándose los recubrimientos plásticos, la radio, los diferentes pulsadores y la guantera. También se reemplazará el sistema de calefacción de la cabina por uno de menor peso y potencia, se eliminará el sistema de aire acondicionado, se montará un reposapiés para el copiloto, y se instalará una centralita de interfonos para la comunicación entre piloto y copiloto, y una consola central encargada de controlar el mando de ciertos sistemas del vehículo como el arranque o la calefacción.

Su gestión requiere la presentación de un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller encargado de dicha reforma.

Deberá garantizarse la no interferencia en el normal funcionamiento de los sistemas de airbag y pretensores del vehículo después de la transformación o la modificación del mismo, indicándolo claramente en el Informe de Conformidad, excepto en el caso de vehículos de uso militar, protección civil, servicio de bomberos y para responsables del mantenimiento del orden público.

▪ **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.**

La presente reforma se debe a la modificación de la ubicación de la rueda de repuesto, cuyo alojamiento en el vehículo de origen se eliminará para dar cabida a la transmisión trasera, montándose la nueva rueda de repuesto en el maletero, fijada por correas.

Para su tramitación será necesario presentar un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller correspondiente.



▪ **REFORMA 8.33.- Instalación o desinstalación de un arco de seguridad interior contra vuelco.**

Esta reforma se debe a la instalación de la estructura de seguridad o jaula antivuelco fijada a la carrocería del vehículo.

Será necesaria para su tramitación la elaboración y aportación de un Proyecto Técnico y la Certificación final de obra, además del Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y un Certificado del Taller.

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

Dicha reforma deberá tramitarse debido a las modificaciones que tienen lugar en la carrocería del vehículo que conllevan la disminución de la longitud de los voladizos delantero y trasero debido al aumento de la distancia entre ejes manteniendo constante la longitud del vehículo de origen.

Su trámite deberá ir acompañado de un Proyecto Técnico y la Certificación final de obra, así como de un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el correspondiente Certificado del Taller.

▪ **REFORMA 8.51.- Modificaciones que afecten a la carrocería del vehículo.**

Esta reforma se aplica a situaciones tales como: montaje de barras antivuelco, alargamiento de carrocerías, comunicación entre cabina y caja de carga, sustitución de los elementos de unión entre bastidor y carrocería o cabina, ampliación de cabina, dimensiones de las puertas y capos, soporte de cualquier elemento, sistema, componente o unidad técnica independiente del alumbrado, sistemas de apertura y bisagras, entre otras.

Dicha reforma se tramitará debido a las modificaciones llevadas a cabo sobre la carrocería del vehículo en el departamento de Peugeot Sport con el objetivo de aumentar el ancho del mismo, y al reemplazamiento de las puertas delanteras, el capó delantero, el portón trasero (estos dos últimos con cierres metálicos instalados) y las ventanillas delanteras y traseras, por unos más adecuados a las nuevas dimensiones del vehículo y más ligeros.



Entre la Documentación Necesaria para dicha tramitación se incluye la entrega de un Proyecto Técnico, la correspondiente Certificación final de obra, el Informe de Conformidad oportuno, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y un Certificado del Taller en el que se han producido dichas modificaciones.

▪ **REFORMA 8.52.- Modificación, incorporación o desinstalación de elementos en el exterior del vehículo.**

Esta reforma se aplica a la sustitución o incorporación de elementos en el exterior del vehículo, tales como:

- Defensas.
- Espejos, excepto retrovisores auxiliares para vehículos autoescuela o para personas con movilidad reducida.
- Cabrestante.
- Alerones.
- Estribos, taloneras y peldaños fijos.
- Peldaños asistidos.
- Sustitución o modificación de parachoques.
- Equipos de frío/calor de vehículos de temperatura dirigida.
- Equipos de aire acondicionado en el exterior, si la transformación afecta a la estructura.
- Portaequipajes anclados en lugares distintos a los previstos por el fabricante del vehículo.
- Soportes de rótulos o carteles publicitarios, así como soportes para la instalación de sistemas de alumbrado específico.
- Pasos de rueda ensanchados.
- Carretillas elevadoras transportables.



La tramitación de dicha reforma se debe a la instalación de nuevos pasos de rueda ensanchados, los nuevos parachoques delantero y trasero, el alerón montado en el portón trasero y los nuevos retrovisores fijos, junto con las lunas delantera y trasera.

Para su gestión, se requiere la elaboración y aportación de un Proyecto Técnico, la Certificación final de obra, el Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y un Certificado del Taller en el que se han realizado las modificaciones pertinentes.

- **GRUPO N°9: ALUMBRADO**

**DESCRIPCIÓN:** Modificaciones en los dispositivos de alumbrado y señalización del vehículo.

- **REFORMA 9.1.- Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente, de alumbrado y señalización.**

Dicha reforma se debe a la sustitución de los faros delanteros y traseros por otros adecuados para la nueva geometría del vehículo.

Su tramitación deberá ir acompañada de un Informe de Conformidad, una copia de la Resolución de la Autoridad de homologación y el Certificado del Taller correspondiente.



## 6.4.- REGLAMENTACIÓN A APLICAR

La realización del Proyecto Técnico se llevará a cabo de acuerdo a la normativa siguiente:

- Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, que se dicta para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de distintos tipos de vehículos automóviles, de remolques y semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- Directivas 2002/24/CE, 2003/37/CE y 2007/46/CE emitidas por el Parlamento Europeo y el Consejo. La Directiva 2007/46/CE, de 5 de Septiembre de 2007, crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y sus remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.
- Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, que tiene como objetivo unificar todos los criterios de la legislación española en cuanto a la materia y los emitidos por la Unión Europea.
- Orden ITC/1620/2008, de 5 de junio, por la que se actualizan los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, sobre las normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE.

La reglamentación a aplicar depende de la reforma a efectuar, como puede verse a continuación, en vehículos de la categoría M1, en función de cada una de las mencionadas en el apartado anterior:

### - Reformas 1.1 y 1.2

- Placas e inscripciones reglamentarias: 76/114/CEE

### - Reforma 2.1

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE



- Emisiones: 70/220/CEE
- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Salientes exteriores: 74/483/CEE

#### - Reforma 2.2

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE
- Emisiones: 70/220/CEE
- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Depósitos de combustible: 70/221/CEE
- Frenado: 71/320/CEE
- Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE

#### - Reforma 2.3

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE
- Emisiones: 70/220/CEE
- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Depósitos de combustible: 70/221/CEE
- Frenado: 71/320/CEE
- Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE



- Neumáticos: 92/23/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE

**- Reforma 2.6**

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE
- Emisiones: 70/220/CEE
- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Salientes exteriores: 74/483/CEE
- Silenciosos de recambio: 96/20/CEE
- Catalizadores para recambio: 98/77/CE

**- Reforma 2.7**

- Depósitos de combustible: 70/221/CEE
- Masas y dimensiones: 92/21/CEE

**- Reforma 2.8**

- Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Acondicionamiento interior: 74/60/CEE
- Comportamiento del dispositivo de conducción en caso de colisión: 74/297/CEE



**- Reforma 2.9**

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE
- Emisiones: 70/220/CEE
- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Potencia del motor: 80/1269/CEE

**- Reforma 2.10**

- Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Acondicionamiento interior: 74/60/CEE
- Antirrobo e inmovilizador: 74/61/CEE
- Identificación de los mandos, luces, testigo e indicadores: 78/316/CEE

**- Reforma 3.1**

- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE



**- Reforma 3.2**

- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Acondicionamiento interior: 74/60/CEE

**- Reformas 3.3 y 3.4**

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE
- Emisiones: 70/220/CEE
- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos  
ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Frenado: 71/320/CEE
- Velocímetro y marcha atrás: 75/443/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Neumáticos: 92/23/CEE

**- Reforma 3.5**

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE
- Emisiones: 70/220/CEE
- Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos  
ligeros/ acceso a la información: Reglamento (CE) N° 715/2007
- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE
- Frenado: 71/320/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE





**- Reforma 3.6**

- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Acondicionamiento interior: 74/60/CEE

**- Reformas 4.1 y 4.5**

- Nivel sonoro admisible: 70/157/CEE
- Depósitos de combustible: 70/221/CEE
- Dispositivos de protección trasera: 70/221/CEE
- Emplazamiento de la placa de matrícula posterior: 70/222/CEE
- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE
- Cerraduras y bisagras de las puertas: 70/387/CEE
- Dispositivos de visión indirecta: 2003/97/CE
- Frenado: 71/320/CEE
- Velocímetro y marcha atrás: 75/443/CEE
- Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE
- Guardabarros: 78/549/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Neumáticos: 92/23/CEE
- Protección de los peatones: 2003/102/CE
- Sistemas de protección delantera: 2005/66/CE



**- Reforma 4.2**

- Depósitos de combustible: 70/221/CEE
- Dispositivos de protección trasera: 70/221/CEE
- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE
- Frenado: 71/320/CEE
- Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE
- Guardabarros: 78/549/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Neumáticos: 92/23/CEE
- Protección de los peatones: 2003/102/CE
- Sistemas de protección delantera: 2005/66/CE

**- Reforma 4.4**

- Dispositivos de protección trasera: 70/221/CEE
- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE
- Guardabarros: 78/549/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Neumáticos: 92/23/CEE

**- Reforma 5.1**

- Dispositivos de protección trasera: 70/221/CEE
- Emplazamiento de la placa de matrícula posterior: 70/222/CEE



- Dispositivos de visión indirecta: 2003/97/CE
- Frenado: 71/320/CEE
- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Instalación de los dispositivos de  
alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE
- Guardabarros: 78/549/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Dispositivos de acoplamiento: 94/20/CE
- Protección de los peatones: 2003/102/CE
- Sistemas de protección delantera: 2005/66/CE

**- Reforma 6.1**

- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE
- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE

**- Reforma 6.2**

- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE
- Dispositivos de visión indirecta: 2003/97/CE
- Antirrobo e inmovilizador: 74/61/CEE
- Comportamiento del dispositivo de  
conducción en caso de colisión: 74/297/CEE
- Instalación de los dispositivos de  
alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE



- Campo de visión delantera: 77/649/CEE
- Identificación de los mandos, luces  
testigo e indicadores: 78/316/CEE
- Dispositivos antihielo y antivaho: 78/317/CEE
- Lava/limpiaparabrisas: 78/318/CEE

**- Reforma 6.3**

- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE
- Comportamiento del dispositivo de  
conducción en caso de colisión: 74/297/CEE
- Identificación de los mandos, luces  
testigo e indicadores: 78/316/CEE

**- Reforma 7.1**

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

**- Reforma 7.3**

- Frenado: 71/320/CEE
- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Acondicionamiento interior: 74/60/CE



**- Reforma 8.1**

- 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
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE

**- Reforma 8.10**

- 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
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE

**- Reforma 8.11**

- 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 8.20**

- Acondicionamiento interior: 74/60/CEE



- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Identificación de los mandos, luces  
testigo e indicadores: 78/316/CEE

**- Reforma 8.22**

- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Acondicionamiento interior: 74/60/CEE
- 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
- Apoyacabezas: 78/932/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE

**- Reforma 8.33**

- Acondicionamiento interior: 74/60/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE

**- Reforma 8.50**

- Dispositivos de protección trasera: 70/221/CEE
- Emplazamiento de la placa de  
matrícula posterior: 70/222/CEE
- Mecanismos de dirección: 70/311/CEE



- Dispositivos de visión indirecta: 2003/97/CE
- Salientes exteriores: 74/483/CEE
- Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Protección de peatones: 2003/102/CE

**- Reforma 8.51**

- Dispositivos de protección trasera: 70/221/CEE
- Emplazamiento de la placa de matrícula posterior: 70/222/CEE
- Cerraduras y bisagras de las puertas: 70/387/CEE
- Salientes exteriores: 74/483/CEE
- Dispositivos de remolcado: 77/389/CEE
- Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE
- Campo de visión delantera: 77/649/CEE
- Lava/limpiaparabrisas: 78/318/CEE
- Guardabarros: 78/549/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Cristales de seguridad: 92/22/CEE
- Colisión frontal: 96/79/CE
- Colisión lateral: 96/27/CEE
- Sistemas de protección delantera: 2005/66/CE



- Protección de peatones: 2003/102/CE

**- Reforma 8.52**

- Dispositivos de protección trasera: 70/221/CEE
- Cerraduras y bisagras de las puertas: 70/387/CEE
- Salientes exteriores: 74/483/CEE
- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Instalación de los dispositivos de  
alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE
- Dispositivos de remolcado: 77/389/CEE
- Campo de visión delantera: 77/649/CEE
- Lava/limpiaparabrisas: 78/318/CEE
- Guardabarros: 78/549/CEE
- Masas y dimensiones (automóviles): 92/21/CEE
- Cristales de seguridad: 92/22/CEE
- Colisión frontal: 96/79/CE
- Colisión lateral: 96/27/CE
- Dispositivo de visión indirecta: 2003/97/CE
- Sistemas de protección delantera: 2005/66/CE
- Protección de peatones: 2003/102/CE





**- Reforma 9.1**

- Parásitos radioeléctricos  
(compatibilidad electromagnética): 72/245/CEE
- Instalación de los dispositivos de  
alumbrado y señalización luminosa: 76/756/CEE
- Catadióptricos: 76/757/CEE
- Luces de gálibo, de posición delanteras  
y traseras, de frenado, laterales de  
posición y de circulación diurna: 76/758/CEE
- Indicadores de dirección: 76/759/CEE
- Dispositivo de alumbrado de la  
placa de matrícula posterior: 76/760/CEE
- Proyectores (incluidas las lámparas): 76/761/CEE
- Luces antiniebla delanteras: 76/762/CEE
- Luces antiniebla traseras: 77/538/CEE
- Luces de marcha atrás: 77/539/CEE
- Luces de estacionamiento: 77/540/CEE
- Identificación de los mandos, luces  
testigo e indicadores: 78/316/CEE
- Limpia y Lavaproyectores: Reglamento CEPE/ONU 45R
- Luces de circulación diurna: Reglamento CEPE/ONU 87R
- Luces de posición lateral: Reglamento CEPE/ONU 91R
- Sistema de alumbrado delantero  
adaptable AFS: Reglamento CEPE/ONU 123R

## 6.5.- REPARTO DE PESOS Y PAR MÁXIMO DE FRENADA POR EJE, ANTES DE LAS REFORMAS EFECTUADAS

El reparto de pesos por eje lo calcularemos con la masa total del vehículo y teniendo en cuenta que la distribución de cargas, entre el eje delantero y el trasero, es de 62,6/37,4 % en vehículos con motor delantero y tracción delantera (ver Figura 59).

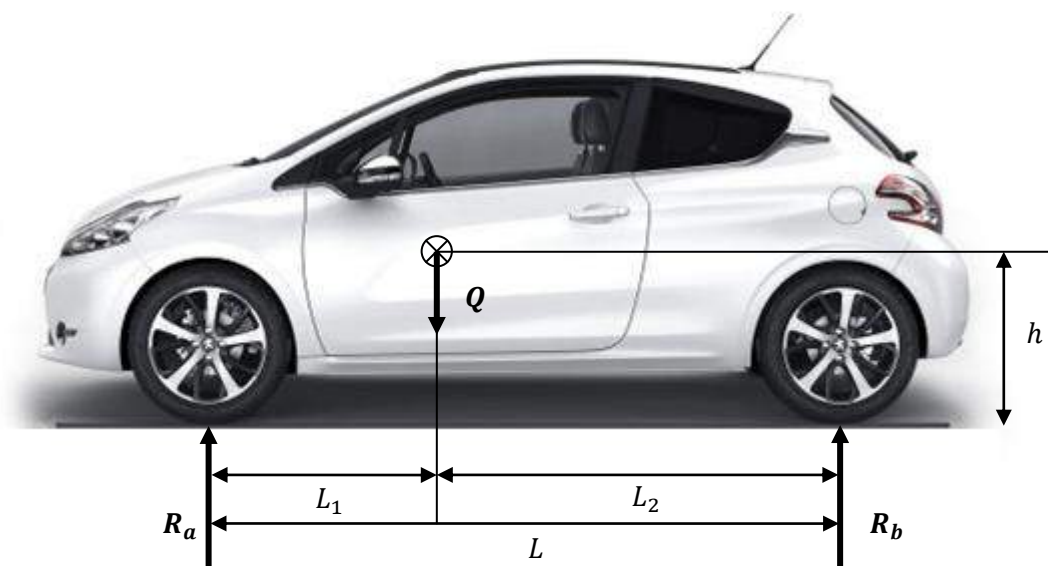


Figura 59: Esquema acotado de las fuerzas verticales que actúan sobre el vehículo  
(Desarrollado por el autor del proyecto)

Con una masa total o TARA de 1165 kg (11417 N), el reparto de pesos es el siguiente:

$$\text{Reacción en el eje delantero: } R_a = 0.626 \cdot Q = 0,626 \cdot 11417 \text{ N} = 7147 \text{ N} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\text{Reacción en el eje trasero: } R_b = 0.374 \cdot Q = 0.374 \cdot 11417 \text{ N} = 4270 \text{ N} \quad (\text{Ec. 3})$$

Podemos obtener la posición del centro de gravedad del vehículo, respecto a sus ejes delantero y trasero, aplicando suma de momentos, para una batalla de 2538 mm.

Respecto al eje delantero, el CDG estará situado a:

$$CDG_d = \frac{R_b \cdot L}{Q} = \frac{4270 \text{ N} \cdot 2538 \text{ mm}}{11417 \text{ N}} = 950 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 4})$$

Respecto al trasero será:  $CDG_t = L - CDG_d = 2538 \text{ mm} - 950 \text{ mm} = 1588 \text{ mm}$  (Ec. 5)

A continuación pasaremos a analizar el reparto de cargas más crítico, aquel que se dará en condiciones de frenado (ver Figura 60) debido a la transferencia de masas del eje trasero al delantero.

Calcularemos el reparto de pesos en dinámico, según la directiva 71/320/CEE, para una  $J=7\text{m/s}^2$ , que es la desaceleración máxima de un automóvil.

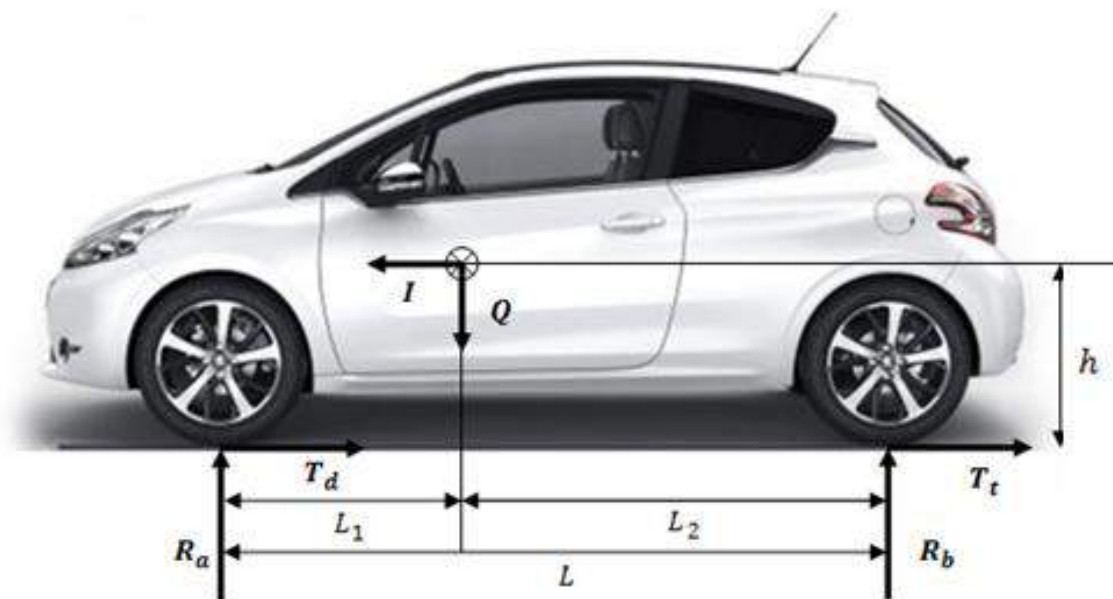


Figura 60: Esquema acotado del conjunto de fuerzas que actúan sobre el vehículo en condiciones de frenado (Desarrollado por el autor del proyecto)

La fuerza de desaceleración,  $I$ , es la siguiente:

$$I = \frac{J \cdot Q}{g} = \frac{7 \text{ m/s}^2 \cdot 11417 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 8155 \text{ N} \quad (\text{Ec. 6})$$

Por lo que la transferencia de peso producida durante la frenada tiene un valor de:

$$r'_a = r'_b = \frac{I \cdot h}{L} = \frac{8155N \cdot 0,66m}{2,538 m} = 2120,7 N \quad (\text{Ec. 7})$$

Por lo que, las reacciones por eje en frenado, tras la transferencia de masa del eje trasero al delantero, serán las siguientes:

$$R'_a = R_a + r'_a = 9267,7 N \quad \text{en el eje delantero} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$R'_b = R_b - r'_b = 2149,3 N \quad \text{en el eje trasero} \quad (\text{Ec. 9})$$

El porcentaje de carga en el eje trasero en el momento más crítico, durante la frenada, será de:

$$\frac{R'_b}{R'_a + R'_b} \cdot 100 = 18,8\% \quad (\text{Ec. 10})$$

El par máximo de frenado se calcula con el máximo valor de coeficiente de rozamiento de la superficie de contacto neumático-suelo, de entre todos los posibles escenarios (barro, asfalto húmedo, asfalto seco,...). Estas condiciones se dan, en los neumáticos de un turismo convencional, sobre asfalto seco, sobre el cual el coeficiente de rozamiento está entre  $\mu = 0,8 - 1$ . Por ello, para los cálculos, se tomará un valor medio de  $\mu_{max} = 0,9$ .

Los esfuerzos máximos de frenado por eje, en condiciones de máxima desaceleración, son los siguientes:

$$T_{d,max} = \mu_{max} \cdot R'_a = 0,9 \cdot 9267,7 N = 8340,9 N \quad \text{en el eje delantero} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$T_{t,max} = \mu_{max} \cdot R'_b = 0,9 \cdot 2149,3 N = 1934,4 N \quad \text{en el eje trasero} \quad (\text{Ec. 12})$$



Siendo el radio exterior de la rueda igual a:

$$d_{llanta} = 16" \cdot 25,4 \text{ mm}/1" = 406,4 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$r_{llanta} = d_{llanta}/2 = 203,2 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$r_{rueda} = r_{llanta} + 195\text{mm} \cdot 0,55 = 310,5 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 15})$$

Con lo que los pares máximos de frenada en cada eje en condiciones de máxima desaceleración, antes de la reforma, son:

$$M_{d,max} = T_{d,max} \cdot r_{rueda} = 8340,9 \text{ N} \cdot 0,3105 \text{ m} = 2590 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ en el eje delantero} \quad (\text{Ec. 16})$$

$$M_{t,max} = T_{t,max} \cdot r_{rueda} = 1934,4 \text{ N} \cdot 0,3105 \text{ m} = 600,6 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ en el eje trasero} \quad (\text{Ec. 17})$$



## **6.6.- ELEMENTOS INSTALADOS**

### **6.6.1.- REFORMAS DEL GRUPO N°2: UNIDAD MOTRIZ**

- **REFORMA 2.1.-** Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente.
- **REFORMA 2.2.-** Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de alimentación de combustible.
- **REFORMA 2.3.-** Modificación o sustitución de la unidad motriz por otra de distintas características.
- **REFORMA 2.6.-** Modificación o sustitución de las características del sistema de escape: disposición, volumen total, silenciadores, catalizador, tramo de salida,...
- **REFORMA 2.7.-** Modificación de la ubicación, sustitución, adición o reducción del número de depósitos de combustible.
- **REFORMA 2.8.-** Modificación del sistema de accionamiento del mando para la aceleración, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación del mismo.
- **REFORMA 2.9.-** Modificación de sistemas, o de la programación de los mismos, que puedan variar la potencia máxima.
- **REFORMA 2.10.-** Modificación del sistema de accionamiento para el arranque de la unidad motriz.

Elementos afectados:

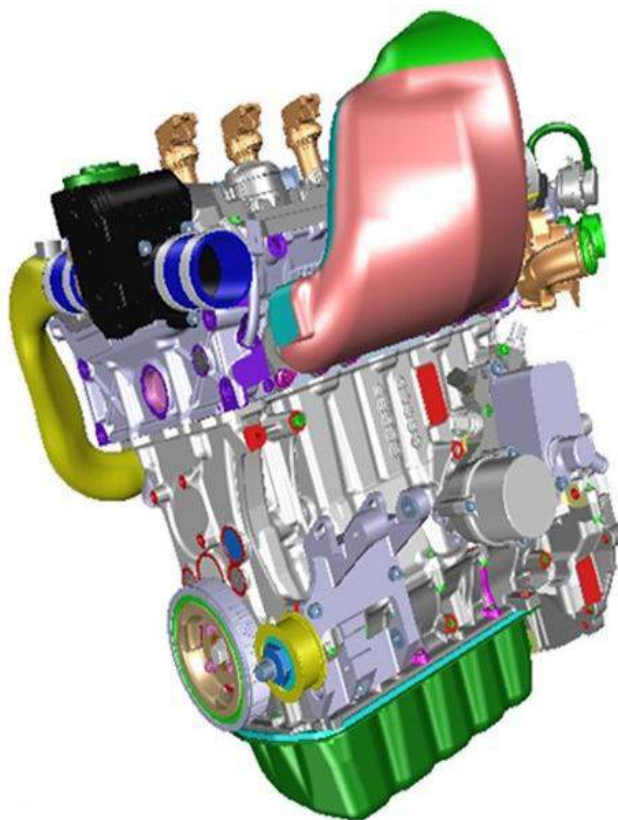
- Admisión: se sustituye el sistema de admisión de origen del vehículo por uno turboalimentado, con refrigeración del aire de admisión y una brida restrictora acorde a lo especificado en el reglamento el grupo R5.
- Motor: se sustituye el motor de origen por otro del mismo fabricante pero de distintas características, con un desarrollo superior de potencia y par motor.



- Soportes del motor: se sustituyen los anteriores por unos adecuados para el mayor peso del nuevo motor.
- Radiador: se sustituye el de origen por uno del departamento de Peugeot Sport fabricado en aluminio, más ligero y eficiente debido a las elevadas temperaturas que se alcanzarán en el motor.
- Circuito de refrigeración: debido a los nuevos requerimientos de potencia, se sustituye el sistema entero por uno homologado en la variante R5 y más simplificado.
- Bomba de agua: se reemplaza la del vehículo de origen por una bomba eléctrica con el objetivo de disminuir el consumo de potencia del motor.
- Escape: se instala un escape de competición aguas abajo de los colectores.
- Depósito de combustible: se sustituye el anterior por otro fabricado en kevlar, con mayor resistencia frente a impactos y más ligero, y se añade un depósito auxiliar de menor capacidad.
- Pedal de aceleración: se reemplaza, junto con el resto del pedalier, por otro de competición, con pedales antideslizantes, ofrecido por Peugeot Sport para el grupo R5.
- Unidad de Control Electrónico (ECU): se instala una nueva centralita con una programación adecuada para las nuevas prestaciones del vehículo.
- Arranque: el arranque o starter será sustituido por otro de tipo rally, por pulsador, y por un interruptor encargado de simular el contacto.
- Alternador: el alternador de serie es reemplazado por uno de mayor potencia, homologado según la normativa R5.
- Batería: la de origen es sustituida por otra, desarrollada por el departamento de competición Peugeot Sport, más ligera, con mayor capacidad de carga y pico de arranque.

En primer lugar se sustituirá el motor de serie, atmosférico, de denominación EP6C por uno de mayor cilindrada, turboalimentado y que se adapte al reglamento FIA para vehículos de la variante R5.

El nuevo bloque motor turboalimentado es también del fabricante Peugeot, con denominación EP6 CDT con preparación específica para la categoría R5 (ver Figura 61), realizada por el departamento de Peugeot Sport, superior a la del EP6 CDTX de 200 CV del 208 GTi, que permite elevar su potencia hasta los 280 CV y su par hasta los 400 N·m, es decir, 125 CV más de potencia y 160 N·m más de par motor que el EP6 CDT de serie. Dicha preparación cumple con las normativas de ruido y emisiones a fecha de primera matriculación.



*Figura 61: Representación esquemática del conjunto motor turboalimentado montado  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Las características de este nuevo motor son las siguientes:

- Marca: Peugeot Sport nº ref.: 0A10EP6R5-00
- Tipo: EP6 CDT con preparación R5
- N° de cilindros: 4
- Diámetro: 80 mm
- Carrera: 80 mm





- Potencia: 280 CV
- Cilindrada: 1598 cm<sup>3</sup>
- Inyección: directa de alta presión Magneti Marelli

Este motor presenta gran fiabilidad, con intervalos de mantenimiento establecidos entre los 3.000 y los 5.000 kilómetros. La presión de soplado del turbo se encuentra tarada a 2,5 bar.

Otro de los elementos que debemos añadir, además del grupo turbo ya incluido dentro del grupo motor EP6 CDT, es una brida o restrictor de admisión colocada a la salida del compresor del turboalimentador y cuya función consiste en condicionar el flujo de aire que entra en el motor (ver Figura 62). Esta restricción consiste en la interposición de un estrechamiento en la sección del conducto de admisión, situado a una determinada distancia del turbo.

El estrechamiento está reglamentado tanto en diámetro como en su forma, de manera que obligatoriamente, se mantenga su garganta mínima a lo largo de una medida. Para la categoría R5, dichas medidas son las siguientes:

- El diámetro máximo interior de la brida es de 32 mm, mantenido sobre una longitud mínima de 3 mm, medida aguas abajo de un plano perpendicular al eje de rotación, y 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.
- El diámetro exterior de la brida en su punto más estrecho debe ser de 38 mm y ser mantenida sobre una longitud de 5 mm a cada cado de ese cuello.

Se monta la brida de Peugeot Sport con n° ref.: 0A2726436A, junto con los elementos Peugeot Sport n° ref.: 0A2727042A, Peugeot Sport n° ref.: PS91682A10, Peugeot Sport n° ref.: BCSP6981K1.

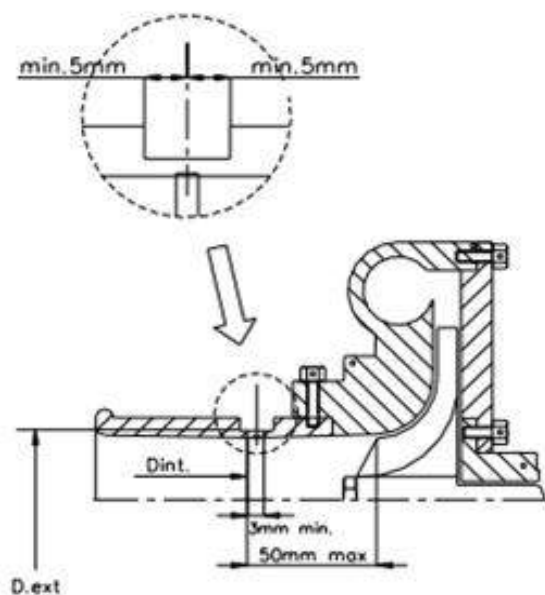
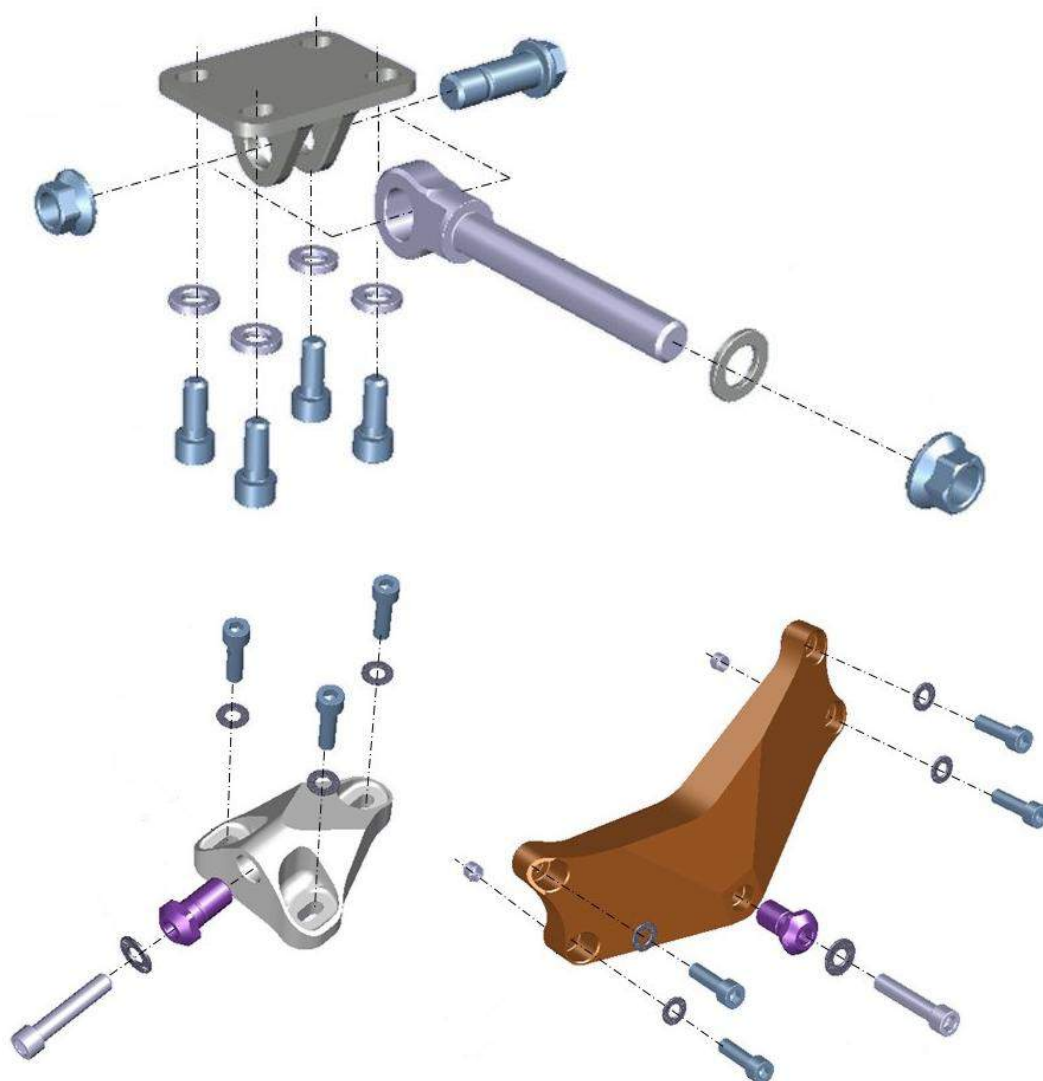


Figura 62: Montaje de la brida de admisión sobre el grupo turbo (Imágenes tomadas del anexo J de la FIA y <http://izalalaro-kr3.blogspot.com.es/2013/02/kejurnas-drifting-2013.html>)

Con el cambio del conjunto motor por otro de mayor peso se verán afectados sus soportes, es por ello que debemos sustituirlos por unos de mayor resistencia, aprovechando para rebajar la posición del bloque motor y con ello, el centro de gravedad del vehículo.

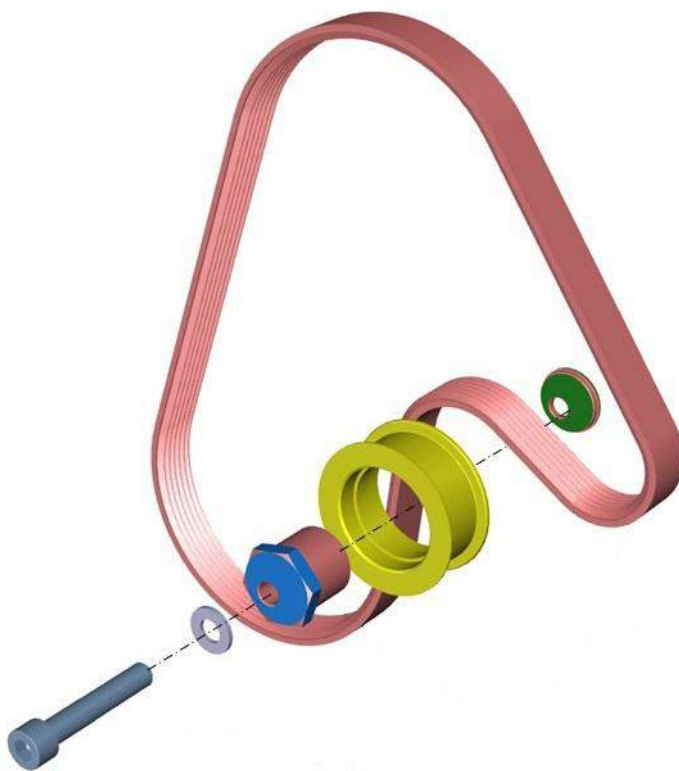
Los soportes instalados (ver Figura 63) se suministran en un kit proporcionado por el departamento de competición de Peugeot Sport bajo las referencias: Peugeot Sport n° ref.: OD1126951A, Peugeot Sport n° ref.: OD1122159A y Peugeot Sport n° ref.: OD1118081B. Dentro de este kit se incluyen otros elementos destinados a apoyar la sujeción del motor: Peugeot Sport n° ref.: OD1124260A, Peugeot Sport n° ref.: OD1118083B, Peugeot Sport n° ref.: OD1118084A, Peugeot Sport n° ref.: 17705-18, Peugeot Sport n° ref.: OD1124254A, Peugeot Sport n° ref.: PS74043A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86581A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86125A10, Peugeot Sport n° ref.: OD1122157B, Peugeot Sport n° ref.: 6968-81, Peugeot Sport n° ref.: CS530248ST, Peugeot Sport n° ref.: PS86661A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82003A10, Peugeot Sport n° ref.: CS440033ST, Peugeot Sport n° ref.: PS86585A10.



*Figura 63: Despiece de los nuevos soportes motor instalados  
(Imágenes tomadas de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

La correa de distribución del motor será sustituida por otra de mayor resistencia (ver Figura 64), con los siguientes elementos:

- Correa: Peugeot Sport n° ref.: PS93703A10.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 0A18251587A, Peugeot Sport n° ref.: 0A1825104B, Peugeot Sport n° ref.: 0A1825103B, Peugeot Sport n° ref.: PS89725A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82145A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86067A10.



*Figura 64: Detalle esquemático de la nueva correa de distribución del motor*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

El arnés de motor o conjunto de cableados y conectores montados en una única línea (ver Figura 65) que permite la conexión de los diferentes dispositivos y accesorios, como sensores de presión de aceite, temperatura del motor, nivel de agua, etc., se sustituye por uno capaz de soportar las altas temperaturas del nuevo motor evitando la fundición del aislamiento de los cables. El nuevo kit de arnés de motor contendrá los siguientes elementos:

- Arnés del motor: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J23833J.
- Manguitos y haces secundarios de cableado: Peugeot Sport n° ref.: BCSP653830, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J18636A, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J18647A, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J24331C, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J23995F, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J23839G, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J20920A, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J26004A, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J26006B, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9J22077B, Peugeot Sport n° ref.: PS80225A10, Peugeot Sport n° ref.: PS93696A10, Peugeot Sport n° ref.: 6924-11.



Figura 65: Arnés del motor (Imagen tomada de <http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-460539974-arnes-principal-para-peugeot-206-xs-motor-16-lts-original-JM>)

En cuanto al sistema de admisión, en primer lugar, se sustituirá el anterior circuito de alimentación de aire por otro homologado en VR5 adecuado para las características del nuevo motor turboalimentado, similar al mostrado en la Figura 66.

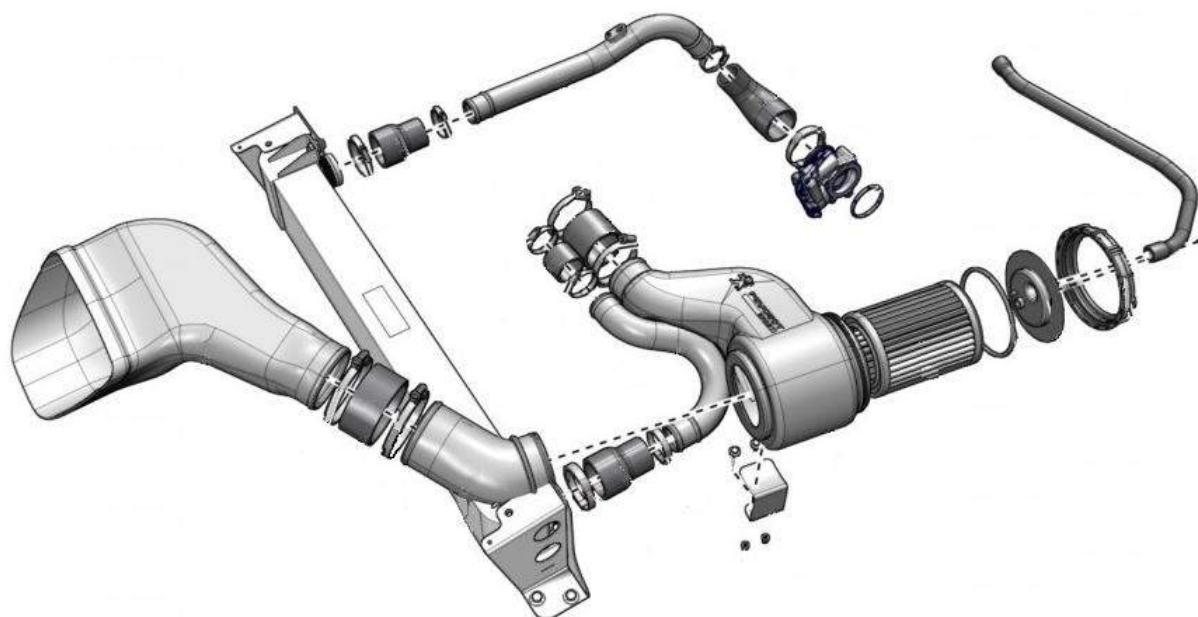


Figura 66: Sistema de admisión de aire (Imagen obtenida de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)



Se monta un circuito de admisión desarrollado por Peugeot Sport con los siguientes componentes:

- Conducto de entrada de aire: Peugeot Sport nº ref.: 0A2626163C.
- Caja del filtro de aire: Peugeot Sport nº ref.: 0A2618528A.

Peugeot Sport nº ref.: 0A2626145B.

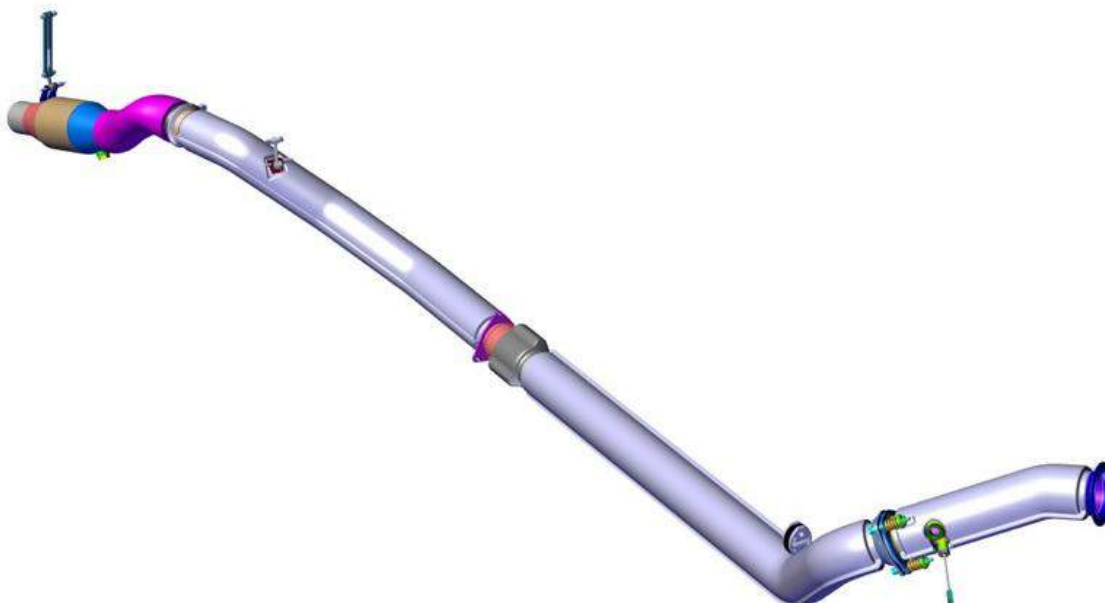
- Filtro de aire: Peugeot Sport nº ref.: 0A2626348A.
- Intercooler: Peugeot Sport nº ref.: 0A2626824B.
- Conductos: Peugeot Sport nº ref.: 0A2626827D, Peugeot Sport nº ref.: 0A2627069A, Peugeot Sport nº ref.: 0A2627070A, Peugeot Sport nº ref.: 0A2626812A, Peugeot Sport nº ref.: 0A2626234A, Peugeot Sport nº ref.: 0A2626235A, Peugeot Sport nº ref.: 0A2627444A, Peugeot Sport nº ref.: 0A2727042A.
- Wastegate o válvula de descarga: Peugeot Sport nº ref.: 0A2727225A.
- Uniones y otros elementos: Peugeot Sport nº ref.: PS78021A10, Peugeot Sport nº ref.: 6973-76, Peugeot Sport nº ref.: PS82634A10, Peugeot Sport nº ref.: 6981J4, Peugeot Sport nº ref.: PS82696A10, Peugeot Sport nº ref.: PS91682A10.

Deberán añadirse una serie de sensores, como los de encargados de medir la presión y la temperatura del aire, que cuentan con las siguientes referencias: Peugeot Sport nº ref.: 9639381480, Peugeot Sport nº ref.: 1920KZ, Peugeot Sport nº ref.: 1920QR, Peugeot Sport nº ref.: 1922V6.

En cuanto a la línea de escape, se desmonta la de serie y se monta una de competición (ver Figura 67), más adecuada para las características del nuevo motor instalado, que permita aumentar el llenado del cilindro mediante ondas de presión y depresión:

- Sonda lambda: Peugeot Sport nº ref.: 0A3764392A.

- Líneas primaria superior e inferior: Peugeot Sport n° ref.: 0B2126820A.  
  
Peugeot Sport n° ref.: 0B2126818A.
- Catalizador: Peugeot Sport n° ref.: 0B2123985B.
- Línea secundaria: Peugeot Sport n° ref.: 0B2126822A.
- Insonorización línea de escape primaria: Peugeot Sport n° ref.: 0B2126820B.
- Sensor de temperatura de los gases de escape: Peugeot Sport n° ref.: 0A3764392A.
- Uniones y otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: 1714-A2, Peugeot Sport n° ref.: PS01007A10, Peugeot Sport n° ref.: 0B2126872A, Peugeot Sport n° ref.: 0B2126871A, Peugeot Sport n° ref.: 0B2126873A, Peugeot Sport n° ref.: 0B2126874A, Peugeot Sport n° ref.: 0B2127043A, Peugeot Sport n° ref.: 0B2126875A, Peugeot Sport n° ref.: PS99537A10, Peugeot Sport n° ref.: CS590006ST, Peugeot Sport n° ref.: PS85755A10, Peugeot Sport n° ref.: 0B2127005A, Peugeot Sport n° ref.: 0B2126854A, Peugeot Sport n° ref.: PS76057A10, Peugeot Sport n° ref.: PS99536A10, Peugeot Sport n° ref.: 1755E9, Peugeot Sport n° ref.: 1798-1765, Peugeot Sport n° ref.: PS74040A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82120A10, Peugeot Sport n° ref.: 0B2123943C, Peugeot Sport n° ref.: 1713-1769, Peugeot Sport n° ref.: 9613770580.



*Figura 67: Detalle esquemático de la línea de escape montada  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*



Debido a la potenciación del motor y a las nuevas condiciones termodinámicas que ello conlleva, se deben adecuar los elementos de refrigeración del mismo para que éstos sean capaces de evacuar el exceso de temperatura. Para ello sustituiremos el radiador, el intercambiador de calor y la bomba de agua por unos más adecuados y acordes a la categoría de competición R5.

El nuevo radiador es más grande que el de serie y adecuado para las nuevas características térmicas del motor. En cuanto a la bomba de agua, debe reemplazarse la de origen por una de mayor caudal y potencia y modificarse completamente el sistema de accionamiento de la misma, consistente en una correa auxiliar movida por el cigüeñal, por un mando eléctrico asistido por un motor auxiliar. Esta configuración obliga a modificar el emplazamiento de la bomba manteniéndola en el vano motor para facilitar las labores de mantenimiento.

El radiador instalado (ver Figura 68) es suministrado por el departamento de Peugeot Sport, bajo el nº de referencia 0B1226853F.

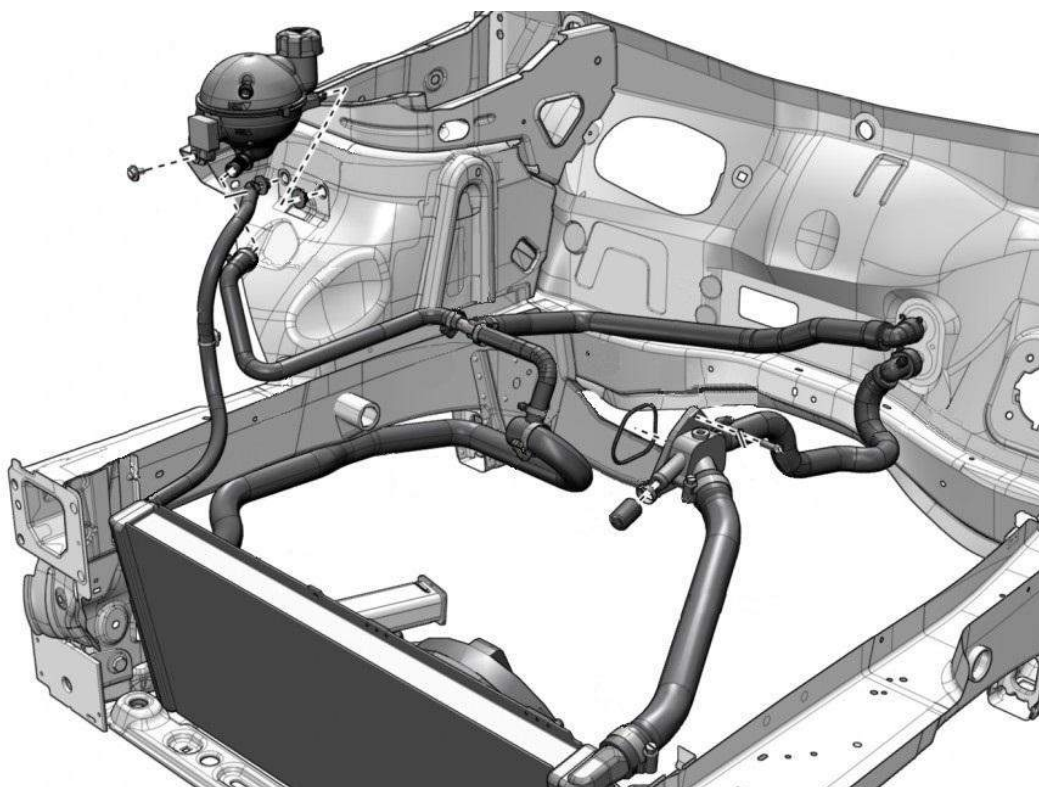


Figura 68: Conjunto de radiador montado (Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)

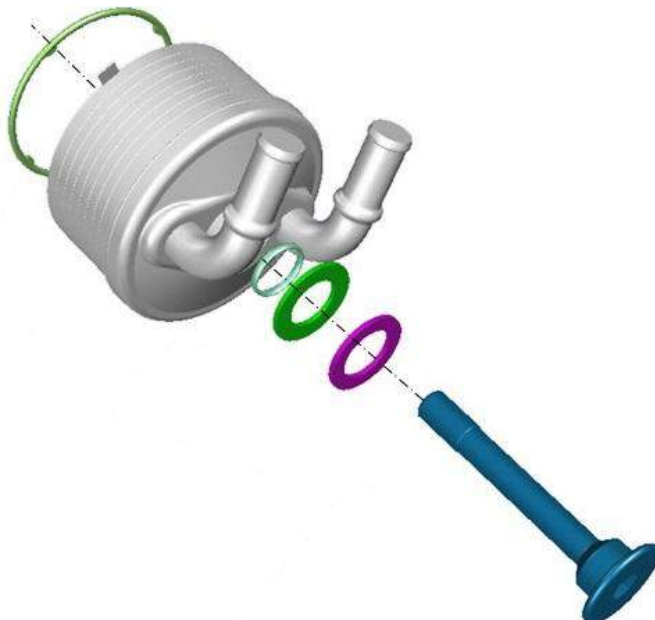




El resto de los componentes que conforman el circuito del radiador, como el vaso de expansión, el ventilador o las diversas mangueras e intercambiadores, así como aquellos elementos auxiliares necesarios para su montaje, pueden encontrarse, junto con el radiador, bajo las siguientes referencias: Peugeot Sport n° ref.: 0B1226755A, Peugeot Sport n° ref.: 19007-26, Peugeot Sport n° ref.: 6913-06, Peugeot Sport n° ref.: 6939-04, Peugeot Sport n° ref.: 6947-77, Peugeot Sport n° ref.: 0B1223982A, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227193C, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227467C, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227462B, Peugeot Sport n° ref.: 6941-15, Peugeot Sport n° ref.: PS82690A10, Peugeot Sport n° ref.: 0B1224067A, Peugeot Sport n° ref.: PS69815A10, Peugeot Sport n° ref.: PS69813A10, Peugeot Sport n° ref.: PS69814A10, Peugeot Sport n° ref.: 1609056580, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227463A, Peugeot Sport n° ref.: PS81054A10, Peugeot Sport n° ref.: PS85588A10, Peugeot Sport n° ref.: 0B1226269B, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227392D, Peugeot Sport n° ref.: PS82045A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86011A10, Peugeot Sport n° ref.: 4019C5, Peugeot Sport n° ref.: PS74001A10, Peugeot Sport n° ref.: PS73739A10, Peugeot Sport n° ref.: PS73738A10, Peugeot Sport n° ref.: 1306J5, Peugeot Sport n° ref.: 0B1224274A, Peugeot Sport n° ref.: BCSP653830, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227524B, Peugeot Sport n° ref.: 0B1226856A, Peugeot Sport n° ref.: PS82031A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86662A10, Peugeot Sport n° ref.: 0384L3, Peugeot Sport n° ref.: PS78051A10, Peugeot Sport n° ref.: 694852, Peugeot Sport n° ref.: 0B1226857A, Peugeot Sport n° ref.: 0B1226858A, Peugeot Sport n° ref.: 0B1226226A, Peugeot Sport n° ref.: PS82017A10, Peugeot Sport n° ref.: 6947-37, Peugeot Sport n° ref.: 0B1223969A, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227765A, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227764A, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227763A, Peugeot Sport n° ref.: 6981-H7, Peugeot Sport n° ref.: 0B1227531A, Peugeot Sport n° ref.: 0B1224268A.

El intercambiador de calor, empleado para el aprovechamiento del calor generado en el motor mediante el calentamiento del habitáculo, será sustituido por uno más ligero y resistente a las altas temperaturas generadas en el nuevo motor, con homologación en la categoría R5, fabricado por Peugeot Sport bajo el n° ref.: 2275-71 (ver Figura 69).

Para su instalación serán necesarios los siguientes elementos: Peugeot Sport n° ref.: 2275-72, Peugeot Sport n° ref.: 2271-10, Peugeot Sport n° ref.: 2271-11, Peugeot Sport n° ref.: 2267-06, Peugeot Sport n° ref.: 2267-07.



*Figura 69: Detalle esquemático del intercambiador de calor instalado  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

La nueva bomba de agua montada (ver Figura 70), de 200 W de potencia, está fabricada por el departamento de Peugeot Sport, bajo el n° de referencia 0A1623851A, así como el soporte de la misma, en su nueva posición, con n° referencia 8B1227478C.

Como elementos auxiliares, que permitan la fijación de la bomba y su correcto funcionamiento, están los siguientes: Peugeot Sport n° ref.: PS82079A10, Peugeot Sport n° ref.: 694706, Peugeot Sport n° ref.: PS82031A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86057A10.



*Figura 70: Nueva bomba de agua instalada, de tipo eléctrico (Imágenes tomadas de <http://www.mercadoracing.org/6/487132/bomba-de-agua-electrica-180-euros.html> y*

Se reemplazará el circuito de refrigeración del aceite del motor, de enfriamiento por agua, por uno refrigerado por aire (ver Figura 71), homologado en VR5, más simplificado: un solo estuche integra el termostato con las derivaciones de entrada y salida de aceite conectadas al radiador del vehículo. En este sistema se hace pasar el aceite a través de un radiador especial que emplea el aire que incide sobre el vehículo, así como el generado por el ventilador, como elemento refrigerante. Los elementos del circuito de refrigeración para el aceite de motor montado son los siguientes:

- Caja de desgasificación: Peugeot Sport n° ref.: 0A1526042B.
- Soporte caja de desgasificación: Peugeot Sport n° ref.: 0A1526043A.
- Indicador del nivel de aceite: Peugeot Sport n° ref.: 90344293-A.
- Tubo de desgasificación: Peugeot Sport n° ref.: 0A1526647A.
- Otros elementos para el montaje: Peugeot Sport n° ref.: PS82118A10, Peugeot Sport n° ref.: 6947-81, Peugeot Sport n° ref.: 6936-39, Peugeot Sport n° ref.: 6987-78, Peugeot Sport n° ref.: PS73421A10, Peugeot Sport n° ref.: PS69789A10, Peugeot Sport n° ref.: BCSP653830.

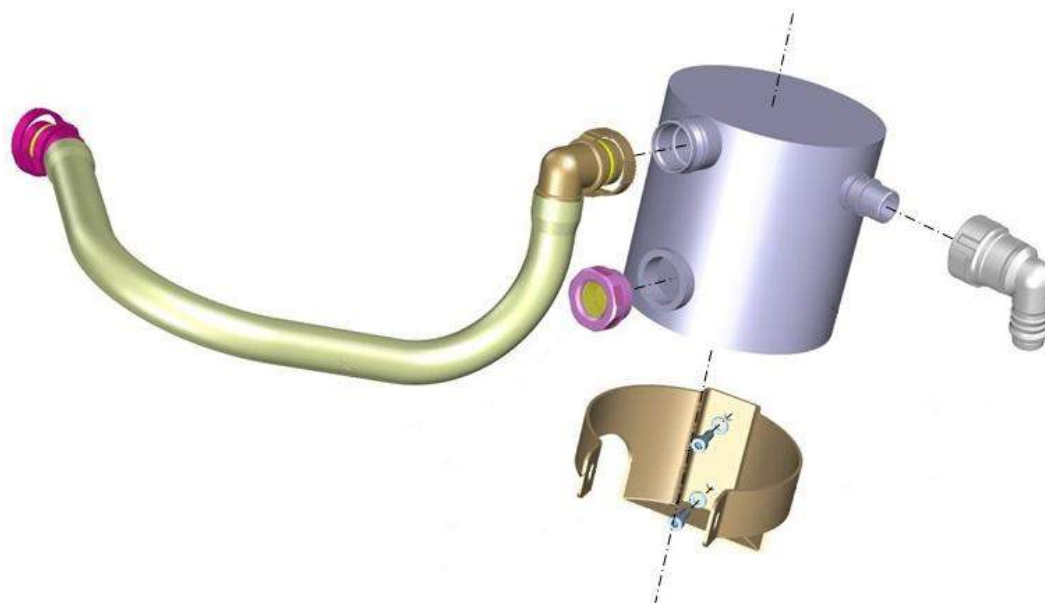


Figura 71: Detalle esquemático del nuevo circuito de refrigeración del aceite motor, por aire  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)



El depósito de combustible de origen se sustituye por otro homologado dentro de la categoría R5, que cumpla con las normativas de la FIA y suministrado por el departamento de Peugeot Sport. Asimismo se añade un segundo tanque auxiliar o de reserva que también cumpla con dichas normativas.

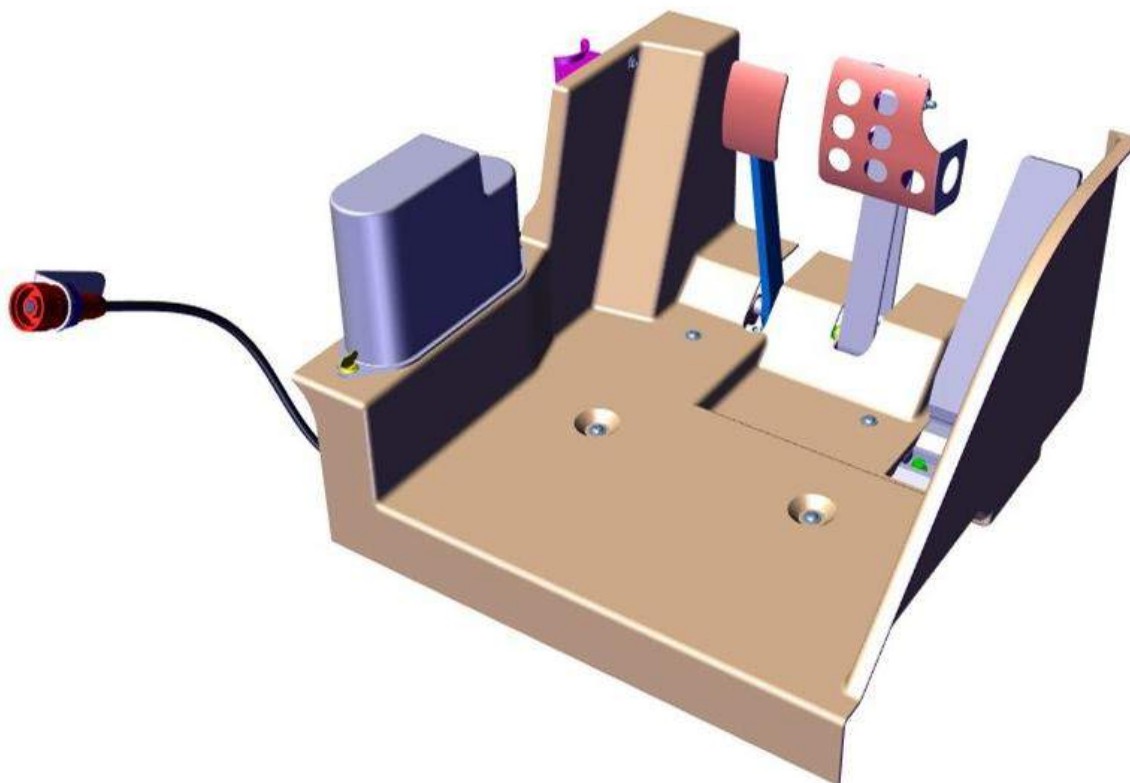
Esta sustitución implica el desmontaje de todo el circuito anterior y la instalación de los siguientes componentes:

- Depósito principal: Peugeot Sport n° ref.: 3T4A18090C,
- Depósito auxiliar: Peugeot Sport n° ref.: 3T4A18035K.
- Bomba de gasolina: Peugeot Sport n° ref.: PS02508A10.
- Regulador de presión: Peugeot Sport n° ref.: 3T4A21496A.
- Filtro de combustible: Peugeot Sport n° ref.: 3T4A27604A.
- Otros elementos del circuito de combustible y piezas necesarias para el montaje del mismo: Peugeot Sport n° ref.: 6922F0, Peugeot Sport n° ref.: 6922H3, Peugeot Sport n° ref.: 6925W6, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A26520B, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A24145A, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A24453A, Peugeot Sport n° ref.: RC1515614B, Peugeot Sport n° ref.: PS82658A10, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A18030G, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A24442B, Peugeot Sport n° ref.: PS82652A10, Peugeot Sport n° ref.: PS77590A10, Peugeot Sport n° ref.: PS73274A10, Peugeot Sport n° ref.: 1450-1481, Peugeot Sport n° ref.: PS74009A01, Peugeot Sport n° ref.: PS74001A10, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A27555A, Peugeot Sport n° ref.: PS78526A10, Peugeot Sport n° ref.: PS69792A10, PS73418A10, Peugeot Sport n° ref.: PS72582A10, Peugeot Sport n° ref.: PS73554A10, Peugeot Sport n° ref.: PS81018A10, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A60884A, Peugeot Sport n° ref.: PS81052A10, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A18031C, Peugeot Sport n° ref.: PS77976A10, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A26260A, Peugeot Sport n° ref.: PS85116A10, Peugeot Sport n° ref.: 6947-81, Peugeot Sport n° ref.: PS73368A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82653A10, Peugeot Sport n° ref.: PS73098A10, Peugeot Sport n° ref.: PS81568A10, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A24270A, Peugeot Sport n° ref.: BCSP653830, Peugeot Sport n° ref.: PS82690A10, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A64745A, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A64744A, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A64746A, Peugeot Sport n° ref.: 3T4A64747A.



En cuanto al pedal de aceleración, se sustituye el pedalier entero y se monta uno fabricado por Peugeot Sport (ver Figura 72), con pedales antideslizantes más sencillos, de aluminio. A continuación se detallarán las piezas del conjunto, en el que ya se incluirá, además del pedal de aceleración, los nuevos pedales del embrague y el freno, contemplados en reformas posteriores del sistema de transmisión y del de frenado:

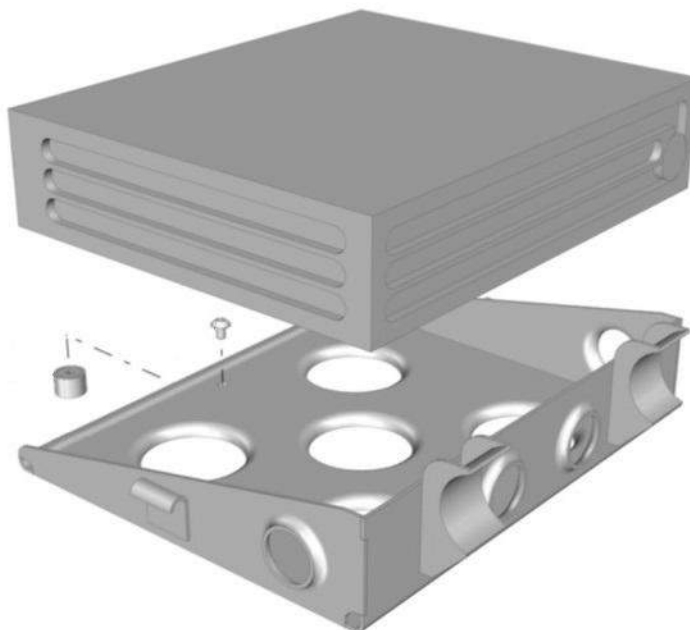
- Base del pedalier: Peugeot Sport n° ref.: 1G1126706A.
- Tapa: Peugeot Sport n° ref.: 1G1124543B.
- Soporte de los pedales: Peugeot Sport n° ref.: 1G1126148B.
- Pedal de aceleración: Peugeot Sport n° ref.: 1G1163990A.
- Pedal de embrague: Peugeot Sport n° ref.: 1G1126808A.
- Pedal de freno y repartidor de frenada: Peugeot Sport n° ref.: 1G1126715A.  
Peugeot Sport n° ref.: 1G1126709A.
- Otros elementos pertenecientes al sistema de accionamiento y fijación de los pedales: Peugeot Sport n° ref.: 1G1126716A, Peugeot Sport n° ref.: PS82638A10, Peugeot Sport n° ref.: 265375, Peugeot Sport n° ref.: PS86135A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74130A10, Peugeot Sport n° ref.: PS92553A10, Peugeot Sport n° ref.: 1G1118056A, Peugeot Sport n° ref.: PS82045A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74001A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82015A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74677A10, Peugeot Sport n° ref.: 1G1163803A, Peugeot Sport n° ref.: PS82031A10, Peugeot Sport n° ref.: 1G1163863A, Peugeot Sport n° ref.: CS210035ST, Peugeot Sport n° ref.: PS82022A10, Peugeot Sport n° ref.: 6947-77, Peugeot Sport n° ref.: 6935-86, Peugeot Sport n° ref.: 1G1118057C, Peugeot Sport n° ref.: CS210034ST, Peugeot Sport n° ref.: PS82017A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82039A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82057A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74040A10, Peugeot Sport n° ref.: 1G1160831A, Peugeot Sport n° ref.: CS460048ST, Peugeot Sport n° ref.: 1G1160832A, Peugeot Sport n° ref.: PS82048A10, Peugeot Sport n° ref.: 6947-78, Peugeot Sport n° ref.: 7238ET, Peugeot Sport n° ref.: 1G1118049B, Peugeot Sport n° ref.: PS82137A10, Peugeot Sport n° ref.: 1G1127735A, Peugeot Sport n° ref.: 1G1163684A, Peugeot Sport n° ref.: CS460077ST, Peugeot Sport n° ref.: PS72652A10, Peugeot Sport n° ref.: 1G1118050C, Peugeot Sport n° ref.: 1G1118052A, Peugeot Sport n° ref.: PS74009A01, Peugeot Sport n° ref.: 1G1124545B, Peugeot Sport n° ref.: PS82719A10.



*Figura 72: Detalle esquemático del nuevo pedalier montado  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

La Unidad de Control Electrónico (ECU) de origen del vehículo será sustituida por otra, preparada por el departamento de Peugeot Sport para las nuevas particularidades del vehículo, así como para las diferentes condiciones de conducción, y homologada acorde a la normativa del grupo R5 (ver Figura 73), que es suministrada bajo las siguientes referencias:

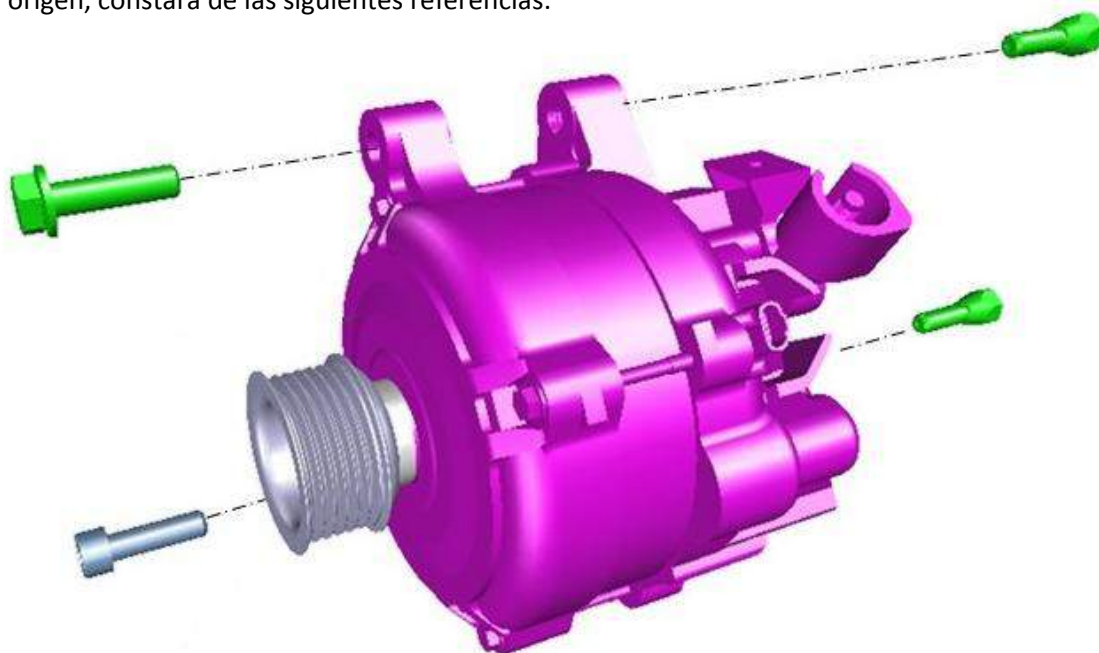
- Centralita electrónica: Peugeot Sport n° ref.: 0A3618635A
- Soporte: Peugeot Sport n° ref.: 0A3625052D
- Elementos de unión: Peugeot Sport n° ref.: PS82698A10, Peugeot Sport n° ref.: PS93705A10, Peugeot Sport n° ref.: RC7617711



*Figura 73: Detalle de la Unidad de Control Electrónico (ECU) montada  
(Imagen tomada de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)*

Respecto a la batería y el alternador, ambos serán sustituidos. En el caso de la batería, únicamente la posición de su emplazamiento debe cumplir con la normativa de la categoría R5, mientras que la elección de la misma es libre. Sin embargo el alternador debe de estar homologado, al igual que la localización del mismo.

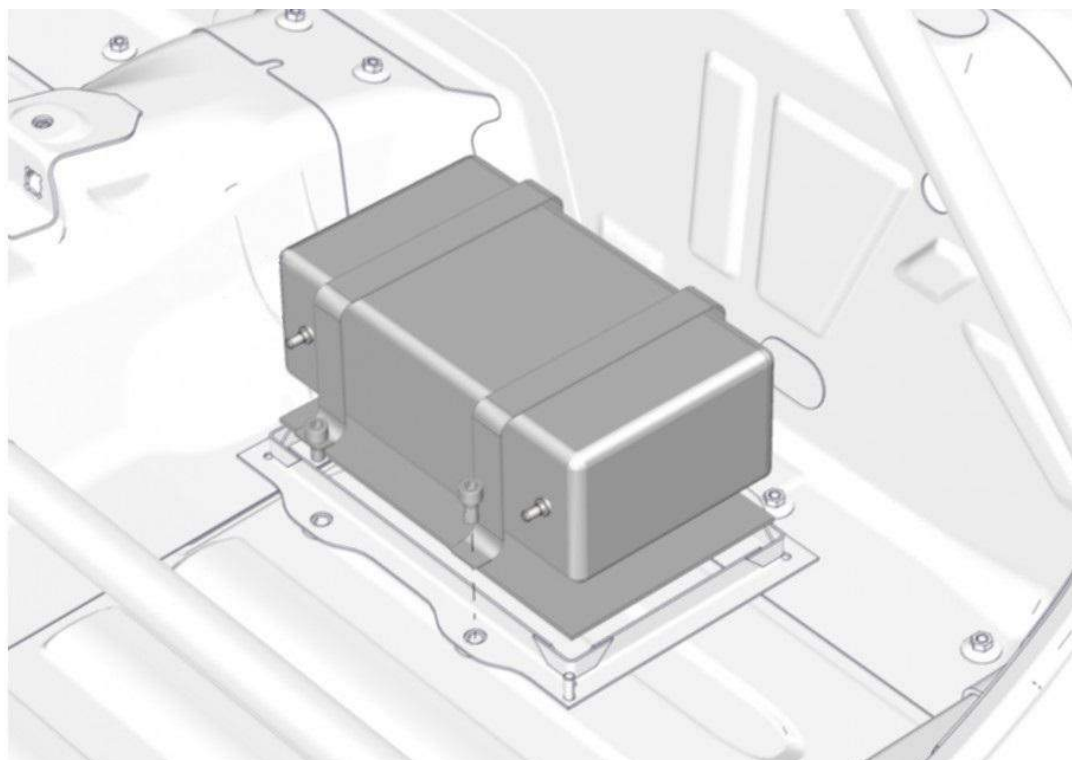
El nuevo conjunto del alternador instalado (ver Figura 74), de mayor amperaje y potencia que el de origen, constará de las siguientes referencias:



*Figura 74: Detalle esquemático del nuevo alternador instalado (Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

- Alternador: Peugeot Sport n° ref.: 9801895380.
- Soporte del alternador: Peugeot Sport n° ref.: 0A3118152F.
- Polea del alternador: Peugeot Sport n° ref.: 0A3118157A.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PS82082A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82003A10, Peugeot Sport n° ref.: 5703-84, Peugeot Sport n° ref.: 5703-98, Peugeot Sport n° ref.: 2104-10, Peugeot Sport n° ref.: PS86057A01, Peugeot Sport n° ref.: 6946-26, Peugeot Sport n° ref.: 6922G7, Peugeot Sport n° ref.: 17705-18.

En cuanto a la nueva batería de plomo ácido montada, ésta es más ligera que la de origen, posee mayor potencia, capacidad de carga rápida y gran pico de arranque (ver Figura 75).



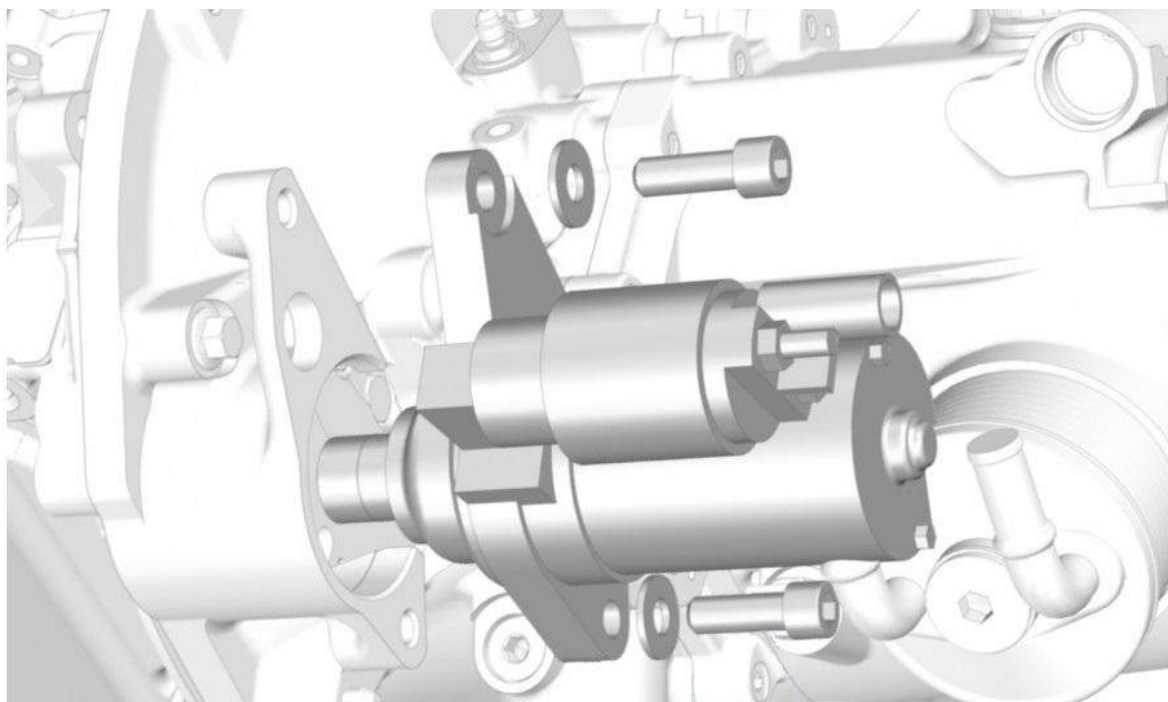
*Figura 75: Detalle de la nueva batería instalada, junto con sus soportes, fijada a la carrocería  
(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)*



La batería instalada consta del siguiente conjunto de referencias:

- Batería: Peugeot Sport n° ref.: 3Z1C23836A.
- Elementos de sujeción: Peugeot Sport n° ref.: 3Z1C24923C, Peugeot Sport n° ref.: 3Z1C25875B, Peugeot Sport n° ref.: PS74014A10, Peugeot Sport n° ref.: 6935-86, Peugeot Sport n° ref.: 6958-58, Peugeot Sport n° ref.: 7238ET, Peugeot Sport n° ref.: PS86009A01, Peugeot Sport n° ref.: PS86011A10, Peugeot Sport n° ref.: 6946-38.

El arranque original es reemplazado por uno de pulsador, frecuentemente empleado en este tipo de competiciones, con homologación R5, mostrado en la Figura 76.

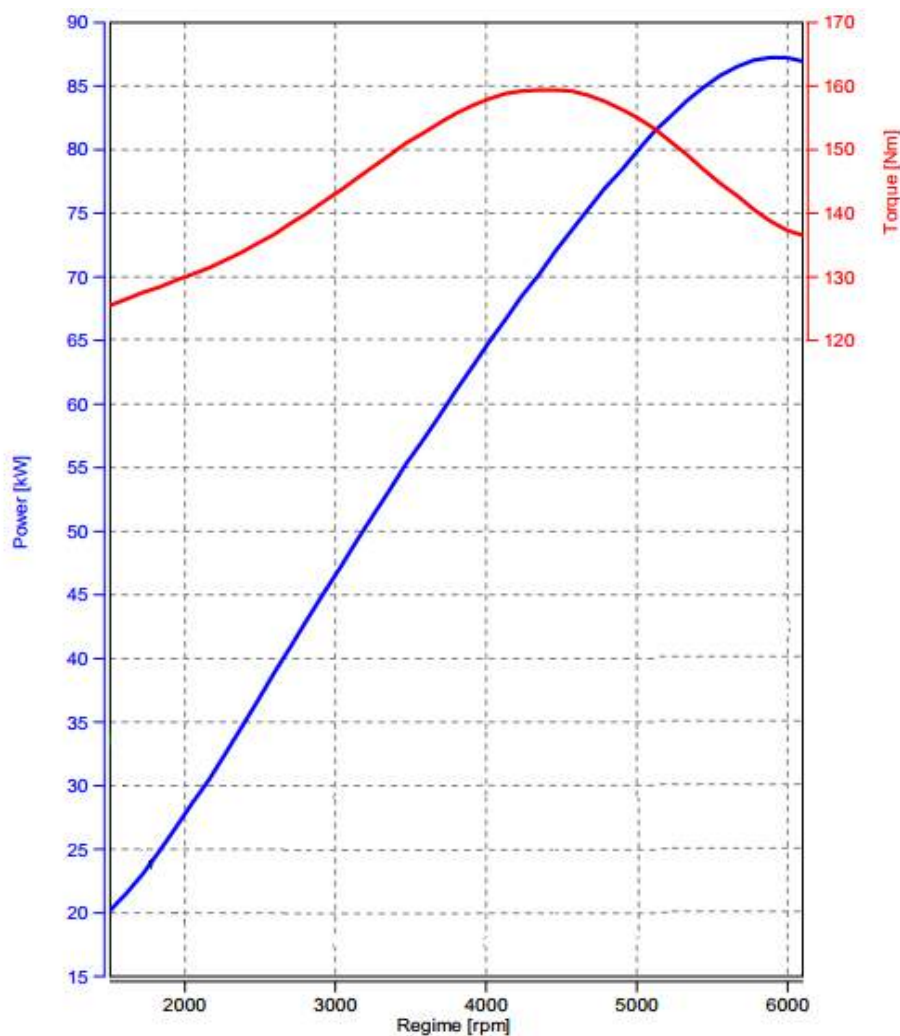


*Figura 76: Detalle del nuevo conjunto de arranque instalado  
(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)*

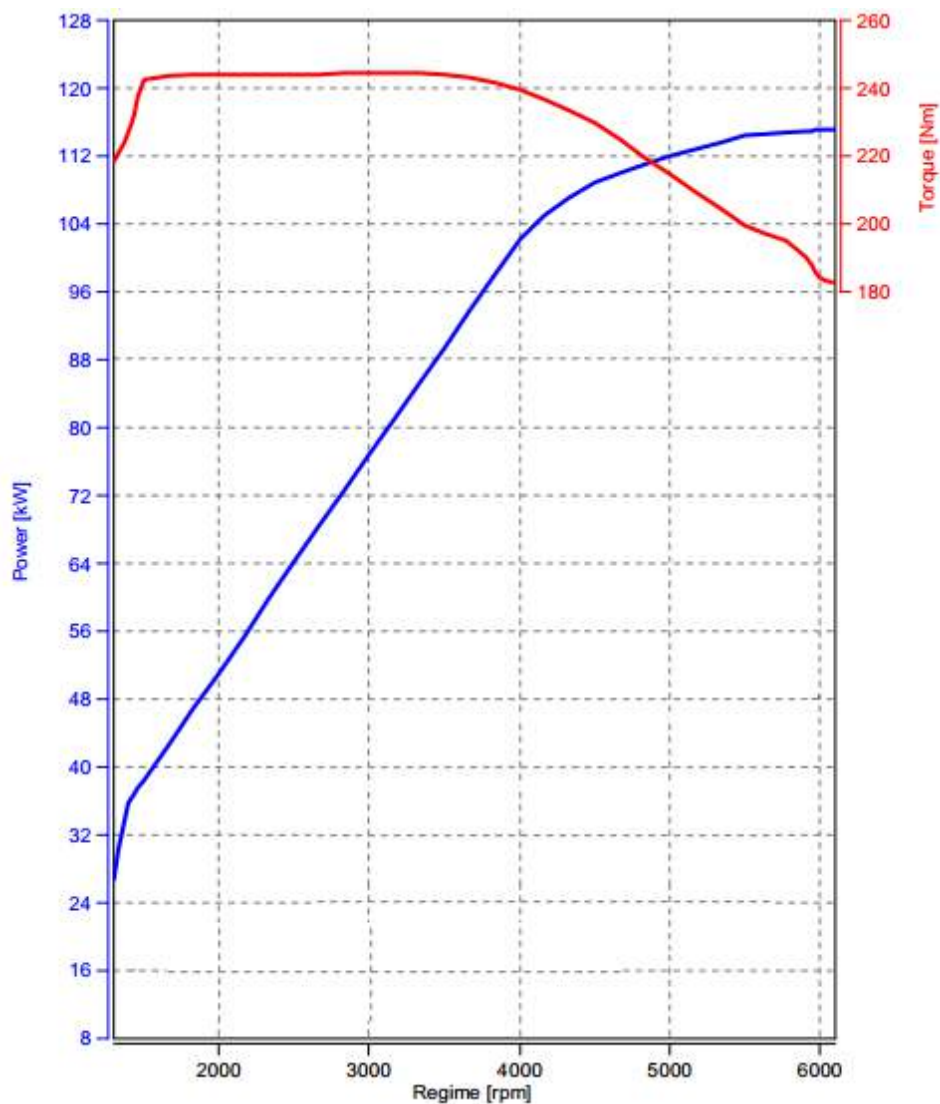
- Motor de arranque y pulsador: Peugeot Sport n° ref.: 0A3124325A.
- Elementos de sujeción: Peugeot Sport n° ref.: PS86554A10.

Peugeot Sport n° ref.: PS82668A10.

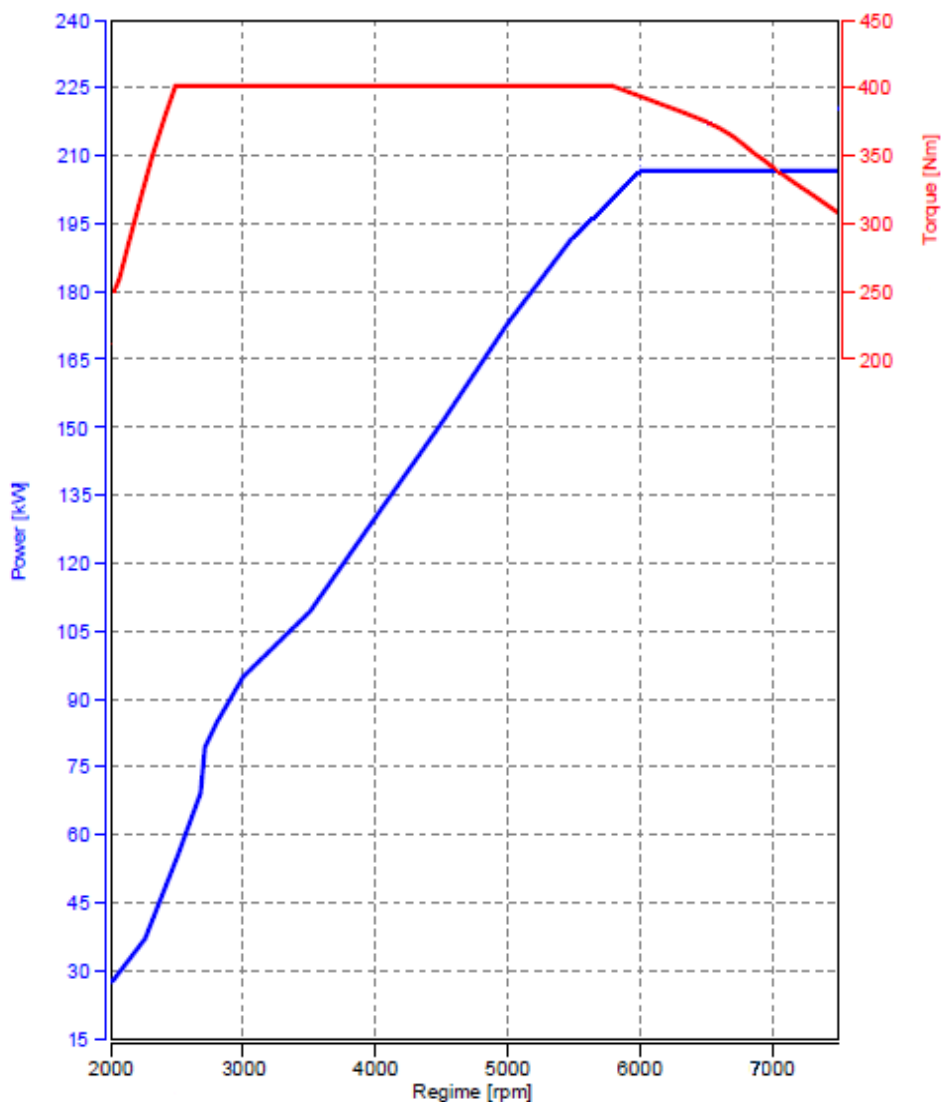
Para concluir, a continuación se mostrarán a nivel comparativo los diferentes gráficos de par y potencia del motor de origen o EP6C (Gráfica 4), del motor EP6CDT sin preparación (Gráfica 5) y del motor EP6CDT montado, con preparación R5 (Gráfica 6).



Gráfica 4: Curvas de par y potencia, frente al régimen de giro, para el motor de origen, el EP6C  
(Gráfico tomado de <http://www.peugeot-citroen-moteurs.fr/en-gb/our-products/engines/Automotive-petrol-engines>)



Gráfica 5: Curvas de par y potencia, frente al régimen de giro, para el motor EP6CDT sin preparación  
(Gráfico tomado de <http://www.peugeot-citroen-moteurs.fr/en-qb/our-products/engines/Automotive-petrol-engines>)



Gráfica 6: Curvas de par y potencia, frente al régimen de giro, para el motor EP6 CDT con preparación R5  
(Gráfica tomada de <http://www.peugeot-citroen-moteurs.fr/en-gb/our-products/engines/Automotive-petrol-engines>)

Como puede observarse, el motor con preparación R5 tiene valores muy superiores de par a lo largo de todo el régimen de giro, así como de potencia. Además trabaja en regímenes de revoluciones más elevados, derivando todo ello en un aumento de potencia máxima de 160 CV (118 kW) respecto al motor de serie del vehículo y de 124 CV (91 kW) respecto al motor del que deriva.



## 6.6.2.- REFORMAS DEL GRUPO N°3: TRANSMISIÓN

- **REFORMA 3.1.-** Modificación de las características o sustitución del elemento de conexión o desconexión de la transmisión por otro diferente.
- **REFORMA 3.2.-** Modificación del sistema de accionamiento del embrague, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación del mismo.
- **REFORMA 3.3.-** Modificación de la caja de cambios o sustitución por otra de distintas características.
- **REFORMA 3.4.-** Modificación de las características, o sustitución, de los elementos de transmisión por otros diferentes, desde la salida de la caja de cambios hasta las ruedas.
- **REFORMA 3.5.-** Modificación del sistema de tracción a través de la variación del número de ejes motrices.
- **REFORMA 3.6.-** Modificación o sustitución del sistema de selección de velocidades por otro de distintas características.

Elementos afectados:

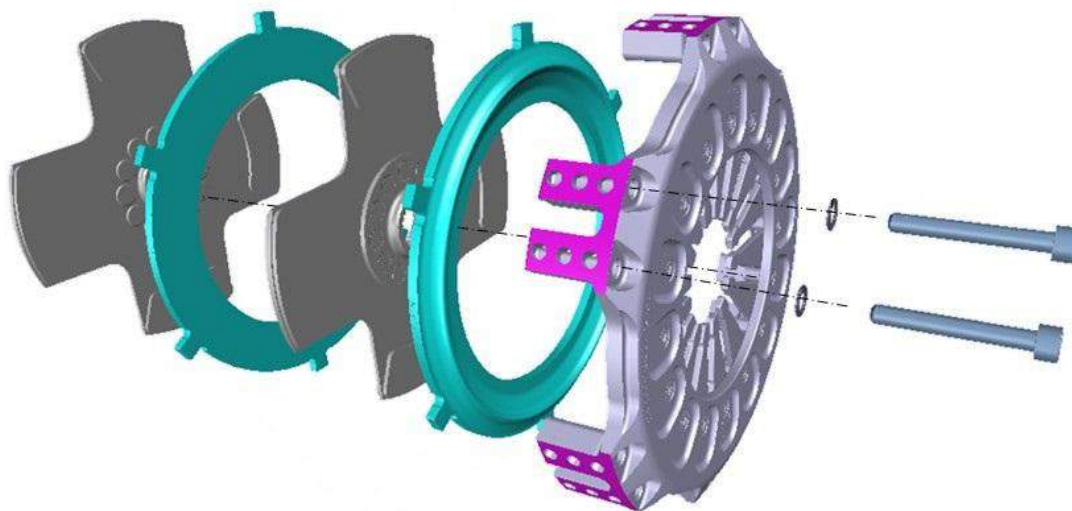
- Embrague: se sustituye el embrague por uno bidisco de material cerámico, capaz de resistir los elevados valores de par motor sin patinar. Se reemplaza el sistema de accionamiento del embrague por uno nuevo de tipo hidráulico desarrollado por el departamento de Peugeot Sport y homologado en la categoría del grupo R5. Además, y como ya hemos visto, se sustituye el pedal del embrague (empleado casi exclusivamente para la salida del vehículo y alguna curva muy cerrada), junto al resto de los pedales, por otro pedalier más simplificado y con cualidades antideslizantes, ya citado anteriormente.
- Caja de cambios: se reemplaza la original, que es de accionamiento manual, por una caja de cambios secuencial, de cambio más rápido y capaz de soportar los nuevos valores de par y potencia entregados por el motor. Esta nueva caja de cambios dispone de una salida extra hacia la transmisión trasera por medio de un palier central para poder dar tracción al eje trasero, y está homologada dentro de la categoría R5.



- Palanca de mando de la caja de cambios: se sustituye la de origen por una tipo leva de cambio secuencial, homologada en la categoría R5, en la cual para subir de marcha se tira hacia atrás (hacia el conductor) y para reducir, se empuja hacia adelante (hacia el salpicadero). Se modifica su emplazamiento situándola tras el volante de dirección, en el lado derecho del mismo.
- Diferencial: se reemplaza el diferencial delantero original por un diferencial autoblocante homologado en la categoría R5, capaz de distribuir los nuevos valores de par y potencia del motor. Además se añade un diferencial autoblocante en el eje trasero, ya que dicho eje pasará a ser motriz, con un embrague de accionamiento eléctrico para poder desacoplar las ruedas traseras de la transmisión permitiendo el uso del freno de mano en los momentos en los que sea más oportuno su uso.
- Árbol de transmisión: se monta un palier central de elevada resistencia, homologado según la categoría R5, para poder transmitir la tracción al eje trasero.

En primer lugar, se sustituye el embrague del vehículo original por uno cerámico bidisco (ver Figura 77), desarrollado por el departamento de competición de Peugeot. Consta de los siguientes elementos:

- Carcasa y platos de presión: Peugeot Sport n° ref.: 1C1122254B.
- Discos de fricción: Peugeot Sport n° ref.: 1C1122260A.
- Tornillos: Peugeot Sport n° ref.: PS82039A10.
- Arandelas: Peugeot Sport n° ref.: PS86098A01.

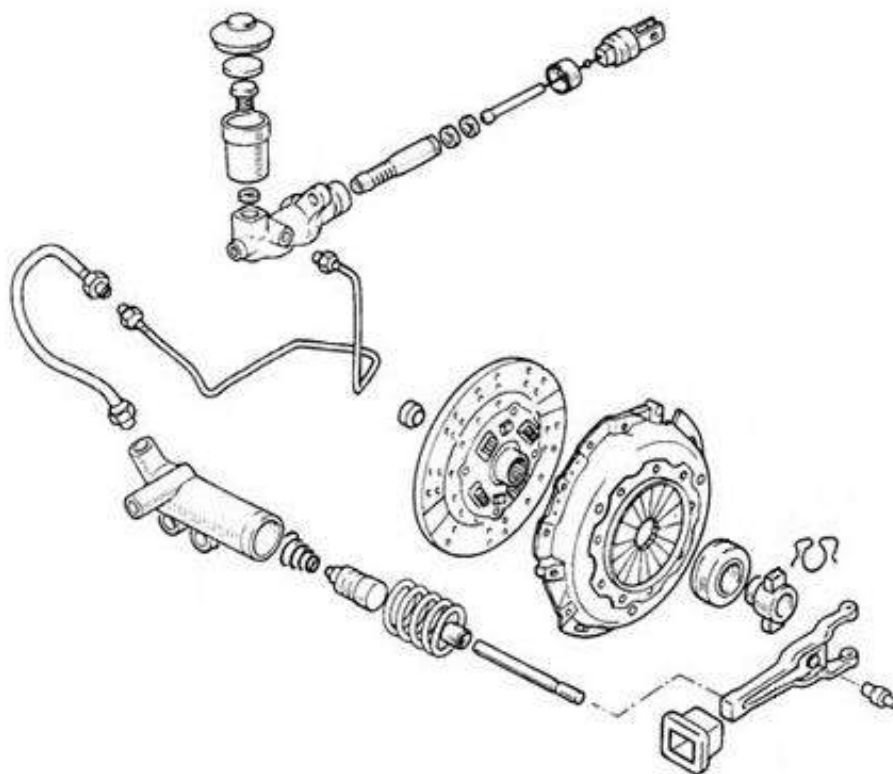


*Figura 77: Despiece del nuevo embrague bidisco montado  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

El mecanismo de mando del embrague también se reemplazará, montándose otro de tipo hidráulico del fabricante Peugeot Sport (similar al mostrado en la Figura 78), cuyo mecanismo habrá de estar homologado en la variante R5 según la normativa de dicho grupo. Dispondrá de los siguientes elementos:

- Depósito de líquido de embrague: Peugeot Sport n° ref.: 1G3262850A.
- Manguera de transmisión de potencia: Peugeot Sport n° ref.: 1G3262602A.
- Cilindro maestro o principal: Peugeot Sport n° ref.: 1G3224266A.
- Cilindro esclavo o de desembrague: Peugeot Sport n° ref.: 1G1124215A.
- Líquido de embrague: líquido de frenos Bembo - Peugeot Sport n° ref.: PS97633A10.
- Palanca de empuje: Peugeot Sport n° ref.: 1F6363651A.
- Otros elementos del conjunto: Peugeot Sport n° ref.: RC4815701B, Peugeot Sport n° ref.: PS73031A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74022A10, Peugeot Sport n° ref.:

PS85103A10, Peugeot Sport n° ref.: 1F6362743A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363866A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363865A, Peugeot Sport n° ref.: PS81535A10.



*Figura 78: Despiece del mecanismo hidráulico de control de embrague*  
(Imagen tomada de <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-embrague.htm>)

El pedal de embrague también se sustituye por uno de Peugeot Sport con n° ref.: 1G1126808A, como se ha visto en el apartado de reformas anterior, junto con el resto de los elementos del pedalier cuyas referencias están indicadas en las reformas del grupo n° 2.

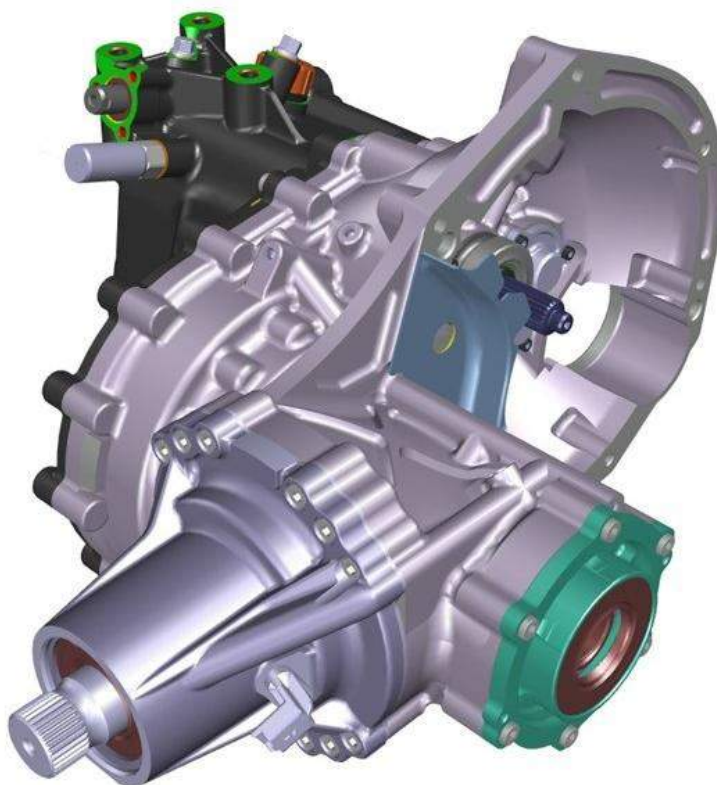
En cuanto a la caja de cambios, se reemplaza la del vehículo de origen, manual en H de 5 velocidades, además de la marcha atrás, por una de accionamiento secuencial, con el mismo número de marchas. Con la nueva caja de velocidades se consigue reducir el tiempo de cambio de marcha desde aproximadamente los 0,5 segundos de un cambio convencional hasta unos 0,3 segundos por cambio lo que, a lo largo de un tramo cronometrado y generalmente lleno de curvas, en el que se realizan un importante número de cambios, supone una mejora de tiempo



considerable. Además este tipo de cambio (secuencial) no precisa del uso del embrague para el cambio de marchas, excepto en el momento de la salida.

El cambio incorpora un diferencial autoblocante delantero cuya función consiste en reducir el deslizamiento de las ruedas en aceleración. También cuenta con una salida hacia la transmisión trasera por medio de un palier central. La lubricación de la caja tiene lugar por medio de una bomba y el aceite es refrigerado por un radiador externo debido a las altas temperaturas que se alcanzan por el empleo de un diferencial autoblocante.

La nueva caja de cambios montada (ver Figura 79) está diseñada y fabricada por el departamento de competición de Peugeot, Peugeot Sport, y homologada por la normativa del grupo R5.



*Figura 79: Detalle esquemático de la nueva caja de cambios secuencial instalada, con el diferencial delantero acoplado (Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*



El kit de Peugeot Sport cuenta con los siguientes elementos:

- Caja de cambios secuencial (incluye diferencial delantero): Peugeot Sport n° ref.: 1C2323871E.
- Aceite de la caja de cambios: Peugeot Sport n° ref.: 1C2340626A.
- Elementos para su montaje: Peugeot Sport n° ref.: 6925V0.

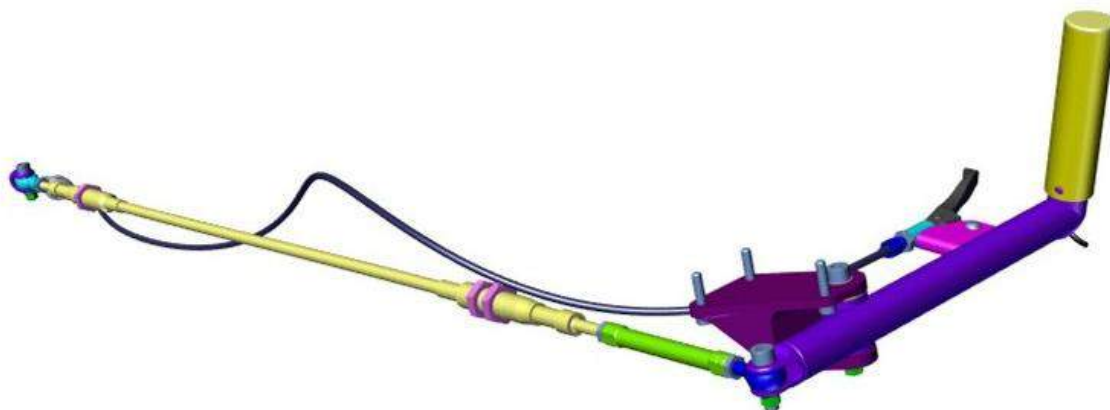
Peugeot Sport n° ref.: 6968-36.

La sustitución de la caja de velocidades por una secuencial lleva asociado el reemplazamiento de la palanca de mando de la caja de cambios original del vehículo (así como el resto de los componentes de accionamiento de la caja de cambios) por una de tipo secuencial (ver Figura 80), más adecuada para este tipo de competiciones, situada tras el volante, a la derecha, de forma que sea más accesible para el piloto.

Este tipo de palanca dispone de la peculiaridad de que tirando de ella o empujándola, primeramente se corta el encendido (impidiendo que el motor se revolucione) y a continuación se sube o reduce, respectivamente, una marcha, por lo que el tiempo de cambio se acorta notablemente. El control de la caja de cambios debe estar homologado en VR5. Se instala el suministrado por Peugeot Sport, homologado bajo dicha normativa y que cuenta con los siguientes elementos:

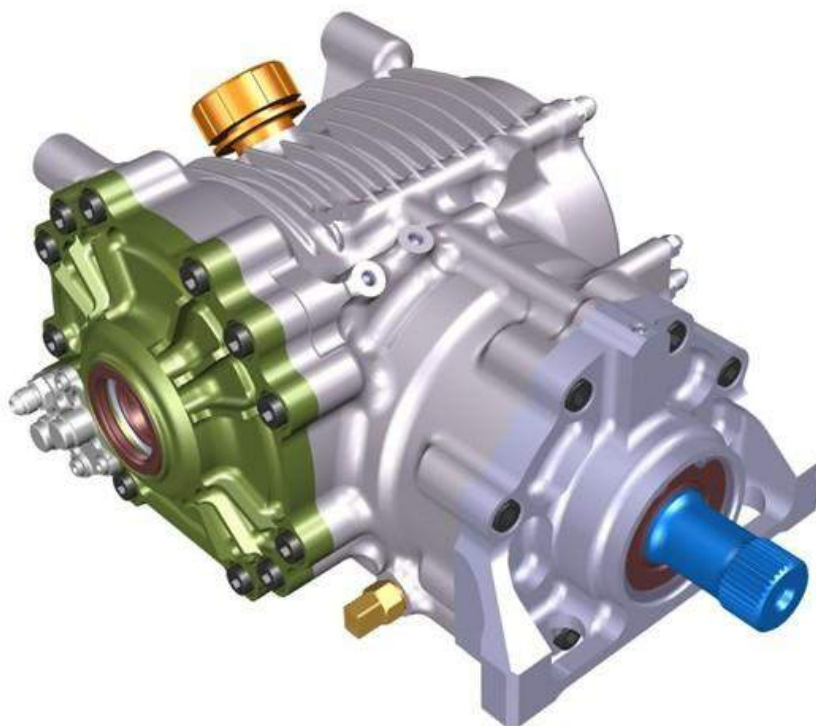
- Unidad de control para la palanca selectora: Peugeot Sport n° ref.: 1G2126168B.
- Cable de control: Peugeot Sport n° ref.: 1G2127083A.
- Palanca selectora: Peugeot Sport n° ref.: 1G2125625A.
- Horquilla de accionamiento de la palanca selectora: Peugeot Sport n° ref.: 1G2126862A.
- Palanca de control: Peugeot Sport n° ref.: 1G2126861A.
- Sistema liberador del cable de control: Peugeot Sport n° ref.: 1G2127077A.

- Otros elementos pertenecientes al sistema de control de la caja de cambios: Peugeot Sport n° ref.: 1G2123841A, Peugeot Sport n° ref.: PS82130A01, Peugeot Sport n° ref.: PS82079A10, Peugeot Sport n° ref.: RC17705-25, Peugeot Sport n° ref.: PS88674A10, Peugeot Sport n° ref.: 6933-19, Peugeot Sport n° ref.: 1G2123885A, Peugeot Sport n° ref.: 1G2125618A, Peugeot Sport n° ref.: PS88653A10, Peugeot Sport n° ref.: CC16805-09, Peugeot Sport n° ref.: 1G2241233A, Peugeot Sport n° ref.: PS89648A10, Peugeot Sport n° ref.: 1F7143364A, Peugeot Sport n° ref.: PS82134A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86009A01, Peugeot Sport n° ref.: PS82017A10, Peugeot Sport n° ref.: Peugeot Sport n° ref.: 1G2127082A, Peugeot Sport n° ref.: 1G2162061A, Peugeot Sport n° ref.: 1G2161433A, Peugeot Sport n° ref.: PS82658A10, Peugeot Sport n° ref.: 6936-73.



*Figura 80: Detalle esquemático de la nueva palanca secuencial de accionamiento de la caja de cambios instalada (Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Se monta un puente trasero (ver Figura 81) que cumpla con la normativa del grupo R5, como parte de los elementos necesarios para la transformación del vehículo de tracción delantera en uno con tracción a las cuatro ruedas, para distribuir la cantidad de par adecuada a cada rueda trasera. El diferencial autoblocante trasero instalado lleva un embrague de accionamiento eléctrico para poder desacoplar las ruedas traseras de la transmisión permitiendo el uso del freno de mano en determinadas circunstancias. También lleva instalada un radiador encargado de enfriar el aceite para que éste no pierda sus propiedades al aumentar significativamente su temperatura debido al empleo de un diferencial autoblocante.



*Figura 81: Detalle esquemático del nuevo diferencial trasero instalado*

(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

El puente trasero montado cuenta con los siguientes elementos:

- Diferencial trasero: Peugeot Sport n° ref.: 1C3423872D.
- Aceite: Peugeot Sport n° ref.: 1C2340626A.
- Radiador: Peugeot Sport n° ref.: 1C3426667B.
- Ventilador: Peugeot Sport n° ref.: 1C3423808A.
- Soportes y elementos de unión: Peugeot Sport n° ref.: PS82153A10, Peugeot Sport n° ref.: 1C3427485A, Peugeot Sport n° ref.: 1C3427486A, Peugeot Sport n° ref.: 1C3426771A, Peugeot Sport n° ref.: 1C3426772A, Peugeot Sport n° ref.: 1C3426773A, Peugeot Sport n° ref.: 1C3426774A, Peugeot Sport n° ref.: PS86043A10, Peugeot Sport n° ref.: PS78573A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82630A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74015A10, Peugeot Sport n° ref.: PS78574A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82119A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74001A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74677A10, Peugeot Sport

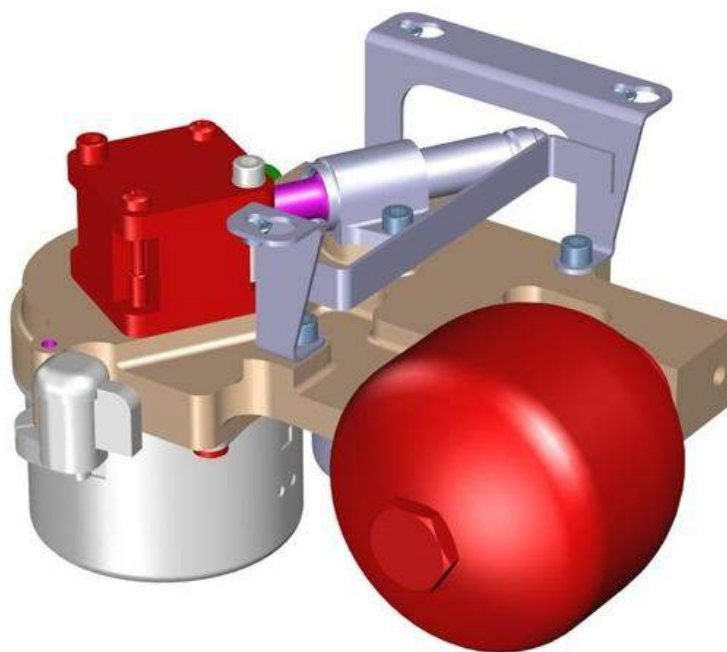


n° ref.: PS82083A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82020A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74009A10, Peugeot Sport n° ref.: PS78571A10, Peugeot Sport n° ref.: RC5617299.

En cuanto al accionamiento eléctrico del embrague que lleva montado el diferencial autoblocante trasero (ver Figura 82), que permite desacoplar el eje trasero de la transmisión en momentos puntuales, como al accionar sobre el freno de mano, es desarrollado por el departamento de Peugeot Sport y homologado bajo la normativa R5. Para su instalación, es necesario el montaje de los elementos cuyas referencias se indican a continuación:

- Bloque del sistema de accionamiento: Peugeot Sport n° ref.: 1C3524312C.
- Apoyo del sistema de accionamiento: Peugeot Sport n° ref.: 1C3524343C.
- Cilindro hidráulico de actuación sobre el embrague: Peugeot Sport n° ref.: 1C3524322B.
- Sensor de presión del freno (de mano): Peugeot Sport n° ref.: 5273A2.
- Electro bomba: Peugeot Sport n° ref.: 1608730380.
- Solenoide: Peugeot Sport n° ref.: 1C3525558A.
- Tanque de la bomba: Peugeot Sport n° ref.: 4018-90.
- Tubo de presión: Peugeot Sport n° ref.: 1C3518455B.
- Fluido hidráulico: Peugeot Sport n° ref.: 9979A3.
- Conductos y elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PS82083A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74009A01, Peugeot Sport n° ref.: PS71600A10, Peugeot Sport n° ref.: 1C3524323A, Peugeot Sport n° ref.: 1C3524333A, Peugeot Sport n° ref.: PS77041A10, Peugeot Sport n° ref.: PS77042A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82118A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82018A10, Peugeot Sport n° ref.: 6911-22, Peugeot Sport n° ref.: PS73984A10, Peugeot Sport n° ref.: PS81031A10, Peugeot Sport n° ref.: 1C3518428A, Peugeot Sport n° ref.: BCSP653830, Peugeot Sport n° ref.: 6981H6, Peugeot Sport n° ref.: 7518WQ, Peugeot Sport n° ref.: 4018-96, Peugeot Sport n° ref.: PS82634A10, Peugeot Sport n° ref.: 1355-1304, Peugeot Sport n° ref.: PS73429A10, Peugeot Sport n° ref.: PS73431A10,

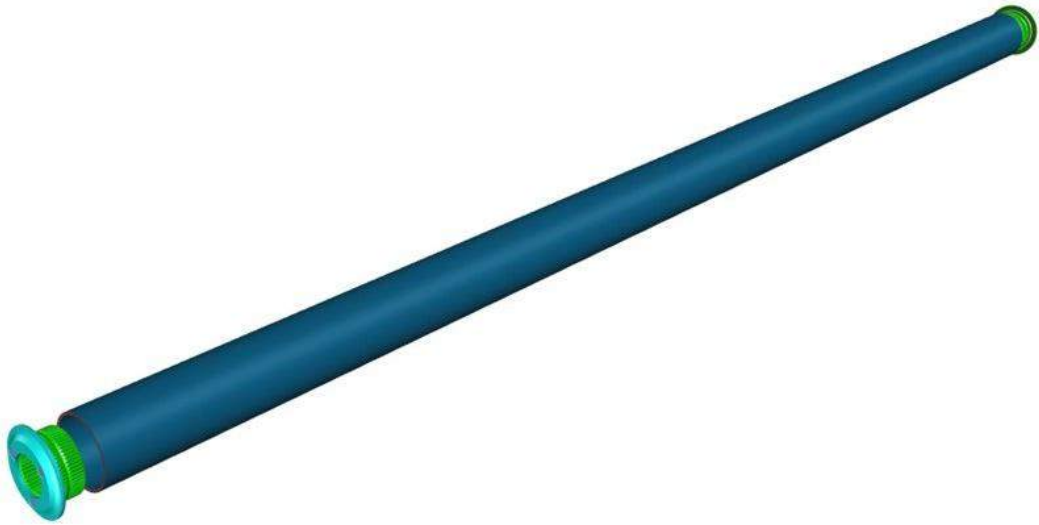
Peugeot Sport n° ref.: PS82019A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86506A10, Peugeot Sport n° ref.: 6936-39.



*Figura 82: Detalle esquemático del sistema de accionamiento eléctrico del embrague que lleva montado el diferencial trasero (Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Para concluir, se añade un árbol de transmisión o palier central (ver Figura 83) para transmitir el movimiento a las ruedas traseras de modo que éstas pasen de ser conducidas a ser motrices. El árbol de transmisión montado, situado entre la salida trasera de la caja de cambios y la entrada al diferencial trasero, ha de estar homologada bajo la normativa R5 y desarrollada por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Árbol de transmisión: Peugeot Sport n° ref.: 1C6126404B.
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: 1C6125839C, Peugeot Sport n° ref.: PS77578A10, Peugeot Sport n° ref.: 1C6127047A, Peugeot Sport n° ref.: PS85543A10, Peugeot Sport n° ref.: 1C6127049A, Peugeot Sport n° ref.: 1C6127055A, Peugeot Sport n° ref.: PS85557A10, Peugeot Sport n° ref.: PS77096A10, Peugeot Sport n° ref.: CS740007ST, Peugeot Sport n° ref.: 1C6125842C, Peugeot Sport n° ref.: CS060151ST, Peugeot Sport n° ref.: 1C6125843A.



*Figura 83: Detalle esquemático del árbol de transmisión montado*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

La instalación del árbol de transmisión se llevará a cabo con el aumento de la distancia entre ejes, la cual pasará de los 2538 mm del vehículo de serie a los 2560 mm del vehículo preparado. Con ello se aumenta la estabilidad del vehículo a altas velocidades y en curvas amplias, y se reduce la transferencia de pesos producida durante la frenada, mejorando la capacidad total de frenada.

### 6.6.3.- REFORMAS DEL GRUPO N°4: EJES Y RUEDAS

- **REFORMA 4.1.- Sustitución del eje por otro de distintas características o modificación de las características del mismo.**
- **REFORMA 4.2.- Modificación de la distancia entre ejes.**
- **REFORMA 4.4.- Modificaciones o sustituciones en ruedas e instalación o desinstalación de separadores de ruedas que impliquen modificación del ancho de vía** (dicha reforma se tramitará junto con la reforma 5.1).
- **REFORMA 4.5.- Sustitución de neumáticos por otros no equivalentes.**

Elementos afectados:

- Eje delantero: se sustituyen los palieres delanteros por otros más resistentes, con unas homocinéticas reforzadas, que sean capaces de soportar los mayores esfuerzos a los que se verán sometidos por la incorporación del nuevo diferencial autoblocante.
- Eje trasero: se reemplazan los palieres traseros originales por los mismos que se montarán en el eje delantero ya que el reglamento exige que sean iguales al tratarse de un vehículo con tracción a las 4 ruedas.
- Ruedas: se sustituyen las llantas de serie por unas de tipo monobloque, de aluminio, de 7" x 15" para circuitos de tierra y de 8" x 18" para los de asfalto. Los neumáticos también se reemplazan por otros más adecuados para las características de este tipo de competiciones.

En primer lugar se sustituyen los palieres delanteros originales por unos homologados bajo el reglamento del grupo R5, más resistentes y con un estriado adecuado acorde el nuevo diferencial instalado, y unas homocinéticas reforzadas, capaces de soportar los nuevos valores de par y potencia del motor (ver Figura 84).

Se montarán unos palieres para circuitos de tierra, con n° ref.: 1C7126031D, y otros para los circuitos de asfalto, con n° ref.: 1C7126030D.



Los palieres del eje trasero serán reemplazados por unos iguales a los delanteros (ver Figura 8.4), tal y como indica el reglamento del grupo R5.

Se montarán unos para circuitos de tierra, con n° ref.: 1C7126031D, y otros para los circuitos de asfalto, con n° ref.: 1C7126030D.

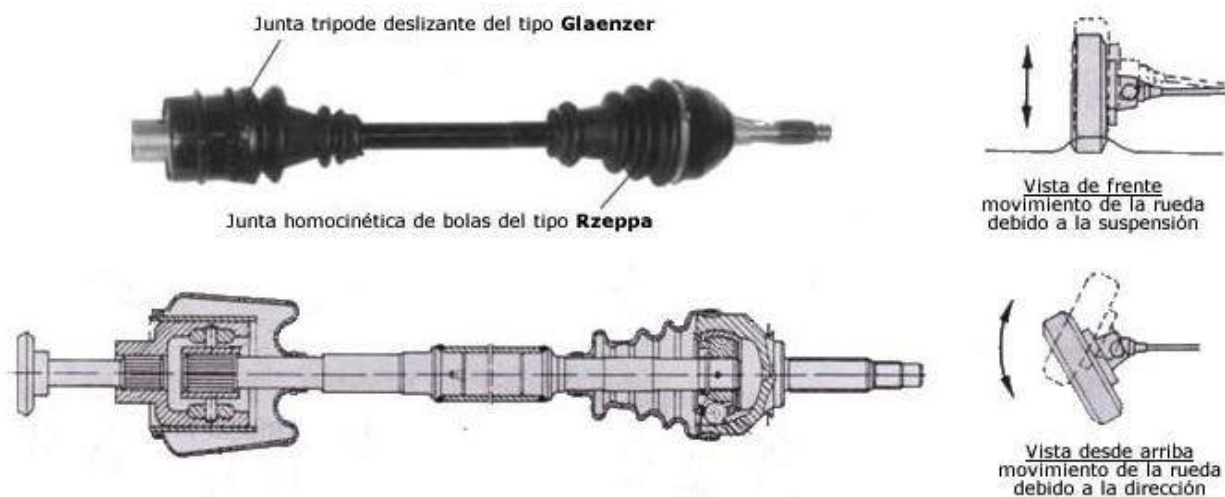


Figura 84: Detalle de uno de los palieres montados en los ejes delantero y trasero

(Imagen tomada de <http://viorso.mao.blogspot.com.es/>)

En cuanto a las ruedas, se sustituyen las llantas de 16" de serie por unas monobloque de aluminio suministradas por Peugeot Sport, de la marca OZ, como las mostradas en la Figura 85.

- Llantas de asfalto 8"x18": Peugeot Sport n° ref.: 1E3126182A
- Llantas de tierra 7"x15": Peugeot Sport n° ref.: 1E3123776A



Figura 85: Llantas de asfalto (izquierda) y de tierra (derecha) montadas

(Imágenes tomadas de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)



Las llantas de tierra, montadas para su uso en competiciones sobre una superficie más deslizante y menos exigente que el asfalto, tienen un diámetro menor que las de asfalto con el objetivo de disminuir el peso de las masas no suspendidas, descargando el trabajo de los amortiguadores, lo cual supone un aliciente importante sobre tramos bacheados.

Los neumáticos de origen, de denominación 195/55 R16 87 H serán reemplazados por unos de la marca Michelin.

Se montarán, para las competiciones sobre asfalto, unos neumáticos de invierno de denominación Pilot Alpin 225/40 R18 92 H y unos de verano de denominación Pilot Sport 3 225/40 R18 92 W. Para las competiciones sobre tierra se montarán unos neumáticos de invierno de denominación Alpin 215/65 R15 96 H y unos de verano de denominación Energy Saver + 215/65 R15 96 H.



## 6.6.4.- REFORMAS DEL GRUPO N°5: SUSPENSIÓN

- **REFORMA 5.1.- Modificación de las características del sistema de suspensión o de algunos de sus componentes elásticos.**

Elementos afectados:

- Tren delantero: se mantiene el esquema de suspensión delantera McPherson con resorte helicoidal pero se sustituye por un conjunto reforzado, de mayor eficacia y regulable. También se produce el reemplazamiento de los siguientes componentes: se sustituye el subchasis delantero por uno más resistente, los trapecios son reemplazados por unos de aluminio con mayores posibilidades de reglaje, las manguetas por otras más reforzadas debido a los elevados esfuerzos generados tras la modificación del motor y el montaje de un diferencial autoblocante y, por último, se sustituye la barra estabilizadora por una más rígida y regulable.
- Tren trasero: debido a que el eje trasero pasa de ser un eje conducido a un eje motriz, se debe reemplazar el sistema de suspensión de origen (ruedas tiradas con elementos torsionales y resortes helicoidales) por un conjunto McPherson regulable, instalándose además un subchasis trasero donde se anclan los trapecios y el nuevo diferencial trasero. También se montarán unas nuevas manguetas, reforzadas debido a la nueva condición de tracción del eje trasero, en las que se alojarán los nuevos palieres traseros, así como una barra estabilizadora trasera regulable.

En primer lugar analizaremos las modificaciones correspondientes al tren delantero.

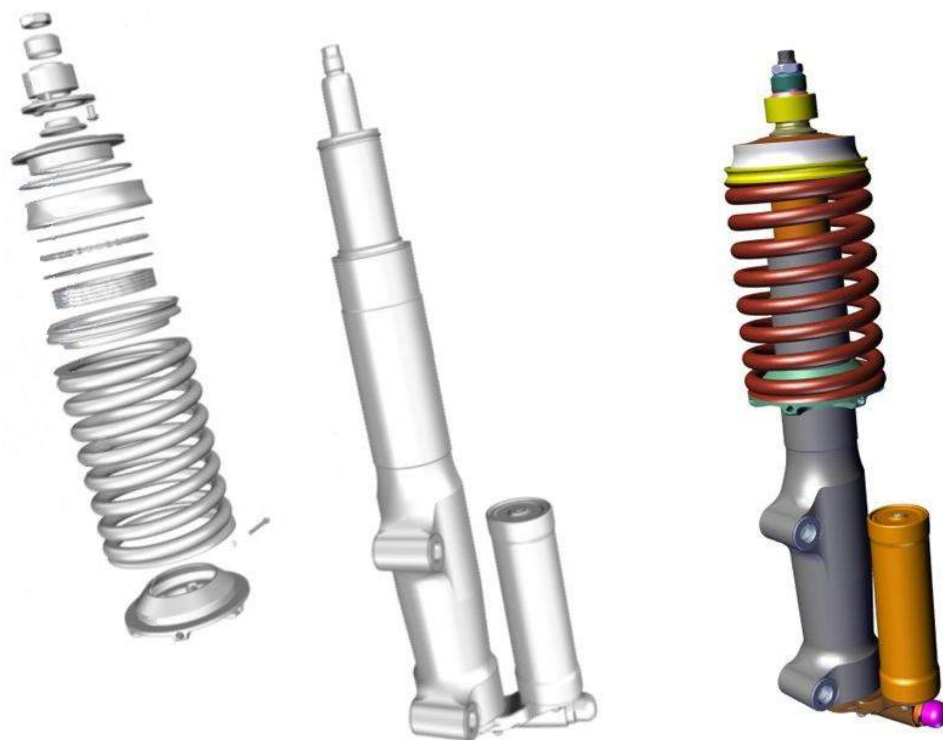
El primer elemento que nos encontramos es el sistema de suspensión McPherson, el cual se sustituirá por uno reforzado, de mayor eficacia y con posibilidades de reglaje, con lo que es posible la adecuación del mismo en función de las condiciones de las diferentes pruebas. El nuevo conjunto instalado, homologado bajo la normativa del grupo R5 y suministrado por Peugeot Sport, incluye un amortiguador de gas regulable en compresión y extensión, sobre el que va montado un muelle helicoidal regulable en precarga y altura. Se montará uno para competiciones que tienen lugar en circuitos de asfalto y otro diferente para los circuitos de



tierra, que difieren en el recorrido de los amortiguadores (el cual es mayor en los amortiguadores de tierra que en los de asfalto) y la constante elástica de los muelles montados, los cuáles presentan menor rigidez en las suspensiones de tierra.

Los componentes que forman parte del conjunto McPherson delantero instalado para las competiciones sobre asfalto (ver Figura 86) son los siguientes:

- Amortiguador delantero: Peugeot Sport nº ref.: 1E1426558B.
- Resorte delantero, constante elástica 3,7 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427132A.
- Resorte delantero, constante elástica 4,1 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427133A.
- Resorte delantero, constante elástica 4,6 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427134A.
- Resorte delantero, constante elástica 5,2 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427135A.
- Resorte delantero, constante elástica 5,8 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427136A.
- Puntal superior: Peugeot Sport nº ref.: 1E1423877A.
- Cojinete: Peugeot Sport nº ref.: PS88742A10.
- Soporte superior del resorte: Peugeot Sport nº ref.: 1E1426737A.
- Tuerca inferior del resorte: Peugeot Sport nº ref.: 1E1426738A.
- Otros elementos: Peugeot Sport nº ref.: 3805-05, Peugeot Sport nº ref.: 1E1463020A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1423878A, Peugeot Sport nº ref.: PS77031A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1422402B, Peugeot Sport nº ref.: CS100004ST, Peugeot Sport nº ref.: CS100003ST, Peugeot Sport nº ref.: 1E1422401C, Peugeot Sport nº ref.: PS82099A10, Peugeot Sport nº ref.: PS86568A10, Peugeot Sport nº ref.: 2K9A26999A, Peugeot Sport nº ref.: PS85070A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1426456A-OUT, Peugeot Sport nº ref.: 1E1421287A-OUT.

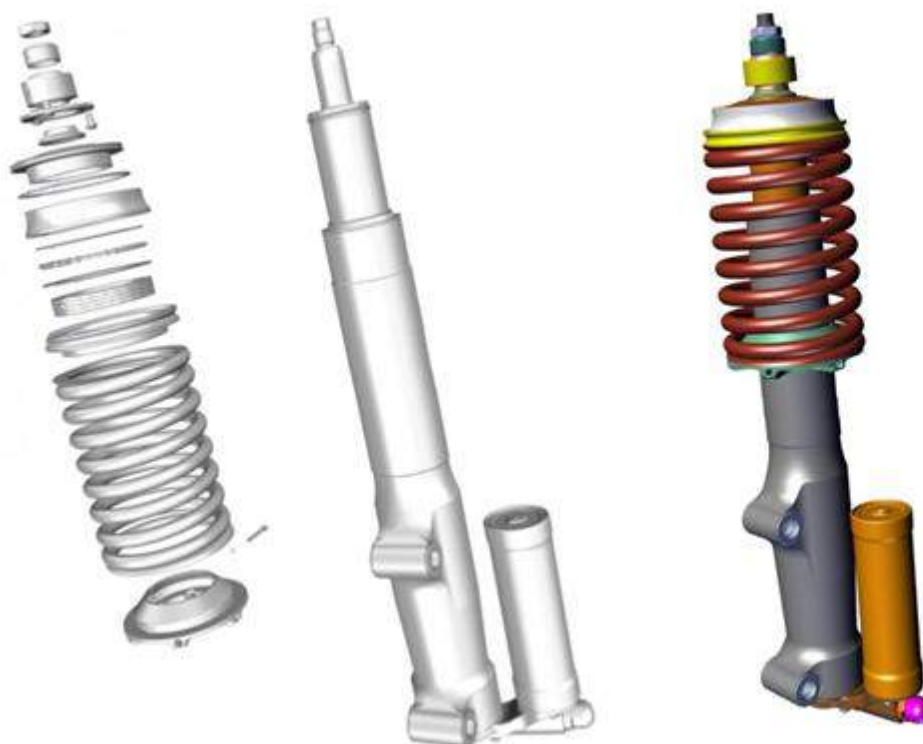


*Figura 86: Despiece y conjunto de la suspensión delantera de asfalto instalada, de tipo McPherson  
(Imágenes tomadas de <http://www.peugeot-sport-store.com/> y <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Los componentes que forman parte del conjunto McPherson delantero instalado para las competiciones sobre tierra (ver Figura 87) son los siguientes:

- Amortiguador delantero: Peugeot Sport n° ref.: 1E1426560B.
- Resorte delantero, constante elástica 1,8 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427128A.
- Resorte delantero, constante elástica 2,2 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427129A.
- Resorte delantero, constante elástica 2,7 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427130A.
- Resorte delantero, constante elástica 3,3 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427131A.
- Puntal superior: Peugeot Sport n° ref.: 1E1423877A.
- Cojinete: Peugeot Sport n° ref.: PS88742A10.
- Soporte superior del resorte: Peugeot Sport n° ref.: 1E1426737A.

- Tuerca inferior del resorte: Peugeot Sport n° ref.: 1E1426738A.
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: 3805-05, Peugeot Sport n° ref.: 1E1463020A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1423878A, Peugeot Sport n° ref.: PS77031A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1422402B, Peugeot Sport n° ref.: CS100004ST, Peugeot Sport n° ref.: CS100003ST, Peugeot Sport n° ref.: 1E1422401C, Peugeot Sport n° ref.: PS82099A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86568A10, Peugeot Sport n° ref.: 2K9A26999A, Peugeot Sport n° ref.: PS85070A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1426456A-OUT, Peugeot Sport n° ref.: 1E1421287A-OUT.



*Figura 87: Despiece y conjunto de la suspensión delantera de tierra instalada, de tipo McPherson*  
(Imágenes tomadas de <http://www.peugeot-sport-store.com/> y <http://boutique.citroenracing.com/>)

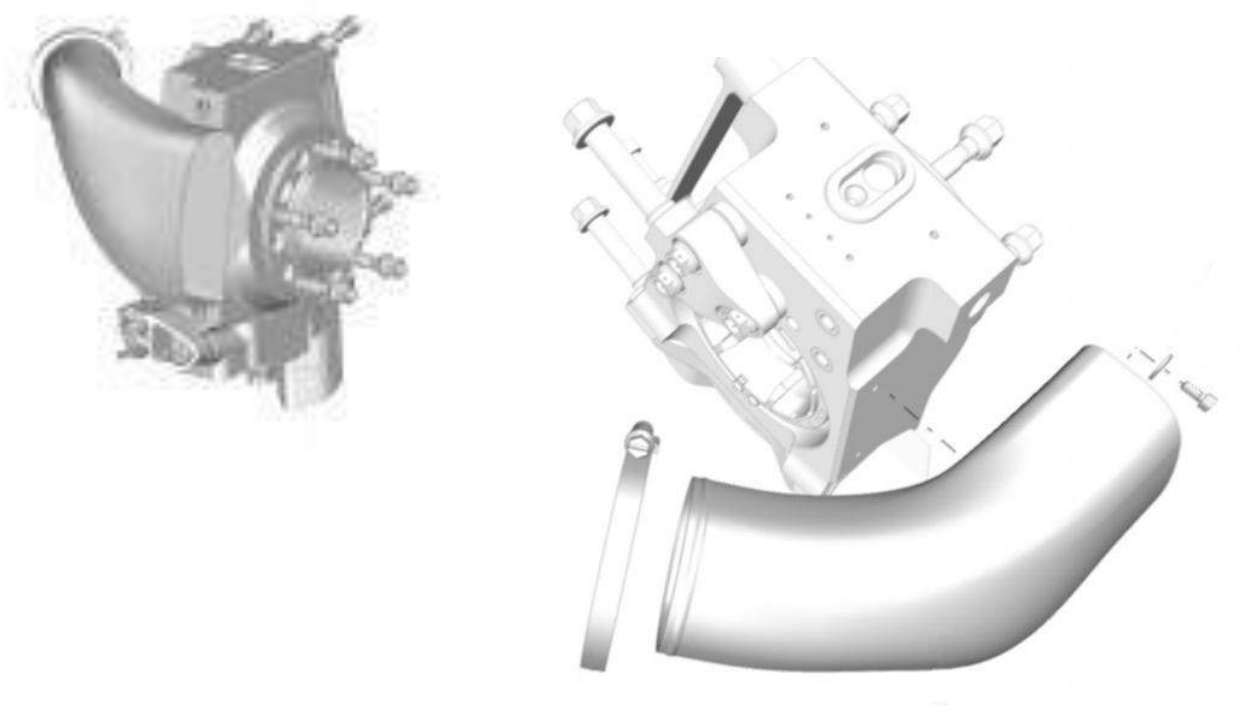
A continuación, se sustituyen las manguetas y bujes delanteros por unos más ligeras y resistentes con el fin de disminuir el peso no suspendido, consiguiendo que la suspensión trabaje mejor. Se montan unas para los circuitos de asfalto y otras para los de tierra, homologadas ambas bajo la normativa del grupo R5 y suministradas por Peugeot Sport.



El conjunto de las manguetas delanteras de asfalto montadas (ver Figura 88) cuenta con las siguientes referencias:

- Mangueta: Peugeot Sport nº ref.: 1E1326058B.
- Rodamientos de ruedas reforzadas: Peugeot Sport nº ref.: 903535338B.
- Buje de la rueda: Peugeot Sport nº ref.: 1E1318068C.
- Codificador magnético: Peugeot Sport nº ref.: 1E1325924A.
- Elementos de fijación y otros: Peugeot Sport nº ref.: 1E1318064B, Peugeot Sport nº ref.: 903538348B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318147A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318063A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318086A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318087A, Peugeot Sport nº ref.: PS86002A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82084A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326051B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326111A, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426554B, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426555B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318136C, Peugeot Sport nº ref.: PS82008A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82538A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1325335C, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326127A, Peugeot Sport nº ref.: PS82179A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1325079A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326155A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327417B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327418B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327419B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327420B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327421B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327422B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327423B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327424B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327425B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327426B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327427B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327428B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327429B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327431B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327432B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327433B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327434B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327435B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327436B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327437B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327438B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327439B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327440B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327441B, Peugeot Sport nº ref.: 1E2427442B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327443B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318146A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318143B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318145A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318144B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327234A, Peugeot Sport nº ref.: PS86571A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82009A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326679A, Peugeot Sport nº ref.: 903729718A, Peugeot Sport nº ref.: 6947-78, Peugeot Sport nº ref.: PS82130A01, Peugeot Sport nº ref.: 96141076,

Peugeot Sport n° ref.: 1E1324300B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318079B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318085B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326782A, Peugeot Sport n° ref.: PS82634A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326768A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326766C, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326767C, Peugeot Sport n° ref.: PS86098A01, Peugeot Sport n° ref.: PS82056A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82151A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326685B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326395A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326606C, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326607C, Peugeot Sport n° ref.: 6949-29, Peugeot Sport n° ref.: PS82027A10, Peugeot Sport n° ref.: RC7619538A, Peugeot Sport n° ref.: 6981J8.



*Figura 88: Conjunto y detalle de las manguetas delanteras montadas para circuitos de asfalto*

(Imágenes tomadas de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)

El tubo acoplado al conjunto de la mangueta, que puede observarse en primer plano en la figura superior derecha, consiste en un conducto para la refrigeración de los frenos. Esta refrigeración es necesaria debido a que sobre el asfalto la potencia requerida de frenado es mayor que sobre tierra y, generalmente, se frena con gran intensidad y tan tarde como sea posible, mientras que, sobre tierra, es necesario frenar con cierta suavidad y relativa antelación, además de que es habitual cruzar el coche para trazar las curvas, en lugar de emplear tanto los frenos, por lo que no será necesario dicho conducto.

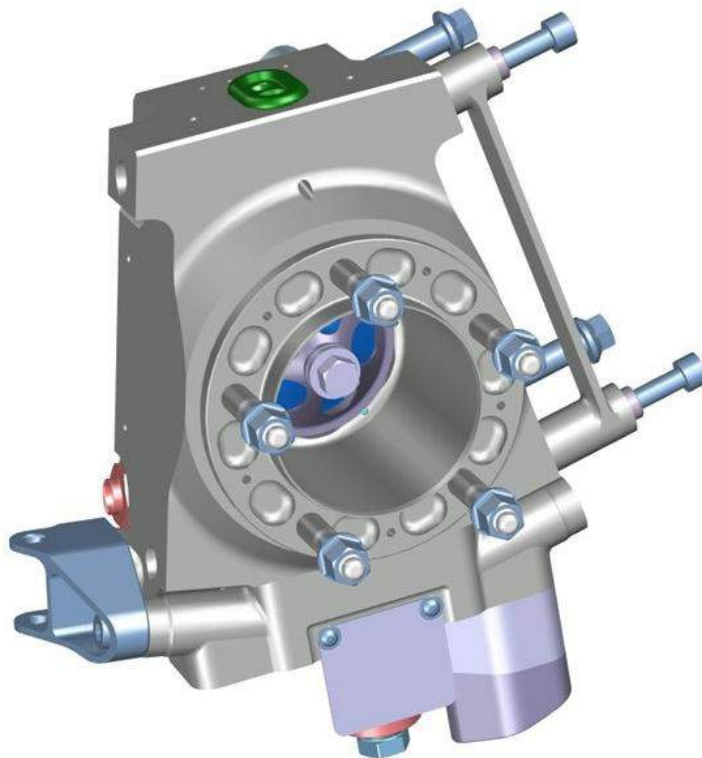




Las referencias relativas al conjunto de las manguetas delanteras de tierra montadas (ver Figura 89) son las siguientes:

- Mangueta: Peugeot Sport n° ref.: 1E1326058B.
- Rodamientos de ruedas reforzadas: Peugeot Sport n° ref.: 903535338B.
- Buje de la rueda: Peugeot Sport n° ref.: 1E1318068C.
- Codificador magnético: Peugeot Sport n° ref.: 1E1325924A.
- Elementos de fijación y otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 1E1318064B, Peugeot Sport n° ref.: 903538348B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318147A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318063A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318086A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318087A, Peugeot Sport n° ref.: PS86002A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82084A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326051B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326111A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2426554B, Peugeot Sport n° ref.: 1E2426555B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318136C, Peugeot Sport n° ref.: PS82008A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82145A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1325335C, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326057B, Peugeot Sport n° ref.: PS82148A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1325079A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326155A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327417B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327418B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327419B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327420B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327421B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327422B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327423B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327424B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327425B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327426B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327427B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327428B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327429B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327431B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327432B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327433B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327434B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327435B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327436B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327437B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327438B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327439B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327440B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327441B, Peugeot Sport n° ref.: 1E2427442B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327443B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318146A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318143B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318145A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318144B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326428B, Peugeot Sport n° ref.: PS82094A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326395A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326679A, Peugeot Sport n° ref.: 903729718A, Peugeot Sport n° ref.: 6947-78, Peugeot Sport n° ref.: PS82130A01, Peugeot Sport n°

ref.: 96141076, Peugeot Sport n° ref.: 1E1324300B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318079B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318085B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326782A, Peugeot Sport n° ref.: PS82634A10.



*Figura 89: Detalle de las manguetas delanteras montadas para circuitos de tierra*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

Estas modificaciones en las manguetas y los bujes de las ruedas, lleva asociado un aumento del ancho de vía delantero mediante la incorporación de separadores de rueda de 60 mm en ambas ruedas, pasando de los 1475 mm de ancho de vía delantero en el vehículo de origen, por los 1595 mm del vehículo reformado. Dicha modificación, junto con el aumento del ancho de vía trasero, mejoran de manera significativa el comportamiento dinámico del vehículo.

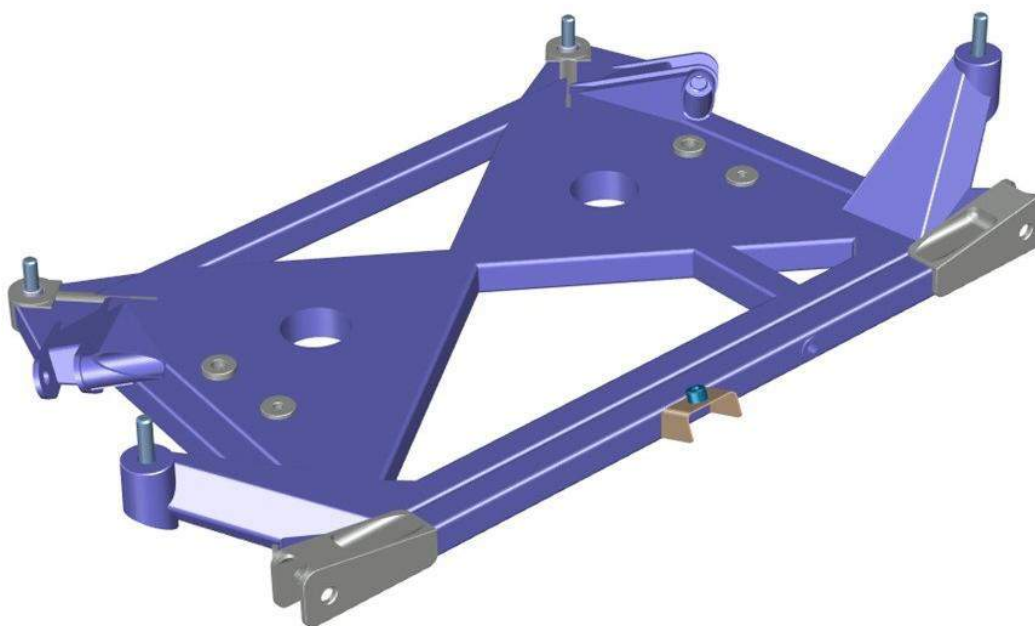
Se sustituye el subchasis delantero o cuna delantera de origen, fabricado en chapa doblada y soldada, por uno más ligero con el objetivo de reducir al máximo posible el peso del mismo sin disminuir con ello sus propiedades resistentes. Sobre dicho subchasis delantero se colocan los

soportes inferiores del motor y de la caja de cambios. El conjunto instalado (ver Figura 90) está homologado bajo la normativa del grupo R5 y desarrollado por el departamento de competición de Peugeot Sport bajo las siguientes normativas:

- Cuna delantera: Peugeot Sport n° ref.: 1E1125897E.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 1E1124060A.

Peugeot Sport n° ref.: PS82176A10.

Peugeot Sport n° ref.: TR4335005A.



*Figura 90: Detalle del subchasis delantero instalado*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

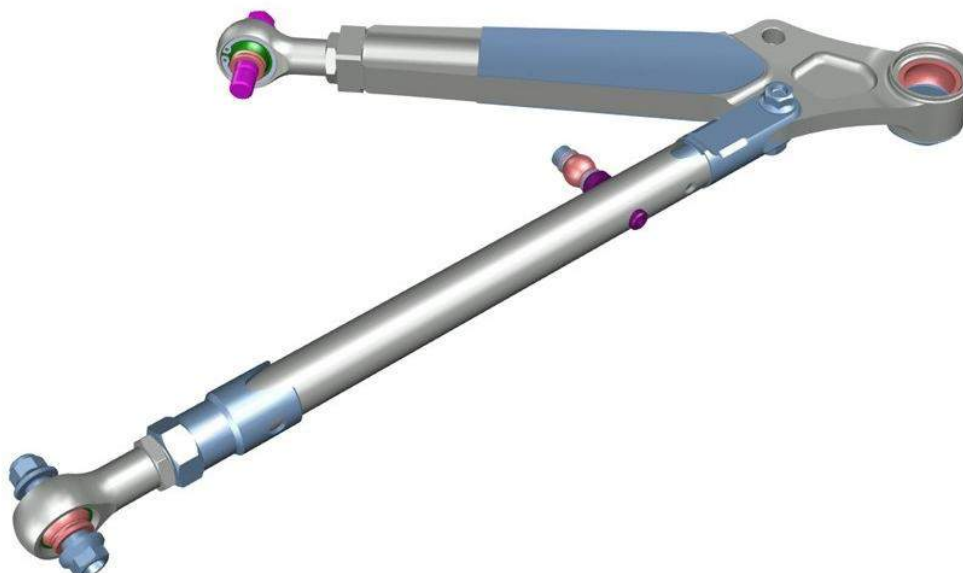
Los puntos de anclaje del nuevo subchasis delantero a la carrocería se mantienen iguales a los de la pieza de origen, tanto en número como en emplazamiento.

En cuanto a los triángulos o trapecios delanteros, se reemplazan los de origen por unos nuevos, de tipo tubular, fabricados en aluminio, con regulación de avance y de caída. Su anclaje a las manguetas y al subchasis delantero tiene lugar por medio de rótulas rígidas reforzadas. Los nuevos trapecios instalados (ver Figura 91) han de estar homologados en la variante R5 y son suministrados por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Brazo angular: Peugeot Sport n° ref.: 1E1226049C.
- Tirante de avance: Peugeot Sport n° ref.: 1E1226048B.
- Rótulas: Peugeot Sport n° ref.: 1E1226107A.

Peugeot Sport n° ref.: 1E2218061C.

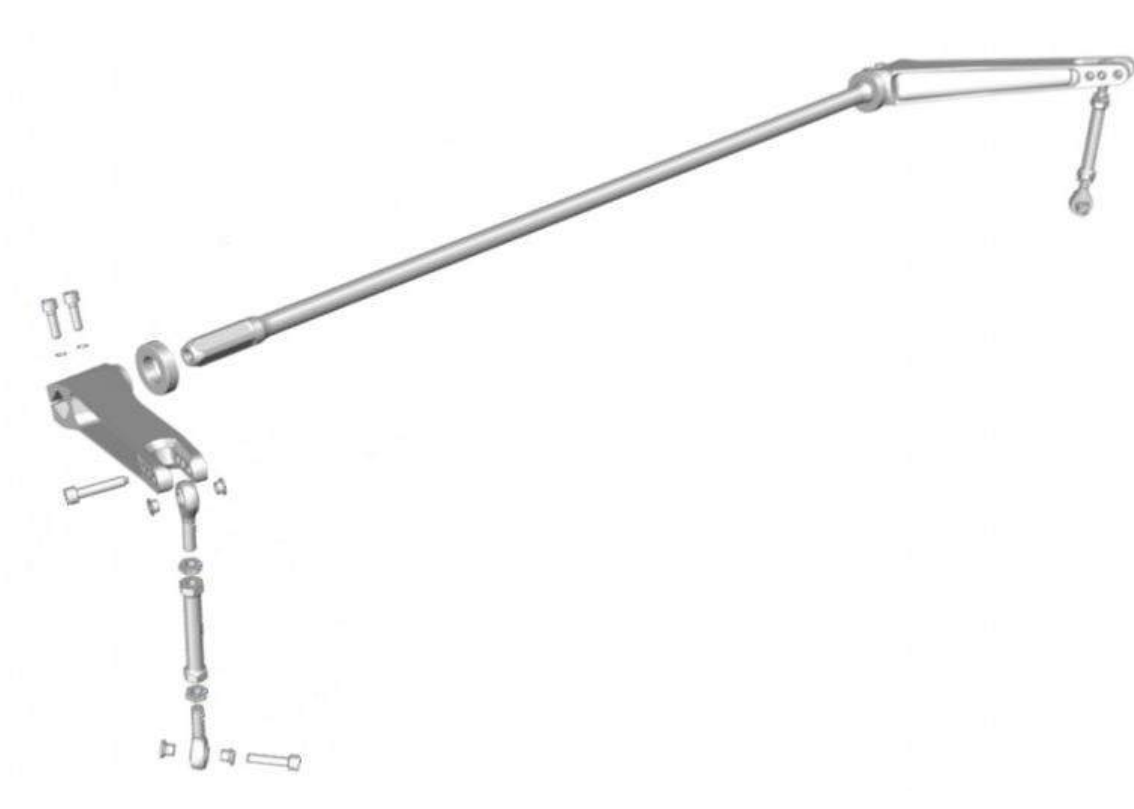
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: PS72772A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1225922A, Peugeot Sport n° ref.: PS77074A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E2218062A, Peugeot Sport n° ref.: PS88736A10, Peugeot Sport n° ref.: PS72889A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E2218119D, Peugeot Sport n° ref.: 1E2118121A, Peugeot Sport n° ref.: PS74017A01, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326189A.



*Figura 91: Detalle de uno de los trapecios delanteros instalados*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

Por último, se sustituye la barra estabilizadora de origen del vehículo por otra más resistente y regulable, homologada dentro del reglamento de los vehículos del grupo R5 y desarrollada por Peugeot Sport, como la mostrada en la Figura 92, suministrada bajo las siguientes referencias:

- Barra principal de diámetro 12 mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1526632B.
- Barra principal de diámetro 16,2 mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1526634B.
- Barra principal de diámetro 18 mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1526635B.
- Rodamiento de bolas: Peugeot Sport n° ref.: CS460082ST.
- Brazos de la barra estabilizadora: Peugeot Sport n° ref.: 1E1526628C.
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: PS86570A10, Peugeot Sport n° ref.: 17705-18, Peugeot Sport n° ref.: 1E1518153A, Peugeot Sport n° ref.: 903501028A, Peugeot Sport n° ref.: PS74021A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E2562718A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2626615A, Peugeot Sport n° ref.: 903501038A, Peugeot Sport n° ref.: 217073-11, Peugeot Sport n° ref.: 1E1526368B, Peugeot Sport n° ref.: PS82048A10.



*Figura 92: Detalle esquemático de la barra estabilizadora delantera montada  
(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)*



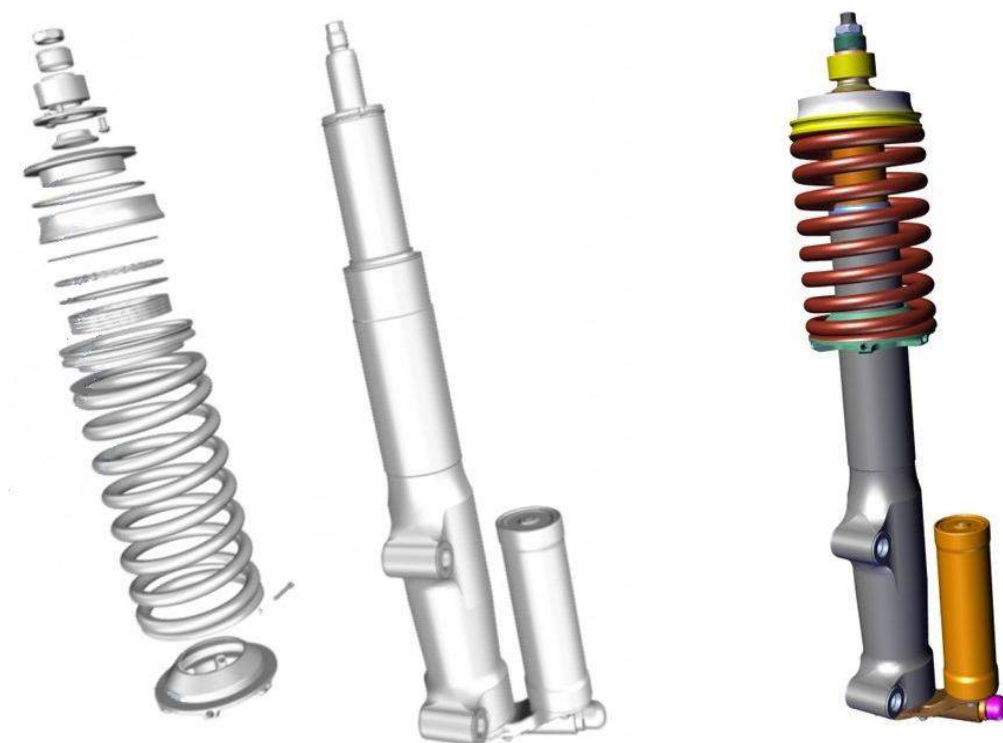
En segundo lugar examinaremos las transformaciones que han de llevarse a cabo en el tren trasero al haberlo equiparlo de tracción.

El esquema original de suspensión trasera, consistente en brazos tirados con elementos torsionales y resortes helicoidales, es eliminado y montado en su lugar un conjunto McPherson, con amortiguadores de mayor longitud y recorrido, acompañado de un subchasis trasero como soporte de los trapecios y componentes de la transmisión. Este conjunto está homologado según el reglamento del grupo R5 y desarrollado por Peugeot Sport. Al igual que ocurre en el tren delantero, se monta un conjunto para las competiciones en circuitos de asfalto y otro diferente para las de circuitos de tierra.

Los componentes que forman parte del conjunto McPherson trasero instalado para las competiciones sobre asfalto (ver Figura 93) son los siguientes:

- Amortiguador trasero: Peugeot Sport nº ref.: 1E2526559B.
- Resorte trasero, constante elástica 3,7 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427132A.
- Resorte trasero, constante elástica 4,1 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427133A.
- Resorte trasero, constante elástica 4,6 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427134A.
- Resorte trasero, constante elástica 5,2 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427135A.
- Resorte trasero, constante elástica 5,8 daN/mm: Peugeot Sport nº ref.: 1E1427136A.
- Puntal superior: Peugeot Sport nº ref.: 1E1423877A.
- Cojinete: Peugeot Sport nº ref.: PS88742A10.
- Soporte superior del resorte: Peugeot Sport nº ref.: 1E1426737A.
- Tuerca inferior del resorte: Peugeot Sport nº ref.: 1E1426738A.
- Otros elementos: Peugeot Sport nº ref.: 3805-05, Peugeot Sport nº ref.: 1E1463020A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1423878A, Peugeot Sport nº ref.: PS77031A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1422402B, Peugeot Sport nº ref.: CS100004ST, Peugeot Sport nº ref.: CS100003ST, Peugeot Sport nº ref.: 1E1422401C, Peugeot Sport nº ref.: 1E1426738A,

Peugeot Sport n° ref.: PS82099A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86568A10, Peugeot Sport n° ref.: 2K9A26999A, Peugeot Sport n° ref.: PS85070A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1426456A-OUT, Peugeot Sport n° ref.: 1E1421287A-OUT.

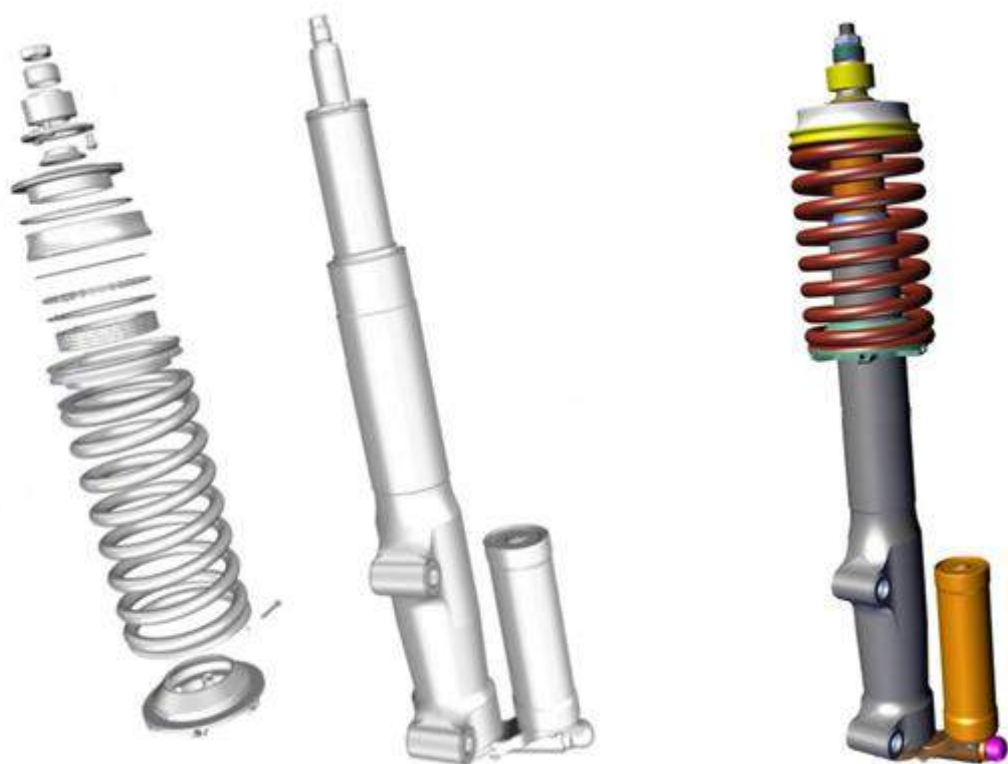


*Figura 93: Despiece y conjunto de la suspensión trasera de asfalto instalada, de tipo McPherson (Imágenes tomadas de <http://www.peugeot-sport-store.com/> y <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Los componentes que forman parte del conjunto McPherson trasero instalado para las competiciones sobre tierra (ver Figura 94) son los siguientes:

- Amortiguador trasero: Peugeot Sport n° ref.: 1E25265610B.
- Resorte trasero, constante elástica 1,8 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427128A.
- Resorte trasero, constante elástica 2,2 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427129A.
- Resorte trasero, constante elástica 2,7 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427130A.
- Resorte trasero, constante elástica 3,3 daN/mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E1427131A.

- Puntal superior: Peugeot Sport n° ref.: 1E1423877A.
- Cojinete: Peugeot Sport n° ref.: PS88742A10.
- Soporte superior del resorte: Peugeot Sport n° ref.: 1E1426737A.
- Tuerca inferior del resorte: Peugeot Sport n° ref.: 1E1426738A.
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: 3805-05, Peugeot Sport n° ref.: 1E1463020A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1423878A, Peugeot Sport n° ref.: PS77031A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1422402B, Peugeot Sport n° ref.: CS100004ST, Peugeot Sport n° ref.: CS100003ST, Peugeot Sport n° ref.: 1E1422401C, Peugeot Sport n° ref.: PS82099A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86568A10, Peugeot Sport n° ref.: 2K9A26999A, Peugeot Sport n° ref.: PS85070A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1426456A-OUT, Peugeot Sport n° ref.: 1E1421287A-OUT.



*Figura 94: Despiece y conjunto de la suspensión trasera de tierra instalada, de tipo McPherson*  
(Imágenes tomadas de <http://www.peugeotsport-store.com/> y <http://boutique.citroenracing.com/>)



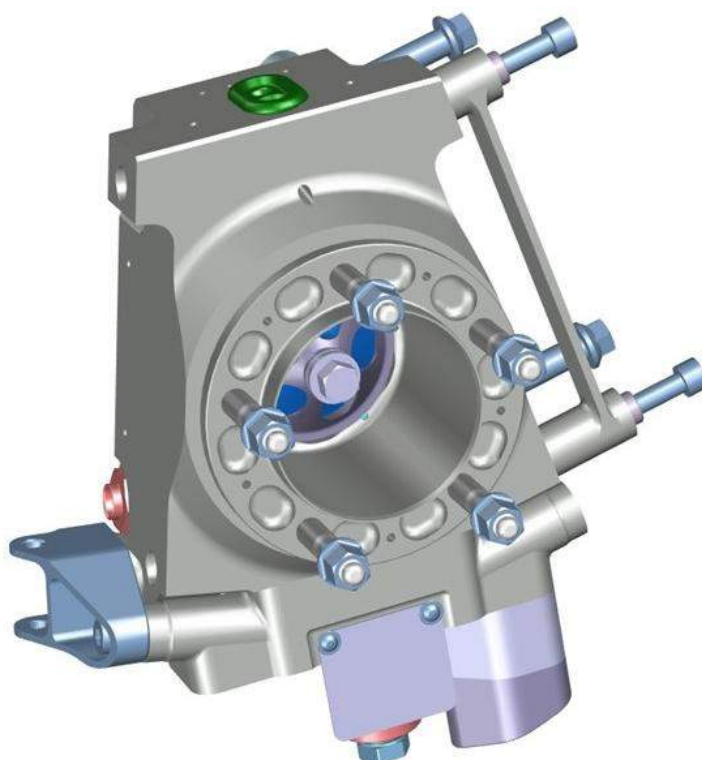


El siguiente paso consiste en sustituir las manguetas y bujes traseros por unos más ligeras y resistentes, al igual que se ha hecho en el tren delantero. Se montan unas para circuitos de asfalto y otras para tierra, homologadas ambas bajo la normativa del grupo R5 y suministradas por Peugeot Sport.

El conjunto instalado de las manguetas traseras de asfalto (ver Figura 95) cuenta con las siguientes referencias:

- Mangueta: Peugeot Sport nº ref.: 1E1326058B.
- Rodamientos de ruedas reforzadas: Peugeot Sport nº ref.: 903535338B.
- Bujes de la rueda: Peugeot Sport nº ref.: 1E1318068C.
- Codificador magnético: Peugeot Sport nº ref.: 1E1325924A.
- Elementos de fijación y otros: Peugeot Sport nº ref.: 1E1318064B, Peugeot Sport nº ref.: 903538348B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318147A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318063A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318086A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318087A, Peugeot Sport nº ref.: PS86002A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82084A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326051B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326111A, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426554B, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426555B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318136C, Peugeot Sport nº ref.: PS82008A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82538A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1325335C, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326127A, Peugeot Sport nº ref.: PS82179A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1325079A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326155A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327417B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327418B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327419B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327420B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327421B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327422B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327423B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327424B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327425B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327426B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327427B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327428B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327429B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327431B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327432B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327433B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327434B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327435B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327436B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327437B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327438B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327439B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327440B, Peugeot Sport nº ref.:

1E1327441B, Peugeot Sport n° ref.: 1E2427442B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327443B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318146A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318143B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318145A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318144B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1327234A, Peugeot Sport n° ref.: PS86571A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82009A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326679A, Peugeot Sport n° ref.: 903729718A, Peugeot Sport n° ref.: 6947-78, Peugeot Sport n° ref.: PS82130A01, Peugeot Sport n° ref.: 96141076, Peugeot Sport n° ref.: 1E1324300B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318079B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1318085B, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326782A, Peugeot Sport n° ref.: PS82634A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326685A, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326395A.



*Figura 95: Detalle de las manguetas traseras montadas para circuitos de asfalto*

*(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

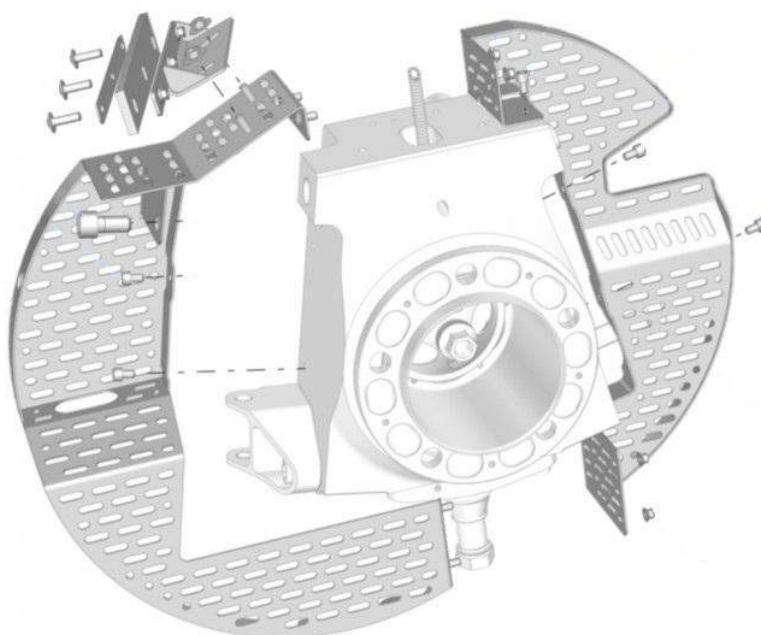
Las referencias correspondientes al conjunto de las manguetas traseras de tierra (ver Figura 96) son las siguientes:

- Mangueta: Peugeot Sport n° ref.: 1E1326058B.



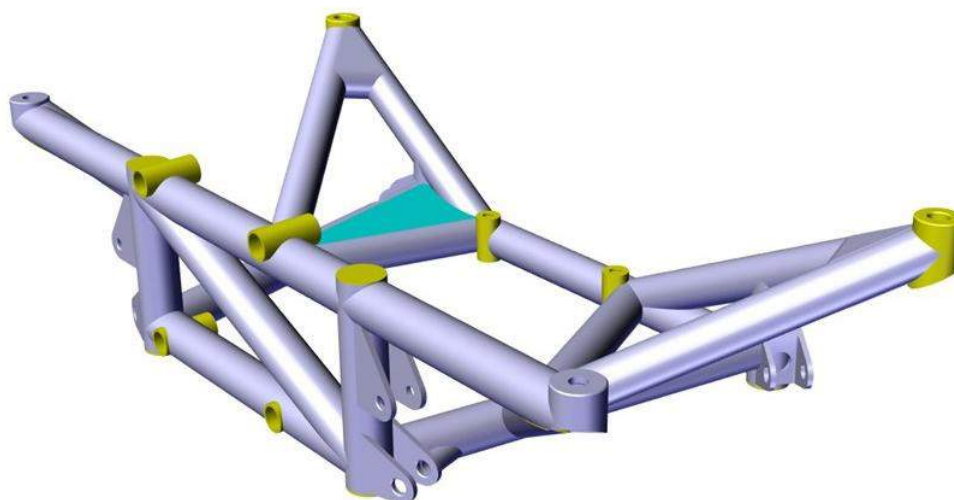
- Rodamientos de ruedas reforzadas: Peugeot Sport nº ref.: 903535338B.
- Buje de la rueda: Peugeot Sport nº ref.: 1E1318068C.
- Codificador magnético: Peugeot Sport nº ref.: 1E1325924A.
- Elementos de fijación y otros: Peugeot Sport nº ref.: 1E1318064B, Peugeot Sport nº ref.: 903538348B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318147A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318063A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318086A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318087A, Peugeot Sport nº ref.: PS86002A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82084A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326051B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326111A, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426554B, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426555B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318136C, Peugeot Sport nº ref.: PS82008A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82145A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1325335C, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326057B, Peugeot Sport nº ref.: PS82148A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1325079A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326155A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327417B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327418B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327419B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327420B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327421B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327422B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327423B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327424B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327425B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327426B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327427B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327428B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327429B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327431B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327432B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327433B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327434B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327435B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327436B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327437B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327438B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327439B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327440B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327441B, Peugeot Sport nº ref.: 1E2427442B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327443B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318146A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318143B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318145A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318144B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326428B, Peugeot Sport nº ref.: PS82094A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326395A, Peugeot Sport nº ref.: 1E1326679A, Peugeot Sport nº ref.: 903729718A, Peugeot Sport nº ref.: 6947-78, Peugeot Sport nº ref.: PS82130A01, Peugeot Sport nº ref.: 96141076, Peugeot Sport nº ref.: 1E1324300B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318079B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1318085B, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426369A, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426370A, Peugeot Sport nº ref.: PS82083A10, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426371B, Peugeot Sport nº ref.: 1E2426372B, Peugeot Sport nº ref.: PS82013A10, Peugeot Sport nº ref.: PS74009A01, Peugeot Sport nº ref.: 1E2424437B, Peugeot Sport nº ref.:

1E2424458B, Peugeot Sport n° ref.: 1E2425672A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2425692A,  
Peugeot Sport n° ref.: PS82635A10, Peugeot Sport n° ref.: 6936-48.



*Figura 96: Despiece esquemático de las manguetas traseras montadas para circuitos de tierra*  
(Imagen tomada de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)

Debe instalarse un subchasis trasero o cuna trasera, encargado de la unión de los trapecios con el chasis y de soportar el diferencial trasero. El subchasis montado (ver Figura 97) es de tipo tubular, de aluminio, y se encuentra sujeto a la carrocería por medio de tornillos alojados en los puntos de anclaje montados en el suelo trasero.



*Figura 97: Detalle del subchasis trasero instalado (Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*



El subchasis trasero montado, homologado bajo la normativa R5, ha sido desarrollado por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Cuna trasera: Peugeot Sport n° ref.: 1E2125978D.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 1E1124060A.

Peugeot Sport n° ref.: TR4335005A.

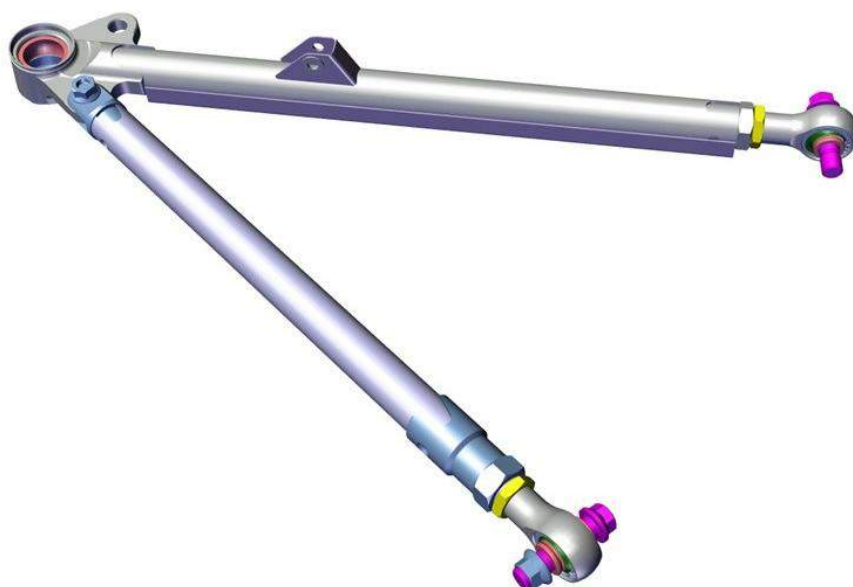
Peugeot Sport n° ref.: PS82176A10.

Los triángulos o trapecios traseros de origen se sustituyen por unos tubulares, con regulación de avance y caída, y de aluminio, lo cual permite su aligeramiento sin pérdida de rigidez. Su anclaje a las manguetas y al subchasis trasero tiene lugar por medio de rótulas rígidas de tipo uniball, en vez de por los originales tacos de goma, ya que las primeras son más estables. Los nuevos trapecios (ver Figura 98) han de estar homologados conforme a la normativa del grupo R5 y son suministrados por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Brazo angular: Peugeot Sport n° ref.: 1E2225981D.
- Tirante de avance: Peugeot Sport n° ref.: 1E2225982B.
- Rótulas: Peugeot Sport n° ref.: 1E1226107A.

Peugeot Sport n° ref.: 1E2218061C.

- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: PS72772A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1225922A, Peugeot Sport n° ref.: PS77074A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E2218062A, Peugeot Sport n° ref.: PS88736A10, Peugeot Sport n° ref.: PS72889A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E2218119D, Peugeot Sport n° ref.: 1E2118121A, Peugeot Sport n° ref.: PS74017A01, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326189A.

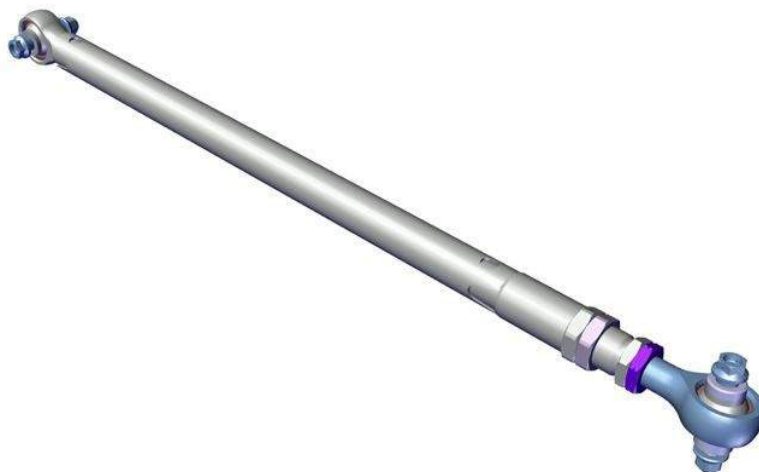


*Figura 98: Detalle de los trapezios traseros montados*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

Se incorpora una barra de acoplamiento (ver Figura 99) encargada de regular el ángulo de convergencia de las ruedas traseras fácilmente y con relativa rapidez, con el objetivo de adecuar al vehículo al modo de conducción del piloto y al tipo de recorrido de la prueba disputada. El elemento instalado cumple con el reglamento del grupo R5 y está desarrollado por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Cuerpo de la barra de acoplamiento: Peugeot Sport n° ref.: 1E2326603B.
- Rótulas: Peugeot Sport n° ref.: PS88669A10.
- Acoplamiento de las rótulas: Peugeot Sport n° ref.: 1E2326538A.
- Tubo de reglaje: Peugeot Sport n° ref.: 1E2318071A.
- Elementos de sujeción y otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 1E4418111A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2318073A, Peugeot Sport n° ref.: PS72898A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326186B, Peugeot Sport n° ref.: PS74014A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E2318122B, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326604A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326587A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326588A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326589A, Peugeot Sport

n° ref.: 1E2326590A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326591A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326592A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326593A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326594A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326595A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326596A.

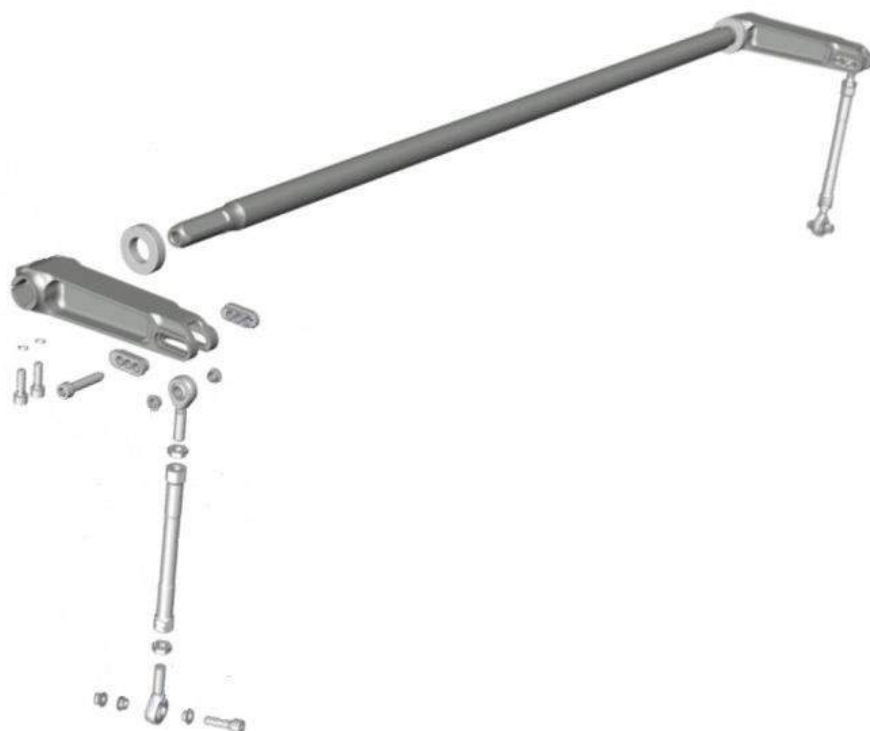


*Figura 99: Detalle de la barra de acoplamiento instalada, encargada de regular el ángulo de convergencia de las ruedas (Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Para concluir, se monta una barra estabilizadora trasera de elevada resistencia y regulable (ver Figura 100), homologada por la normativa del grupo R5 y suministrada por Peugeot Sport bajo las referencias:

- Barra principal de diámetro 17 mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E2626322C.
- Barra principal de diámetro 23 mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E2626326C.
- Barra principal de diámetro 25,4 mm: Peugeot Sport n° ref.: 1E2626327C.
- Rodamiento de bolas: Peugeot Sport n° ref.: CS460082ST.
- Brazos de la barra estabilizadora: Peugeot Sport n° ref.: 1E2626320D.
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: PS86570A10, Peugeot Sport n° ref.: 17705-18, Peugeot Sport n° ref.: 1E2626319B, Peugeot Sport n° ref.: 903501028A, Peugeot Sport n° ref.: PS74021A10, Peugeot Sport n° ref.: 903501038A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2562718A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2626610B, Peugeot Sport n° ref.: 1E2626614B,

Peugeot Sport n° ref.: 1E2626615A, Peugeot Sport n° ref.: 217073-11, Peugeot Sport n° ref.: PS82079A10, Peugeot Sport n° ref.: RC17705-25.



*Figura 100: Detalle de la barra estabilizadora trasera montada  
(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)*





- Cálculo de resistencias y prestaciones de los nuevos conjuntos de suspensión McPherson instalados:

A continuación se encuentran los cálculos efectuados para la obtención de la resistencia de los nuevos muelles instalados, de mayor dureza que los de serie y una altura libre al suelo 50 mm inferior a los originales. Los nuevos muelles están hechos en acero EN 12070-2 SiCr, estirado en caliente y con tratamiento térmico, con las cualidades siguientes:

Resistencia mecánica ( $R_m$ ):  $204 \text{ kg/mm}^2 = 2001,24 \text{ MPa}$

Resistencia elástica ( $R_e$ ):  $176 \text{ kg/mm}^2 = 1726,56 \text{ MPa}$

Incremento del alargamiento mínimo (A): 5%

Resistencia a cizalladura ( $R_c$ ):  $114 \text{ kg/mm}^2 = 1118,34 \text{ MPa}$

Modulo de elasticidad transversal (G):  $8104 \text{ kg/mm}^2 = 79500 \text{ MPa}$

Las características geométricas de los muelles instalados son:

Diámetro exterior ( $D_{ext}$ ): 102,5 mm (asfalto) / 98.5 mm (tierra)

Diámetro interior ( $D_{int}$ ): 77,5 mm

Diámetro medio ( $D_m$ ): 90 mm (asfalto) / 88 mm (tierra)

Diámetro de espira (d): 12,5 mm (asfalto) / 10,5 mm (tierra)

Número de espiras: 7

Longitud libre ( $L_{max}$ ): 290 mm

Índice del resorte (C): 8,2 (asfalto) / 9,4 (tierra)

Rigidez (K): 5,8 daN/mm (muelles de asfalto) / 3,3 daN/mm (muelles de tierra)



En primer lugar, calcularemos el esfuerzo máximo cortante a tracción/compresión que puede soportar cada muelle de los que incorporan las suspensiones de asfalto y de tierra, y tras ello el coeficiente de seguridad correspondiente al comparar dicho valor con la carga máxima que puede soportar el vehículo, determinada por el peso técnico máximo admisible (PTMA) por eje del vehículo, 1000 kg. Si el coeficiente de seguridad es superior a 1 el muelle es válido.

$$EMC = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot R_c}{8 \cdot D_m} \quad (\text{Ec. 18})$$

Por lo tanto, el esfuerzo máximo soportado por la suspensión de cada eje será:

$$EMC_{eje} = 2 \cdot EMC$$

El valor del coeficiente de seguridad será:

$$K_c = \frac{EMC_{eje}}{PTMA \cdot g} \quad (\text{Ec. 19})$$

A continuación se calculará la carga máxima aplicable sobre los muelles de la suspensión de asfalto, en función de la flecha experimentada por estos. Para ello, primeramente se calculará la longitud mínima del muelle:

$$L_{min} = n \cdot d \quad (\text{Ec. 20})$$

Siendo la flecha la diferencia entre las longitudes máxima y mínima del resorte, igual a:

$$f = L_{max} - L_{min} \quad (\text{Ec. 21})$$

Por lo tanto, la carga máxima en el muelle será de:

$$Q = \frac{f \cdot G \cdot d^4}{64 \cdot n \cdot \left(\frac{D_m}{2}\right)^3} \quad (\text{Ec. 22})$$



La carga máxima por eje antes de alcanzar los topes de la suspensión será de:

$$Q_{eje} = 2 \cdot Q$$

El coeficiente de seguridad para la máxima carga aplicable por eje será:

$$K_Q = \frac{Q_{eje}}{PTMA \cdot g} \quad (Ec. 23)$$

Para el cálculo de la tensión de torsión en función de las cargas oscilantes, se emplea la siguiente ecuación:

$$T = K_s \cdot \frac{8 \cdot D_m}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{PTMA \cdot g}{2} \quad (Ec. 24)$$

Con:

$$K_s = \frac{2C + 1}{2C} \quad (Ec. 25)$$

El coeficiente de seguridad de dicha tensión de torsión será de:

$$K_T = \frac{R_c}{T} \quad (Ec. 26)$$

La máxima fuerza aplicada sobre los ejes, calculada mediante la ley de Hooke, será de:

$$F_{max} = K \cdot f_{max} \quad (Ec. 27)$$

Haciendo uso de la ley de Hooke y con el peso de las masas suspendidas y no suspendida del vehículo (se empleará un peso aproximado de 30 kg por conjunto de rueda), se calcula la

elongación del muelle en la posición estática del mismo. Para ello emplearemos los datos del reparto de pesos del vehículo preparado (52% en el eje delantero y 48% en el trasero):

$$f_d = \frac{F_{e,d}}{2 \cdot K} \quad (Ec. 28)$$

$$f_t = \frac{F_{e,t}}{2 \cdot K} \quad (Ec. 29)$$

Con:  $F_{e,d} = (624 - 2 \cdot 30) \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 5532,8 \text{ N}$

$$F_{e,t} = (576 - 2 \cdot 30) \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 5062 \text{ N}$$

En la siguiente tabla (Tabla 3) se puede ver los valores obtenidos para los resortes de mayor rigidez de las suspensiones de asfalto y de tierra, cuyas características geométricas pueden observarse en la página 201.

	Suspensión de asfalto	Suspensión de tierra
$EMC_{eje} [N]$	19061,2	11554,4
$K_c [-]$	1,94	1,18
$Q_{eje} [N]$	19255,1	10964,2
$K_Q [-]$	1,96	1,12
$T [MPa]$	610,6	999,8
$K_T [-]$	1,83	1,12
$F_{max} [N]$	1174,5	714,4
$f_d [mm]$	47,7	83,8
$f_t [mm]$	43,7	76,7

Tabla 3: Resultados obtenidos para los muelles más rígidos montados en las suspensiones de asfalto y de tierra, con  $K = 5,8 \text{ daN/mm}$  en el primera caso y  $K = 3,3 \text{ daN/m}$  en el segundo.

Puede observarse que, en ambos casos, la deflexión estática de los muelles montados es muy pequeña en ambos ejes, motivo por el cual en función del tipo de circuito en el que tenga lugar la competición, se montarán muelles de menor rigidez (recogidos también en los kits de suspensión McPherson delantera y trasera).

En general, la deflexión estática de los muelles de la suspensión de tierra es mayor que la de los muelles de asfalto, ya que se emplea una suspensión más blanda, capaz de absorber las continuas irregularidades del terreno.

Para el cálculo del amortiguamiento crítico, máximo valor para el cual el movimiento sigue siendo subamortiguado, se necesita conocer los siguientes datos:

Masa no suspendida por eje:  $m_{ns} \approx 60 \text{ kg}$

Masa suspendida en el eje delantero:  $m_{s,d} = 624 \text{ kg} - 60 \text{ kg} = 564 \text{ kg}$

Masa suspendida en el eje trasero:  $m_{s,t} = 576 \text{ kg} - 60 \text{ kg} = 516 \text{ kg}$

Para los amortiguadores de la suspensión de asfalto:

$$c_{cr,d} = 2 \cdot \sqrt{K \cdot m_{s,d}} = 2 \cdot \sqrt{58 \cdot 10^3 \cdot 564} = 11438,9 \text{ N} \cdot \text{s/m} \quad (\text{Ec. 30})$$

$$c_{cr,t} = 2 \cdot \sqrt{K \cdot m_{s,t}} = 2 \cdot \sqrt{58 \cdot 10^3 \cdot 516} = 10941,3 \text{ N} \cdot \text{s/m} \quad (\text{Ec. 31})$$

En el caso de los amortiguadores de tierra:

$$c_{cr,d} = 8628,3 \text{ N} \cdot \text{s/m}$$

$$c_{cr,t} = 8253 \text{ N} \cdot \text{s/m}$$

Los coeficientes de amortiguación en extensión serán los siguientes, calculados teniendo en cuenta que en suspensiones deportivas, el % de amortiguación es de aproximadamente 60 % en compresión y 40 % en expansión para el caso de la suspensión de asfalto, y de 50%-50% para la de tierra debido a la mayor presencia de baches y obstáculos en estos últimos circuitos.

En el caso de amortiguadores de asfalto:

$$c_{ex,d} = 7625,9 \text{ N} \cdot \text{s/m}$$

$$c_{ex,t} = 7294,2 \text{ N} \cdot \text{s/m}$$

En el caso de amortiguadores de tierra:

$$c_{ex,d} = 8628,3 \text{ N} \cdot \text{s/m}$$

$$c_{ex,t} = 8253 \text{ N} \cdot \text{s/m}$$

Para que el contacto rueda- calzada sea continuo, el factor de amortiguamiento  $\xi$  debe ser menor que 1, lo que significa que el amortiguador es capaz de detener las oscilaciones del conjunto de suspensión.

Para los amortiguadores instalados para asfalto y una velocidad de compresión y expansión de 1 mm/s, se consideran unos valores típicos de  $c_{com} = 2230 \text{ Ns/m}$  y  $c_{exp} = 3150 \text{ Ns/m}$ , con lo que:

$$\xi_d = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{c_{comp}}{c_{cr,d}} + \frac{c_{exp}}{c_{ex,d}} \right) = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{2230}{11438,9} + \frac{3150}{7625,9} \right) = 0,304 \quad (\text{Ec. 32})$$

$$\xi_t = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{c_{comp}}{c_{cr,t}} + \frac{c_{exp}}{c_{ex,t}} \right) = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{2230}{10941,3} + \frac{3150}{7294,2} \right) = 0,318 \quad (\text{Ec. 33})$$

En el caso de los amortiguadores de tierra:

$$\xi_d = 0,317$$

$$\xi_t = 0,326$$

Al ser  $\xi_d < 1$  y  $\xi_t < 1$  en ambos casos, se trata de un sistema subamortiguado, por lo que queda demostrado que los conjuntos muelle-amortiguador montados para asfalto y tierra pueden instalarse sin problemas.

Debido al montaje de amortiguadores regulables en compresión y expansión, los valores de  $c_{com}$  y  $c_{exp}$  serán ajustados según los requerimientos necesarios en cada una de las pruebas.



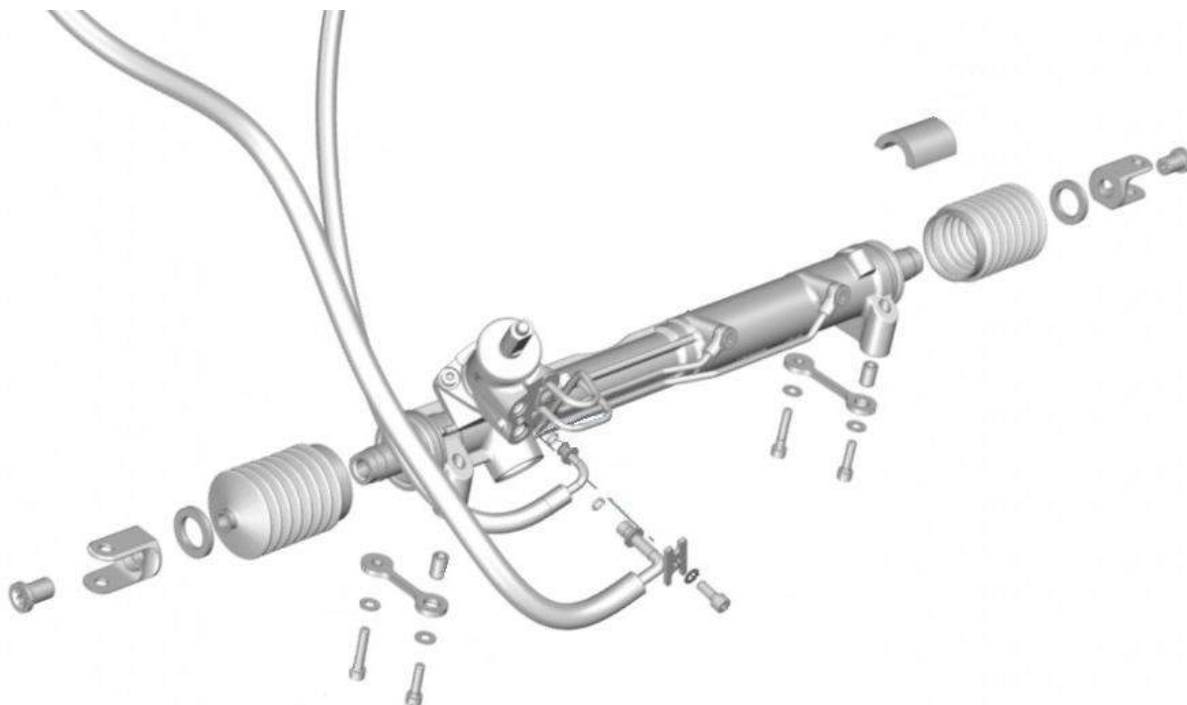
## 6.6.5.- REFORMAS DEL GRUPO N°6: DIRECCIÓN

- **REFORMA 6.1.- Modificación del sistema de dirección.**
- **REFORMA 6.2.- Cambio de emplazamiento, adición o desinstalación del volante.**
- **REFORMA 6.3.- Sustitución del volante por otro.**

Elementos afectados:

- Cremallera de dirección: se sustituye la cremallera de dirección del vehículo de origen por una homologada dentro del reglamento de la preparación R5 con una desmultiplicación menor.
- Bieleta de dirección: se reemplazan las de origen por unas nuevas, de mayor resistencia, con unas rótulas de tipo uniball en lugar de las rótulas axiales normales presentes en las bieletas de dirección originales del vehículo de serie.
- Columna de dirección: es necesario sustituir la columna de dirección por una nueva de mayor longitud ya que la posición del piloto en el vehículo se retrasa para mejorar el comportamiento dinámico del mismo. La columna instalada tiene una parte móvil estriada entre las dos juntas cardan que monta que permite que la columna se comprima en caso de impacto frontal sin que suponga un peligro para la integridad del piloto. También se reemplazará el volante, por uno recubierto de piel vuelta que asegure un correcto agarre.
- Fuente de gestión de la presión del circuito de dirección: se reemplaza la asistencia eléctrica de la dirección por una de tipo hidráulica, instalándose una bomba de dirección capaz de suministrar la presión y el caudal necesarios para la nueva cremallera de dirección, la cual, al tener una desmultiplicación menor, precisará de mayor asistencia para que no sea necesario que el piloto aplique más fuerza sobre el volante para poder girarlo. También se monta un radiador para refrigerar el fluido de asistencia.

Primeramente, se reemplazará la cremallera de dirección del vehículo de serie por una homologada por la normativa R5, con menor desmultiplicación, como ya se ha mencionado anteriormente y desarrollada por el departamento de competición de Peugeot, Peugeot Sport (ver Figura 101). Se monta un mecanismo de dirección específico para las competiciones que tengan lugar en circuitos de asfalto, y otro diferente para las acontecidas en circuitos de tierra.



*Figura 101: Despiece esquemático de la nueva cremallera de dirección montada  
(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)*

El mecanismo de dirección montado para competiciones de asfalto reúne las siguientes referencias:

- Conjunto de cremallera de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4118013E.
- Soportes de la articulación de la cremallera: Peugeot Sport n° ref.: 1E4126556A.
- Fuelles de protección de la dirección: Peugeot Sport n° ref.: 903739888ª.
- Mangueta de conexión con la bomba de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4124339F.
- Mangueta de conexión con el radiador: Peugeot Sport n° ref.: 1E4124340D.





- Elementos de unión: Peugeot Sport n° ref.: RC4014305E, Peugeot Sport n° ref.: 1E4124072A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4124073A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126241A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126242A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4124108A, Peugeot Sport n° ref.: PS82079A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82010A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86510A10, Peugeot Sport n° ref.: 219040-392, Peugeot Sport n° ref.: 219040-393, Peugeot Sport n° ref.: 219040-391, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126832A, Peugeot Sport n° ref.: PS82031A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86570A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126405A-OUT.

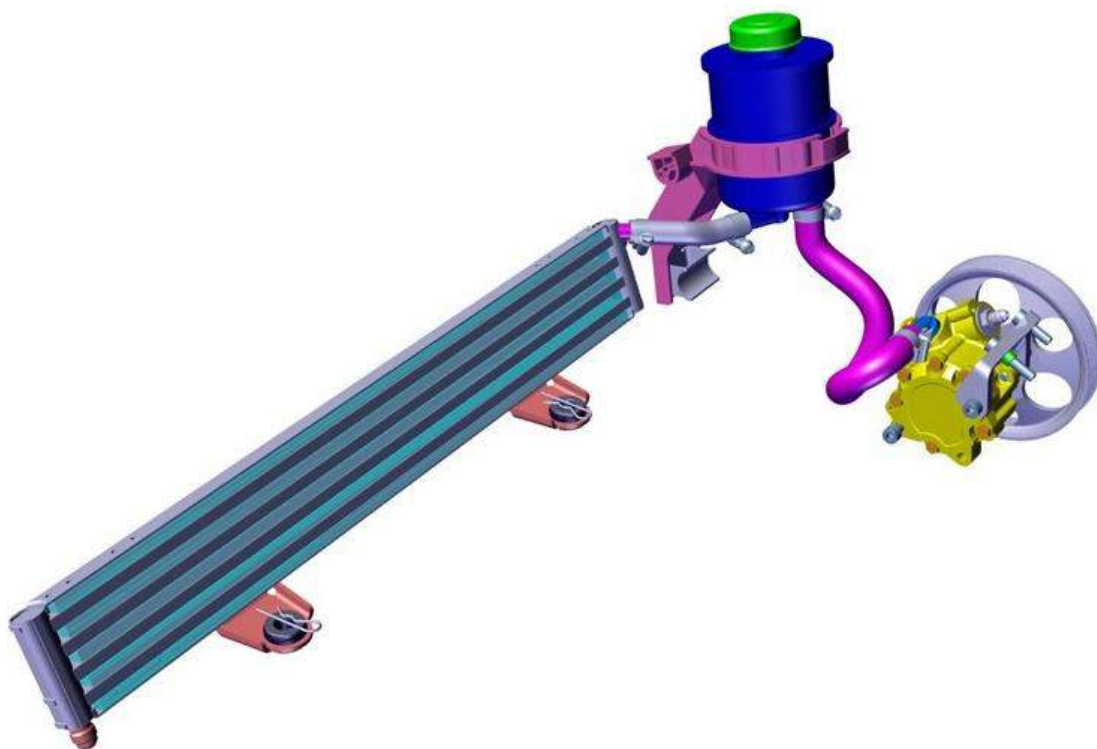
El mecanismo de dirección montado en circuitos de tierra comprende las referencias:

- Conjunto de cremallera de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4118013E
- Soportes de la articulación de la cremallera: Peugeot Sport n° ref.: 1E4126556A
- Fuelles de protección de la dirección: Peugeot Sport n° ref.: 903739888A
- Mangueta de conexión con la bomba de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4124339F
- Mangueta de conexión con el radiador: Peugeot Sport n° ref.: 1E4124340D
- Elementos de unión: Peugeot Sport n° ref.: RC4014305E, Peugeot Sport n° ref.: 1E4124072A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4124073A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126239A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126240A, Peugeot Sport n° ref.: 1E4124108A, Peugeot Sport n° ref.: PS82079A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82010A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86510A10, Peugeot Sport n° ref.: 219040-392, Peugeot Sport n° ref.: 219040-393, Peugeot Sport n° ref.: 219040-391, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126832A, Peugeot Sport n° ref.: PS82031A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86570A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126207B, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126405A-OUT



La fuente de gestión de presión del mecanismo de control de la dirección asistida se reemplaza por otra, de tipo hidráulico, capaz de suplir las necesidades del nuevo conjunto de dirección instalado (ver Figura 102). Está desarrollada por Peugeot Sport y homologada acorde a la normativa del grupo R5, con los siguientes elementos:

- Bomba de dirección asistida: Peugeot Sport nº ref.: 4007SA.
- Polea de la bomba de dirección asistida: Peugeot Sport nº ref.: 0A1818158A.
- Conector HP de la bomba de dirección asistida: Peugeot Sport nº ref.: 1E4224041C.
- Apoyo de la bomba de dirección asistida: Peugeot Sport nº ref.: 1E4218151D.
- Radiador de la dirección asistida: Peugeot Sport nº ref.: 1E4226735E.
- Depósito de la bomba de dirección asistida: Peugeot Sport nº ref.: 4018-90.  
Peugeot Sport nº ref.: 4018-95.
- Manguera de baja presión: Peugeot Sport nº ref.: 4012K5.
- Manguera de alimentación de la bomba: 1440085080.
- Fluido hidráulico: Peugeot Sport nº ref.: 9979A3.
- Elementos de sujeción y otros componentes: Peugeot Sport nº ref.: PS82130A01, Peugeot Sport nº ref.: PS86057A01, Peugeot Sport nº ref.: 17705-18, Peugeot Sport nº ref.: 2104-10, Peugeot Sport nº ref.: PS82082A10, Peugeot Sport nº ref.: 0384L3, Peugeot Sport nº ref.: 694852, Peugeot Sport nº ref.: PS78051A10, Peugeot Sport nº ref.: 4018-96, Peugeot Sport nº ref.: 1E4227189A, Peugeot Sport nº ref.: 0307-13, Peugeot Sport nº ref.: PS74001A10, Peugeot Sport nº ref.: 6981H8, Peugeot Sport nº ref.: 6981H6, Peugeot Sport nº ref.: 6981-H7.

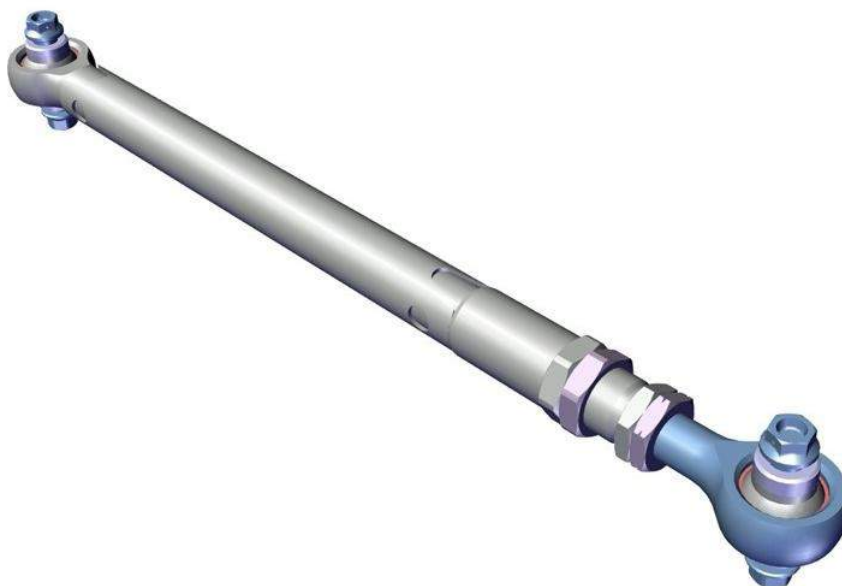


*Figura 102: Nueva fuente de gestión de presión del mecanismo de control de la dirección asistida  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Se reemplazan las bieletas de dirección de origen por unas nuevas, de mayor resistencia, con rótulas de tipo uniball (ver Figura 103). Las nuevas bieletas de dirección, homologadas por el reglamento R5 y desarrolladas por Peugeot Sport, cuentan con las siguientes referencias:

- Cuerpo de la bieleta de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4426539B.
- Rótulas: Peugeot Sport n° ref.: PS88669A10.
- Acoplamiento de las rótulas: Peugeot Sport n° ref.: 1E2326538A.
- Tubo de reglaje: Peugeot Sport n° ref.: 1E2318071A.
- Elementos de sujeción y otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 1E4418111A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2318073A, Peugeot Sport n° ref.: PS72898A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E1326186B, Peugeot Sport n° ref.: PS74014A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E4126574A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326587A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326588A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326589A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326590A, Peugeot Sport

n° ref.: 1E2326591A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326592A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326593A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326594A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326595A, Peugeot Sport n° ref.: 1E2326596A.



*Figura 103: Detalle de una de las bieletas de dirección instaladas  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

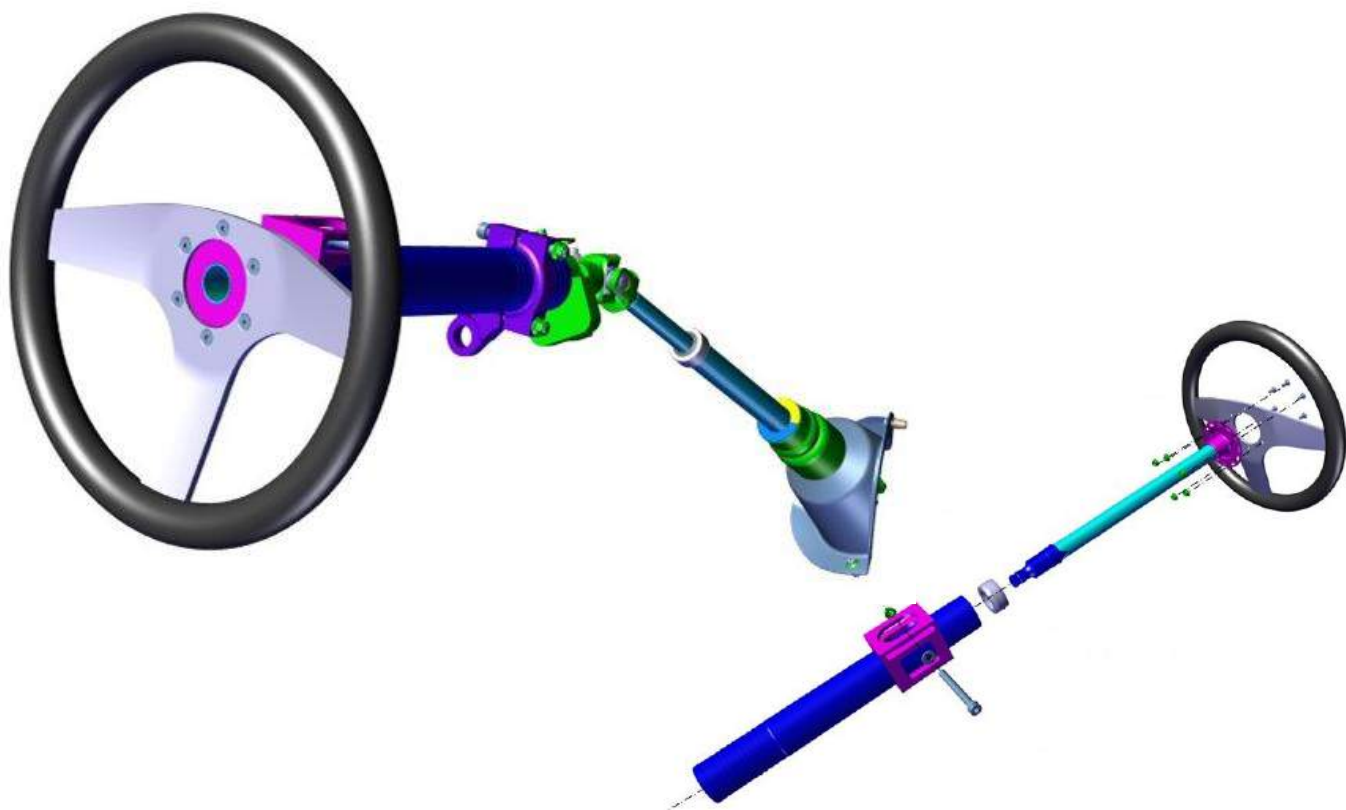
La columna de dirección es sustituida por una nueva de mayor longitud (ver Figura 104) para retrasar la posición del piloto, con una parte móvil estriada entre las dos juntas que permita su compresión en caso de impacto frontal, y un piñón con dimensiones apropiadas para la nueva cremallera de dirección instalada, de menor desmultiplicación. El volante de dirección de serie también será sustituido montándose un nuevo volante de la marca Sparco, modelo R323, con un recubrimiento de piel vuelta que asegure el correcto agarre del mismo en todo momento.

La nueva columna de dirección instalada está homologada bajo el reglamento de la variante R5 y es distribuida por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Árbol de la columna deslizante: Peugeot Sport n° ref.: 1E4526887A.
- Rodamientos de la columna deslizante: Peugeot Sport n° ref.: CS460044ST.

Peugeot Sport n° ref.: CS460045ST.

- Sensor de ángulo del volante: Peugeot Sport n° ref.: 4545H8.
- Cubierta de la columna de dirección deslizante: Peugeot Sport n° ref.: 1E4125563A.
- Junta universal de la columna de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4125564B.
- Árbol de la columna de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4125562B.
- Fuelle de la columna de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4124917A.
- Cubierta de la columna de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4124897A.
- Volante: Sparco R323 - Peugeot Sport n° ref.: 1E4513958A.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: CS060048ST, Peugeot Sport n° ref.: CS060049ST, Peugeot Sport n° ref.: PS82669A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86019A01, Peugeot Sport n° ref.: 7238ET, Peugeot Sport n° ref.: 1E4125590A, Peugeot Sport n° ref.: PS82018A10, Peugeot Sport n° ref.: 1E4124229B, Peugeot Sport n° ref.: PS85019A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74132A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86135A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74130A10, Peugeot Sport n° ref.: PS92617A10, Peugeot Sport n° ref.: PS85557A10, Peugeot Sport n° ref.: 6936-39.



*Figura 104: Detalle y montaje de la nueva columna de dirección y del nuevo volante*  
(Imágenes tomadas de <http://boutique.citroenracing.com/>)



## 6.6.6.- REFORMAS DEL GRUPO N°7: FRENOS

- **REFORMA 7.1.- Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes.**
- **REFORMA 7.3.- Modificación de los mandos de accionamiento del freno, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación de los mismos.**

Elementos afectados:

- Discos de freno: se reemplazan los discos de frenos de origen del vehículo por unos flotantes de mayor resistencia térmica, compuestos de un núcleo de aleación de aluminio y pistas de acero de alta resistencia a las temperaturas y a la fatiga. Se montarán unos de 355 mm de diámetro para las competiciones que tienen lugar en circuitos de asfalto, y otros de 300 mm para los circuitos de tierra.
- Pinzas de freno: se sustituyen las pinzas flotantes de origen de las cuatro ruedas por unas pinzas fijas de aluminio de la marca Alcon de 4 pistones con muelles de recuperación, con el fin de aumentar la presión de frenada, mejorando el reparto de la misma, y reducir el tiempo de respuesta de los mismos al dejar de actuar sobre el pedal de freno.
- Pastillas de freno: se montan unas pastillas de competición, con mayor coeficiente de fricción y más estables a temperaturas más elevadas, en comparación con las del vehículo de origen, de rápida respuesta y con gran capacidad para transmitir pares elevados.
- Latiguillos del circuito de frenos: se reemplazan las canalizaciones del circuito de frenos original por unas de tipo aeronáutico, con un recubrimiento metálico, que trabajan a mayores presiones y que cuentan con mayor resistencia al desgaste por fricción, a las temperaturas y a las elevadas presiones.
- Mecanismo del freno de estacionamiento: se sustituye el de origen por uno de tipo hidráulico, más adecuado para este tipo de competiciones, que permite bloquear con menor esfuerzo las ruedas traseras mejorando los derrapes en curvas cerradas. La

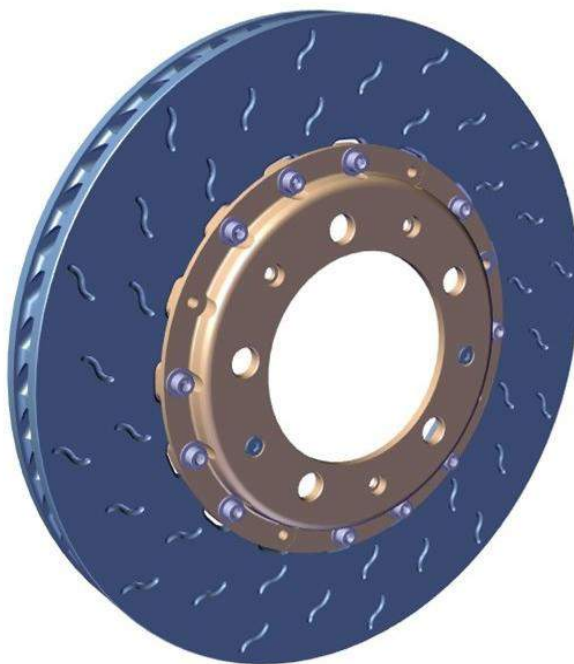


palanca es más alagada que la de origen para facilitar su accionamiento y no consta de mecanismos de retención de la misma.

- Pedal de freno: como ya se ha visto, se sustituye el pedal de freno original, junto con el resto del pedalier de serie, por otro conjunto homologado por la normativa del grupo R5, más simplificado y con pedales antideslizantes.
- Líquido de frenos: se reemplaza el líquido de frenos de origen por otro con un punto de ebullición más elevado y adecuado para las nuevas condiciones de trabajo de los frenos.

Empezamos con los discos de freno, los cuales serán reemplazados por otros más adecuados para la exigente conducción de este tipo de competiciones, en las que se alcanzan elevadas velocidades en instantes muy cortos y se hace un uso muy frecuente de los frenos, sin que discurra el tiempo suficiente para el enfriamiento de los discos. Los nuevos discos montados, mostrados en la Figura 105, flotantes, están compuestos de un núcleo de aleación de aluminio y pistas de acero de alta resistencia a las temperaturas y a la fatiga, son rayados, por lo que son menos sensibles al *cracking* a pesar de las elevadas temperaturas de trabajo, y presentan ventilación direccional, es decir, tienen unos canales situados entre ambas pistas por los que discurre el aire del entorno, ayudado por la aceleración centrífuga que genera el movimiento giratorio del disco, para la refrigeración de los mismos.

Se montarán unos discos de freno para las pruebas que tienen lugar en circuitos de asfalto, de 355 mm de diámetro, y otros distintos para las de los circuitos de tierra, de 300 mm, con el fin de reducir el peso de las masas no suspendidas, aprovechando las menores exigencias del sistema al encontrarse el vehículo sobre una superficie más deslizante. Ambos discos estarán homologados por el reglamento del grupo R5 y son distribuidos por el departamento de competición de Peugeot Sport.



*Figura 105: Detalle de los discos de freno montados en las ruedas delanteras y traseras  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

Las referencias de los discos de freno (delanteros y traseros) montados para asfalto son las siguientes:

- Discos de fricción: Peugeot Sport n° ref.: 1F1118016A.  
Peugeot Sport n° ref.: 1F1118017A.
- Cuenco del disco de freno: Peugeot Sport n° ref.: 1F1118018A.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 90389175-A, Peugeot Sport n° ref.: 1F1125308A, Peugeot Sport n° ref.: 1F1125309A, Peugeot Sport n° ref.: 1F1125310A, Peugeot Sport n° ref.: PS85063A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86569A10.





En cuanto a los discos de freno (de las ruedas del eje delantero y del trasero) para tierra montados (ver Figura 106), las referencias de los mismos son las siguientes:

- Discos de fricción: Peugeot Sport n° ref.: 1F1118020A.  
Peugeot Sport n° ref.: 1F1118021A.
- Cuenco del disco de freno: Peugeot Sport n° ref.: 1F1118019B.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 90389176-A, Peugeot Sport n° ref.: 1F1125308A, Peugeot Sport n° ref.: 1F1125309A, Peugeot Sport n° ref.: 1F1125310A, Peugeot Sport n° ref.: PS85063A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86569A10.

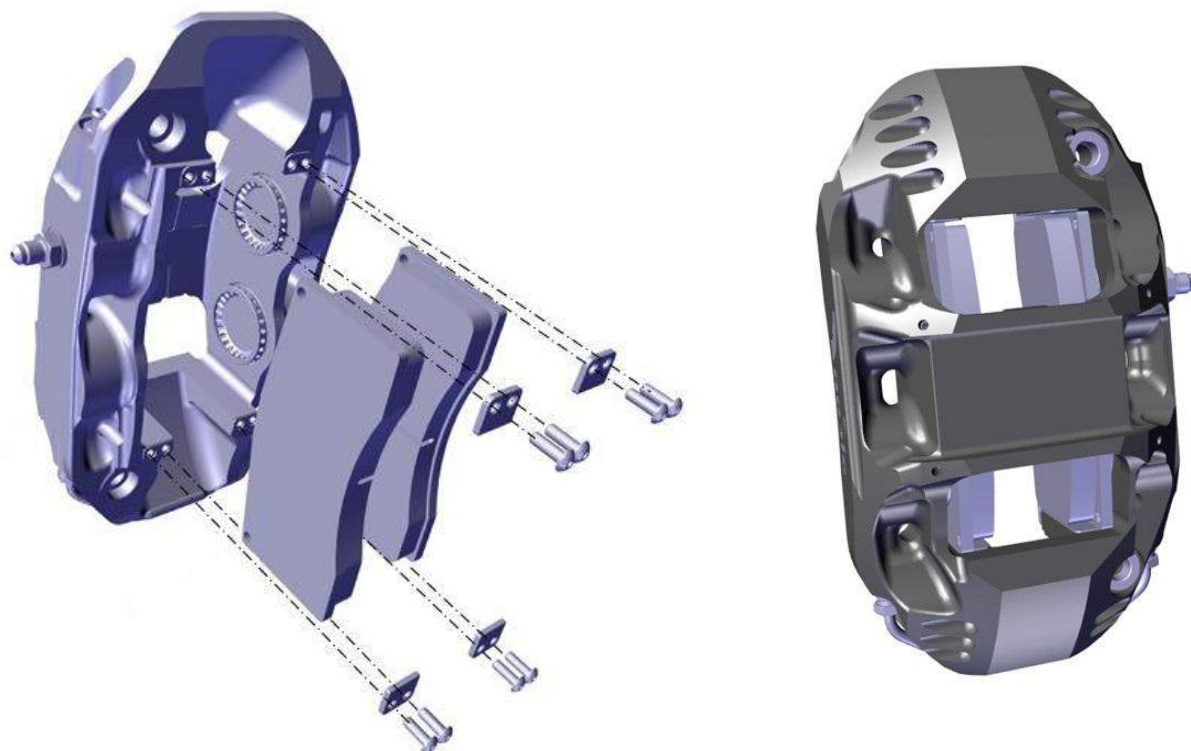
Las pinzas de freno de origen se sustituyen por unas fijas de aluminio de tipo Alcon con 4 pistones y muelles de recuperación, en las cuatro ruedas. Las nuevas pinzas instaladas tienen mayor presión de frenada, mejor reparto de la misma al contar con 2 pistones a cada lado del disco de freno, y presentan menor tiempo de respuesta. Se montan las mismas en ambos ejes y tanto para competiciones de asfalto como de tierra.

Las pastillas de freno se reemplazarán por unas de mayor fricción, elevada resistencia a las temperaturas y gran capacidad de transmisión de par.

Ambos elementos cumplen con la normativa VR5 y han sido desarrolladas por Peugeot Sport.

Las pinzas de freno montadas, mostradas en la Figura 106, cuentan con los siguientes componentes:

- Pinzas de freno: Peugeot Sport n° ref.: 1F2125105C.  
Peugeot Sport n° ref.: 1F2125106C.
- Tornillo de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 4430-18.



*Figura 106: Pinzas de freno montadas en las cuatro ruedas  
(Imágenes tomadas de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

En cuanto a las nuevas pastillas de freno, las que se montan dependen de si la prueba en la que tiene lugar la competición discurre en circuitos de asfalto o de tierra, poseyendo mayor coeficiente de fricción las empleadas sobre asfalto, como ya se ha visto anteriormente, y siendo sus referencias las siguientes:

- Pastillas de freno para asfalto: Peugeot Sport n° ref.: 1F2164130B.
- Pastillas de freno para tierra: Peugeot Sport n° ref.: 1F2126681B.

- Cálculos justificativos de la reforma de los frenos:

Para justificar la sustitución de los elementos de frenado del vehículo de serie, a continuación se realizarán una serie de cálculos basados en la normativa de frenado en vehículos automóviles, la Directiva 71/320/CEE.

La fuerza de compresión ejercida por las nuevas pinzas de freno (de 4 pistones), montadas en una de las ruedas, sobre las pastillas de freno de la misma, la presión de compresión de éstas sobre el disco de freno en el que actúan, y la superficie de una de las pastillas de freno, vienen dadas por las siguientes ecuaciones:

$$T = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_h \quad (Ec. 34)$$

$$p = \frac{T}{S_{pastilla}} \quad (Ec. 35)$$

$$dS = r \cdot d\theta \cdot dr \quad (Ec. 36)$$

$$S_{pastilla} = \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \int_{R_i}^{R_e} r \cdot dr \cdot d\theta = \frac{\alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2)}{2} \quad (Ec. 37)$$

Mediante la combinación de las Ec. 34, 35 y 37 podemos despejar la siguiente expresión:

$$p = \frac{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_h}{\frac{\alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2)}{2}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p_h}{\alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2)} \quad (Ec. 38)$$

Para calcular la fuerza normal total que actúa sobre el disco de freno debemos integrar el valor de la presión ejercida sobre el mismo a través del diferencial de la superficie de disco sobre la que ejercen presión las pastillas.

$$dF_n = p \cdot dS = p \cdot r \cdot dr \cdot d\theta \quad (Ec. 39)$$

$$F_n = \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \int_{R_i}^{R_e} p \cdot r \cdot dr \cdot d\theta = p \cdot \alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2) \quad (Ec. 40)$$

Existe también una fuerza de rozamiento entre la superficie de las pastillas y el disco de freno que tiene la siguiente expresión:

$$dF_t = \mu \cdot dF_n = \mu \cdot p \cdot dS \quad (Ec. 41)$$

$$F_t = \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \int_{R_i}^{R_e} \mu \cdot p \cdot r \cdot dr \cdot d\theta = \mu \cdot p \cdot \alpha \cdot (R_e^2 - R_i^2) \quad (Ec. 42)$$

El par de frenado total producido por la fuerza de rozamiento generada entre las pastillas y el disco de freno, en una de las ruedas, es de:

$$dN = 2 \cdot r \cdot dF_t = 2 \cdot \mu \cdot p \cdot dS \quad (Ec. 43)$$

$$N_{rueda} = 2 \cdot \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \int_{R_i}^{R_e} \mu \cdot p \cdot r^2 \cdot dr \cdot d\theta = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot p \cdot \alpha \cdot (R_e^3 - R_i^3) \quad (Ec. 44)$$

Para el cálculo de la presión hidráulica ( $p_h$ ) del circuito de frenos se aplicará la Directiva 98/12/CE, la cual dictamina que la fuerza máxima a ejercer sobre el pedal no debe ser superior a 500 N.

En la siguiente tabla (Tabla 4) proporcionada por el fabricante de pastillas de freno ROADHOUSE, se encuentran las diferentes presiones hidráulicas generadas en función de las diferentes fuerzas aplicadas sobre el pedal del freno en función de si el sistema montado cuenta o no con servofreno.



Fuerza ejercida sobre el pedal de freno (N)	Presión generada en el circuito de frenos con servofreno (MPa)	Presión generada en el circuito de frenos sin servofreno (MPa)
0	0	0
100	3	1,3
200	6,5	2,4
300	10,4	3,4
400	11,8	4,4
500	13	5,3
600	14	6,3
700	15	7,5
800	16	8,6
900	17	10
1000	18	11,3

Tabla 4: Presión generada en el circuito de frenos del vehículo de serie, con y sin servofrenos, en función de la fuerza ejercida sobre el pedal (Datos tomados de <http://www.imporbrake.com/manuales/Cap3.pdf>)

En el caso de los frenos del vehículo de origen, para una fuerza máxima de 500 N sobre el pedal de freno, y dado que el sistema de serie cuenta con servofreno, se obtiene una presión hidráulica de 13 MPa.

En el caso de los frenos modificados del vehículo preparado, para la obtención de la presión hidráulica, debido al cambio de la bomba y el pedalier, no puede emplearse la tabla superior, por lo que deben realizarse cálculos aritméticos para calcular la presión proporcionada por la bomba. Los datos empleados para dichos cálculos son:

Diámetro del pistón de la bomba,  $d_b$ : 15 mm

Relación de palancas del pedal,  $R_p$ : 6,8

Porcentaje de fuerza de frenado en el eje trasero: 40% (ver Ec. 10, pg. 280)

Porcentaje de fuerza de frenado en el eje delantero: 60%



Con dichos datos calcularemos la presión hidráulica del circuito:

$$F_b = F_p \cdot R_p \quad (Ec. 45)$$

$$F_{bd} = 0,6 \cdot F_b \quad (Ec. 46)$$

$$F_{bt} = 0,4 \cdot F_b \quad (Ec. 47)$$

$$p_{hd} = \frac{F_{bd}}{\frac{\pi \cdot d_b^2}{4}} \quad (Ec. 48)$$

$$p_{ht} = \frac{F_{bt}}{\frac{\pi \cdot d_b^2}{4}} \quad (Ec. 49)$$

Siendo:

$F_p$  la fuerza aplicada en el pedal

$F_b$  la fuerza aplicada en la bomba

$F_{bd}$  la fuerza aplicada en la bomba delantera

$F_{bt}$  la fuerza aplicada en la bomba trasera

Aplicando una fuerza de 500 N sobre el pedal (la cual deberá mantenerse en la misma magnitud que en el vehículo de serie), la presión en el circuito delantero es de 11,5 MPa y en el circuito trasero de 7,7 MPa.

Con los valores obtenidos de la presión hidráulica de la bomba, en el circuito de frenos de serie y en el del conjunto reemplazado, calcularemos el valor del par de frenado de ambos ejes en el vehículo original y en el modificado.



Para el cálculo del par de frenado en las ruedas delanteras del vehículo de serie se emplearán los siguientes datos de los discos y pastillas de origen:

Diámetro del disco: 266 mm

Radio exterior de la pastilla:  $R_e = 133$  mm

Radio interior de la pastilla:  $R_i = 83$  mm

Ángulo de apertura de la pastilla:  $\alpha = 43,5^\circ = 0,75$  rad

Coeficiente de rozamiento disco-pastilla  $\mu = 0,45$

Presión hidráulica del circuito con servofreno:  $p_h = 13$  MPa

Diámetro de los pistones de freno:  $d = 54$  mm

La presión efectuada sobre las pastillas de freno delanteras será:  $p = 7,35$  MPa (para su cálculo se ha empleado la Ec. 38 dividida entre dos, debido al empleo de pinzas de freno de dos pistones en el vehículo de serie, en vez de unas de cuatro, montadas en el vehículo modificado, debido a que dicha expresión corresponde a este ultimo caso)

El par de frenado por rueda en el eje delantero será:  $N_{rueda} = 2945,08$  N·m

Para el cálculo del par de frenado en las ruedas traseras del vehículo de serie se emplearán los siguientes datos de los discos y pastillas de origen:

Diámetro del disco: 249 mm

Radio exterior de la pastilla:  $R_e = 124,5$  mm

Radio interior de la pastilla:  $R_i = 76,5$  mm

Ángulo de apertura de la pastilla:  $\alpha = 34,5^\circ = 0,6$  rad

Coeficiente de rozamiento disco-pastilla  $\mu = 0,45$



Presión hidráulica del circuito sin servofreno:  $p_h = 5,3 \text{ MPa}$

Diámetro de los pistones de freno:  $d = 38 \text{ mm}$

La presión efectuada sobre las pastillas de freno traseras será:  $p = 2,075 \text{ MPa}$  (para su cálculo se ha empleado la Ec. 38 dividida entre dos, debido al empleo de pinzas de freno de dos pistones en el vehículo de serie, en vez de unas de cuatro, montadas en el vehículo modificado, debido a que dicha expresión corresponde a este último caso)

El par de frenado por rueda en el eje trasero será:  $N_{\text{rueda}} = 553,56 \text{ N}\cdot\text{m}$

A continuación se calculará el par de frenado en las ruedas delanteras del vehículo modificado, para lo cual se emplearán los siguientes datos, de los nuevos componentes instalados:

Diámetro del disco: 355 mm (asfalto) / 300 mm (tierra)

Radio exterior de la pastilla:  $R_e = 177,5 \text{ mm}$  (asfalto) / 150 mm (tierra)

Radio interior de la pastilla:  $R_i = 125 \text{ mm}$  (asfalto) / 97,5 mm (tierra)

Ángulo de apertura de la pastilla:  $\alpha = 60^\circ = 1,05 \text{ rad}$

Coeficiente de rozamiento disco-pastilla:  $\mu = 0,62$  (asfalto) /  $\mu = 0,58$  (tierra)

Presión hidráulica del circuito sin servofreno:  $p_h = 11,5 \text{ MPa}$

Diámetro de los pistones de freno:  $d = 2 \times 44 \text{ mm}$  (asfalto) /  $2 \times 38 \text{ mm}$  (tierra)

La presión efectuada sobre las pastillas de freno delanteras del conjunto montado para asfalto será:  $p = 4,19 \text{ MPa}$ .

El par de frenado por rueda en el eje delantero, con el conjunto específico de asfalto instalado, será igual a:  $N_{\text{rueda}} = 6617,8 \text{ N}\cdot\text{m}$





La presión efectuada sobre las pastillas de freno delanteras del conjunto montado para tierra será:  $p = 3,8 \text{ MPa}$ .

El par de frenado por rueda en el eje delantero, con el conjunto específico de tierra instalado, será igual a:  $N_{\text{rueda}} = 3778 \text{ N}\cdot\text{m}$

El nuevo cálculo del par de frenado en las ruedas traseras del vehículo modificado requiere el empleo de los siguientes datos:

Diámetro del disco: 355 mm (asfalto) / 300 mm (tierra)

Radio exterior de la pastilla:  $R_e = 177,5 \text{ mm}$  (asfalto) / 150 mm (tierra)

Radio interior de la pastilla:  $R_i = 125 \text{ mm}$  (asfalto) / 97,5 mm (tierra)

Ángulo de apertura de la pastilla:  $\alpha = 60^\circ = 1,05 \text{ rad}$

Coeficiente de rozamiento disco-pastilla:  $\mu = 0,62$  (asfalto) /  $\mu = 0,58$  (tierra)

Presión hidráulica del circuito sin servofreno:  $p_h = 7,7 \text{ MPa}$

Diámetro de los pistones de freno:  $d = 2 \times 44 \text{ mm}$  (asfalto) /  $2 \times 38 \text{ mm}$  (tierra)

La presión efectuada sobre las pastillas de freno traseras del conjunto montado para asfalto será:  $p = 2,8 \text{ MPa}$ .

El par de frenado por rueda en el eje trasero, con el conjunto específico de asfalto instalado, será igual a:  $N_{\text{rueda}} = 4435,79 \text{ N}\cdot\text{m}$

La presión efectuada sobre las pastillas de freno traseras del conjunto montado para tierra será:  $p = 2,5 \text{ MPa}$ .

El par de frenado por rueda en el eje trasero, con el conjunto específico de tierra instalado, será igual a:  $N_{\text{rueda}} = 2484,86 \text{ N}\cdot\text{m}$



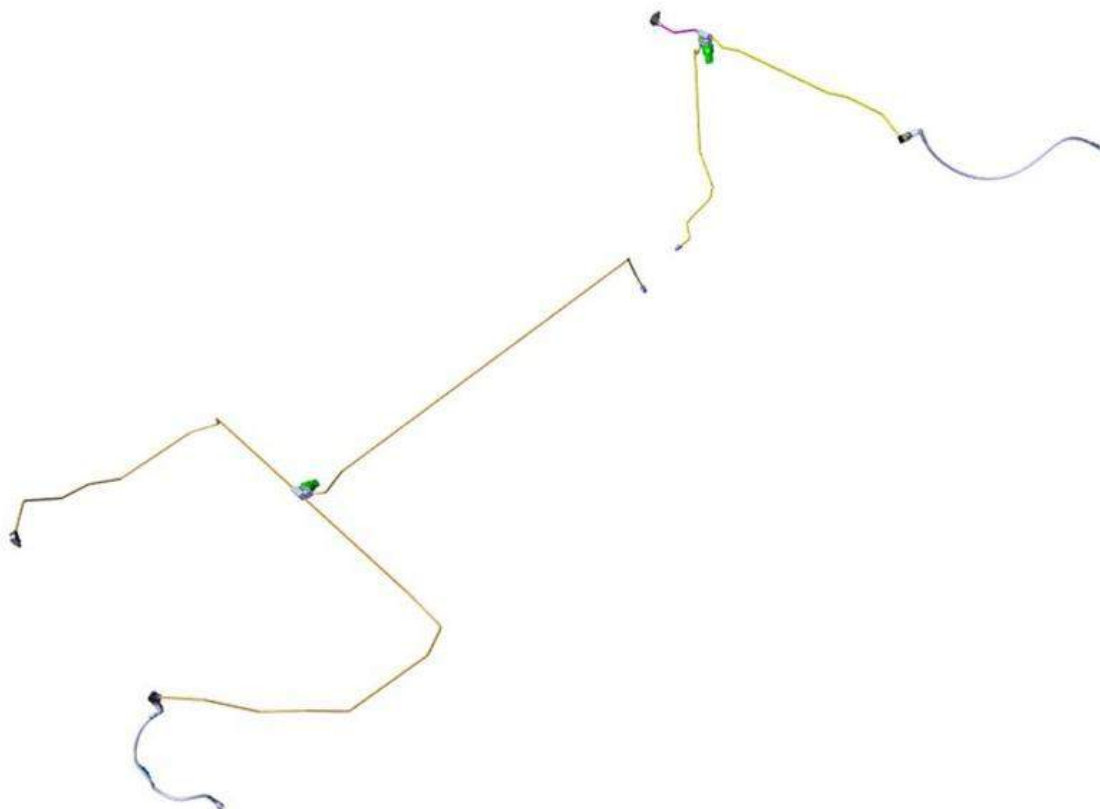
Analizando los resultados obtenidos, podemos afirmar que, tanto la presión efectuada sobre las pastillas de freno delanteras del conjunto de frenado de serie instalado en el vehículo, como el par de frenado por rueda en dicho eje, presentan valores muy superiores a los que se recogen en el conjunto de frenado trasero, debido a la enorme transferencia de masa producida desde el eje trasero al delantero en el vehículo original, que justifica el empleo de un sistema de frenado de mejores características, unido al suministro de mayor presión hidráulica, en el eje delantero respecto al que se monta en el trasero.

Esto no ocurre en el vehículo preparado, en el cual el reparto de pesos está más equilibrado y la transferencia de masas producida al eje delantero es mucho menor, con lo que se puede apreciar valores más similares entre la presión efectuada sobre las pastillas de freno delanteras y las traseras, así como ocurre entre el par de frenado por rueda de cada uno de los ejes.

Cabe destacar que dicha transferencia de pesos es la razón de que la presión ejercida sobre las pastillas de freno delanteras en el vehículo de origen presente un valor superior al del sistema de frenos modificado, mientras que el par de frenado por rueda en dicho eje será superior en el caso del conjunto preparado debido al empleo de pastillas de freno de mayor fricción y pinzas de freno más grandes. Este fenómeno también puede observarse en el eje trasero, cuyo par de frenado por rueda triplica o cuadruplica su valor tras la instalación del nuevo conjunto de frenado.

Por último y como es lógico, debido a las características deslizantes de los circuitos de tierra, las fuerzas de frenado necesarias sobre dicha superficie serán inferiores, por lo que se montan pastillas de freno con menor coeficiente de fricción que en el caso del conjunto montado en las competiciones sobre asfalto.

A continuación se reemplazará el circuito de frenos original por otro homologado bajo la normativa R5 (ver Figura 107). Esta modificación consiste principalmente en la sustitución de los latiguillos montados en el vehículo de serie por unos de tipo aeronáutico, con recubrimiento metálico, y el reemplazamiento de la bomba de frenado de origen por dos de menor diámetro. El circuito de frenos montado, desarrollado por Peugeot Sport, dependerá de si la competición tiene lugar en circuitos de asfalto o si ocurre en circuitos de tierra.



*Figura 107: Canalizaciones del nuevo circuito de frenos de montaje*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)

El circuito de frenos montado en competiciones de asfalto reúne las siguientes referencias:

- Depósito del líquido de frenos: Peugeot Sport n° ref.: 1F6362849A.
- Depósito de reserva: Peugeot Sport n° ref.: 1F6362743A.



- Sensor de presión de freno: Peugeot Sport n° ref.: 5273A2.
- Conductos de transmisión de potencia de frenada y otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 1G3262602A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363652B, Peugeot Sport n° ref.: 1G1124215A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327064B, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327065A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327066A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327067A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6326350A.
- Elementos de sujeción: Peugeot Sport n° ref.: PS73031A10, Peugeot Sport n° ref.: PS81500A10, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363866A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363865A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363454A, Peugeot Sport n° ref.: 6936-73, Peugeot Sport n° ref.: 12004-20, Peugeot Sport n° ref.: PS81535A10, Peugeot Sport n° ref.: 90367267-A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6361348A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327062C, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327063C.

Las referencias del circuito de frenos montado en competiciones de tierra son las siguientes:

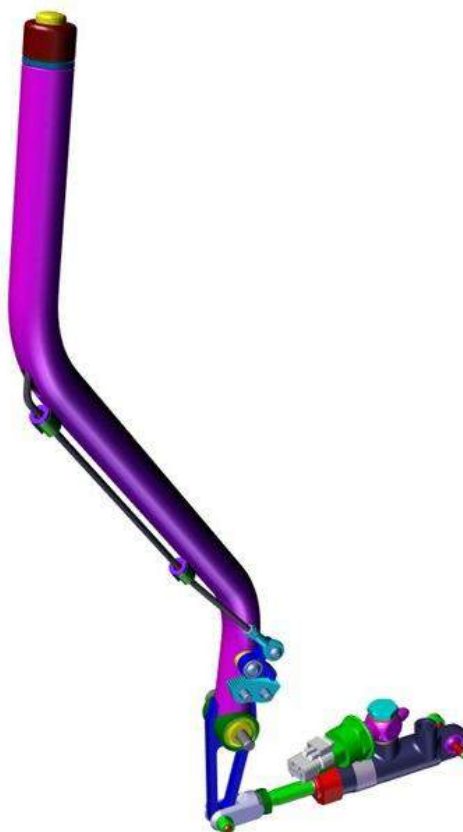
- Depósito del líquido de frenos: Peugeot Sport n° ref.: 1F6362849A.
- Depósito de reserva: Peugeot Sport n° ref.: 1F6362743A.
- Sensor de presión de freno: Peugeot Sport n° ref.: 5273A2.
- Conductos de transmisión de potencia de frenada y otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 1G3262602A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363651A, Peugeot Sport n° ref.: 1G1124215A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327064B, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327065A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327066A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6327067A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6326350A.
- Elementos de sujeción: Peugeot Sport n° ref.: PS73031A10, Peugeot Sport n° ref.: PS81500A10, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363866A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363865A, Peugeot Sport n° ref.: 1F6363454A, Peugeot Sport n° ref.: 6936-73, Peugeot Sport n° ref.: 12004-20, Peugeot Sport n° ref.: PS81535A10, Peugeot Sport n° ref.: 90367267-A,



Peugeot Sport nº ref.: 1F6361348A, Peugeot Sport nº ref.: 1F6327062C, Peugeot Sport nº ref.: 1F6327063C.

El mecanismo del freno de estacionamiento de serie se reemplaza por otro, homologado por el reglamento del grupo R5, de tipo hidráulico, con una palanca más alargada y sin elementos de retención, como el mostrado en la Figura 108. El mecanismo montado ha sido desarrollado por el departamento de competición de Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Palanca de mando del freno de mano: Peugeot Sport nº ref.: 1F7125988A.
- Bloqueo del botón del freno de mano: Peugeot Sport nº ref.: 1F7126148A.
- Cubierta del freno de mano: Peugeot Sport nº ref.: 1F7126149A.
- Varilla de accionamiento del freno de mano: 1F7126129A.
- Guía de la varilla de accionamiento: 1F7126147A.
- Rótula: Peugeot Sport nº ref.: CS450066ST.
- Trinquete de bloqueo del freno de mano: Peugeot Sport nº ref.: 1F7126156A.
- Cilindro maestro de accionamiento: Peugeot Sport nº ref.: 1F6363536C.
- Palanca de accionamiento de los frenos: Peugeot Sport nº ref.: 1F6363650A.
- Elementos de unión y otros: Peugeot Sport nº ref.: PS82048A10, Peugeot Sport nº ref.: 1G2241233A, Peugeot Sport nº ref.: 1F7143364A, Peugeot Sport nº ref.: PS89648A10, Peugeot Sport nº ref.: 1F7126150A, Peugeot Sport nº ref.: PS77875A10, Peugeot Sport nº ref.: PS74008A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82710A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82639A10, Peugeot Sport nº ref.: 1F7126158A, Peugeot Sport nº ref.: PS85568A10, Peugeot Sport nº ref.: CS210034ST, Peugeot Sport nº ref.: 1F7126081A, Peugeot Sport nº ref.: 6935-86, Peugeot Sport nº ref.: 1G1160833B, Peugeot Sport nº ref.: PS81052A10, Peugeot Sport nº ref.: 1F7126162A, Peugeot Sport nº ref.: 1F7126108A.



*Figura 108: Detalle del nuevo mecanismo del freno de estacionamiento montado  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)*

En último lugar, y como se vio en las reformas del grupo 2 en la sustitución del pedal del acelerador (pg. 158), se sustituye el pedal del freno junto con el sistema de reparto de frenada entre los ejes delantero y trasero y el resto de los elementos del conjunto del nuevo pedalier instalado, por otro cuyas referencias son las siguientes: Peugeot Sport n° ref.: 1G1126715A y Peugeot Sport n° ref.: 1G1126709A



### **6.6.7.- REFORMAS DEL GRUPO N°8: CARROCERÍA**

- **REFORMA 8.1.- Reducción del número de plazas de asiento.**
- **REFORMA 8.10.- Sustitución de asiento por otro distinto.**
- **REFORMA 8.11.- Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje.**
- **REFORMA 8.20.- Instalación o desinstalación de elementos permanentes en la zona frontal del interior del habitáculo del vehículo.**
- **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.**
- **REFORMA 8.33.- Instalación o desinstalación de un arco de seguridad interior contra vuelco.**
- **REFORMA 8.50.- Transformaciones que modifiquen la longitud del voladizo delantero y/o trasero.**
- **REFORMA 8.51.- Modificaciones que afecten a la carrocería del vehículo.**
- **REFORMA 8.52.- Modificación, incorporación o desinstalación de elementos en el exterior del vehículo.**

Elementos afectados:

- Asientos: se sustituyen los asientos delanteros de origen por otros de tipo baquet de la marca Sparco, homologados por la FIA para competición automovilística según la norma 8862/2009; y se eliminan los asientos traseros.
- Cinturón de seguridad: se desinstalan los cinturones delanteros y se reemplazan por unos arneses de 6 puntos de anclaje, homologado por la FIA según las normas 8854/98 o 8853/98. Los cinturones traseros serán retirados.



- Salpicadero: se sustituye completamente el salpicadero de serie por uno más ligero y simplificado, eliminándose los recubrimientos plásticos, la radio, los botones y la guantera.
- Consola central: se instala una consola central encargada del control de múltiples sistemas como el arranque o la calefacción.
- Reposapiés copiloto: se añade dicho elemento para mejorar la comodidad del copiloto durante las pruebas debido a la modificación que sufre la carrocería tras la instalación de la jaula de seguridad.
- Rueda de repuesto: se sustituye, además de la rueda de repuesto, la ubicación y el acondicionamiento de su emplazamiento y las fijaciones de la misma.
- Extintores: se instala uno automático, de 3 kg de agente extintor, y otro manual de 2 kg, correctamente protegidos e instalados de manera que su accionamiento resulte accesible para el piloto y el copiloto, estando éstos sentados, con los arneses de seguridad abrochados, en su posición habitual. También se añadirán los elementos de sujeción pertinentes para su fijación en el vehículo.
- Jaula antivuelco o estructura de seguridad: se instala una jaula antivuelco encargada de evitar la deformación de la carrocería ante un posible vuelco, manteniendo en todo momento la integridad de los ocupantes.
- Protecciones del motor: se sustituyen las de origen por otras más ligeras y resistentes frente a impactos, y se instalan protecciones para el diferencial trasero.
- Aletas: se sustituyen las cuatro aletas, tanto las delanteras como las traseras, por unas más anchas que cubran la totalidad de las ruedas, según dictaminan las leyes de nuestro país, debido al aumento de la anchura total del vehículo y fabricadas en un material compuesto de fibra de carbono y kevlar.
- Protecciones inferiores: al igual que ocurre con las protecciones del motor, se reemplazan las de origen por unas más apropiadas, más ligeras y de mayor resistencia.
- Puertas delanteras: se reemplazan las de origen por unas más simplificadas y ligeras, fabricadas con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, sin elementos de insonorización ni otros componentes presentes en las puertas de origen del vehículo, como los compartimentos de las mismas o el sistema de cierre centralizado.





- Capó: se sustituye el de origen por uno más ligero, fabricado con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar y adecuado a la forma de las nuevas aletas, eliminando las posibles aristas vivas. Incluye entradas de aire simétricas y cierres metálicos de tipo rally.
- Parabrisas: se sustituye el de origen, constituido por lunas laminadas, por otro también laminado con mayor número de capas de policarbonato sólido, por lo que es más ligero y no supone un peligro si se rompe al no permitir la separación de los pedazos. También se reemplazará el conjunto del limpiaparabrisas y su sistema de accionamiento.
- Ventanas: se reemplazan las de origen por unas mucho más ligeras fabricadas en policarbonato sólido, y fijas. Las ventanas delanteras poseen una pequeña abertura rectangular con apertura lateral móvil, para la ventilación del habitáculo, con el fin de no comprometer demasiado la aerodinámica del vehículo.
- Parachoques: los paragolpes de origen se sustituyen por unos nuevos, adecuados a la nueva forma de las aletas, con el objetivo de mejorar la aerodinámica del vehículo y eliminar las posibles aristas vivas presentes debido a la sustitución de las aletas. Los nuevos parachoques mantienen las propiedades de los de origen, y presentan un 10% menos de peso que éstos.
- Portón trasero: se sustituye el de origen por uno fabricado con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, que incorpora un pequeño alerón en la parte superior del mismo para mejorar la estabilidad del vehículo a altas velocidades. El portón trasero instalado también incluye unos cierres metálicos de tipo rally.
- Retrovisores exteriores: se sustituyen los de origen por unos deportivos, fijos, no replegables ni regulables y más pequeños, con el objetivo final de no perjudicar demasiado la aerodinámica del vehículo.
- Ventilación del habitáculo: se desinstala el conjunto anterior, y se monta un sistema de ventilación de la cabina instalado en el techo del vehículo.
- Grupo de calefacción: se sustituye el de origen por uno nuevo, perfeccionado, más ligero y de menor potencia, distribuido por el departamento de competición de Peugeot Sport.
- Cableado eléctrico del habitáculo: se reemplaza el cableado eléctrico original por uno nuevo, distribuido por el departamento de competición de Peugeot Sport.

En primer lugar, se modificará el número de asientos, eliminando los traseros, así como sus puntos de anclaje y los de los cinturones de seguridad correspondientes a los mismos; y, a continuación, se sustituyen los asientos delanteros por otros, de tipo baquet junto a los elementos de fijación de éstos (ver Figuras 109 y 110). Los nuevos asientos montados han de estar homologados por la FIA para competición automovilística según la norma 8862/2009 y se colocarán más atrás que los originales, es decir, más cerca de la parte posterior de vehículo. Los asientos instalados son ofrecidos por el departamento de Peugeot Sport bajo las referencias siguientes:

- Asiento conductor: Sparco SCX 00804ZNR - Peugeot Sport n° ref.: 3Y1B24675A
- Asiento copiloto: Sparco SCX H 00805ZNR – Peugeot Sport n° ref.: 3Y1B24676A
- Bases de fijación de aluminio para los asientos: Peugeot Sport n° ref.: 3Y1B24774A

Peugeot Sport n° ref.: 3Y1B26581A

- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PS82067A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82668A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86068A10, Peugeot Sport n° ref.: 3Y1B24150A, Peugeot Sport n° ref.: PS82094A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86067A10



Figura 109: Nuevos asientos delanteros instalados, de tipo baquet, y bases de fijación de los mismos  
(Imágenes tomadas de <http://www.sparco.it/> y <http://www.driversedgeautosport.com/>)

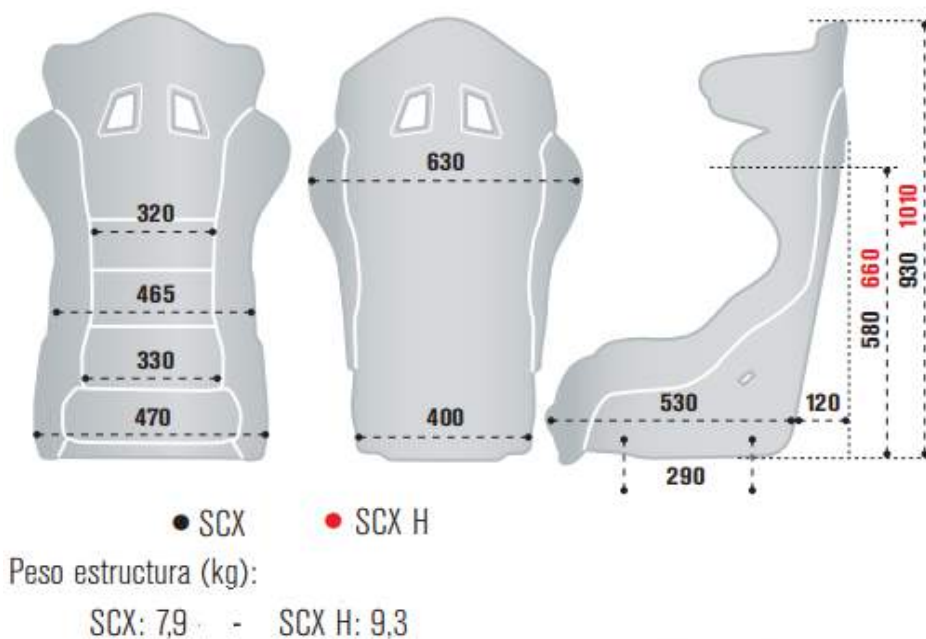


Figura 110: Dimensiones de los asientos delanteros instalados

(Imagen tomada de <http://www.sparco.it/>)

En cuanto a los cinturones de seguridad del piloto y del copiloto, ambos serán reemplazados por los arneses de seguridad de la marca Sparco, de 6 puntos de anclaje, de la Figura 111, más adecuados para el tipo de conducción que se da en este tipo de competiciones, y homologados por la FIA según las normas 8854/98 o 8853/98:

- Arnese de 6 puntos de anclaje: Sparco – Peugeot Sport n° ref.: 3U1A27603A
- Anclajes del arneses: Peugeot Sport n° ref.: PS97712A10



Figura 111: Arnese de seguridad montado, de 6 puntos de anclaje

(Imagen tomada de <http://www.sparco.it/>)

Las fijaciones de los asientos delanteros a sus soportes deben llevarse a cabo por medio de al menos 4 pernos de métrica mínima M8 y calidad 8.8. Las guías de origen serán sustituidas por unas pletinas de aleación de aluminio de 5 mm de espesor, atornilladas con tornillos de al menos M10 y calidad 8.8, a los nuevos soportes de asiento instalados en la carrocería.

- Cálculos justificativos de las fijaciones encargadas de la unión de los asientos a sus soportes y de estos a la carrocería:

A continuación se realizarán los cálculos para la comprobación de las fijaciones entre los nuevos asientos delanteros y los soportes de los mismos, atendiendo a la normativa FIA (artículo 253 del anexo J), donde se impone la fuerza que los tornillos han de ser capaces de soportar en cualquier dirección, de valor  $F = 15000$  N por tornillo. Para ello se comprobarán los esfuerzos máximos que es capaz de soportar un tornillo a tracción y a cortadura, y se comparará con dicha restricción. Las ecuaciones empleadas para estos cálculos son las siguientes:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_s}{1,25} \quad (Ec. 50)$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_s}{1,25} \quad (Ec. 51)$$

Las comprobaciones se realizarán para el caso más desfavorable, es decir, para los cálculos suponemos que toda la fuerza la aguantará un solo tornillo. La métrica mínima (M8) no cumple con la condición de la Ec. 52, por lo que se pasará a comprobar los tornillos de métrica M10 y calidad 8.8. El valor del número de planos de corte es de 1.

Para ello, en primer lugar obtendremos los valores de resistencia última del material y área eficaz, para un tornillo de M10 y calidad 8.8:

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$A_s = 84,27 \text{ mm}^2$$

De las Ec. 50 y 51 se obtienen los siguientes resultados:

$$F_{t,Rd} = 33402 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = 18556,8 \text{ N}$$

Para asegurar que el tornillo pueda aguantar la fuerza aplicada, deberá cumplirse la siguiente ecuación:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (Ec. 52)$$

Siendo  $F_{v,Ed}$  el esfuerzo aplicado al tornillo a cortadura, y  $F_{t,Ed}$  el esfuerzo de tracción del mismo.

Debido a que la carga impuesta por el reglamento de la FIA puede estar aplicada en cualquier dirección, se estudiarán los casos recogidos en la Tabla 5:

Ángulo (rad.)	Ángulo (°)	$F_{t,Ed}(N)$	$F_{v,Ed} (N)$	Comprobación
0	0	0	15000	0,81
0,17	10	2604,7	14772,1	0,85
0,35	20	5130,3	14095,4	0,87
0,52	30	7500	12990,4	0,86
0,7	40	9641,8	11490,7	0,83
0,87	50	11490,7	9641,8	0,77
1,05	60	12990,4	7500	0,68
1,22	70	14095,4	5130,3	0,58
1,4	80	14772,1	2604,7	0,46
1,57	90	15000	0	0,32

*Tabla 5: Cálculo de las componentes de las fuerzas en función del ángulo de aplicación de las mismas  
(Desarrollada por el autor del proyecto)*

Ya que todos los valores de la tabla superior cumplen la desigualdad de la Ec.52, no superando el valor de 1, queda comprobado que los tornillos destinados al anclaje de los asientos sobre sus soportes aguantarán los esfuerzos a los que se verán sometidos sin que se produzca la rotura de los mismos.

A continuación se utilizarán las mismas fórmulas y los mismos criterios para la comprobación de los tornillos que sirven de sujeción para la unión del soporte de los asientos delanteros a la carrocería del vehículo. En este caso el parámetro referido al número de planos de corte (n) tendrá un valor de 2.

Según el artículo 253 del Anexo J de la normativa de la FIA, las uniones del soporte de los asientos al chasis deberán soportar esfuerzos de 18000 N por tornillo, aplicadas vertical u horizontalmente. Para los cálculos se considerara el caso más crítico, aquel en el cual toda la fuerza la aguanta un solo tornillo (ver Tabla 6).

Ángulo (rad.)	Ángulo (°)	$F_{t,Ed}(N)$	$F_{v,Ed}(N)$	Comprobación
0	0	0	18000	0,49
1,57	90	18000	0	0,38

*Tabla 6: Cálculo de las componentes de la fuerza en función del ángulo de aplicación de la misma  
(Desarrollada por el autor del proyecto)*

Por lo tanto, podemos afirmar que un tornillo de M10 y calidad 8.8 aguanta correctamente los esfuerzos dictaminados por la FIA, por lo que se montarán este tipo de tornillos en las uniones entre los soportes de los asientos y la carrocería del vehículo.

- Cálculos justificativos de las fijaciones encargadas de la unión de los arneses de seguridad a la carrocería:

Por último, deberán comprobarse las argollas empleadas en los arneses de seguridad. Para ello será necesario realizar una comprobación similar a la efectuada para las fijaciones de los

asientos delanteros y sus soportes, imponiendo que dichas argollas sean capaces de soportar un esfuerzo de valor  $F=14700\text{ N}$  en cada argolla. Para ello emplearemos las Ec. 50 y 51.

Los cálculos y comprobaciones serán llevados a cabo con una argolla de métrica 12 con calidad 8.8, impuesta por la normativa FIA.

Los resultados obtenidos son:

$$F_{t,Rd} = 48537,5\text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = 26965,3\text{ N}$$

Los resultados de la comprobación de la Ec. 52 están recogidos en la siguiente tabla (Tabla 7):

Ángulo (rad.)	Ángulo (°)	$F_{t,Ed}(N)$	$F_{v,Ed}(N)$	Comprobación
0	0	0	14700	0,55
0,17	10	2552,6	14476,7	0,57
0,35	20	5027,7	13813,5	0,59
0,52	30	7350	12730,6	0,58
0,7	40	9449	11261	0,56
0,87	50	11260,8	9449	0,52
1,05	60	12730,6	7350	0,46
1,22	70	13813,5	5027,7	0,39
1,4	80	14476,7	2552,6	0,31
1,57	90	14700	0	0,22

*Tabla 7: Cálculo de las componentes de las fuerzas en función del ángulo de aplicación de las mismas  
(Desarrollada por el autor del proyecto)*

Como puede verse en los resultados de la tabla superior, dado que ninguna de las comprobaciones supera el valor de 1, la argolla seleccionada soporta la carga impuesta y cumple con la normativa de seguridad de la FIA, por lo que todas las argollas que se encargan de sujetar los arneses del seguridad a la carrocería del vehículo serán de métrica 12 y calidad 8.8 e irán atornilladas a los lugares dispuestos para tal fin mientras que, las tiras de los hombros, irán sujetas a las barras de la jaula antivuelco o de seguridad.

A continuación, se reemplazará el salpicadero de origen por uno de menor peso y más simplificado, con muchos elementos retirados respecto del de serie, como la guantera, la radio o los botones del mismo, cumpliendo la normativa del grupo R5. El conjunto instalado (ver Figura 112), desarrollado por el departamento de Peugeot Sport, cuenta con las siguientes referencias:

- Salpicadero: Peugeot Sport n° ref.: 3S1A21353C.
- Soporte del salpicadero: Peugeot Sport n° ref.: 3S1A18532A.
- Aireadores del salpicadero: Peugeot Sport n° ref.: 3S1D64393A.
- Elementos de unión: Peugeot Sport n° ref.: 6973-05, Peugeot Sport n° ref.: 6920A2, Peugeot Sport n° ref.: PS85200A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74803A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86039A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74139A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82629A10, Peugeot Sport n° ref.: PS92591A10.



*Figura 112: Nuevo salpicadero instalado en el vehículo (Imágenes tomadas de <http://www.peugeotsport-store.com/> y <http://www.youtube.com/watch?v=7mpLyeADZK4>)*





Las nuevas pantallas y elementos montados en el nuevo salpicadero tienen las siguientes referencias:

- Pantalla de la visera del salpicadero, con prog. R5: Peugeot Sport n° ref.: 3S1C27099A.
- Pantalla de informes: Peugeot Sport n° ref.: 3S1C23743B.
- Soportes: Peugeot Sport n° ref.: 3S1C26866C.

Peugeot Sport n° ref.: 3S1C27177A.

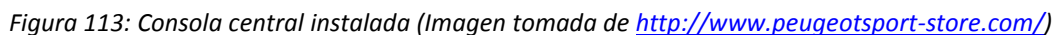
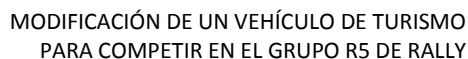
Peugeot Sport n° ref.: 3S1C26644A.

- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PS82084A10, Peugeot Sport n° ref.: 6941-19, Peugeot Sport n° ref.: 9672255480, Peugeot Sport n° ref.: PS86041A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82652A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86043A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74015A10.

Se instala una consola central (ver Figura 113) entre el asiento del piloto y el del copiloto, cuya función es controlar el mando de ciertos sistemas del vehículo como el arranque, la calefacción o el claxon, entre otros. La consola montada, homologada según la normativa R5, es suministrada por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Bloque de la consola central, con prog. R5: Peugeot Sport n° ref.: 3S3A27098A.
- Soporte de la consola central: Peugeot Sport n° ref.: 3S3A27178B.
- Elementos de unión: Peugeot Sport n° ref.: 521319.

Peugeot Sport n° ref.: 6939-97.



- Reposapiés copiloto: Peugeot Sport nº ref.: 3T5B25020D.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport nº ref.: PS74714A10, Peugeot Sport nº ref.: PS78573A10, Peugeot Sport nº ref.: PS78574A10, Peugeot Sport nº ref.: PS92561A10, Peugeot Sport nº ref.: PS85110A10, Peugeot Sport nº ref.: PS86040A10, Peugeot Sport nº ref.: 1606409780, Peugeot Sport nº ref.: PS92594A10, Peugeot Sport nº ref.: 4018-88, Peugeot Sport nº ref.: 6434-58, Peugeot Sport nº ref.: 6434-45, Peugeot Sport nº ref.: 4018-95, Peugeot Sport nº ref.: 6433-27, Peugeot Sport nº ref.: 6439-47.



*Figura 114: Reposapiés instalado para el copiloto*  
(Imagen tomada de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)

Se añadirán unas correas, homologadas por la normativa R5 y ancladas a la carrocería, para la sujeción de la rueda de repuesto, en su nuevo emplazamiento localizado en el maletero, similar a lo que puede observarse en la Figura 115. El conjunto montado por el departamento de Peugeot Sport cuenta con las siguientes referencias:

- Correa de la rueda de repuesto: Peugeot Sport n° ref.: 903539218A.
- Correa de fijación de la rueda de repuesto: RC7631063A.
- Hebilla de cruce de la correa: Peugeot Sport n° ref.: RC7617719A.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PS82019A10.

Peugeot Sport n° ref.: 6936-73.



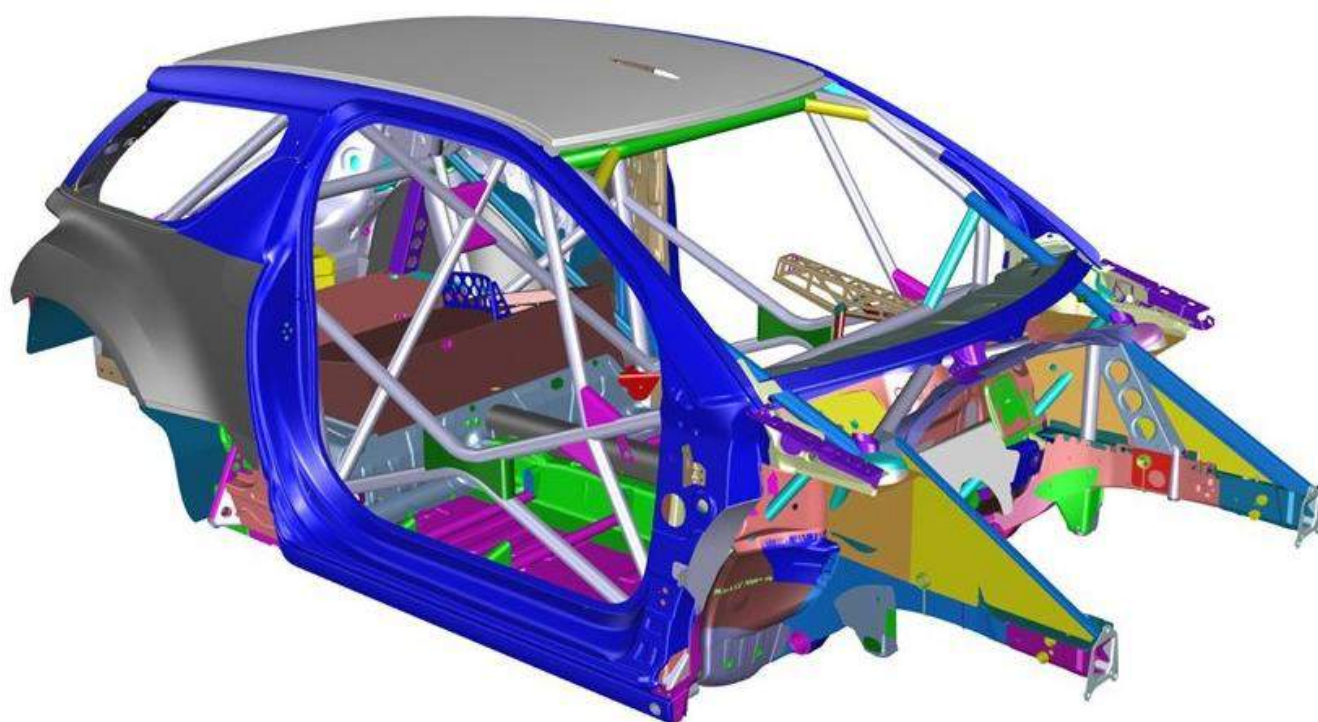
*Figura 115: Soportes de fijación de la rueda de repuesto (Imagen tomada de <http://www.mercadoracing.org/35/392546/compro-soporte-de-fijacion-de-rueda-de-repueto.html>)*

Siguiendo la normativa de seguridad del anexo J del CDI se deben instalar dos extintores, uno automático de 3 kg y otro manual de 2 kg, en el interior del habitáculo en una zona accesible para su accionamiento por los ocupantes del vehículo. Los extintores montados, suministrados por Peugeot Sport, cuentan con las siguientes referencias:

- Extintor automático: Peugeot Sport n° ref.: 0146EA4011.
- Extintor manual de polvo: Peugeot Sport n° ref.: PS97690A10.
- Placa de fijación del extintor manual: Peugeot Sport n° ref.: 3T3C22237A.
- Elementos de sujeción: Peugeot Sport n° ref.: PS93565A10, Peugeot Sport n° ref.: 6935-86, Peugeot Sport n° ref.: 6949-04, Peugeot Sport n° ref.: PS82027A10, Peugeot Sport n° ref.: PS86569A10.

Se instala una jaula antivuelco o de seguridad, homologada bajo el reglamento de seguridad del anexo J del CDI de la FIA, para reforzar la estructura del vehículo evitando la deformación de la carrocería en el caso de que se produjese un vuelco, y asegurando la integridad de los ocupantes del mismo.

El conjunto de barras antivuelco instalado (ver Figura 116) es suministrado en un kit proporcionado por Peugeot Sport, fabricado expresamente para este modelo de vehículo en su preparación para la categoría R5 de competición, bajo el n° de referencia 5R19510-00.



*Figura 116: Jaula antivuelco o de seguridad anclada sobre la carrocería del vehículo*

(Imagen tomada de <http://www.peugeot-sport-store.com/>)

Se sustituyen las protecciones de motor presentes en el vehículo de origen, por otras nuevas más resistentes frente a impactos y sensiblemente aligeradas, y se añaden protecciones para el diferencial trasero, con las mismas cualidades que las primeras. Ambas protecciones instaladas, similares a las que pueden verse en la Figura 117, están desarrolladas por el departamento de Peugeot Sport. Se montará un juego para las competiciones sobre circuitos de asfalto, y otro para las que tienen lugar en circuitos de tierra.



Las protecciones montadas para el motor y el diferencial trasero en circuitos de asfalto tienen las siguientes referencias:

- Protección delantera, del motor: Peugeot Sport nº ref.: 3R6A27023B.
- Uniones protección delantera a la carrocería: Peugeot Sport nº ref.: 3R6A24023B.  
Peugeot Sport nº ref.: 3R6A24024B.  
Peugeot Sport nº ref.: 3R6A26612A.  
Peugeot Sport nº ref.: 3R6A27168A.
- Protección trasera, del diferencial trasero: Peugeot Sport nº ref.: 3R6A18036K.
- Uniones protección trasera a la carrocería: Peugeot Sport nº ref.: 3R6A26543E.  
Peugeot Sport nº ref.: 3R6A26575A.  
Peugeot Sport nº ref.: 3R6A26541A.
- Elementos de fijación y otros componentes: Peugeot Sport nº ref.: 6922G8, Peugeot Sport nº ref.: 6923-73, Peugeot Sport nº ref.: PS85571A10, Peugeot Sport nº ref.: PS74001A10, Peugeot Sport nº ref.: RC7431345A, Peugeot Sport nº ref.: PS82556A10, Peugeot Sport nº ref.: PS85570A10, Peugeot Sport nº ref.: 3R6A26541A, Peugeot Sport nº ref.: PS85239A10, Peugeot Sport nº ref.: 6936-73, Peugeot Sport nº ref.: 6947-G6, Peugeot Sport nº ref.: 7465VN, Peugeot Sport nº ref.: PS82635A10, Peugeot Sport nº ref.: PS74009A01, Peugeot Sport nº ref.: PS82057A10, Peugeot Sport nº ref.: PS50062A10, Peugeot Sport nº ref.: PS82639A10, Peugeot Sport nº ref.: 6939-04.

Las referencias de las protecciones montadas para el motor y el diferencial trasero en circuitos de tierra son las siguientes:

- Protección delantera, del motor: Peugeot Sport nº ref.: 3R6A27023B.

- Uniones protección delantera a la carrocería: Peugeot Sport n° ref.: 3R6A24023B.

Peugeot Sport n° ref.: 3R6A24024B.

Peugeot Sport n° ref.: 3R6A26612A.

Peugeot Sport n° ref.: 3R6A27168A.

- Protección trasera, del diferencial trasero: Peugeot Sport n° ref.: 3R6A18036K.

- Uniones protección trasera a la carrocería: Peugeot Sport n° ref.: 3R6A26543E.

Peugeot Sport n° ref.: 3R6A26575A.

Peugeot Sport n° ref.: 3R6A26419A.

- Elementos de fijación y otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 6922G8, Peugeot Sport n° ref.: 6923-73, Peugeot Sport n° ref.: PS85571A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74001A10, Peugeot Sport n° ref.: RC7431345A, Peugeot Sport n° ref.: PS82556A10, Peugeot Sport n° ref.: PS85570A10, Peugeot Sport n° ref.: PS85239A10, Peugeot Sport n° ref.: 6936-73, Peugeot Sport n° ref.: 6947-G6, Peugeot Sport n° ref.: 7465VN, Peugeot Sport n° ref.: PS82635A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74009A01, Peugeot Sport n° ref.: PS82057A10, Peugeot Sport n° ref.: 3R6A26541A, Peugeot Sport n° ref.: PS50062A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82639A10, Peugeot Sport n° ref.: 6939-04.

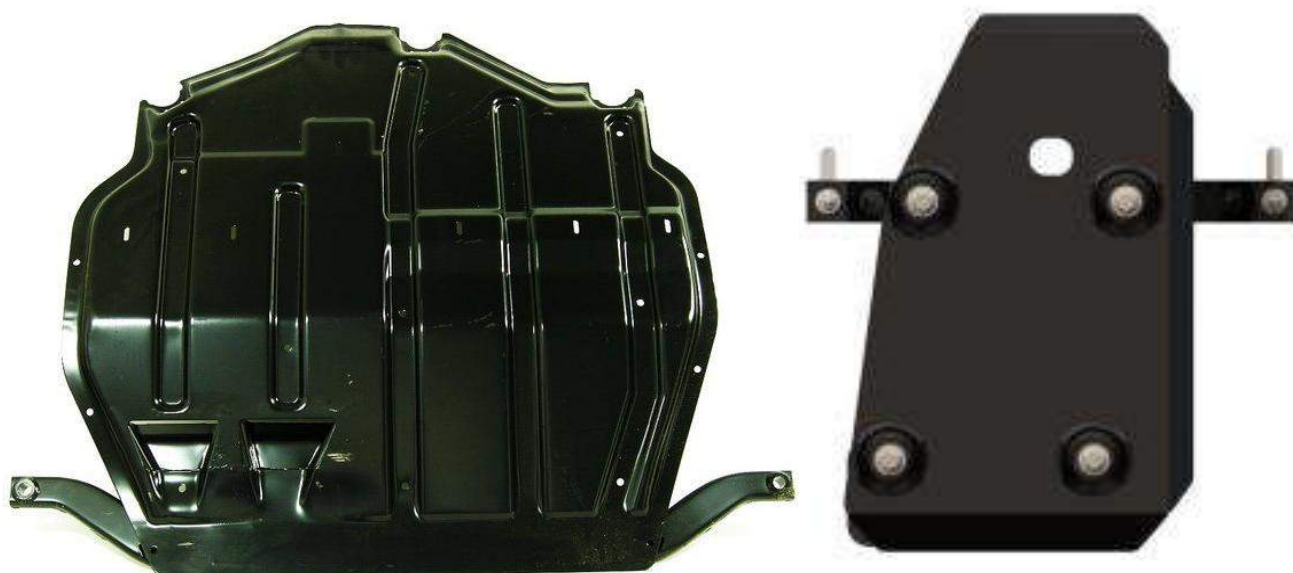


Figura 117: Protecciones para el motor (derecha) y el diferencial trasero (izquierda)

(Imágenes tomadas de [http://www.ecstuning.com/News/VW\\_MKIV\\_Busted\\_Oil\\_Pan/ES2075230/](http://www.ecstuning.com/News/VW_MKIV_Busted_Oil_Pan/ES2075230/) y <http://www.4x4misutonida.com/catalogo/referencias/190.2356>)



Las aletas de origen se sustituyen por otras fabricadas con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, capaces de cubrir por completo las ruedas, tal y como establecen las leyes de nuestro país, ya que la anchura total del vehículo se ha visto significativamente aumentada. Según dichas leyes, el borde exterior de la rueda no puede sobresalir del plano vertical que pasa por el borde de la aleta.

Las aletas delanteras montadas, mostradas en la Figura 118, son desarrolladas y distribuidas por Peugeot Sport bajo las siguientes referencias:

- Aleta delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 2K3C22106F.
- Aleta delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 2K3C22107F.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 6923H0, Peugeot Sport n° ref.: 9025W0
- Otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 6325G6, Peugeot Sport n° ref.: 6325G5, Peugeot Sport n° ref.: 9675878180, Peugeot Sport n° ref.: 9675878380.



*Figura 118: Aletas delanteras instaladas (Imagen tomada de <http://www.feline208.net/photos/evenements/2012-09-salon-paris/peugeot-208-r5/peugeot-208-type-r5-paris-2012-020.jpg.html>)*



Las referencias de las aletas traseras montadas (ver Figura 119), distribuidas por Peugeot Sport, son las siguientes:

- Aleta trasera derecha: Peugeot Sport nº ref.: 2K4E21989C.
- Aleta trasera izquierda: Peugeot Sport nº ref.: 2K4E21990C.

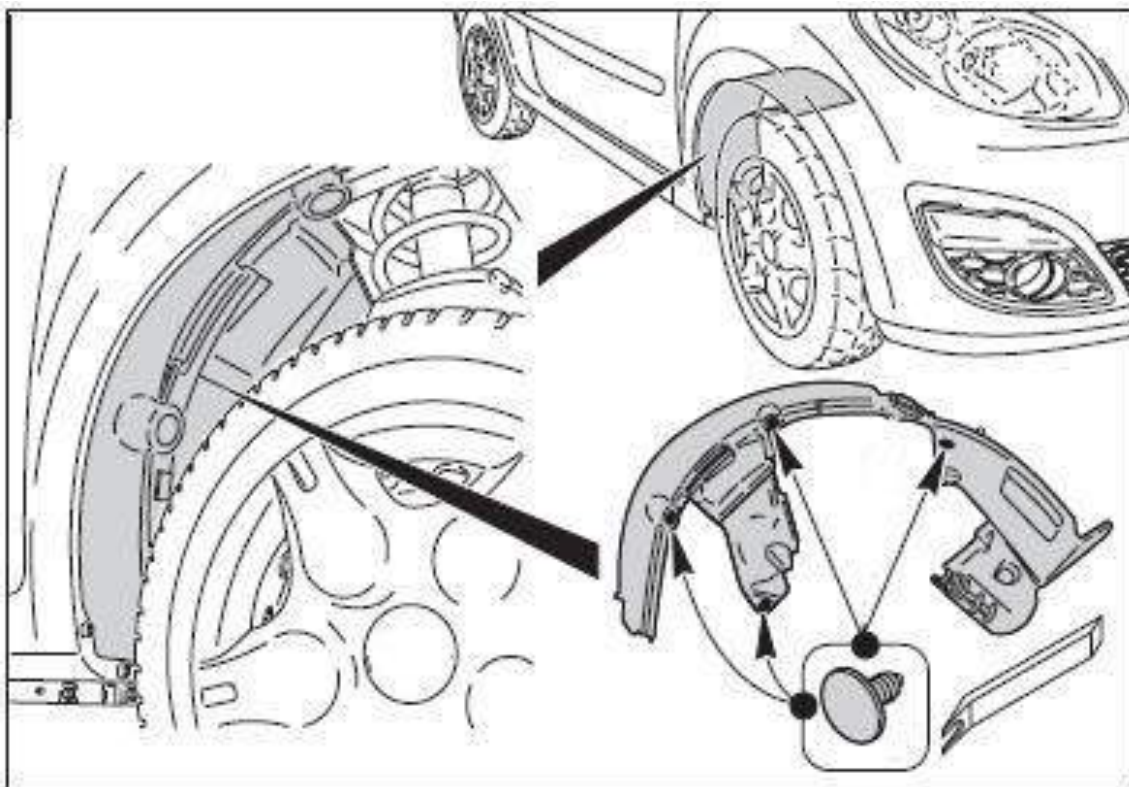


*Figura 119: Aletas traseras instaladas (Imagen tomada de <http://www.feline208.net/photos/evenements/2012-09-salon-paris/peugeot-208-r5/peugeot-208-type-r5-paris-2012-020.jpg.html>)*

En cuanto a las protecciones inferiores, se reemplazan las existentes por unas nuevas, con mayor resistencia frente a impacto y ligereza, distribuidas por Peugeot Sport bajo las referencias siguientes, en función de si la competición para la que se montan tiene lugar en circuitos de asfalto o de tierra.

Las protecciones inferiores montadas para asfalto, consisten en protecciones de los pasos de rueda delanteros (ver Figura 120), son las siguientes:

- Protección paso de rueda delantero derecho: Peugeot Sport n° ref.: 2K9A26200B.
- Protección paso de rueda delantero izquierdo: Peugeot Sport n° ref.: 2K9A26199B.
- Fijaciones a la carrocería: Peugeot Sport n° ref.: 3R6A21490A.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 6925W6.
- Otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: PS57599A10.



*Figura 120: Protecciones instaladas en los pasos de rueda delanteros*

(Imagen tomada de <http://www.twingo2.fr/forumv3/viewtopic.php?f=2&t=2532>)

Las protecciones inferiores instaladas para circuitos de tierra (ver Figura 121) incluyen, además de los pasos de rueda delanteros, protecciones en los bajos y laterales del vehículo, debido a la

posible proyección de gravilla que pudiera producirse en dichas condiciones, y a los baches presentes en dichos circuitos. Las referencias del conjunto montado son las siguientes:

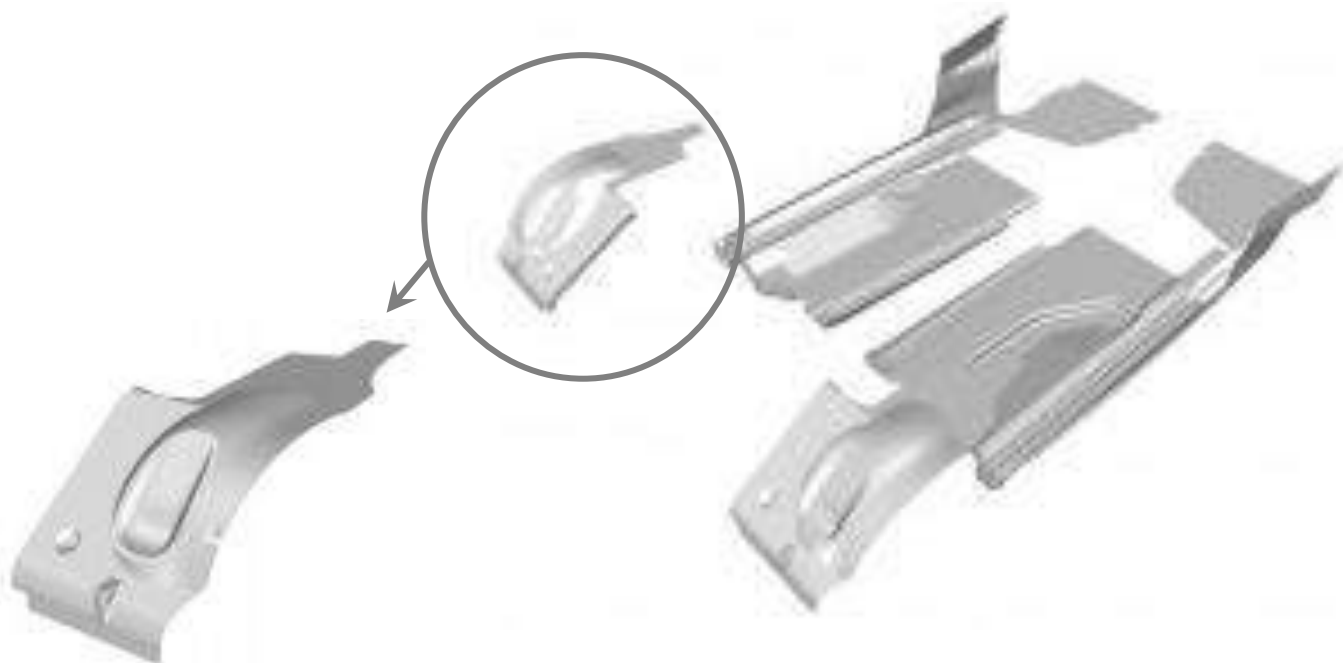
- Protección paso de rueda delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 2K9A26200B.
- Protección paso de rueda delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 2K9A26199B.
- Fijaciones a la carrocería: Peugeot Sport n° ref.: 3R6A21490A.
- Protecciones de los bajos y laterales delanteros: Peugeot Sport n° ref.: 3R6C26670C.

Peugeot Sport n° ref.: 3R6C26671C.

- Protecciones de los bajos y laterales traseros: Peugeot Sport n° ref.: 3R6C26726B.

Peugeot Sport n° ref.: 3R6C26727B.

- Protecciones del suelo delantero: Peugeot Sport n° ref.: 3R6C26668B.
- Protecciones del suelo trasero: Peugeot Sport n° ref.: 3R6C26669B.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 6925W6, Peugeot Sport n° ref.: 6973C1, Peugeot Sport n° ref.: 6922-54.
- Otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: PS57599A10.



*Figura 121: Protecciones inferiores instaladas en el vehículo para circuitos de tierra*

(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)



Se instalan también una serie de protecciones interiores, cuya referencia es Peugeot Sport n° ref.: 3T3L26906B, y sus elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PS82633A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74009A01 y Peugeot Sport n° ref.: 6947-81.

Las puertas delanteras de origen se sustituyen por otras más simplificadas y ligeras, fabricadas con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, cuyos paneles interiores y espuma de seguridad están homologados por la normativa del grupo R5. Estas puertas están aligeradas debido a la retirada de elementos de su interior como del sistema de cierre centralizado, los altavoces o los componentes de insonorización.

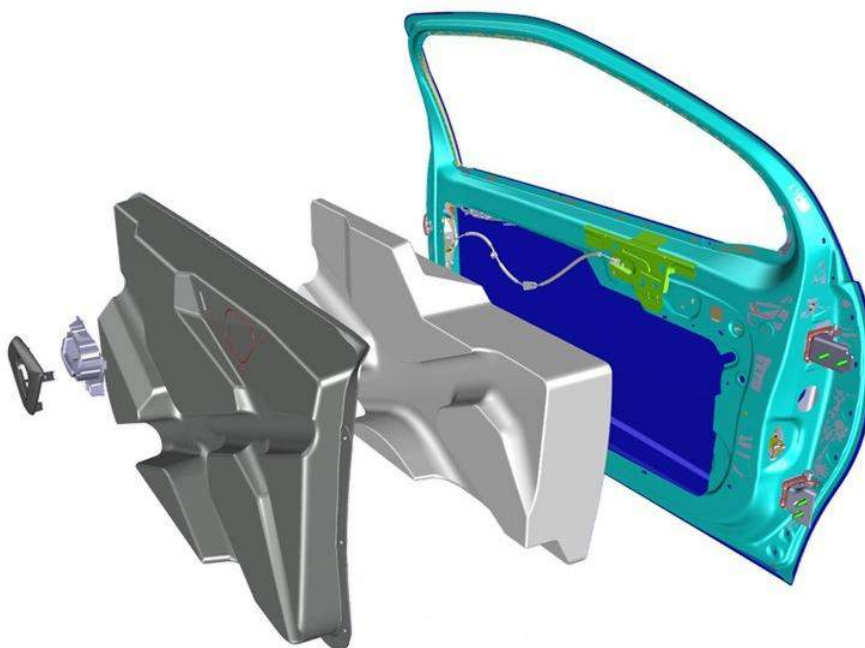
Las nuevas puertas delanteras instaladas (ver Figura 122) son distribuidas por Peugeot Sport bajo el siguiente conjunto de referencias:

- Puerta delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-02.
- Puerta delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-01.
- Bisagras sup. e inf. de la puerta delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 9671886880.  
Peugeot Sport n° ref.: 9671887080.
- Bisagras sup. e inf. de la puerta delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 9671886980.  
Peugeot Sport n° ref.: 9671887180.
- Cerradura puerta delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 9688079280.
- Cerradura puerta delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 9688079380.
- Relleno puerta delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 2K7A24780D.
- Relleno puerta delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 2K7A24779D.
- Cubierta y bolsillos puerta delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 3X4A24777D.  
Peugeot Sport n° ref.: 2K7A22117B.
- Cubierta y bolsillos puerta delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 3X4A24776D.  
Peugeot Sport n° ref.: 2K7A22116B.

- Juntas de las puertas, tipo WRC: Peugeot Sport n° ref.: 3W2A62267A.
- Manetas de las puertas: Peugeot Sport n° ref.: 9101GH.

Peugeot Sport n° ref.: 9101EK.

- Elementos de fijación y otros componentes: Peugeot Sport n° ref.: 7908V2, Peugeot Sport n° ref.: 9181Q8, Peugeot Sport n° ref.: 6913N9, Peugeot Sport n° ref.: 7467Y0, Peugeot Sport n° ref.: 9674550680, Peugeot Sport n° ref.: 6941-19, Peugeot Sport n° ref.: 96743412XT, Peugeot Sport n° ref.: 96743413XT, Peugeot Sport n° ref.: 1611567380, Peugeot Sport n° ref.: 6924E4, Peugeot Sport n° ref.: 9676198880, Peugeot Sport n° ref.: 9144G4, Peugeot Sport n° ref.: 9143T8, Peugeot Sport n° ref.: 9109-59, Peugeot Sport n° ref.: 9109-58, Peugeot Sport n° ref.: 9677354780, Peugeot Sport n° ref.: 6907-58, Peugeot Sport n° ref.: PS74141A10, Peugeot Sport n° ref.: 6973-05, Peugeot Sport n° ref.: 9144E0, Peugeot Sport n° ref.: 9143Q3, Peugeot Sport n° ref.: 6924-11, Peugeot Sport n° ref.: 3X4A21024A, Peugeot Sport n° ref.: 1610531580, Peugeot Sport n° ref.: 6949-29, Peugeot Sport n° ref.: 6936-73.



*Figura 122: Despiece interior de las puertas delanteras instaladas*  
(Imagen tomada de <http://boutique.citroenracing.com/>)



El capó del vehículo de origen se reemplaza por otro, fabricado con un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, con las medidas apropiadas a la modificación dimensional sufrida por el vehículo, y que sea capaz de alojar el nuevo motor y su grupo turbo. El nuevo capó instalado dispone de unas entradas de aire a ambos lados del motor para la refrigeración del mismo. Se añadirán unos cierres metálicos de seguridad en la parte superior propios de los vehículos de rally.

El capó montado (ver Figura 123) es distribuido por Peugeot Sport bajo las referencias siguientes:

- Base del capó: Peugeot Sport nº ref.: 2K7B18275D.
- Cubiertas del capó: Peugeot Sport nº ref.: 2K7B26762B.

Peugeot Sport nº ref.: 2K7B26764B.

Peugeot Sport nº ref.: 2K7B28296A.

- Cierres de acero: Peugeot Sport nº ref.: RC7919967A.
- Emblema Peugeot: Peugeot Sport nº ref.: 9673874780.
- Bisagras del capó: Peugeot Sport nº ref.: 2R19500-13.

Peugeot Sport nº ref.: 2R19500-14.

- Fijaciones y otros elementos: Peugeot Sport nº ref.: PS92526A10, Peugeot Sport nº ref.: 9802277480, Peugeot Sport nº ref.: 7950-59, Peugeot Sport nº ref.: 7928-43, Peugeot Sport nº ref.: 6939-97, Peugeot Sport nº ref.: 6923H0, Peugeot Sport nº ref.: PS97715A10.





*Figura 123: Capó montado, con entradas de aire y cierres metálicos de tipo rally (Imagen tomada de <http://www.rallyreportwrc.com/2014/03/29/el-208-t16-r5-domino-en-el-shakedown-griego-con-abbrinq-breen-en-su-estreno-absoluto-en-el-erc/>)*

El parabrisas original del vehículo, de tipo laminado, es reemplazado por otro del mismo tipo con mayor número de capas de policarbonato sódico (ver Figura 124). Este parabrisas es más ligero que el original y más seguro para los ocupantes del vehículo.

El parabrisas instalado, distribuido por el departamento de Peugeot Sport, tiene las siguientes referencias:

- Parabrisas: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-15.
- Conjunto del calentador del parabrisas: Peugeot Sport n° ref.: RC8131167A.
- Soportes: Peugeot Sport n° ref.: 9673301680.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PE15N101C2, Peugeot Sport n° ref.: PE15N100C2, Peugeot Sport n° ref.: PE16A633A2, Peugeot Sport n° ref.: 96733024XT, Peugeot Sport n° ref.: 96733027XT, Peugeot Sport n° ref.: 96748540XT, Peugeot Sport n° ref.: 96748542XT.

El conjunto del limpiaparabrisas delantero original también es reemplazado por otro, más simplificado, como puede verse en la Figura 125, el cual reúne las siguientes referencias:

- Motor del limpiaparabrisas delantero: Peugeot Sport nº ref.: 9673222580.

- Portaescobillas delanteros: Peugeot Sport nº ref.: 1608393380.

Peugeot Sport nº ref.: 1608393180.

- Escobillas delanteras: Peugeot Sport nº ref.: 1608392980.

Peugeot Sport nº ref.: 1608392780.

- Conductos del limpiaparabrisas: Peugeot Sport nº ref.: 9802036380.

- Elementos de fijación: Peugeot Sport nº ref.: 6935C9, Peugeot Sport nº ref.: 6913N8, Peugeot Sport nº ref.: 2535-00, Peugeot Sport nº ref.: 6947-37, Peugeot Sport nº ref.: 9804340880.

- Mecanismo de accionamiento: Peugeot Sport nº ref.: 3Z4A26744D.

Peugeot Sport nº ref.: 6239K9.

Peugeot Sport nº ref.: 6924K1.



*Figura 124: Conjunto parabrisas instalado (Imagen tomada de*

*[http://www.netcarshow.com/peugeot/2013-208\\_r5\\_rally\\_car/1024x768/wallpaper\\_02.htm](http://www.netcarshow.com/peugeot/2013-208_r5_rally_car/1024x768/wallpaper_02.htm))*





*Figura 125: De izquierda a derecha, parabrisas, mecanismo del limpiaparabrisas y palanca de accionamiento del limpiaparabrisas instalados*  
(Imágenes tomadas de <http://www.peugeotsport-store.com/>)

Las ventanillas se sustituyen por unas más ligeras, fabricadas con policarbonato sólido. Estas ventanas son fijas pero las delanteras poseen una pequeña abertura rectangular con una parte móvil deslizable, permitiendo la ventilación de la cabina sin que la aerodinámica del vehículo se vea demasiado comprometida.

Las ventanillas delanteras instaladas, mostradas en la Figura 126, son suministradas por Peugeot Sport bajo las referencias:

- Ventana delantera derecha fija: Peugeot Sport n° ref.: 9801475980.
- Ventana delantera izquierda fija: Peugeot Sport n° ref.: 9801476080.
- Corredera ventana delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 9673603280.
- Corredera ventana delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 9673603380.
- Marco ext. e int. ventana delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 9674037280.

Peugeot Sport n° ref.: 9673479180.

- Marco ext. e int. ventana delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 9674037380.

Peugeot Sport n° ref.: 9673479380.

- Soporte inferior ventana delantera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 3P1C27059A.
- Soporte inferior ventana delantera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 3P1C27060A.
- Soportes ventanas correderas: Peugeot Sport n° ref.: 3P1C24930A.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 6973-05, Peugeot Sport n° ref.: 9341PF, Peugeot Sport n° ref.: 6947H1.

Las ventanas traseras montadas (ver Figura 127), proporcionadas por Peugeot Sport, tienen las siguientes referencias:

- Ventana trasera derecha fija: Peugeot Sport n° ref.: 9673556880.
- Ventana trasera izquierda fija: Peugeot Sport n° ref.: 9673556980.
- Soporte ventana trasera derecha: Peugeot Sport n° ref.: 9675987580.
- Soporte ventana trasera izquierda: Peugeot Sport n° ref.: 9675987680.
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: 216500-12.

Peugeot Sport n° ref.: 1609546180.

- Fijaciones: Peugeot Sport n° ref.: 9676253780.

Peugeot Sport n° ref.: PS86038A10.



*Figura 126: Ventanillas delanteras instalas*

(Imagen tomada de <http://www.feline208.net/news/peugeot-208-t16-essais-asphalte-212/>)



*Figura 127: Ventanillas traseras instaladas en el vehículo*

(Imagen tomada de <http://www.youtube.com/watch?v=YfWcBPd9-IA>)

Los parachoques de origen, tanto el delantero como el trasero, se reemplazarán por unos nuevos más adecuados a la nueva forma de las aletas, que respeten la aerodinámica del vehículo y más ligeros que los anteriores, fabricados en fibra de vidrio, manteniéndose las propiedades del material de origen con un aligeramiento del 10% de peso.

El paragolpes delantero instalado (ver Figura 128) es distribuido por el departamento de competición de Peugeot Sport bajo las referencias que siguen:

- Parachoques delantero: Peugeot Sport n° ref.: 5R19500-10.
- Revestimiento parachoques: Peugeot Sport n° ref.: 1608112180.
- Amortiguador de colisiones derecho: Peugeot Sport n° ref.: 3R1A24046B.
- Amortiguador de colisiones izquierdo: Peugeot Sport n° ref.: 3R1A24047C.
- Correa de remolque: Peugeot Sport n° ref.: 3R1A21762A.

Peugeot Sport n° ref.: 3R1A26855B.

- Monograma Peugeot: Peugeot Sport n° ref.: 9673857680.
- Rejilla de acero inoxidable: Peugeot Sport n° ref.: PS97616A10.

- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 3R1A27176A, Peugeot Sport n° ref.: PS82001A01, Peugeot Sport n° ref.: 3R1B25877B, Peugeot Sport n° ref.: PS74003A10, Peugeot Sport n° ref.: PS78631A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74128A10, Peugeot Sport n° ref.: PS92605A10, Peugeot Sport n° ref.: 6925P2.

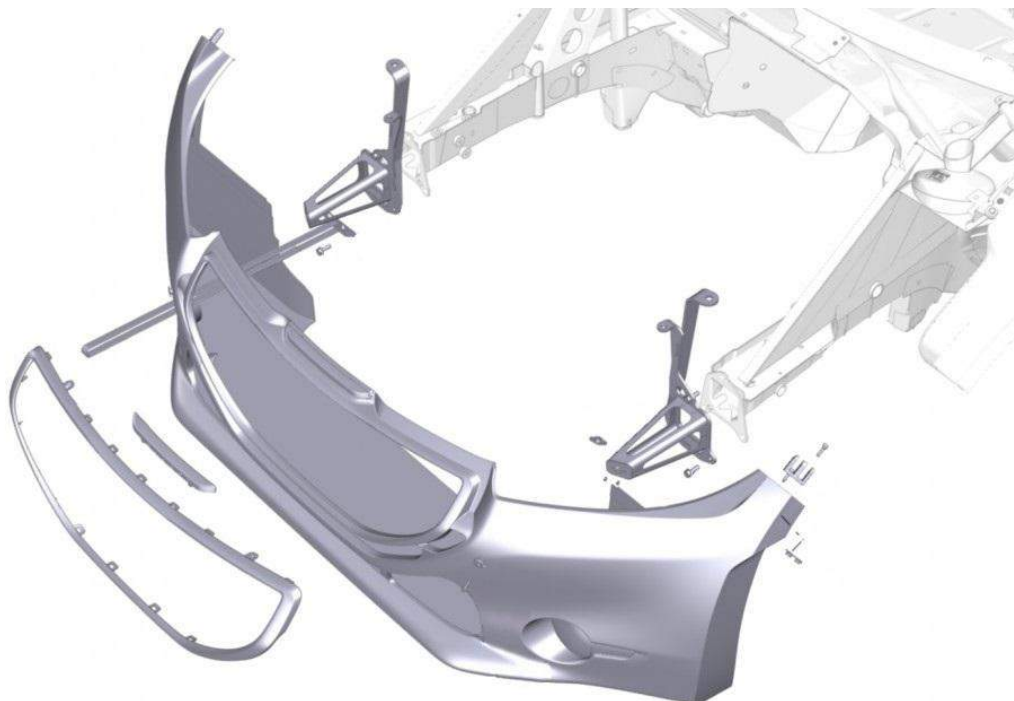


Figura 128: Despiece y conjunto del parachoques delantero instalado

(Imágenes tomadas de <http://www.peugeotsport-store.com/> y

<http://www.wemotor.com/blog/2012/10/peugeot-releases-208-type-r5-to-spearhead-rally-campaign/>)

El paragolpes trasero montado (ver Figura 129), comercializado por Peugeot Sport, está comprendido por las siguientes referencias:



- Parachoques trasero: Peugeot Sport n° ref.: 3R1B24760H.
- Soporte de fijación del parachoques: Peugeot Sport n° ref.: 3R1B25014B.
- Remolque: Peugeot Sport n° ref.: PS97710A10.
- Correa de remolque: Peugeot Sport n° ref.: 3R1A21762A.
- Elementos de sujeción: Peugeot Sport n° ref.: 3R1A22248A, Peugeot Sport n° ref.: PS82001A01, Peugeot Sport n° ref.: 3R1B25877B, Peugeot Sport n° ref.: PS78051A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74130A10, Peugeot Sport n° ref.: PS92502A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74747A10.

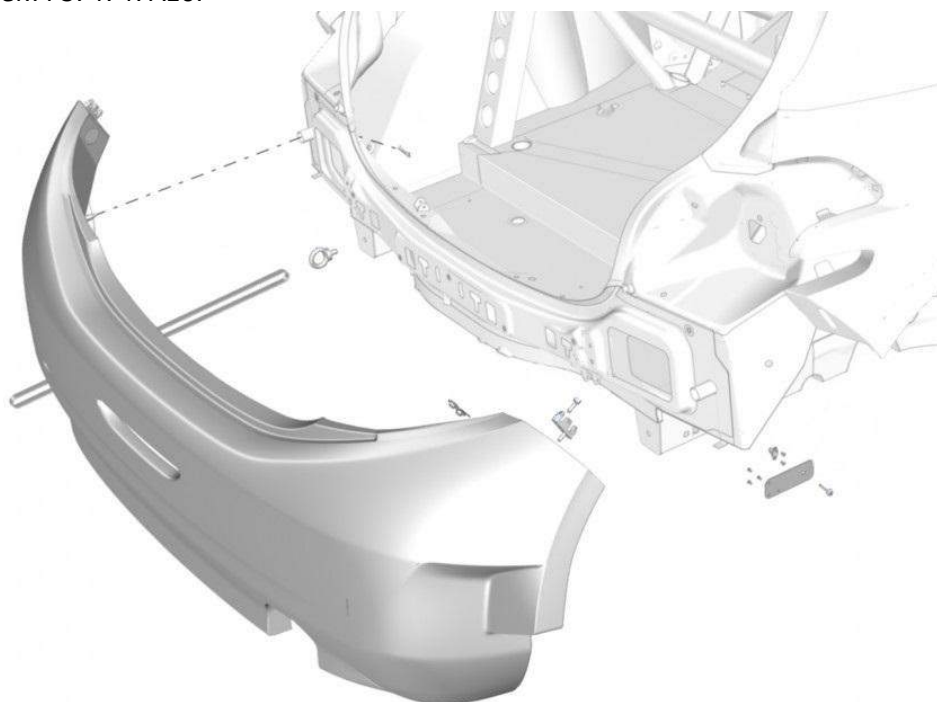
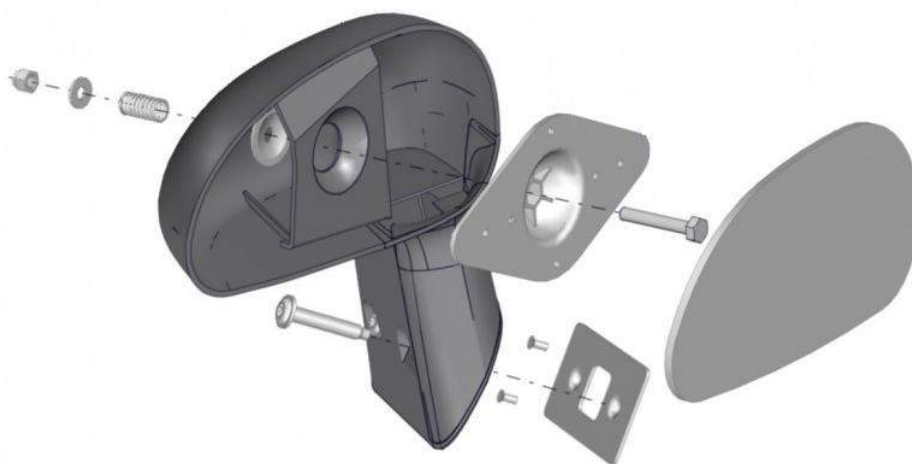


Figura 129: Despiece y conjunto del parachoques trasero instalado (Imágenes obtenidas de (Imágenes tomadas de <http://www.peugeotsport-store.com/> y <http://www.wemotor.com/blog/2012/10/peugeot-releases-208-type-r5-to-spearhead-rally-campaign/>)

Los retrovisores exteriores de origen son reemplazados por unos deportivos, más pequeños, sólidamente fijados a la carrocería, no replegables ni regulables. El objetivo final de su instalación persigue el no perjudicar en gran medida la aerodinámica del vehículo. Su posición se encuentra retrasada con respecto a la que ocupan en el vehículo de serie, localizándose aproximadamente a la altura del volante.

Los retrovisores exteriores instalados (ver Figura 130), desarrollados por Peugeot Sport, tienen las siguientes referencias:

- Retrovisor exterior derecho: Peugeot Sport n° ref.: 3R5A64425B.
- Retrovisor exterior izquierdo: Peugeot Sport n° ref.: 3R5A64424B.
- Placa de fijación a la carrocería: Peugeot Sport n° ref.: 3R5A64569A.
- Soporte de los espejos: Peugeot Sport n° ref.: 3R5A64517A.
- Espejo retrovisor exterior derecho: Peugeot Sport n° ref.: 3R5A64519A.
- Espejo retrovisor exterior izquierdo: Peugeot Sport n° ref.: 3R5A64518A.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: PS92502A10, Peugeot Sport n° ref.: 9644862280, Peugeot Sport n° ref.: CS550046ST, Peugeot Sport n° ref.: 3R5A64525B, Peugeot Sport n° ref.: CS420065ST, Peugeot Sport n° ref.: 6946-23, Peugeot Sport n° ref.: 6936-73.



*Figura 130: Despiece de los nuevos retrovisores exteriores instalados*  
(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)

El conjunto encargado de la ventilación de la cabina del piloto y el copiloto es reemplazado por uno nuevo, desarrollado por el departamento de Peugeot Sport, instalado en el techo del habitáculo, como puede verse en la Figura 131, y cuenta con el siguiente conjunto de referencias:

- Toma de aire del techo: Peugeot Sport n° ref.: 3V1B20854G.
- Difusor de la toma de aire del techo: Peugeot Sport n° ref.: 3V1B64539C.
- Extractor de aire: Peugeot Sport n° ref.: 8580AA.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 3V1B41961A, Peugeot Sport n° ref.: CS360363ST, Peugeot Sport n° ref.: PS82084A10, Peugeot Sport n° ref.: 6946-52, Peugeot Sport n° ref.: 6941-77.



*Figura 131: Conjunto instalado para la ventilación de la cabina (Imagen tomada de [http://www.netcarshow.com/peugeot/2013-208\\_r5\\_rally\\_car/1024x768/wallpaper\\_02.htm](http://www.netcarshow.com/peugeot/2013-208_r5_rally_car/1024x768/wallpaper_02.htm))*

El grupo calefactor del vehículo de origen, es sustituido por otro de menor peso y potencia, como puede verse en la Figura 132, distribuido por Peugeot Sport bajo las referencias:

- Calentador: Peugeot Sport n° ref.: 6448-G1.
- Conducto de aire: Peugeot Sport n° ref.: 3V2A62881A.
- Conducto de agua: Peugeot Sport n° ref.: 3V2E63760A.

- Válvula de cierre del conducto de aire: Peugeot Sport n° ref.: PS73110A10.
- Pulsador de aire: Peugeot Sport n° ref.: 6441-J8.
- Soportes: Peugeot Sport n° ref.: 3V2A25984A.

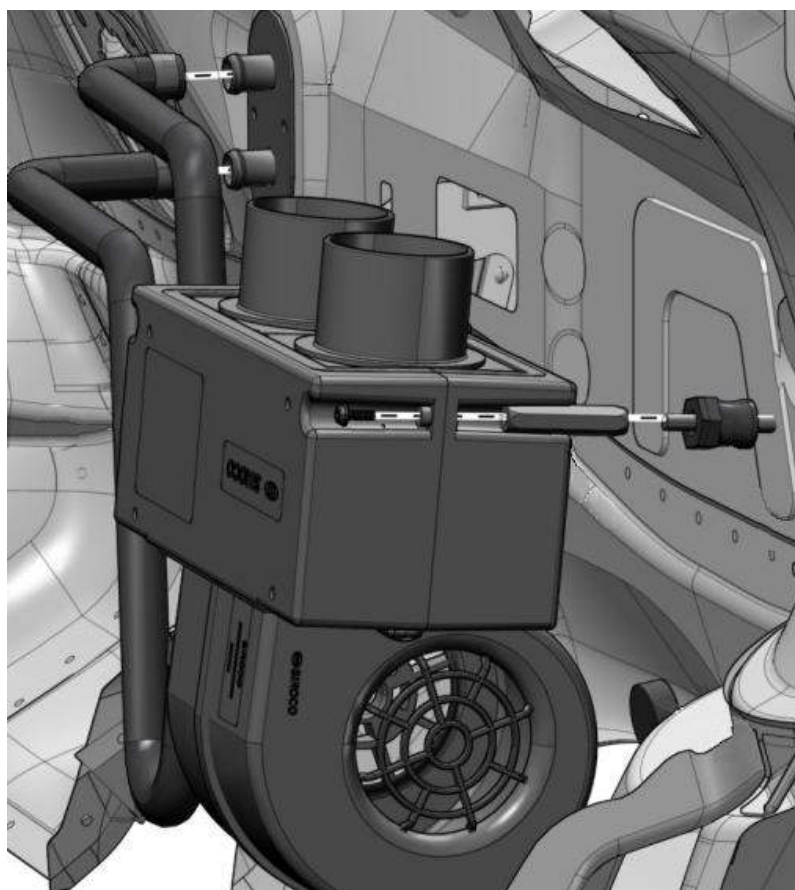
Peugeot Sport n° ref.: 3V2A26692A.

Peugeot Sport n° ref.: 3V2A26693A.

Peugeot Sport n° ref.: 3V2A18522A.

Peugeot Sport n° ref.: 3V2A25849A.

- Fijaciones y otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: PS74549A10, Peugeot Sport n° ref.: 3V2A25983A, Peugeot Sport n° ref.: 3V2A26701B, Peugeot Sport n° ref.: 5280S1, Peugeot Sport n° ref.: 6936-A0, Peugeot Sport n° ref.: 6973-19, Peugeot Sport n° ref.: 6981-H7.



*Figura 132: Nuevo grupo calefactor montado en el vehículo  
(Imagen tomada de <http://www.peugeotsport-store.com/>)*





El cableado eléctrico de la cabina del vehículo será reemplazado por uno nuevo, desarrollado por Peugeot Sport. El kit instalado reúne el siguiente conjunto de referencias:

- Circuito de cableado exterior: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S89526A.
- Temporizador limpiaparabrisas: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S20965A.
- Cableado portón trasero: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S21920B.
- Conectores: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S89532A.

Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S18633A.

- Haz de la carrocería: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S23834K.
- Luces traseras: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S24332A.
- Otros elementos: Peugeot Sport n° ref.: 5638-94, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S18631A, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S26238A, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S25817A, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S24808B, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S24327B, Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S24806A.

Por último, el portón trasero es sustituido por otro, fabricado por un material compuesto de fibra de carbono y kevlar, que se adapte correctamente a las nuevas dimensiones del vehículo, eliminándose las aristas vivas. Además se añade un alerón del mismo material para mejorar la estabilidad del vehículo, y unos cierres metálicos de tipo rally.

El portón trasero instalado (ver Figura 133), suministrado por Peugeot Sport, tiene el siguiente conjunto de referencias:

- Conjunto puerta trasera: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-16.

Peugeot Sport n° ref.: 9804616680.

- Bisagras: Peugeot Sport n° ref.: 9801087880.
- Refuerzos: Peugeot Sport n° ref.: 9675487680.

Peugeot Sport n° ref.: 9675493480.

- Vidrio trasero: Peugeot Sport n° ref.: 9673097680.
- Emblema Peugeot: Peugeot Sport n° ref.: 9673873280.
- Cierres de acero: Peugeot Sport n° ref.: RC7919967A.
- Monograma Peugeot: Peugeot Sport n° ref.: 98064511VD.
- Alerón trasero: Peugeot Sport n° ref.: 2K7C26616B.
- Soportes y fijaciones: Peugeot Sport n° ref.: 2K7C27003B.

Peugeot Sport n° ref.: 2K7C27002B.

Peugeot Sport n° ref.: 2K7C26698B.

Peugeot Sport n° ref.: 2K7C27000B.

Peugeot Sport n° ref.: 2K7C27001B.

- Elementos de sujeción y otros: Peugeot Sport n° ref.: 8735-98, Peugeot Sport n° ref.: 1609546180, Peugeot Sport n° ref.: 8701CM, Peugeot Sport n° ref.: 6923-78, Peugeot Sport n° ref.: 9673845780, Peugeot Sport n° ref.: 1609616580, Peugeot Sport n° ref.: 8733-72., Peugeot Sport n° ref.: 9675099080, Peugeot Sport n° ref.: 6923H0, Peugeot Sport n° ref.: PS92526A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82639A10, Peugeot Sport n° ref.: PS74088A10, Peugeot Sport n° ref.: PS82637A10, Peugeot Sport n° ref.: 6936-A0, Peugeot Sport n° ref.: PS82640A10.



Figura 133: Portón trasero montado, junto con el alerón trasero (Imagen tomada de

<http://www.wemotor.com/blog/2012/10/peugeot-releases-208-type-r5-to-spearhead-rally-campaign/>)

- Cálculos justificativos de las fijaciones encargadas de la unión del alerón al portón trasero:

En la preparación del vehículo para el reglamento del grupo R5, se incorpora un alerón en la parte superior del portón trasero, sujeto por medio de tornillos a la chapa de la parte superior de éste, con el objetivo de proporcionar mayor estabilidad al vehículo a altas velocidades.

A continuación serán realizados los cálculos justificativos de los tornillos de anclaje del alerón al portón trasero. Para el desarrollo de los mismos se supondrá una carga sobre el alerón de 500 N de magnitud, que es la máxima carga que puede desarrollar el alerón montado por diseño. Dicha carga es soportada por 4 tornillos de métrica mínima M8 con una calidad 8.8, dispuestos verticalmente en forma de cuadrado. Al ser la carga aplicada vertical y estar dispuesta en un plano diferente al de los tornillos, se generara un momento sobre éstos que hará que los tornillos de la fila superior trabajen a tracción mientras que los de la fila inferior lo harán a compresión. Es por esto que las comprobaciones se realizarán sobre los tornillos superiores.

Los cálculos y comprobaciones se realizarán para el caso más desfavorable, suponiendo que toda la fuerza aplicada la aguanta un solo tornillo, aplicando las Ec. 50 y 51:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_s}{1,25}$$
$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_s}{1,25}$$

Con número de planos de corte  $n = 1$ , resistencia ultima del material  $f_u = 800 \text{ MPa}$  y área eficaz  $A_s = 50,26 \text{ mm}^2$ , los resultados obtenidos son:

$$F_{t,Rd} = 28953 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = 16083 \text{ N}$$

El esfuerzo a tracción que deben soportar los tornillos superiores, que son aquellos sometidos a mayor tracción, en el caso más desfavorable, es decir en aquel en el cual la fibra neutra se encuentre en el borde inferior de la chapa, puede calcularse con las Ec. 53 y 54. La chapa empleada tiene 6 cm de espesor y los tornillos se encuentran centrados sobre la misma, situados a una distancia de 4 cm entre sí, con lo cual la distancia entre el centro del tornillo y la fibra neutra será de 5 cm.



$$M_{fn} = F_{alerón} \cdot D_a = 500 \cdot 0,15 = 75 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (\text{Ec. 53})$$

$$F_{t,Ed} = \frac{M_{fn}}{D_t} = \frac{75}{0,05} = 1500 \text{ N} \quad (\text{Ec. 54})$$

Para comprobar que el tornillo empleado puede aguantar el conjunto de cargas aplicado, empleamos la Ec. 52.

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{500}{16083} + \frac{1500}{1,4 \cdot 28952} = 0,06 \leq 1$$

Con los resultados obtenidos puede concluirse que el soporte del alerón trasero se encuentra adecuadamente dimensionado y no hay problemas de que se desprenda por un fallo en el anclaje del mismo.



## 6.6.8.- REFORMAS DEL GRUPO N°9: ALUMBRADO

- **REFORMA 9.1.- Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente, de alumbrado y señalización.**

Elementos afectados:

- Faros delanteros: los faros originales serán sustituidos por otros, homologados según la normativa del grupo R5, con una estética diferente y adecuados a las nuevas dimensiones del vehículo.
- Faros traseros: los faros traseros de serie, al igual que ocurre con los delanteros, serán reemplazados por otros apropiados para las nuevas medidas del vehículo y con una estética diferente.

Las referencias de los nuevos faros delanteros montados (ver Figura 134), suministrados por Peugeot Sport, son las siguientes:

- Faro delantero derecho: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-03.
- Faro delantero izquierdo: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-04.
- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 6230-06.

Peugeot Sport n° ref.: 6941-15.



*Figura 134: Nuevos faros delanteros instalados*

(Imágenes tomadas de <http://www.peugeot-sport-store.com/> y

<http://www.wemotor.com/blog/2012/10/peugeot-releases-208-type-r5-to-spearhead-rally-campaign/>)

Las referencias correspondientes al conjunto de los nuevos faros traseros montados (ver Figura 135) son:

- Faro trasero derecho: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-10.
- Faro trasero izquierdo: Peugeot Sport n° ref.: 2R19500-11.
- Luz de freno adicional: Peugeot Sport n° ref.: 9674309080.
- Luces de la matrícula: Peugeot Sport n° ref.: 6340G3.
- Luz antiniebla trasera: Peugeot Sport n° ref.: 9674308980.
- Bombillas: Peugeot Sport n° ref.: 6216A1.

Peugeot Sport n° ref.: 6216A4.

- Elementos de fijación: Peugeot Sport n° ref.: 6938-25, Peugeot Sport n° ref.: 6925L3 y Peugeot Sport n° ref.: 6924-10.



Figura 135: Nuevos faros y pilotos traseros montados (Imágenes tomadas de <http://www.peugeotsportstore.com/> y <http://www.wemotor.com/blog/2012/10/peugeot-releases-208-type-r5-to-spearhead-rally-campaign/>)



### 6.6.9.- ELEMENTOS OPCIONALES

Además de los conjuntos de piezas anteriormente vistos, algunos de ellos homologados bajo el reglamento del grupo R5 y de seguridad del CDI de la FIA, Peugeot Sport pone a disposición de los clientes una serie de kits opcionales de utilidad, como los que veremos a continuación:

- Kit de adquisición de mapas cartográficos independiente:
  - Adaptador USB: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S25577A.
  - Llave USB: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S25574A.
  - Cable Ethernet: Peugeot Sport n° ref.: 3Z9S89529A.
- Mapas cartográficos: Peugeot Sport n° ref.: 0A3627697A.
  - Peugeot Sport n° ref.: 0A3627699A.
  - Peugeot Sport n° ref.: 0A3627700A.
  - Peugeot Sport n° ref.: 0A3627701A.
- Kit de revisión de la caja de cambios:
  - Conjunto revisiones caja de cambios: Peugeot Sport n° ref.: POCH9017R5001.
  - Conjunto revisiones diferencial trasero: Peugeot Sport n° ref.: POCH9019R5001.
- Relaciones cortas para la caja de cambios:
  - Relación 3° marcha (16x32): Peugeot Sport n° ref.: RA90021632202R3.
  - Relación 4° marcha (17x28): Peugeot Sport n° ref.: RA90171728174R3.
  - Relación 5° marcha (18x25): Peugeot Sport n° ref.: RA90021825174R3.
- Relaciones largas para la caja de cambios:
  - Relación 3° marcha (15x29): Peugeot Sport n° ref.: RA90021529202R3.
  - Relación 4° marcha (17x26): Peugeot Sport n° ref.: RA90021726174R3.





- Relación 5º marcha (21x26): Peugeot Sport nº ref.: RA90022126174R3.
- Engranajes del diferencial delantero:
  - Juego de engranajes 35º / 85º: Peugeot Sport nº ref.: JC9002016.
  - Juego de engranajes 40º / 85º: Peugeot Sport nº ref.: JC9002017.
  - Juego de engranajes 45º/60º: Peugeot Sport nº ref.: JC9002012.
- Engranajes del diferencial trasero:
  - Juego de engranajes 35º / 85º: Peugeot Sport nº ref.: JC9002016.
  - Juego de engranajes 40º / 85º: Peugeot Sport nº ref.: JC9002017.
  - Juego de engranajes 45º/85º: Peugeot Sport nº ref.: JC9002018.
- Kit de revisión de la transmisión lateral: Peugeot Sport nº ref.: 1C7122181A.
  - Peugeot Sport nº ref.: 903532398A.
  - Peugeot Sport nº ref.: 219923-221.
  - Peugeot Sport nº ref.: 616722-03.
- Cuñas de las manguetas de las ruedas: Peugeot Sport nº ref.: 1E1327417B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327418B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327419B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327420B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327421B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327422B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327423B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327424B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327425B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327426B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327427B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327428B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327429B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327431B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327432B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327433B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327434B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327435B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327436B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327437B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327438B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327439B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327440B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327441B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327442B, Peugeot Sport nº ref.: 1E1327443B.
- Sonda de temperatura de los frenos: Peugeot Sport nº ref.: 903895318ª.



- Kit de revisión de las pinzas de freno: Peugeot Sport n° ref.: 1F2128266A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128267A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128284A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128285A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128268A, Peugeot Sport n° ref.: 90348234-A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128269A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128286A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128287A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128272A, Peugeot Sport n° ref.: 90404306-A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128275A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128277A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128279A, Peugeot Sport n° ref.: 90348393-A, Peugeot Sport n° ref.: 90348392-A, Peugeot Sport n° ref.: 90404300-A, Peugeot Sport n° ref.: 90404301-A, Peugeot Sport n° ref.: 1F2128282A.
- Herramientas de alineación del eje trasero: Peugeot Sport n° ref.: 1C6127086A-OUT.  
  
Peugeot Sport n° ref.: 1C6127087A-OUT.  
  
Peugeot Sport n° ref.: PS97711A10.
- Herramientas de los amortiguadores: Peugeot Sport n° ref.: 1E1426456A-OUT.  
  
Peugeot Sport n° ref.: 1E1421287A-OUT.
- Llave apriete tuercas para cambio de ruedas: Peugeot Sport n° ref.: 1E3123910B-OUT.
- Herramientas de la cremallera de dirección: Peugeot Sport n° ref.: 1E4126405A-OUT.
- Herramientas del motor: Peugeot Sport n° ref.: 0A1326943A-OUT.  
  
Peugeot Sport n° ref.: 0A1326944A-OUT.
- Herramientas de las rótulas: Peugeot Sport n° ref.: 1E1324231A-OUT.  
  
Peugeot Sport n° ref.: 1E1324232A-OUT.
- Accesorios para consola central: Peugeot Sport n° ref.: 3S3A26770C.



## 6.7.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO ANTES Y DESPUÉS DE LA REFORMA Y REPARTO FINAL DE PESOS

### 6.7.1.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO ANTES Y DESPUÉS DE LA REFORMA

FABRICANTE	PEUGEOT	
Nº DE IDENTIFICACIÓN	VF3CC5FS9DW06****	
MARCA	PEUGEOT	
VARIANTE	CA5FS0	
DENOMINACIÓN COMERCIAL	208 3P Allure 1.6 VTi	
Nº DE PLAZAS	2	
MASAS		
TARA (kg)	1165	1200
MTMA/MMA (kg)	1605	
MMR S/F, C/F (kgf)	577/1150	
DISTRIBUCIÓN DE PESOS ENTRE EJES	62,6/37,4	52/48
DIMENSIONES (mm)		
ALTURA TOTAL	1460	
ESTRUCTURA Y MATERIAL	Monocasco en acero	Monocasco + Arco de seguridad tubular en acero
ANCHURA TOTAL	1739	1820
LONGITUD TOTAL	3962	3962
BATALLA	2538	2560
VÍA ANTERIOR	1475	1595
VÍA POSTERIOR	1471	1591
VOLADIZO POSTERIOR	652	
ALTURA DEL CDG	660	
MOTOR		
MARCA	PEUGEOT	PEUGEOT
TIPO	EP6C	EP6CDT
COMBUSTIBLE	Gasolina	Gasolina
POTENCIA MÁXIMA (CV - kW)/rpm	120 – 88 / 6000	280 – 206 / 6000



<b>PAR MÁXIMO (N·m/rpm)</b>	160 / 4250	400 / 2500
<b>SITUACIÓN</b>	Delantero transversal	Delantero transversal
<b>NÚMERO DE CILINDROS</b>	4 – En línea	4 – En línea
<b>MATERIAL DEL BLOQUE/ CULATA</b>	Aluminio / Aluminio	Aluminio / Aluminio
<b>DIÁMETRO x CARRERA (mm)</b>	77 x 85.8	80 x 80
<b>CILINDRADA (cm<sup>3</sup>)</b>	1598	1598
<b>RELACIÓN DE COMPRESIÓN</b>	11 : 1	10,5 : 1
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	4 válvulas por cilindro. Doble árbol de levas en cabeza (DOHC)	4 válvulas por cilindro. Doble árbol de levas en cabeza (DOHC)
<b>ALIMENTACIÓN</b>	Inyección indirecta	Mono-mariposa Inyección directa de alta presión Magneti Marelli
<b>TRANSMISIÓN</b>		
<b>TRACCIÓN</b>	Delantera	Total al 50% permanente
<b>CAJA DE CAMBIOS</b>	Manual, 5 velocidades	Secuencial, 5 velocidades
<b>SUSPENSIÓN Y FRENOS</b>		
<b>SUSPENSIÓN DELANTERA (estruct./muelle)</b>	Independiente, tipo McPherson/ resorte helicoidal/ barra estabilizadora	Independiente, tipo McPherson/ resorte helicoidal/ barra estabilizadora
<b>SUSPENSIÓN TRASERA (estruct./muelle)</b>	Semi-independiente, brazo tirado/ eje transversal de torsión/ resorte helicoidal	Independiente, tipo McPherson/ resorte helicoidal/ barra estabilizadora
<b>BARRA ESTABILIZADORA (delante/detrás)</b>	Sí / No	Sí / Sí
<b>FRENOS DELANTEROS (diámetro en mm)</b>	Disco ventilado (Ø 266)	Disco ventilado (Ø 300 en tierra y Ø 355 en asfalto) con pinzas Alcon de 4 pistones
<b>FRENOS TRASEROS (diámetro en mm)</b>	Disco ventilado (Ø 249)	Disco ventilado (Ø 300 en tierra y Ø 355 en asfalto) con pinzas Alcon de 4 pistones
<b>DIRECCIÓN</b>		
<b>TIPO</b>	Cremallera	Cremallera
<b>TIPO DE ASISTENCIA</b>	Eléctrica	Hidráulica



<b>DIRECCIÓN A LAS CUATRO RUEDAS</b>	No	No
<b>VUELTAS DEL VOLANTE ENTRE TOPEs</b>	2.9	1.9
<b>NEUMÁTICOS</b>		
<b>NÚMERO Y DIMENSIONES</b>	4 x 195/55 R16	4 x 225/40 R18 (asfalto) 4 x 215/65 R15 (tierra)
<b>ÍNDICE DE CARGA</b>	87 H	92 H (asfalto) 96 H (tierra)
<b>LLANTAS</b>		
<b>DIMENSIONES (en pulgadas)</b>	6 x 16	8 x 18 (asfalto) 7 x 15 (tierra)

*Tabla 8: Características técnicas del vehículo antes y después de las modificaciones*

*llevadas a cabo sobre el mismo (Dato tomados de*

*<http://www.km77.com/precios/peugeot/208/2012/208-5p-allure-16-vti-120> y*

*<http://www.motoradiario.com/files/fichatecnica208R5.pdf>)*

## 6.7.2.- REPARTO DE PESOS y PAR MÁXIMO DE FRENADO POR EJE DESPUÉS DE LA REFORMA

Para calcular el reparto de pesos tras las reformas efectuadas, se sigue el procedimiento anteriormente desarrollado, teniendo en cuenta que la nueva masa total del vehículo es 1200 kg, la batalla de 2,56 m y el reparto de cargas entre el eje delantero y el trasero de aproximadamente 52/48 % (ver Figura 136).

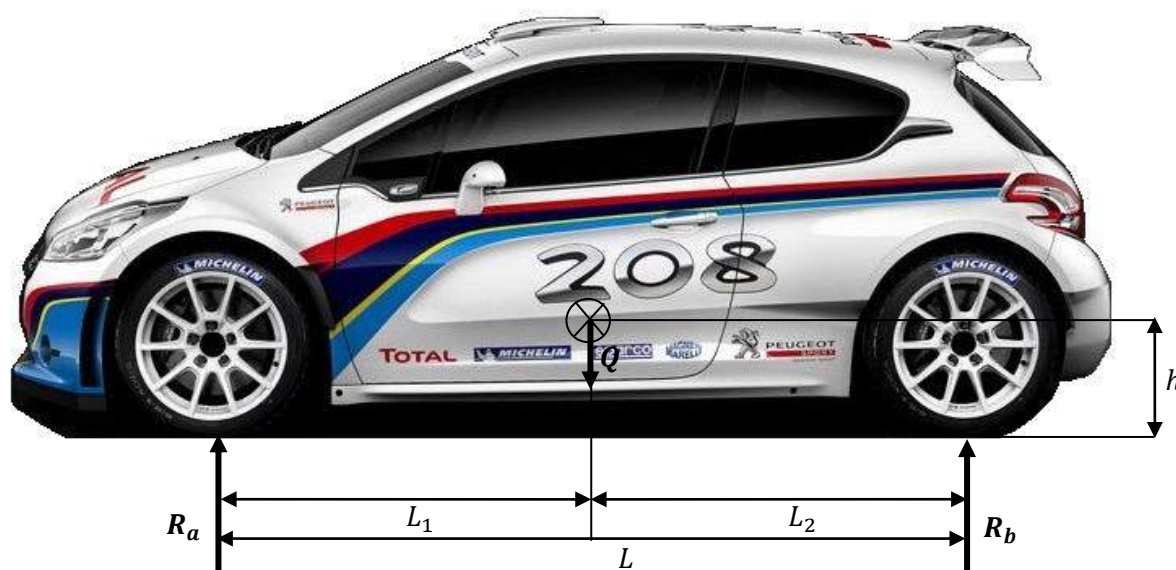


Figura 136: Esquema acotado de las fuerzas verticales que actúan sobre el vehículo tras las reformas efectuadas (Desarrollado por el autor del proyecto)

Con una masa total o TARA de 1200 kg (11760 N), el reparto de pesos es el siguiente:

$$\text{Reacción en el eje delantero: } R_a = 0,52 \cdot Q = 0,52 \cdot 11760 \text{ N} = 6115,2 \text{ N} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\text{Reacción en el eje trasero: } R_b = 0,48 \cdot Q = 0,48 \cdot 11760 \text{ N} = 5644,8 \text{ N} \quad (\text{Ec. 3})$$

A continuación obtenemos la posición del centro de gravedad del vehículo, respecto a sus ejes delantero y trasero, aplicando suma de momentos, para una batalla de 2560 mm.

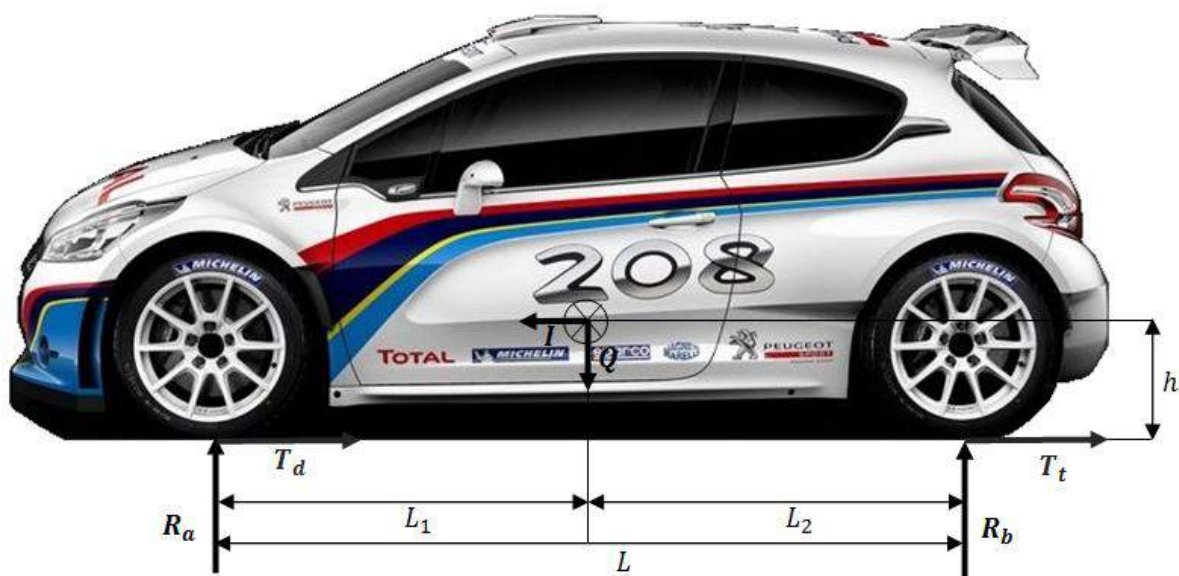
Respecto al eje delantero, el CDG estará situado a:

$$CDG_d = \frac{R_b \cdot L}{Q} = \frac{5644,8 \text{ N} \cdot 2560 \text{ mm}}{11760 \text{ N}} = 1228,8 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 4})$$

Respecto al trasero:  $CDG_t = L - CDG_d = 2560 \text{ mm} - 1228,8 \text{ mm} = 1331,2 \text{ mm}$  (Ec. 5)

A continuación pasaremos a analizar el reparto de cargas más crítico, aquel que se dará en condiciones de frenado, debido a la transferencia de masas del eje trasero al delantero.

Para ello, calcularemos el reparto de pesos en dinámico (ver Figura 137), según la directiva 71/320/CEE, para una  $J=7\text{m/s}^2$ , que es la desaceleración máxima de un automóvil.



*Figura 137: Esquema acotado del conjunto de fuerzas que actúan sobre el vehículo en condiciones de frenado tras las reformas efectuadas (Desarrollado por el autor del proyecto)*

La fuerza de desaceleración,  $I$ , es la siguiente:

$$I = \frac{J \cdot Q}{g} = \frac{7 \text{ m/s}^2 \cdot 11760 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 8400 \text{ N} \quad (\text{Ec. 6})$$



Por lo que:

$$r'_a = r'_b = \frac{I \cdot h}{L} = \frac{8400N \cdot 0,3m}{2,56m} = 984,4 N \quad (\text{Ec. 7})$$

Por tanto, las reacciones por eje en frenado, tras la transferencia de masa del eje trasero al delantero, serán las siguientes:

$$R'_a = R_a + r'_a = 7099,6 N \quad \text{en el eje delantero} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$R'_b = R_b - r'_b = 4660,4 N \quad \text{en el eje trasero} \quad (\text{Ec. 9})$$

El porcentaje de carga en el eje trasero en el momento más crítico será de:

$$\frac{R'_b}{R'_a + R'_b} \cdot 100 = 39,6 \% \quad (\text{Ec. 10})$$

Para calcular el máximo par de frenado se emplea el valor de coeficiente de rozamiento entre neumático y calzada de  $\mu_{max} = 1,2$  al tratarse de neumáticos de competición.

Los esfuerzos máximos de frenado por eje, en condiciones de máxima desaceleración, son de:

$$T_{d,max} = \mu_{max} \cdot R'_a = 1,2 \cdot 7099,6 N = 8519,5 N \quad \text{en el eje delantero} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$T_{t,max} = \mu_{max} \cdot R'_b = 1,2 \cdot 4660,4 N = 5592,5 N \quad \text{en el eje trasero} \quad (\text{Ec. 12})$$

Siendo el radio exterior de la rueda, en el caso de llantas y neumáticos de asfalto, igual a:

$$d_{llanta} = 18" \cdot 25,4 \text{ mm}/1" = 457,2 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$r_{llanta} = d_{llanta}/2 = 228,6 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$r_{rueda} = r_{llanta} + 225\text{mm} \cdot 0,40 = 318,6 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 15})$$





Con lo que el par de frenado máximo que se alcanzará en cada eje, en condiciones de máxima desaceleración, en el caso de circuitos de asfalto, es:

$$M_{d,max} = T_{d,max} \cdot r_{rueda} = 8519,5 \text{ N} \cdot 0,3186 \text{ m} = 2714,3 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ en el eje delantero} \quad (\text{Ec. 16})$$

$$M_{t,max} = T_{t,max} \cdot r_{rueda} = 5592,5 \text{ N} \cdot 0,3186 \text{ m} = 1781,8 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ en el eje trasero} \quad (\text{Ec. 17})$$

En el caso de llantas y neumáticos de tierra:

$$d_{llanta} = 15" \cdot 25,4 \text{ mm}/1" = 381 \text{ mm} \quad (\text{Ec.13})$$

$$r_{llanta} = d_{llanta}/2 = 190,5 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$r_{rueda} = r_{llanta} + 215\text{mm} \cdot 0,65 = 330,25 \text{ mm} \quad (\text{Ec.15})$$

El par de frenado máximo que se alcanzará en cada eje, en condiciones de máxima desaceleración, en el caso de circuitos de tierra, es:

$$M_{d,max} = T_{d,max} \cdot r_{rueda} = 8519,5 \text{ N} \cdot 0,330 \text{ m} = 2811,4 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ en el eje delantero} \quad (\text{Ec. 16})$$

$$M_{t,max} = T_{t,max} \cdot r_{rueda} = 5592,5 \text{ N} \cdot 0,330 \text{ m} = 1845,5 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ en el eje trasero} \quad (\text{Ec. 17})$$

Comparando los resultados obtenidos tras la reforma del vehículo con los valores de serie, podemos observar cómo, además de presentar éste un mejor reparto de pesos, durante la frenada se produce una menor transferencia de masa al eje delantero, debido a la disminución de la altura del centro de gravedad del vehículo y al aumento de la distancia entre ejes, fenómeno también asociado a la mejora de la estabilidad a altas velocidades y en curvas amplias.

Ese hecho, unido al empleo de neumáticos de competición, con mayor agarre que los de serie, conlleva un aumento del esfuerzo máximo de frenado sobre el eje trasero de casi dos veces su valor inicial. El esfuerzo máximo de frenada sobre el eje delantero se verá ligeramente



aumentado debido al empleo de dichos neumáticos, a pesar de la disminución de las masas transferidas.

Los máximos pares de frenado también se verán aumentados, siendo dicho aumento bastante ligero en el eje delantero, respecto su valor en el vehículo de serie, y alrededor del triple de su valor inicial en el eje trasero. Estos valores varían en función del empleo de llantas y neumáticos de asfalto o de tierra, localizándose los mayores esfuerzos en el segundo caso.

En conclusión, con estos sencillos cálculos puede comprobarse que, tras las reformas efectuadas, el vehículo presenta mayor estabilidad y un mejor comportamiento dinámico. Los esfuerzos y pares máximos de frenado son más similares en ambos ejes por lo que no se sobrecargan tanto los frenos delanteros; lo cual, unido al repartidor de frenada instalado, para la regulación de la presión de frenado entre ambos ejes, permite un control perfecto del sistema de frenado, hecho indispensable debido a la importante potenciación llevada a cabo en el motor.

Asimismo, puede realizarse una rápida comprobación que verifique que el par máximo de frenado por eje, desarrollado por el nuevo conjunto de frenos montado, proporciona valores superiores a los máximos pares de frenado alcanzados en dichos eje en condiciones de máxima desaceleración, tanto en condiciones de conducción sobre asfalto como sobre tierra; con lo que queda comprobado que el nuevo sistema de frenos instalado en el vehículo es el adecuado.

## 7. MONTAJE

Para proceder al montaje del kit R5, el primer paso consiste en el desmontaje total del vehículo de serie para el posterior envío de su chasis al departamento de Peugeot Sport para la realización de las modificaciones necesarias sobre la carrocería.

Para esto, en primer lugar se vaciarán los depósitos de líquidos presentes en el vehículo como son el del aceite del motor, el del líquido refrigerante, el del aceite de la caja de cambios, el del fluido de la dirección asistida, el de la gasolina (tanto la presente en el depósito de combustible como la que se encuentra en las canalizaciones hacia el motor), etc., que serán posteriormente reciclados. Después se desmontarán los elementos plásticos de protección y carenado de la parte baja del vehículo, así como los parachoques y el conjunto de faros delanteros y traseros.

A continuación se desmontan los conjuntos de suspensión delantera y trasera, así como los elementos del sistema de frenado, el mecanismo de freno de mano, el alternador, las ruedas, los pedales, el sistema de dirección, el subchasis delantero y los palieres delanteros y traseros. Tras ello, se extraerá el conjunto motor-caja de cambios-diferencial con ayuda de una grúa, para lo que primeramente se retirarán todas las conexiones del motor con los diferentes elementos, tanto las consistentes en conductos y cableados, como las conexiones de sensores y actuadores.

Una vez desmontados todos los componentes mecánicos del vehículo, se procederá a la extracción de los elementos de su interior, empezando por los asientos y siguiendo con los recubrimientos plásticos, los cinturones de seguridad, la batería, el retrovisor interior, el volante (junto con la columna de dirección) y el salpicadero. Después de ello ya pueden extraerse las alfombrillas y el recubrimiento del suelo para la retirada del cableado eléctrico, tanto el que recorre el vehículo, dotando de electricidad a los diferentes elementos, como el del motor. Por último, se retira el depósito de combustible, las puertas, los retrovisores exteriores, el portón trasero, el capó, el parabrisas y todas las canalizaciones restantes, así como los demás elementos del vano motor.

Una vez desmontado todo, se efectúa el envío de la carrocería al departamento de Peugeot Sport para las modificaciones pertinentes consistentes principalmente en el ensanchado de la misma.



A la recepción de la carrocería preparada y con la estructura de seguridad instalada, junto con el resto de las piezas del grupo R5, el primer paso consiste en pintar la misma, tanto exterior como interiormente. Para ello es necesario aplicar inicialmente una primera imprimación para la correcta adhesión de la pintura sobre la carrocería, y su protección frente a la corrosión. Tras esta imprimación se procede al pintado en sí, empleando pintura de color blanco tanto para el exterior como para el interior y el vano motor, ya que se trata de un color bastante adecuado para una buena visualización de los posibles defectos y averías.

Tras este paso, y con la pintura terminada y seca, se comenzarán a instalar los componentes mecánicos del vehículo teniendo especial cuidado en que el par de apriete de los tornillos sea el correcto.

En primer lugar, se prepara el nuevo conjunto motor turboalimentado-cambio-diferencial delantero para su instalación en la carrocería modificada. Para ello es necesario montar el nuevo conjunto de embrague en el nuevo motor teniendo especial cuidado al colocar los discos, el plato intermedio y el plato de presión ya que, al ir equilibrado, es preciso que las marcas de los discos estén enfrentadas. Además, cuando se monte el mismo sobre el volante motor es necesario el empleo de una herramienta centradora para el correcto alineamiento de ambos elementos. Una vez realizado este montaje, se procederá a colocar la nueva caja de cambios, en la que se incluye el diferencial delantero, sobre el motor.

Tras el montaje del conjunto motor turboalimentado-cambio-diferencial delantero se prepara el bastidor para su instalación. Para esto, se realizará el montaje del nuevo subchasis delantero sobre el que irá sujeto dicho conjunto. Este elemento también se encarga de facilitar el montaje de la nueva cremallera de dirección, fijada al mismo mediante tornillos de anclaje.

Después de ello se instalará el nuevo depósito de combustible en su correspondiente emplazamiento, fijándolo mediante bridas de anclaje, así como el depósito auxiliar.

El siguiente paso consiste en el montaje de los nuevos elementos de suspensión y transmisión delanteros. En primer lugar se instalarán los nuevos trapecios inferiores atornillando las rótulas de los mismos a sus anclajes en el subchasis y, a continuación, se montarán los nuevos amortiguadores fijando las copelas de los mismos a la torreta del bastidor. Después de ello se instalarán los nuevos palieres delanteros, estando sus extremos interiores ubicados en el diferencial delantero y los exteriores en las nuevas manguetas de las ruedas delanteras, las cuales se encuentran firmemente unidas al trapecio inferior, al amortiguador y al tirante de



dirección correspondientes. Tras ello se monta la nueva barra estabilizadora delantera, fijándola en sus anclajes al chasis y los tirantes al trapecio.

A continuación se procede al montaje de los nuevos sistemas de suspensión y transmisión traseros. Antes de la instalación del nuevo subchasis trasero en el bastidor, mediante tornillos de anclaje, se debe fijar sobre el mismo el conjunto del diferencial trasero añadido para dar tracción al eje trasero. Una vez montado el conjunto sobre la carrocería del vehículo, se coloca el árbol de transmisión central introduciendo el extremo del lado del cambio en su correspondiente anclaje y el del diferencial en el anclaje del interior del mismo. El montaje de la nueva suspensión y los nuevos palieres traseros sigue el mismo procedimiento que en el eje anterior: primero se montan los trapecios y amortiguadores y, a continuación, las manguetas y los palieres traseros. Tras ello sólo falta instalar la barra estabilizadora trasera.

Con la suspensión correctamente instalada, lo siguiente es el montaje del nuevo sistema de frenos. Para ello, primeramente se montan los nuevos discos de freno sobre los bujes de las ruedas, atornillándolo a los mismos, y después se colocan las nuevas pinzas, fijándolas mediante tornillos sobre las manguetas.

Una vez realizada la instalación de los elementos anteriores se procede a la colocación del conjunto motor con ayuda de una grúa pluma, fijándolo al bastidor por medio de los anclajes de motor y el del cambio.

El siguiente paso consiste en la instalación del cableado eléctrico, tanto del motor como de los elementos auxiliares, que va fijado al bastidor por medio de grapas pasaclaves, efectuándose posteriormente las conexiones pertinentes con los elementos instalados a continuación.

Se monta el sistema de extinción colocando el extintor manual bajo el asiento del copiloto, y el automático tras el mismo, y situando 4 de las salidas de este (2 a cada lado) bajo el salpicadero, orientadas hacia el piloto y el copiloto, y las otras 4 en el vano motor. Esta instalación trae consigo la adición de los interruptores del extintor, situado en la consola central, un lugar accesible tanto por el piloto como por el copiloto estando sentados en sus respectivos asientos con los arneses de seguridad instalados durante la marcha normal del vehículo.

Tras ello se coloca el nuevo pedalier, fijado con tornillos sobre la carrocería, el reposapiés del copiloto, el nuevo conjunto de calefacción, el sistema de ventilación de la cabina y el nuevo salpicadero, junto con el tablero de instrumentos y pantallas de este.



A continuación se monta el conjunto de cremallera y columna de dirección, junto con el volante, además de las palancas de accionamiento del limpiaparabrisas y del cambio (de tipo secuencial) de marcha, situadas tras el mismo.

En ese momento se añade el nuevo arranque y los nuevos colectores de admisión y escape, junto con todo el resto del sistema de escape, el radiador, el alternador, el conjunto de admisión de aire, el circuito de refrigeración y de lubricación, el conjunto de dirección asistida y el circuito de combustible, además de las conexiones necesarias de dichos elementos con el motor, las cuales deberán estar correctamente sujetas para evitar las posibles vibraciones de los mismos y, con ello, los posibles fallos, derivados de dicha situación.

Después se montan los nuevos faros delanteros y traseros, y el resto de pilotos traseros, para el posterior montaje de los nuevos parachoques. Tras ello se montan los plásticos anti-proyecciones de los pasos de rueda y los elementos protectores inferiores del motor, el diferencial trasero y los bajos del vehículo.

En el interior se montan las canalizaciones metálicas que conforman el nuevo sistema hidráulico de frenado, así como el nuevo mecanismo de freno de estacionamiento. Se añade la nueva ECU, la centralita de interfonos para la comunicación entre piloto y copiloto, la nueva consola central, los asientos tipo baquet, los arneses de seguridad y el nuevo sistema de fijación de la rueda de repuesto, junto con su herramienta de cambio.

Se instalan todos los nuevos depósitos auxiliares de líquidos y se rellenan los mismos tras la purga de los sistemas de frenos y embrague. Se añade el aceite motor y el del cambio; y se coloca la nueva batería detrás de asiento del piloto conectada al sistema eléctrico.

Se añaden las nuevas puertas, junto con las nuevas ventanas delanteras, las nuevas ventanas traseras y los nuevos retrovisores, así como el nuevo portón trasero, que incluye el alerón trasero. También se montará el nuevo parabrisas delantero, la luna trasera, el conjunto encargado de la ventilación de la cabina y las nuevas ruedas.

Tras el montaje de todos los elementos en el vehículo es necesario realizar la alineación de las ruedas y el rodaje de todo el conjunto instalado, según recomienda el fabricante de las piezas.



## 8. PRESUPUESTO DETALLADO

<b>Materiales</b>	<b>Coste (€)</b>
UNIDAD MOTRIZ	
Conjunto motor turboalimentado	34.741,91
Correa de distribución	142,89
Soportes del motor	1.084,36
Brida de admisión	25,03
Arnés del motor	3.638,67
Sistema de admisión	6.311,92
Sensores	214,54
Línea de escape	5.867,64
Radiador	4.547,02
Intercambiador de calor	343,59
Bomba de agua	838,98
Circuito de refrigeración	522,29
Depósito de combustible	6.635,76
Unidad de Control Electrónico	6.572,99
Alternador	1.007,06
Batería	274,10
Arranque	452,02
TRANSMISIÓN	
Embrague	975,33
Mecanismo de control de embrague	855,99
Caja de cambios (con diferencial delantero)	22.194,47
Palanca de mando de la caja de cambios	2.137,99
Puente trasero (incluye diferencial trasero)	16.430,93



Accionamiento eléctrico del embrague del diferencial trasero	2.174,55
Árbol de transmisión	2.458,25
Palieres delanteros y traseros para asfalto	834,63
Palieres delanteros y traseros para tierra	834,63
Llantas para asfalto	366,17
Llantas para tierra	318,17
SUSPENSIÓN	
Conjunto McPherson delantero para asfalto	5.383,33
Conjunto McPherson delantero para tierra	5.514,75
Manguetas y bujes delanteros para asfalto	6.149,67
Manguetas y bujes delanteros para tierra	4.044,93
Subchasis delantero	2.541,83
Trapecios delanteros	2.035,27
Barra estabilizadora delantera	3.330,03
Conjunto McPherson trasero para asfalto	5.383,33
Conjunto McPherson trasero para tierra	5.514,75
Manguetas y bujes traseros para asfalto	4.561,46
Manguetas y bujes traseros para tierra	5.540,07
Subchasis trasero	2.541,83
Trapecios traseros	1.786,01
Barra de acoplamiento	765,35
Barra estabilizadora trasera para asfalto	3.488,06
Barra estabilizadora trasera para tierra	3.488,06
DIRECCIÓN	
Cremallera de dirección para asfalto	4.040,77
Cremallera de dirección para tierra	4.086,97
Fuente de gestión de presión para el accionamiento del conjunto de la cremallera	1.729,94
Bieletas de dirección	735,90





Columna de dirección y volante	2.468,82
FRENOS	
Discos de freno para asfalto	1.981,42
Discos de freno para tierra	1.844,10
Pinzas de freno	12.085,72
Pastillas de freno para asfalto	587,62
Pastillas de freno para tierra	815,66
Circuito de frenos para asfalto	1.354,35
Circuitos de frenos para tierra	1.335,10
Mecanismo del freno de estacionamiento	1.142,31
CARROCERÍA	
Estructura de seguridad	18.500
Asientos	10.236,88
Arneses de seguridad	242,05
Salpicadero	226,16
Elementos del salpicadero	1.674,43
Consola central	1.135,65
Pedalier	2.935,94
Reposapiés copiloto	610,23
Correas de sujeción para la rueda de repuesto	169,71
Extintores	586,14
Protecciones del motor y del diferencial trasero para asfalto	2.781,39
Protecciones del motor y del diferencial trasero para tierra	3.059,14
Aletas delanteras	1.081,82
Aletas traseras	566,50
Protecciones inferiores para asfalto	1.181,22
Protecciones inferiores para tierra	1.764,51
Protecciones interiores	9,42



Puertas delanteras	3.802,16
Capó	1.300,31
Parabrisas	584,31
Conjunto del limpiaparabrisas	425,68
Ventanas delanteras	856,48
Ventanas traseras	369,84
Parachoques delantero	1.454,58
Parachoques trasero	1.079,90
Portón trasero (incluye el alerón)	1.606,34
Retrovisores exteriores	142,88
Ventilación de la cabina	109
Grupo de calefacción	515,75
Cableado eléctrico	4.650,4
Palancas del volante	166,70
ALUMBRADO	
Faros delanteros	715,83
Faros y pilotos traseros	164,47
ELEMENTOS OPCIONALES	
Kit de adquisición de mapas cartográficos independiente	423,86
Mapas cartográficos	1.440
Kit de revisión de la caja de cambios	1.265,62
Relaciones cortas para la caja de cambios	986,96
Relaciones largas para la caja de cambios	986,96
Engranajes del diferencial delantero	1.133,28
Engranajes del diferencial trasero	1.133,28
Kit de revisión de la transmisión lateral	83,78
Cuñas de las manguetas de las ruedas	75,92
Sonda de temperatura de los frenos	75,08
Kit de revisión de las pinzas de freno	648,51



Herramientas de alineación del eje trasero	213,46
Herramientas de los amortiguadores	105,28
Llave apriete tuercas para cambio de ruedas	135,96
Herramientas de la cremallera de dirección	21,73
Herramientas del motor	111,92
Herramientas de las rótulas	310,75
Accesorios para la consola central	20,32
<b>Total materiales (sin IVA)</b>	<b>292.958</b>
<b>Total materiales (con IVA)</b>	<b>354.479</b>
<b>Mano de obra (60 €/h)</b>	<b>6.000</b>
<b>Material + Mano de obra</b>	<b>360.479</b>
<b>Certificado de taller</b>	<b>350</b>
<b>Informe ITV</b>	<b>60</b>
<b>Honorarios administrativos, costes de administración y de gestión</b>	<b>2.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>362.889</b>

Tabla 9: Presupuesto detallado (Desarrollada por el autor del proyector)

## 9. CONCLUSIONES

Tras la definición, análisis, cálculo e implantación de modificaciones y obtención de resultados, puede concluirse que se han conseguido obtener los objetivos marcados al inicio del proyecto. Para la obtención de dichos objetivos, se han seguido las normativas dadas por el reglamento para el grupo de competición R5, desarrollado por la FIA, así como los anexos de seguridad de la misma, garantizando en todo momento el cumplimiento de la legislación española. A continuación se ha llevado a cabo una serie de comparaciones entre el vehículo de serie y el obtenido tras el desarrollo de las modificaciones necesarias para el grupo R5.

Para empezar, la sustitución del motor original por otro de mayor potencia y preparado para la categoría R5, lleva aparejada una importante mejora del par motor, alcanzando una diferencia de hasta 240 N·m con respecto al motor de serie del vehículo y 160 N·m con respecto al motor del que deriva, el EP6CDT. Junto con este aumento de par, y con el aumento de la velocidad de rotación del motor debido al aligeramiento de muchos de sus elementos, se llega a diferencias de 160 CV de potencia respecto al motor de origen del vehículo y de 124 CV con respecto al motor del que procede. Este aumento de par y potencia, unido al desarrollo de un cambio más corto y a la nueva configuración de tracción total (en lugar de la tradicional tracción delantera de origen) hace que los tiempos de aceleración disminuyan notablemente.

Las modificaciones en el sistema de suspensión van fuertemente ligadas a las asociadas al sistema de transmisión, ya que con el paso de tracción delantera a tracción total es necesaria la modificación de los elementos de suspensión para adecuarlos a las nuevas características del vehículo. Los conjuntos de muelles y amortiguadores sufren un aumento de rigidez con respecto a los originales, lo que, sumado al aumento del ancho de las vías delanteras y traseras, conlleva un aumento significativo de la aceleración máxima lateral que es capaz de soportar el vehículo, lo que se traduce en un paso por curva a mayor velocidad.

El sistema de dirección también se ve sensiblemente mejorado, aumentando la rigidez del conjunto, reduciendo la desmultiplicación del volante de dirección, sustituyendo el tipo de asistencia eléctrica por una hidráulica, lo cual mejora la transmisión, y maximizando la ergonomía del conductor.

También son importantes las modificaciones llevadas a cabo sobre el sistema de frenado, el cual deberá ser mejorado debido a la notable potenciación del motor. La instalación de pinzas de freno de 4 pistones, además de discos de freno de mayor tamaño, pastillas de freno con mayor coeficiente de fricción ( $\mu=0,62$  en las de asfalto y  $\mu=0,58$  en las de tierra, frente al  $\mu=0,45$  de las pastillas comerciales) y la eliminación del servofreno, unido al montaje de dos bombas de freno, una para el eje delantero y otra para el eje trasero, permite reducir significativamente las distancias de frenada (hasta 60-70 metros de diferencia) y los tiempos de frenada (entre 1-2 segundos). Esto conlleva un importante aumento de la seguridad activa del vehículo.

Para terminar, la carrocería se ha visto modificada con el objetivo del desempeño de dos propósitos principales: en primer lugar, adecuar los nuevos componentes instalados de la transmisión y la suspensión, y, en segundo lugar, la aportación de una mayor rigidez a la misma mediante la incorporación de una jaula antivuelco o estructura de seguridad, aumentando su resistencia frente a impactos y esfuerzos de torsión y manteniendo en todo momento la integridad de los ocupantes. El aumento de la rigidez a esfuerzos de torsión aumenta la eficacia de las suspensiones y con ello la estabilidad del vehículo. Las modificaciones llevadas a cabo sobre la carrocería tienen lugar en el departamento de competición de Peugeot Sport, lo que certifica que la resistencia de la misma no se verá afectada. Además, se añade un alerón al nuevo portón trasero que se encarga de aumentar la adherencia y la estabilidad del vehículo en su paso por curva a altas velocidades.

Según lo expuesto anteriormente, puede decirse que los objetivos marcados para el presente proyecto han sido cumplidos y el vehículo final, tras las modificaciones efectuadas, cumple con el reglamento impuesto por la FIA para el grupo R5, así como todas las normativas necesarias para su participación en el Campeonato de Europa de Rally, es decir, lo contemplado en los artículos 252, 253 y 254A del Código Deportivo Internacional que son los que regulan los apartados técnicos que rigen dicho campeonato. Así mismo, se han tenido en cuenta la normativa aplicable en materia de Reformas de Importancia, dadas por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo en orden a la homologación del vehículo para su circulación por las vías públicas de nuestro país, el Real Decreto 2028/1986 modificado por la orden ITC/1620/2008, las Directivas 2002/24/CE, 2003/37/CE y 2007/46/CE, emitidas por el Parlamento Europeo y el Consejo, y el Real Decreto 866/2010.

## 10. DESARROLLOS FUTUROS

El Peugeot 208 R5 T16 debutó en competición por primera vez en marzo de 2014 en el Rallye del Ciocco, prueba puntuable para el Campeonato de Italia de Rally, a manos del piloto Paolo Andreucci donde obtuvo su primer podio. Unos meses después, entre el 28 y el 30 de mayo tuvo lugar su primera prueba del European Rally Championship (ERC), el Rally Acrópolis de 2014, donde consiguió la victoria con los pilotos Craig Breen y Kevin Abbring, y el copiloto Scott Martin.

Pese a este espectacular estreno y al hecho de tratarse de un modelo bastante más rápido que los competidores de su categoría como es el caso del Ford Fiesta R5, ha venido arrastrando una serie de problemas que adolecen una falta de fiabilidad a lo largo de las diferentes competiciones, como fallos en el radiador, el sistema eléctrico, la centralita electrónica o el motor, que le han hecho perder valiosísimos segundos o incluso han supuesto su retirada de la prueba. A pesar de dichos problemas, el quipo ha sabido sobreponerse y el piloto Craig Breen, junto con su Peugeot 208 R5 T16, se encuentran en la tercera posición de la clasificación del Campeonato de Europa de Rally.

En las últimas semanas han vuelto a aparecer problemas de estabilidad en este modelo por lo que, tras el Rally de Chipre, el equipo del departamento de competición de Peugeot Sport ha preparado una serie de pruebas que ayudarán a esclarecer y corregir los problemas que el 208 R5 T16 ha ido arrastrando estos últimos meses. El piloto encargado de la realización de dicho test es Sebastien Chardonnet, piloto del Grupo PSA.

Es en esta línea en la cual se centrarán los futuros desarrollos, en estudiar y solucionar los problemas de fiabilidad presentes en el Peugeot 208 R5 T16, mejorando el comportamiento del mismo en todas las pruebas, sean cuales sean las características de las mismas. Para ello será necesario hacer un estudio detallado de los componentes en los que se han observado los fallos, empleando materiales en el radiador con mayor disipación de calor y resistentes a las elevadas temperaturas, mejorando la conducción del cableado del sistema eléctrico o llevando a cabo un estudio en profundidad del motor mediante programas de simulación de motores.

A pesar de dichos fallos, puede decirse que el Peugeot 208 R5 T16 es un buen modelo representativo de la nueva categoría de competición, los R5, los cuales se han convertido en la



categoría estrella de los campeonatos de rally, un autentico espectáculo para los aficionados, reemplazando de momento a los S2000, cuya homologación está vigente hasta finales del año 2014, y puede que con el tiempo a los WRC, que de momento continuarán seguro hasta 2016. Es por esto que aún es pronto para juzgar el comportamiento de este modelo, que, a pesar de sus pequeños problemas de no demasiada importancia (pese a la gran sensación de desconfianza que han generado en el seno del equipo de Peugeot Sport), augura grandes expectativas para el futuro.

Además de esto, en febrero de 2013 Peugeot desarrolló una versión especial del 208 T16 bajo la supervisión del jefe de proyecto Jean-Christophe Pallier para competir en la carrera de montaña Pikes Peak que tuvo lugar en Colorado, Estados Unidos, el 30 de junio de ese mismo año. El piloto escogido para su conducción fue el francés Sebastian Loeb quien logró imponer un nuevo record en la carrera, mejorando el anterior en más de un quince por ciento. Este modelo cuenta con un motor gasolina V6 biturbo de 850 CV con un rendimiento superior al de los vehículos de Fórmula 1, y pesa tan solo 850 kg, obteniéndose una relación peso-potencia de 1. Esto se consigue gracias a un chasis tubular revestido con fibra de carbono, a una extraordinaria distribución de pesos y a un nuevo emplazamiento para el pesado motor, con posición central-trasera. Se encuentra revestido en algunas partes de fibra de carbono y dispone de un enorme alerón de 2 metros. Debido a los buenos resultados obtenidos en dicha competición, es de suponer que desde el departamento de Peugeot Sport se sigan centrando también en esta línea de trabajo, debido a las grandes perspectivas que ofrece.



# 11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Art. 261 del apéndice J de la FIA: Reglamento específico para vehículos el grupo R5
- [2] Art. 251 del apéndice J de la FIA: Clasificación y definiciones
- [3] Art. 252 del apéndice J de la FIA: Prescripciones Generales para los Vehículos de Producción (Grupo N), Vehículos de Turismo (Grupo A) y Vehículos GT (Grupo R-GT)
- [4] Art. 253 del apéndice J de la FIA: Equipamiento de Seguridad (Grupos N, A, R-GT)
- [5] Manual de Reformas de Importancia, emitido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- [6] Lista de homologación para los diferentes vehículos con sus respectivas referencias, publicado por la FIA
- [7] Material didáctico de las asignaturas “Teoría de Vehículos”, “Tecnología de máquinas” y “Diseño de máquinas”, de la Universidad Carlos III de Madrid

Páginas web consultadas:

- [8] Historia de los rallyes (<http://detramo.com/web/historia-de-los-rallys>)
- [9] Las categorías de los rallyes: WRC, RRC, R5 y S2000  
(<http://www.motorpasionf1.com/mundial-rallies/las-categorias-de-los-rallyes-wrc-rrc-r5-y-s2000-1-2>)
- [10] Las categorías de los rallyes: Grupo N, R-GT, R4, R3, R2 y R1  
(<http://www.motorpasionf1.com/mundial-rallies/las-categorias-de-los-rallyes-grupo-n-rgt-r4-r3-r2-y-r1-2-2>)
- [11] Ficha técnica Peugeot 208 R5 (<http://www.peugeot-sport.com/fr/rallye/presentation-27-3-fiche-technique-208-t16.html>)
- [12] Motores de gasolina Peugeot-Citröen (<http://www.peugeot-citroen-moteurs.fr/fr-fr/nos-produits/moteurs/essence-automobile>)





- [13] Bridas de admisión (<http://www.rfeda.es/docs/infor/52/Pag3638.pdf>)
- [14] Elementos y modificaciones que aumentan la potencia del motor  
(<http://www.slideshare.net/guest97d4d7/elementos-y-modificaciones-que-aumentan-la-potencia-del-motor>)
- [15] Trucaje de motores (<http://es.slideshare.net/WilliamGonzales3/trucaje-demotores>)
- [16] Cajas de cambio de competición  
(<http://www.aficionadosalamecanica.net/foro/viewtopic.php?f=12&t=28>)
- [17] Tipos de tracción total (<http://www.tallervirtual.com/2013/09/17/tipos-de-traccion-total>)
- [18] Diferencial autoblocante (<http://www.aficionadosalamecanica.net/diferencial-autoblocante.htm>)
- [19] Tipos de suspensión (<http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>)
- [20] Guía definitiva de los frenos, parte 1 y 2 (<http://8000vueltas.com/2012/01/28/la-guia-definitiva-sobre-frenos-parte-1>)
- [21] Construcción del Peugeot 207 S2000 [VIDEO]  
(<http://www.youtube.com/watch?v=m8v0FVPYawE#t=196>)
- [22] Peugeot Sport Store (<http://www.peugeotsport-store.com>)
- [23] Boutique Citroën Racing (<http://boutique.citroenracing.com>)
- [24] Neumáticos Michelin (<http://www.michelin.es/>)