

ÍNDIX

1	INTRODUCCIO	3
1.1	Antecedents	3
1.2	Objecte.....	4
1.3	Abast.....	5
1.4.	Especificacions	5
2	ADAPTACIÓ DEL MODEL REAL AL MODEL A ESCALA	7
2.1	Problemàtica de la reducció de dimensions	7
2.2	Escala del model.....	8
2.3	Característiques tècniques del model.....	9
2.4	Primers passos en el disseny	10
3	MONOCASC I CARROSSERIA.....	12
3.1	Estructura del xassís.....	12
3.2	Monocasc.....	14
3.3	Carrosseria	16
3.4	Pintura i acabats	20
4	SUSPENSIÓ, DIRECCIÓ I PNEUMÀTICS	21
4.1.	Suspensió davantera	21
4.1.1.	Descripció dels components principals	21
4.1.2.	Triangles de suspensió	23
4.1.3.	Boixes	23
4.1.4.	Ressorts.....	24
4.1.5.	Amortidors.....	24
4.1.6.	Barres estabilitzadores.....	25
4.1.7.	Geometria de la suspensió davantera	25
4.2	SUSPENSIÓ DE DARRERE	29
4.2.1	Descripció dels components principals.....	29
4.2.2	Geometria de la suspensió posterior	33

4.3	DIRECCIÓ	35
4.3.1	Sistema mecànic.....	35
4.3.2	Ajustament de la direcció	36
4.3.3	Pilot i volant.....	36
4.3.4	Efecte d'Ackerman	36
4.4	PNEUMÀTICS I LLANTES	37
4.4.1	Pneumàtics	37
4.4.2	Llantes.....	38
5	MOTOR, TRANSMISSIÓ I FRENS	40
5.1.	Motor.....	40
5.2	Òrgans auxiliars del motor	41
5.2.1	Alimentació de combustible i escapament.....	41
5.2.2	Embragatge i control de l'accelerador.....	41
5.2.3	Carburació i posada en marxa del motor	42
5.2.4	Sistema d'encesa.....	42
5.2.5	Refrigeració.....	42
5.2.6	Admissió.....	43
5.3	Transmissió.....	43
5.4	Frens.....	46
5.4.1	Accionament i bomba de fre	47
5.4.2	Pinces, pastilles i discs	47
5.4.3	Distribució del sistema de frens	49
6	RÀDIO CONTROL	49
7	RESUM DEL PRESSUPOST.....	51
8	CONCLUSIONS	51
9	LLISTAT DE DOCUMENTS	52

1 INTRODUCCIO

1.1 Antecedents

Els cotxes comercials de ràdio control compten amb unes prestacions realment elevades en relació a la seva mida. Es fabriquen pensant en obtenir un producte amb un cost relativament baix i que la majoria de gent els pugui adquirir. Estan construïts bàsicament amb una placa metàl·lica inferior sobre la qual es munten tots els elements de la transmissió, suspensions i control electrònic. La carrosseria que completa el vehicle, és una peça tipus closca, normalment de policarbonat, que cobreix la part superior i dóna l'aspecte final, fent que s'assembli a un cotxe real.

En la modalitat de RC¹ de tipus F3 l'aspecte de la carrosseria no és ni molt menys realista ja que es prioritza la funcionalitat del model per davant l'estètica.



Fotografia 1 Cotxe de ràdio control en un circuit



Fotografia 2 Maqueta estàtica de la marca Amalgam Models a escala 1/8.

¹ RC són les sigles de ràdio control (en anglès *remote control*), que significa el mateix que teledirigit.

Un altre tipus de models son les maquetes estàtiques, les quals tenen com a objectiu principal oferir un aspecte exterior plenament realista. En la seva carrosseria s'hi poden veure tots els detalls iguals que en el cotxe real. Alguns d'aquests models permeten obrir les portes i fins i tot, incorporen un sistema rudimentari de direcció. Normalment, l'interior del cotxe també està detallat, sobretot en turismes. En els models de Fórmula 1, hi ha els adhesius corresponents de la carrosseria, per donar una sensació més realista.

Es fabriquen amb materials de baixa qualitat, i normalment la carrosseria està feta de fosa amb l'interior i tots els complements de plàstic. El sistema de suspensió és totalment rígid, i no té cap mena de funcionalitat.

Es presenta doncs, una divisió en el mercat, per una banda els cotxes de RC, capaços de córrer, i les maquetes estàtiques, amb un aspecte exterior molt realista i detallat. Cada tipus ha estat construït per una funció diferent, i no es pretén dotar a un model d'un tipus, de les qualitats de l'altre.

La finalitat comuna dels dos tipus de models, i d'aquest projecte, és reproduir un cotxe real que ha estat reduït a escala. L'objectiu és fusionar els dos tipus de maquetes, els estàtics i els de ràdio control, per obtenir un tipus de model nou amb les propietats dels altres dos. El cotxe que es vol reproduir és el Renault R26 de Fórmula 1. Aquest monoplaça va córrer el Campionat del Món FIA 2006 de Fórmula 1, amb Fernando Alonso i Giancarlo Fisichella com a pilots. Alonso va guanyar el títol de pilots, i Renault el de marques.



Fotografia 1 Renault R26, del qual es farà la maqueta d'aquest projecte, en una corba del circuit de Catalunya.

1.2 Objecte

L'objecte d'aquest projecte és dissenyar un Renault R26 de Fórmula 1 a escala 1/5 capaç de córrer i realitzar les accions pròpies d'un cotxe, de forma teledirigida. La carrosseria, el tipus de suspensions i xassís seran el més semblant possible al cotxe real i estarà propulsat amb un motor de combustió interna de 2 temps.

Donat que moltes magnituds reals no es poden reduir a escala de forma proporcional, com la massa, la resistència, el volum, etc. sorgeix un problema de disseny que s'ha de solucionar. En aquest projecte es dissenyaran de nou els components del cotxe necessaris per tal que puguin complir la seva funció dins el model a escala.

En el disseny, es donarà prioritat a reproduir la carrosseria del Renault R26, el qual a vegades limitarà els mecanismes interns del cotxe. Sobretot en la transmissió és on hi haurà més diferències respecte el Fórmula 1, ja que és molt difícil reproduir exactament la mecànica real. En canvi, les suspensions i el xassís utilitzaran els mateixos sistemes emprats per Renault, però adaptats al model a escala.

1.3 Abast

Es dissenyaran totes les peces del cotxe: xassís, suspensions, direcció, pneumàtics, excepte el motor i el sistema electrònic de control. Aquests components seran recanvis de RC adaptats.

Davant de la complexitat del projecte, i tenint en compte les dimensions reduïdes i característiques del model, només es calcularan les peces que realment siguin crítiques pel funcionament. Per la majoria serà inútil fer càlculs teòrics ja que el rendiment del cotxe no és la prioritat del projecte. A més, moltes vegades serà més crítica la fabricació d'un component que la seva funció en si, i serà el factor que decidirà el disseny.

El motor serà un dels únics components que es comprarà, ja que dissenyar-lo no seria factible. Es farà el mateix amb el sistema electrònic de control, i amb altres elements més concrets, com alguns engranatges de la transmissió o els amortidors.

Algunes parts, com el sistema de refrigeració o la disposició dels controls s'acabaran de definir durant la fabricació i el muntatge. Aquest mètode és el que s'adapta millor amb aquest projecte, ja que la majoria de components es fabriquen de forma manual, i pel mateix autor del disseny. Cal tenir present aquest aspecte al llarg de projecte, perquè condiona el disseny de la majoria de peces.

La fabricació del model està prevista que s'acabi a temps per poder ser presentat davant el tribunal el mateix dia que aquest projecte. Tot i que aquesta especificació és un desig, es té com a requeriment construir-lo en un període de temps més llarg.

1.4. Especificacions

Les especificacions tècniques que es formulen a l'inici del projecte són:

Concepte	R/D	Descripció
General	R	La forma de la carrosseria del model ha de ser el més semblant possible a la del Renault R26.

General	R	El xassís que integrarà el cotxe ha de seguir la mateixa estructura que en el Renault R26
General	D	Els materials utilitzats per construir el xassís han de ser de la mateixa tipologia que en el R26
Suspensió	D	El tipus de suspensió ha de ser del mateix tipus que en el R26
Control	R	El cotxe haurà de tenir un sistema de control remot per poder-lo conduir des d'un punt fix exterior
Dimensions	R	Les dimensions del cotxe hauran d'estar reduïdes a escala 1/5
Fabricació	R	No es pot utilitzar cap sistema de fabricació que no estigui a l'abast del fabricant, tant per economia com per dificultats tècniques
Muntatge	D	Dissenyar les peces per que sigui fàcil muntar-les
Manteniment	D	Dissenyar el cotxe per reduir el manteniment i facilitar-ne les tasques
Motor	R	El motor es comprarà i serà de 2 temps de RC
Frens	D	Utilitzar un sistema hidràulic de frenada per accionar les pinces de fre
Pintura	R	La pintada ha de ser el més semblant possible al R26

2 ADAPTACIÓ DEL MODEL REAL AL MODEL A ESCALA

Abans de començar el disseny del model cal tenir analitzar les diferents alternatives que es presenten, així com els inconvenients que hi ha per a cada una d'elles. També és necessari conèixer les possibilitats del mercat comercial de RC i les dificultats que apareixen amb la reducció de tamany.

2.1 Problemàtica de la reducció de dimensions

El fet de reduir de mida comporta molts problemes pel disseny i per la fabricació associada. Algunes peces seran impossibles de construir amb les dimensions que pertocaria. Per això s'ha de trobar l'equilibri entre la fabricació, l'estètica i les prestacions en cada element.

Hi ha factors que no disminueixen linealment amb la reducció d'escala. Reduir la geometria, significa que el volum no ho farà amb la mateixa proporció, i en conseqüència la massa. Tots els esforços de les peces del Fórmula 1 no seran els mateixos, ni tindran el mateix efecte en les peces. Per tant, el disseny dels components mecànics del model haurà de ser independent del Fórmula 1.

El moviment i les reaccions del cotxe a escala tampoc serà a un cinquè del cotxe real. La velocitat que s'obtindrà no estarà reduïda linealment, per una banda perquè reduir les dimensions no significa reduir la massa proporcionalment i per l'altra, perquè el motor no té res a veure amb el 2400 cc. V8 que s'utilitza en la competició.

Avui en dia la competició automobilística utilitza les tecnologies més avançades que existeixen. Els equips compten amb un departament d'enginyeria que destina recursos multimilionaris per dissenyar cotxes cada vegada més ràpids. La recerca i el desenvolupament constant ajuden a adquirir nous coneixements per trobar les solucions que milloren el producte. El departament tècnic que necessita més inversió és el de fabricació. S'utilitzen les màquines més modernes i els operaris més qualificats per fer realitat els dissenys dels enginyers.

Per tant, el producte que finalment correrà sobre la pista del circuit, serà una màquina amb un nivell tecnològic molt elevat. En tots els aspectes del cotxe es busca la màxima eficiència per guanyar temps al cronòmetre. Actualment el camp on hi ha més dedicació per part dels equips és en l'aerodinàmica. Cada corba de la carrosseria és estudiada a fons per optimitzar-la, provocant que siguin cada dia més complexes.

Com s'ha dit la geometria de la carrosseria del cotxe de Fórmula 1 es copiarà exactament en el model a escala. Les peces aerodinàmiques seran difícils i complexes de fabricar degut a les formes que tenen, i per aquest motiu cal fer un gran esforç tan en la fabricació com en el disseny del model en les peces de la carrosseria. És important decidir correctament els materials que s'utilitzen per obtenir el resultat requerit. En aquest sentit, el dibuix tridimensional del model, serà de gran ajuda per a comprovar que la forma de la carrosseria del cotxe és idèntica al Renault R26.

La part mecànica del vehicle, sobretot la transmissió, és la que difereix més respecte el cotxe real. Des del motor fins al diferencial tot és diferent, a causa de la dificultat que suposa reproduir aquest sistema. Per a la mecànica d'aquesta part s'utilitzaran components de ràdio control, que permetran millorar la fiabilitat i estalviaran temps de disseny.

Hi ha altres elements com cargols, engranatges, corretges, etc, que provenen de la indústria. Trobar especificacions petites normalment és difícil, i només es troben en alguns proveïdors. Muntar al cotxe aquestes peces que siguin realment a escala del cotxe real és gairebé impossible. Ja sigui per que no existeixen o perquè amb la reducció de dimensions la seva resistència ho fa desaconsellable.

La fabricació de peces petites generalment és costosa. Les eines i les màquines han d'estar adaptades i la manipulació es complica. A més, les peces son dèbils i fan més delicat el procés de fabricació.

El laminat de les peces amb materials compòsits és lent i complicat a causa de la mida. Els motlles petits dificulten el treball manual. El càlcul de les peces en compòsits moltes vegades no caldrà realitzar-lo ja que la majoria de sol·licitacions són mínimes. A velocitat a la que circularà el vehicle, fa que molts elements aerodinàmics de cotxe real passin a ser simplement estètics en el model a escala.

2.2 Escala del model

La mida del model és un factor determinant en tots els sentits del disseny del cotxe. La reducció que es faci del cotxe real repercuteix de diferent manera en les propietats de les peces i en el conjunt.

Es podria dir que hi ha tres factors claus per decidir la mida del cotxe. Cal trobar l'equilibri entre aquestes variables per l'èxit del projecte:

- **Motor:** des d'un primer moment, és clar que s'utilitzarà un motor comercial. No es planteja la construcció d'un motor propi, ja que això no és viable. Per tant, s'ha d'escollir un motor entre els diferents models comercials que hi ha en el mercat.
- **Funcionalitat:** a l'hora de fer córrer el cotxe, de transportar-lo, de treballar-hi, d'arreglar-lo, etc. les dimensions són importants. Un cotxe petit és més fàcil de portar al circuit i més còmode per guardar-lo. Per contra, amb una escala més gran es fa difícil de transportar i s'ha de disposar d'un espai més gran. Però quan es fa el manteniment, s'agraeix que les peces tinguin una dimensió tal que permeti treballar sense masses inconvenients.
- **Fabricació:** la reducció de la mida de les peces comporta els problemes explicats a l'apartat anterior. Reduir molt la mida no és bo en aquest aspecte.

Cal tenir present que per a la fabricació no es disposa de màquines molt especialitzades.

Després d'analitzar detingudament aquests factors, s'ha arribat a la conclusió que l'escala més equilibrada és 1/5. Aquesta escala té les millors propietats de cada escala comercial. Tot seguit s'expliquen els motius detalladament:

La complexitat dels elements mecànics de la suspensió i tots els detalls aerodinàmics son més fàcils de realitzar en aquesta escala, que en una menor com 1/8. En canvi, si es vol mantenir la geometria real del cotxe de Formula 1 en la zona de capó motor, no és possible muntar un motor d'escala 1/5 comercial de 22,5 c.c. Per aquest motiu s'utilitza un motor típic dels cotxes d'escala 1/8 en la seva derivació per a "monster-truks". Aquesta modalitat requereix més parell que els cotxes de competicions en circuit. El parell extra és necessari ja que el pes d'aquest model serà lleugerament superior al dels cotxes de 1/8 comercials.

Per mantenir les prestacions dinàmiques d'un cotxe a escala 1/8, cal mantenir el seu pes. Tot i ser un cotxe a escala 1/5 s'ha de limitar a menys de 5 quilograms per poder utilitzar un motor de menor cilindrada.

Les peces més petites, com de la suspensió o transmissió seran possibles de fabricar a aquesta escala. Encara que continuï essent en molts aspectes difícil. La manipulació i el manteniment són acceptables.

El transport i l'emmagatzematge del vehicle seran pràcticament iguals que amb un cotxe a escala 1/8. Es veurà afavorit pel disseny modular, ja que la part frontal del cotxe es pot treure fàcilment, com els Fórmula 1.

2.3 Característiques tècniques del model

La reproducció a escala del Fórmula 1 serà totalment fidel a les formes de la carrosseria del monoplaça. A més, elements mecànics com la suspensió, frens o la direcció es realitzaran basant-se també en el cotxe real.

Darrere de la mecànica hi ha l'estructura del cotxe. En un F1 aquesta es compon de la combinació del monocasc o també anomenat xassís, el motor i la caixa de canvis. Aquests tres elements formen l'estructura que té la funció de suportar tots els esforços que actuen sobre el cotxe. Per tant, s'ha de constituir amb la màxima rigidesa, alhora que es mantingui el pes al mínim ja que és el conjunt més gran del cotxe.

La disposició del motor en el model és la mateixa que la del F1, situat darrere el pilot i centrat longitudinalment. Aquesta col·locació afavoreix el repartiment de pesos i millora la tracció. L'únic inconvenient que té és la refrigeració. Cal un sistema eficient per mantenir la temperatura dins el rang normal de funcionament del motor.

A la part frontal del xassís hi ha el tren davanter. Els mecanismes de la suspensió i direcció estan amagats a la vista, a l'interior del monocasc per millorar l'aerodinàmica. Les rodes s'uneixen al xassís amb els braços de suspensió, que és del tipus *push-rod*.

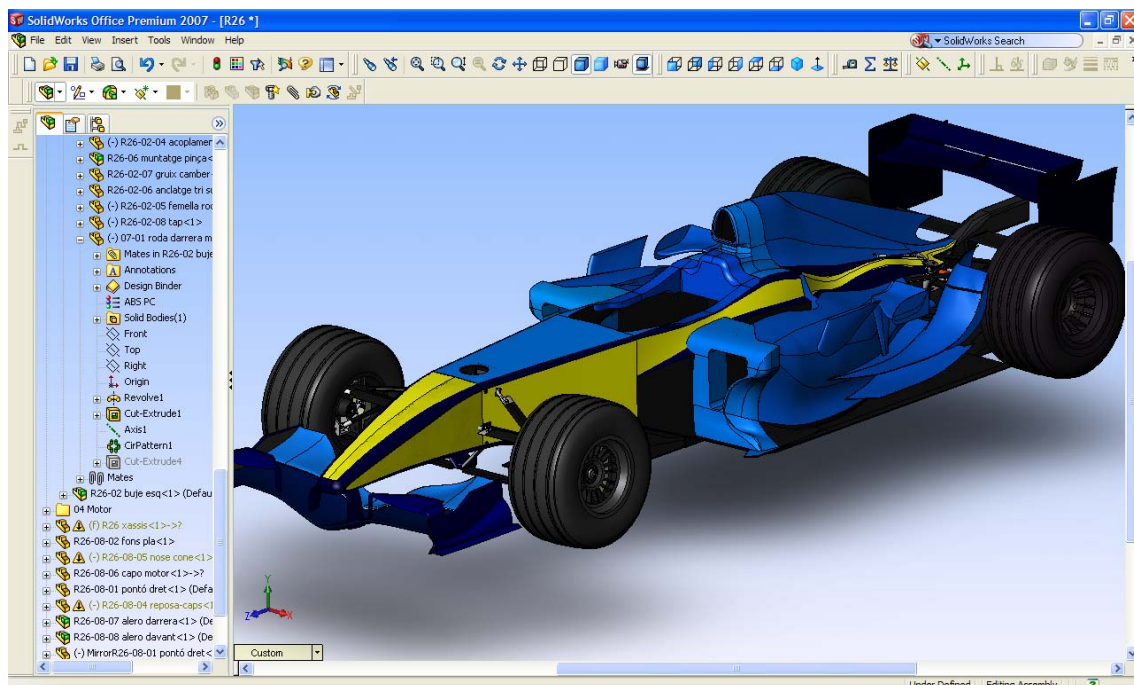
El xassís posterior difereix lleugerament respecte els F1, en els quals el motor és un element estructural. En el model escala el motor comprat no està pensat per complir aquesta funció, i s'ha d'afegir una peça que connecta el monocasc amb la caixa de canvis. Sobre aquesta peça hi va muntat el motor.

A diferència del cotxe real, el model no té cap canvi de velocitats, simplement la velocitat del motor es redueix per passar-la a les rodes.

Al voltant d'aquesta estructura formada pel monocasc, el suport del motor i la caixa de canvis, s'afegeixen els elements de la carrosseria. Bàsicament es podria dir que són el capó motor, el fons pla, i els alerons davanter i posterior.

2.4 Primers passos en el disseny

El procés de disseny d'aquest model comença a partir de la geometria del monoplaça de Fórmula 1. Aquesta només marcarà les formes de la carrosseria i els elements que es troben a l'exterior del cotxe. Els mecanismes interns no són fàcils de conèixer, i menys d'obtenir la informació necessària per fer-ne una còpia exacte. El secretisme que envolta la tecnologia de la competició fa que sigui impossible. Per tant, per saber com són els òrgans interns dels cotxes només es pot recórrer a escasses fotografies.



Fotografia 2 Vista del programa de disseny del cotxe.

Les mesures del cotxe es poden conèixer fàcilment amb una maqueta comercial a escala 1/18 o 1/20. Aquestes maquetes tenen llicència oficial dels equips i són bastant fiables. Caldrà prendre totes les mesures per fer un dibuix amb CAD a escala de la maqueta, que posteriorment s'ampliarà per ajustar-lo a les dimensions del cotxe a l'escala del model.

Amb aquests dibuixos CAD de dos dimensions es podrà començar a construir el model tridimensional, que ofereix moltes avantatges respecte el 2D. A partir d'aquest model, es passarà altre cop a dos dimensions per obtenir els plànols de fabricació.

3 MONOCASC I CARROSSERIA

En els capítols següents es descriuran els elements que es dissenyen partint del Renault R26 i s'han d'adaptar per complir la seva funció dins el model a escala. Per tant, a partir d'aquí comença l'explicació dels sistemes que formen el cotxe.

Aquest capítol explica com està format el xassís del cotxe, el monocasc, l'estructura posterior i el canvi de marxes, encarregats de suportar les forces estructurals. També s'expliquen els diferents components de la carrosseria, que no tenen una funció estructural, però s'inclouen en aquest capítol perquè estan construïts de la mateixa manera que el xassís.

3.1 Estructura del xassís

El cotxe es compon estructuralment parlant de tres peces principals: monocasc, estructura posterior i canvi. El monocasc, o també anomenat xassís suporta el tren davanter, el morro i els components elèctrics i el dipòsit de gasolina. A l'estructura posterior es colla el motor, i serveix de nexa entre el monocasc i el canvi. En els F1 reals, aquesta peça no existeix, perquè és el propi motor que fa d'enllaç. Per últim, en el canvi hi ha el tren posterior, la transmissió i l'aleró posterior.

La figura següent mostra aquestes parts:

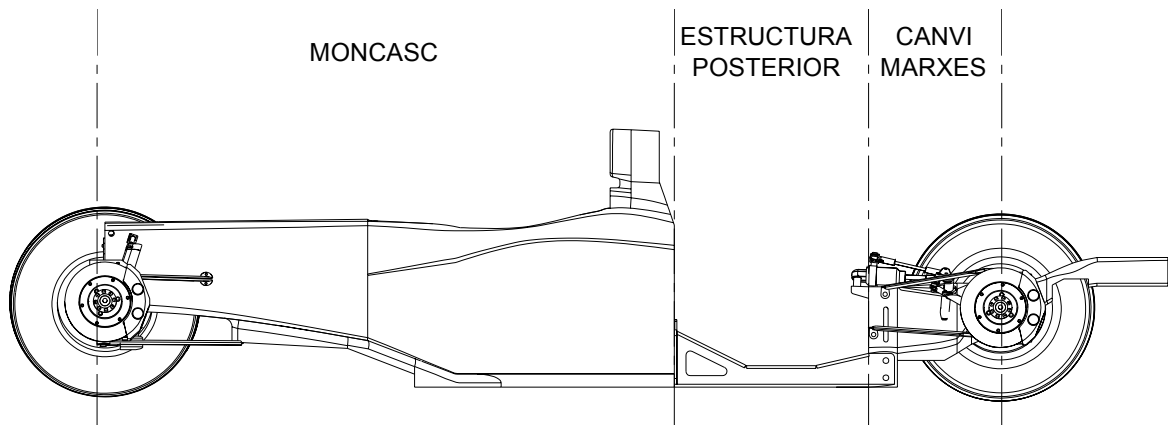


Fig. 1 Monocasc. Estructura posterior sense motor, i canvi de marxes

- **El xassís**

Per la seva complexitat el punt 3.2. està dedicat íntegrament al xassís.

- **Estructura posterior**

Ràpidament es veu que la part més compromesa del xassís és l'estructura metàl·lica posterior, construïda amb xapa de duralumini de 1,5 mm de gruix. Aquesta peça està collada a la paret posterior del monocasc, i al canvi amb cargols

de M-4. En la part central, hi ha el motor, collat amb quatre cargols també de M-4. Aquesta part està reforçada per millorar la unió i evitar vibracions i deformacions. El motor està muntat sobre l'estructura, que en aquesta zona té una forma de U amb un bloc d'alumini en el seu interior:

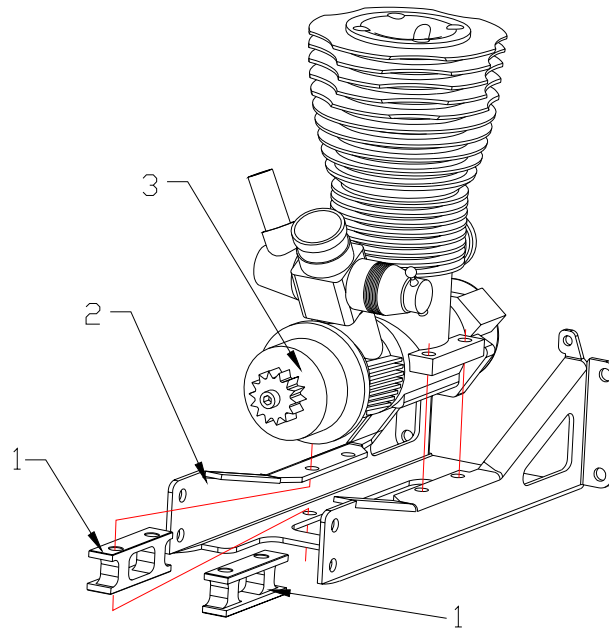


Fig. 2 Vista subjecció del motor. 1.Blocs subjecció. 2.Estructura posterior.3.Motor.

S'ha comparat l'esforç d'aquesta peça amb les d'un xassís de RC i s'ha constatat que està dins els mateixos valors. Per tant, no s'ha volgut aprofundir més en els càlculs, ja que aguantarà perfectament les sol·licitacions.

▪ La caixa de canvis

S'anomena caixa de canvis perquè en un cotxe real hi ha el mecanisme de canvi de marxes. En aquest model s'hi allotja la transmissió, encara que no tingui marxes.

El canvi està construït amb materials compòsits perquè la seva geometria és complexa, i seria contraproductiu fer-la amb xapa. L'inconvenient que presenta el material compòsit en aquest cas és que s'ha de plantejar un sistema d'inserits metàl·lics per unir tot el sistema de suspensió i la transmissió.

S'ha dissenyat una carcassa de compòsit amb un marc d'alumini a la part frontal i un a la part posterior:

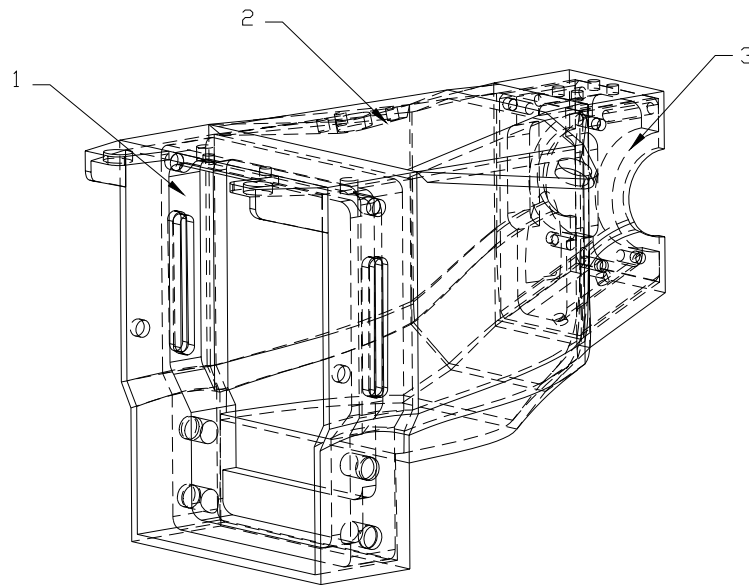


Fig. 3 Caixa de canvis. 1.Marc frontal. 2.Carcassa en compòsits. 3.Marc posterior.

El marc frontal (1) uneix el tren del darrere amb l'estructura posterior (Fig.2 (2)). En el lateral hi ha les guies per ajustar l'alçada de la corona de la transmissió amb l'engrenatge de sortida de l'embragatge. La carcassa està unida fortament amb adhesiu estructural i a través dels cargols que es collen al marc.

Al darrere, hi ha una peça de metàl·lica per allotjar els coixinets de l'eix posterior. A més, hi ha practicades les rosques per collar els braços de suspensió i dels espàrrecs de l'estructura d'impacte posterior.

3.2 Monocasc

El monocasc és la peça base sobre la qual es munten totes les altres. Els punts d'unió més importants són amb el tren davanter, el qual va muntat íntegrament a la part frontal del monocasc, i el xassís posterior, en la part del darrere.

Per la funció que realitza s'ha de fabricar amb material compòsits, ja que es necessita un material lleuger i alhora resistent, que permeti ser modelat amb les formés requerides per l'aerodinàmica.

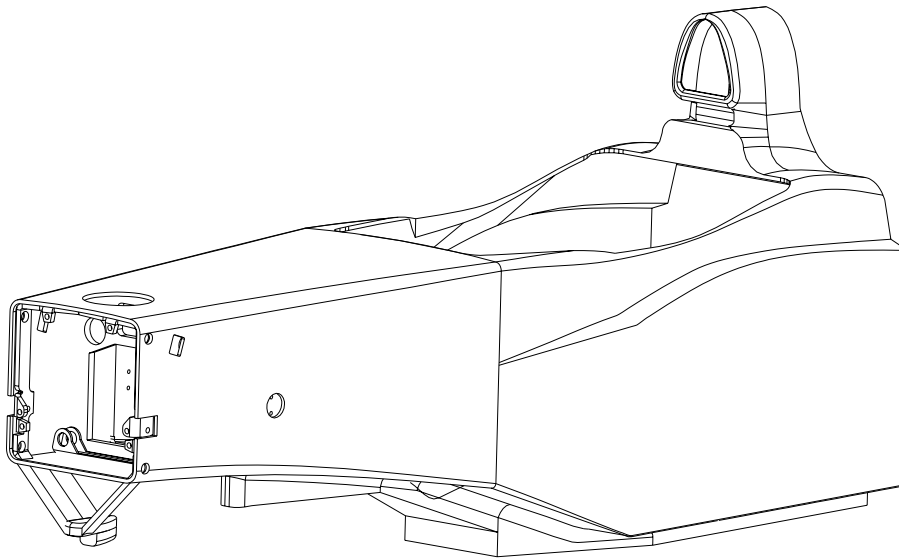


Fig. 4 Monocasc.

A més de la suspensió davantera, en el monocasc hi ha els elements electrònics de control teledirigit del cotxe, el dipòsit de combustible i la direcció. Per fer més real la imatge del cotxe en marxa, hi haurà també una reproducció del pilot i el volant que girarà en concordança a la direcció.

El disseny del xassís a nivell estructural és un problema molt complex. Les càrregues a que està sotmès són desconegudes. Per aquest motiu, s'ha pensat que es fabricarà amb un gruix que asseguri el funcionament, a partir d'unes càrregues teòriques.

Les càrregues a que estarà sol·licitat el xassís son diverses, i gairebé més importants seran les que patirà en la seva manipulació en el moment d'arrancar el motor².

Les forces que actuen sobre el xassís quan el cotxe està corrent es podrien estimar segons l'acceleració en cada un dels eixos cartesianes. En l'eix longitudinal l'acceleració es produiria per una forta frenada, en el lateral en un canvi sobtat de direcció a gran velocitat, i en el vertical passant per una gran rugositat de la pista o en un salt.

Aquestes accions sobre el xassís son produïdes únicament per les forces de contacte dels pneumàtics amb el terra. Aquestes es transmeten al xassís pels braços de suspensió.

² Per arrancar el motor s'utilitza una taula arrencadora. Aquest aparell format per una caixa metàl·lica amb un motor elèctric a l'interior solidari a una roda adherent. La perifèria de la roda sobresurt de la caixa. Al fons pla del cotxe sobresurt el volant d'inèrcia del motor. En el moment de l'arrancada es situa el cotxe sobre la taula arrencadora i s'inicia el moviment del motor per contacte entre el volant d'inèrcia i la roda adherent que gira solidària al motor elèctric.

A part de les forces que actuen sobre el cotxe quan està corrent, cal tenir en compte que també s'ha de poder manipular. La majoria de peces reduïdes a escala són fràgils i és impossible canviar la seva geometria per rigiditzar-les. Per això cal que el xassís sigui prou consistent per resistir la pressió necessària per poder agafar el cotxe per aquesta part.

En els punts del xassís on hi ha unions s'afegeix un inserit metàl·lic per reforçar la zona. Les rosques de les unions es fan directament en la part mecànica i no en la fibra. A part de la paret exterior del xassís hi ha panells de fibra col·locats a dins del xassís augmentar la resistència.

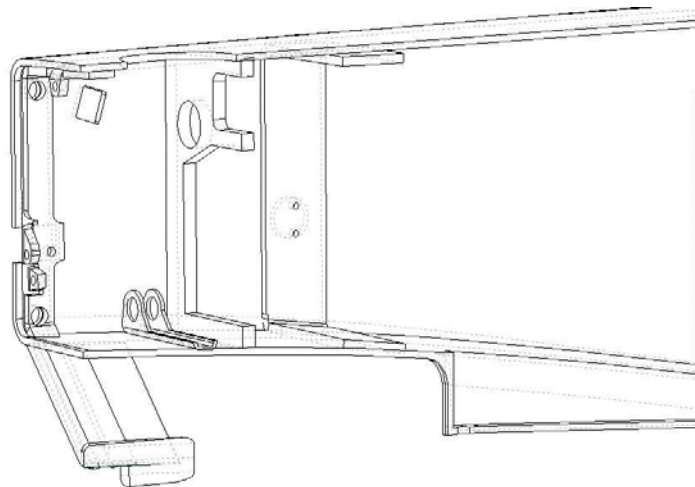


Fig. 5 Tall de la part frontal del xassís.

El xassís serà fabricat amb fibra vidre i resina epoxi. Tindrà dues capes de fibra de 86 i g/cm² i quatre capes de 220 g/m². La resina és epoxi EPOLAN 2022. Consultar el plec de condicions per obtenir més detalls sobre la seva fabricació.

Els inserits estaran fabricats amb alumini 6061 per als punts amb unions cargolades. Alguns reforços son de fibra de carboni i altres de xapa d'acer. Tal i com s'explica en el plec de condicions, tots els detalls de les peces fabricades en compòsits s'han d'extreure del dibuix tridimensional.

3.3 Carrosseria

La carrosseria d'aquest model és una de les parts més treballades i que el fa més diferent dels cotxes de ràdio control convencionals. Es reproduïxen tots els detalls del Renault R26 per donar una imatge realista del cotxe de Fórmula 1 a escala. En aquest apartat es repassen tots els elements aerodinàmics i d'altres que té la carrosseria:

Aleró davant

L'aleró del davant és un conjunt format per 4 peces, unides amb cargols de M-1,4. L'ala principal i els *endplates* són de fibra de vidre, mentre que la segona ala és de xapa d'alumini de 0,3 mm. Per unir l'ala principal amb el *nose-cone* s'utilitzen espàrrecs que estan empotrats a les aletes del morro. A cada extrem de l'ala hi ha uns inserits de *Nilon* per fer la rosca dels cargols per unir els *endplates*.

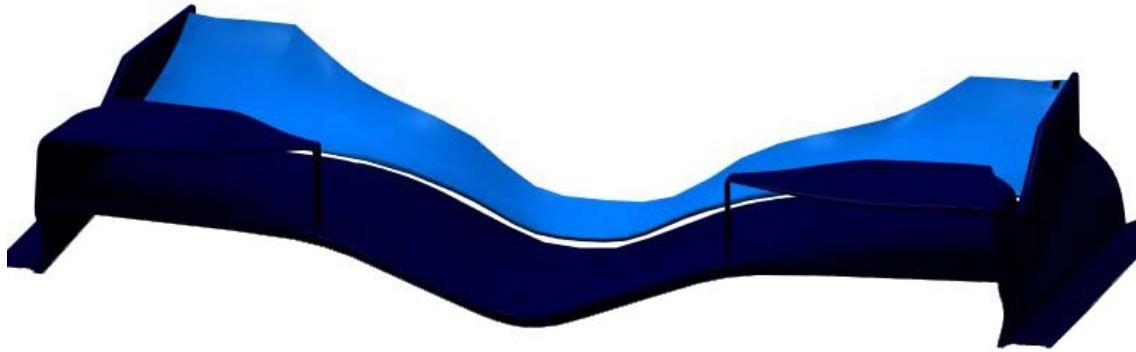


Fig. 6 Aleró davanter

Es permet canviar la inclinació de l'ala, per augmentar o disminuir el *downforce*, situant el cargol en un forat diferent de l'*endplate*. Els F1 reals porten un sistema que permet fer aquesta regulació amb més precisió, però és complicat de reproduir a escala.

Aleró darrere

És un aleró biplà amb dos *endplates* que subjecten l'ala superior. L'aleró està unit al cotxe pel centre de l'ala inferior, que va collada a l'estructura d'impacte de darrere.

L'ala de dalt, està formada per dos plans per millorar el *downforce*. Per ajustar la quantitat de *downforce* que es necessita es pot canviar la posició de l'ala. En alguns Grans Premis de la temporada s'hi va afegir un flap *Gurney*.

Capó motor

El capó motor s'acobla a la forma de la part posterior del monocasc, i s'exten fins l'aleró del darrere, cobrint el motor i el canvi bàsicament. Per millorar el rendiment de l'aleró posterior i l'extracció d'aire calent, s'afegeixen molts elements aerodinàmics extres. Alguns d'ells serveixen per a augmentar el *downforce* en la part central del cotxe.



Fig. 7 Capó motor. 1.Deflector per conduir l'aire a través de les rodes del darrere. 2.Aletí per guanyar downforce. 3.Deflector per conduir l'aire a través del capó. 4.Deflector per conduir l'aire per les rodes posteriors. 5.En aquesta part el capó és molt ajustat a la suspensió. 6.Per normativa el capó ha d'arribar fins aquesta posició més elevada que anys anteriors.

En el model petit aquests elements tindran poca influència en el rendiment del cotxe. Fins i tot és perjudicial que el capó tingui una forma tan ajustada al motor, ja que es redueix la refrigeració. La part referenciada com a (5) és diferent de l'original, perquè la suspensió posterior ocupa més espai que la real. En el F1 els tubs d'escapament sobresurten per la superfície del capó, però en aquesta imatge no s'han dibuixat. En el capítol del motor es parlarà del sistema d'escapament. En qualsevol cas, l'aspecte que dona el model amb tots aquests elements millora notablement el realisme respecte la resta de models de RC.

Fons pla

Conegut també com a *underbody*, aquesta peça tan amagada és clau pel rendiment del vehicle. Es genera aproximadament un 30% del total de *downforce* en el cotxe real, i pel que fa al model també tindrà una influència similar. Aquesta força s'aconsegueix en la secció anomenada difussor, que aprofita l'efecte venturi per crear la succió cap al terra. La seva geometria està totalment condicionada pel reglament, que en limita molt el seu efecte, però segueix essent clau. A la part inferior, les normes obliguen a muntar una peça de fusta per controlar l'alçada del cotxe mentre està corrent. La imatge següent mostra la geometria del fons pla:



Fig. 8 Fons pla amb el difusor a la part posterior.

Altres elements aerodinàmics

En la resta del cotxe hi ha altres elements que milloren l'aerodinàmica global, modificant lleugerament el flux d'aire. En el cotxe a escala serviran per augmentar el realisme visual i la semblança amb el F3ormula 1.



Fig. 9 Vista general del cotxe. 1."Orelles" 2.Deflectors laterals. 3.Retrovisors. 4.Suport aler3 darrere. (model tridimensional del Renault R26).

3.4 Pintura i acabats

La pintura i els acabats són una de les parts més importants per obtenir un producte en el qual s'apreciï la qualitat. És molt important que l'acabat final de la carrosseria sigui perfecte, i la pintura i els adhesius idèntics al cotxe real.

Al tractar-se d'un cotxe de RC, cal tenir present que la carrosseria s'embrutarà d'oli i gasolina, i la pintura ha de ser totalment resistent a aquests agressors. La pintura més adequada pel model és la que s'utilitza en automoció, ja que garanteix la resistència a aquestes substàncies. Els codis dels colors que va utilitzar Renault l'any 2006 per pintar el seu cotxe, són pràcticament secrets, i per això els colors escollits per aquest model seran semblants, però no exactes. Bàsicament els colors utilitzats es podrien assimilar per blau clar, blau marí i groc.



Fotografia 3 Vista general del cotxe real.

Altres colors com el negre, seran tractats com a secundaris, ja que en realitat substitueixen el color de la fibra de carboni i el seu pes visual és menor.

Totes les enganxines es dibuixaran amb ordinador copiant-ne exactament la forma i els colors. Posteriorment seran impresos amb vinil, i enganxats sobre la superfície pintada. Finalment, s'aplicarà un vernís a sobre per deixar una superfície totalment llisa i sense el relleu dels adhesius.

4 SUSPENSÍO, DIRECCIÓ I PNEUMÀTICS

L'extensió del xassís que connecta el cotxe amb el terra són les suspensions, i els pneumàtics. D'aquí la importància que té aquesta part del cotxe pel rendiment i el comportament del conjunt. La direcció és un mecanisme associat a la suspensió davantera, i per tant, també inclòs en aquest punt.

En aquest capítol s'analitza la suspensió davantera, la posterior, la direcció i els pneumàtics.

4.1. Suspensió davantera

La suspensió del davant del cotxe uneix les rodes anteriors amb el xassís. El seu funcionament és determinant pel comportament del cotxe. Encara que el seu moviment és petit en aquest model, la seva influència és gran.

La transferència de pesos durant el moviment del cotxe, fan que la suspensió hagi de treballar de diferents maneres per mantenir en tot moment l'adherència i fer el cotxe conduïble.

4.1.1. Descripció dels components principals

El tipus de suspensió utilitat per aquest model és el mateix que portava el Renault R26. Les seves característiques són les següents:

Tipus	<i>Push-rod</i> amb doble triangle sobreposat
Ressort	Barra de torsió
Amortidor	Amortiguador amb fluid viscos
Barra estabilitzadora	Barra estabilitzadora a torsió
Ajustaments	Es pot ajustar: - Camber - Toe-in - Ride height

La única diferència important entre la suspensió del cotxe real i aquesta és que no s'ha muntat el que s'anomena el tercer amortidor. El seu efecte no seria important pel comportament del cotxe.

L'esquema que s'ha seguit pel disseny de la suspensió comença partint de la disposició del cotxe real. Els punts d'anclatge dels triangles amb el xassís s'han col·locat en el mateix punt. Bàsicament hi ha dos triangles superiors i un triangle inferior que connecta la roda dreta i l'esquerra amb un anclatge central. Aquest anclatge central és del tipus conegut com a quilla en "V" el qual es pot observar en la següent figura:

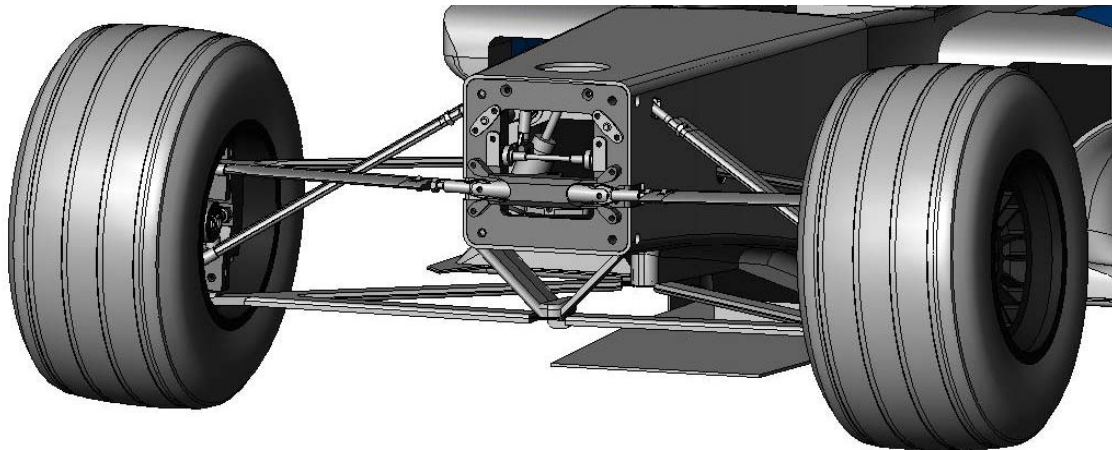


Fig. 10 Vista de la suspensió davantera muntada al xassís.

En la figura següent es mostren els mecanismes de la suspensió davantera:

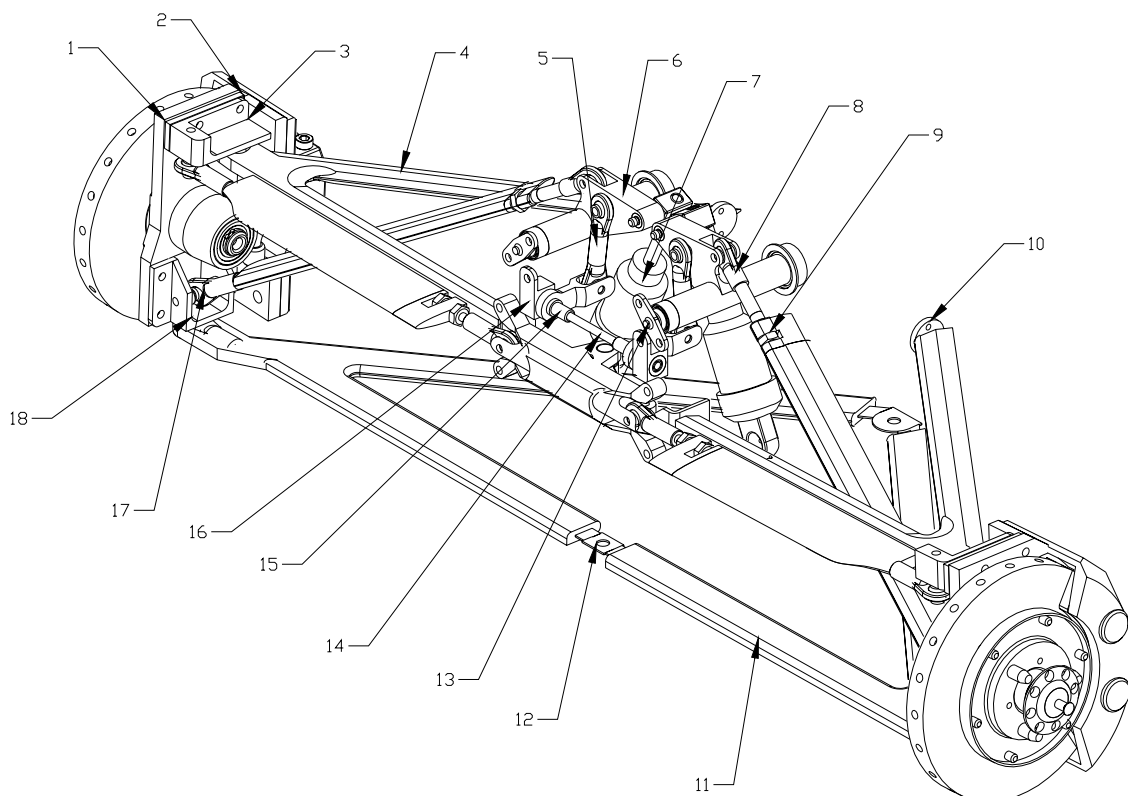


Fig. 11 Suspensió davantera. 1.Boixa. 2.Ajustament *camber*. 3.Unió triangle superior. 4.Triangle superior. 5.Biela barra estabilitzadora. 6.Balanci. 7.Amortidor. 8.Barra *push-rod*. 9.Ajustament *ride height*. 10.Pletina unió triangle-xassís. 11.Triangle inferior. 12.Unió triangle inferior xassís. 13.Barra de torsió. 14.Barra estabilitzadora. 15.Forquilla barra estabilitzadora. 16.Suport barra estabilitzadora. 17.Ròtula barra *push-rod*. 18.Connexió *push-rod*, triangle inferior i boixa.

Els amortidors, les barres de torsió i la barra estabilitzadora estan allotjades dins el xassís. El moviment de cada roda de l'eix es transmet a un balancí que controla el moviment d'un amortidor i una barra de torsió. A més, està connectat al balancí de l'altre costat a través de la barra estabilitzadora.

Els balancins estan fabricats amb duralumini i units al xassís amb rodaments de boles. Les barres estabilitzadores estan col·locades al seu interior, amb un extrem fixat al xassís i l'altre al propi balancí. Els amortidors situats en posició vertical i lleugerament inclinats arriben fins a la posició més alta del xassís, on es connecten amb els balancins. Aquests amortidors son components comprats de ràdio control, comercialitzats per a cotxes d'escala 1/10 per pista.

Tot seguit s'explica amb més detall els elements importants:

4.1.2. Triangles de suspensió

Els triangles estan units al xassís mitjançant cargols de M-1.4. Els dos triangles superiors son completament simètrics i els seus anclatges estan realitzats en punts reforçats amb inserits metàl·lics per millorar la resistència de la rosca i del compòsit. Aquests reforços estan fabricats amb xapa d'acer i a més de la rosca dels triangles serveixen per subjectar altres parts, com la caixa de direcció o les barres estabilitzadores.

El cos del triangle es de fibra de vidre amb resina epoxi que recobreix una ànima de xapa d'acer. Aquesta recorre l'interior del triangle i uneix els anclatges amb la ròtula. Per fora, el perfil aerodinàmic de fibra de vidre li proporciona a resistència necessària.

Aquests elements de la suspensió no s'assemblen gens als que utilitzen els cotxes de ràdio control. S'utilitzen uns braços de plàstic amb bones propietats mecàniques amb una secció molt gruixuda comparada amb els triangles del model del R26.

4.1.3. Boixes

Les boixes es fabricaran amb Delrin, material plàstic de la família de les resines acetàliques, de bones qualitats mecàniques i excel·lent facilitat de mecanització. Els eixos estan suportats amb dos rodaments rígids de boles que s'allotgen a la caixa. Per la unió amb els dos triangles hi ha dues peces suplementàries d'alumini. La pinça de fre va muntada directament sobre la caixa unida amb dos cargols de M-3.

En la figura 5 hi ha l'especejament de la caixa:

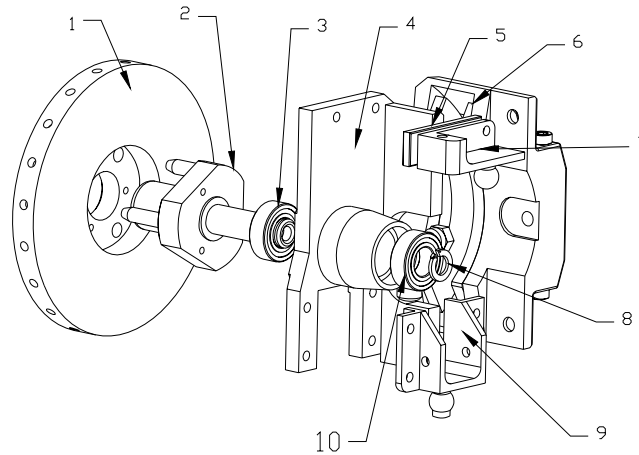


Fig. 12 Caixa davantera. 1.Conjunt disc fre. 2.Eix. 3.Rodament boles. 4.Boixa. 5.Ajustament camber. 6. Conjunt pinça fre. 7.Anclatge triangle superior i barra direcció. 8.Anell elàstic. 9.Anclatge triangle inferior i push-rod. 10.Rodament boles.

4.1.4. Ressorts

Els ressorts utilitzats en la suspensió davantera, igual que a la posterior, són barres de torsió. Ofereixen un millor aprofitament de l'espai i un comportament més lineal de deformació.

En la suspensió de davant les dues barres de torsió, una per a cada roda, estan allotjades a l'interior del balancí de la suspensió. Tenen un extrem fixat i un altre solidari al balancí. Estan fabricades amb acer 1.0904 i amb un diàmetre nominal de 1,33 mm. Amb aquestes barres de torsió no es pot regular la rigidesa. Per fer-ho, cal canviar la barra per una amb un diàmetre diferent.

Aquest tipus de ressorts no s'utilitza en cap altre cotxe de RC, en els quals l'únic sistema que s'utilitza és molla helicoidal.

4.1.5. Amortidors

Els amortidors utilitzats són de la marca *CARSON Model Sport*, comercialitzats per a cotxes de ràdio control en pista a escala 1/10. Són amortidors no regulables amb un vàstag amb dos petits orificis a través dels quals passa l'oli. Per canviar la seva resistència cal substituir l'oli per un amb diferent viscositat.

Aquests amortidors s'ha seleccionat perquè les seves dimensions s'adaptin a aquest model. Tot i ser per una escala més petita, realitzaran la seva funció correctament, dissipant l'energia emmagatzemada pel ressort. Els càlculs cinemàtics del moviment de l'amortidor s'han realitzat amb un programa de càlcul. Però el coneixement de la constant C no és fàcil d'obtenir, i donat que les prestacions del cotxe no són el més important del projecte, no s'ha dedicat més temps a aquesta part.

4.1.6. Barres estabilitzadores

La barra estabilitzadora frontal utilitzada presenta el mateix esquema bàsic que en el Renault R26. Amagada a l'interior del xassís, connecta els dos balancins de la suspensió mitjançant bieletes per torsionar una barra d'acer elàstica.

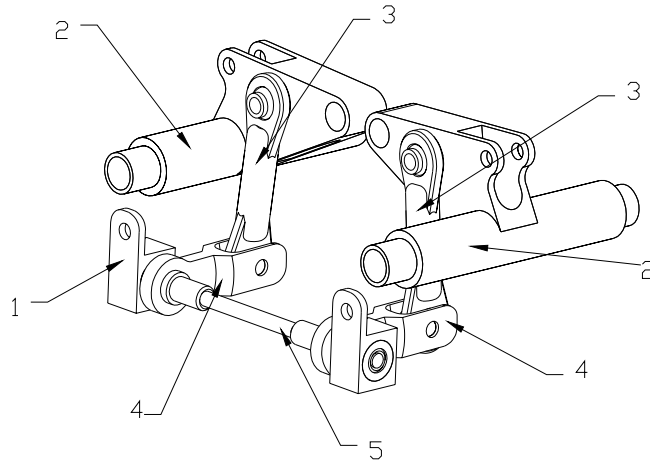


Fig. 13 Barra estabilitzadora. 1.Suport barra estabilitzadora. 2.Balancí suspensió. 3.Biela barra estabilitzadora. 4.Forquilla barra estabilitzadora. 5.Barra estabilitzadora.

La barra estabilitzadora pròpiament (5) és d'acer especial per a molles. Les dues forquilles (4) són d'acer. Les bieletes (3) tenen dues ròtules de Nilon amb una bola de bronze amb un forat passant de 2mm de diàmetre. Els suports de la barra estabilitzadora van muntats al pannel frontal del xassís, amb només un cargol per poder-les muntar ràpid. D'aquesta manera és pot canviar fàcilment la barra de torsió per variar els reglatges, ja que no té cap sistema d'ajustament.

4.1.7. Geometria de la suspensió davantera

El disseny de la suspensió és un procés molt complex que hauria de ser tractat en un projecte a part. En aquest cas, la suspensió ha estat dissenyada per complir la seva funció bàsica, sense pretendre obtenir un rendiment òptim.

El tipus de suspensió utilitzat, *push-rod* amb doble triangle, és una suspensió independent que permet jugar molt amb el moviment de les rodes. La seva configuració fa variar el *camber* i el *toe-in* quan les rodes pugen o baixen. Aquestes variacions s'han de ajustar mitjançant la posició dels triangles de suspensió i la geometria de la caixa.

Per determinar la geometria s'ha creat una model tridimensional que permet treballar amb els punts claus del cotxe. En aquest arxiu es pot variar qualsevol paràmetre per veure els efectes que té sobre el cotxe. Per exemple, l'alçada del cotxe, l'angle de direcció, la inclinació, etc.

Modificant aquests paràmetres es va obtenir els coordenades dels punts importants de les peces de la suspensió, que posteriorment s'han utilitzat per crear-les.

En aquest apartat es mostrarà la geometria de la suspensió davantera amb tots els paràmetres associats.

Roll centre

El *roll centre* de l'eix davanter ha estat situat a 2,05 mm per sota del nivell del terra. Els braços de suspensió són paral·lels i una mica inclinats en V, fet que posiciona el *roll centre* tan avall. El *roll centre* no es pot modificar fàcilment, per fer-ho és necessari canviar els anclatges de duralumini dels triangles a la caixa.

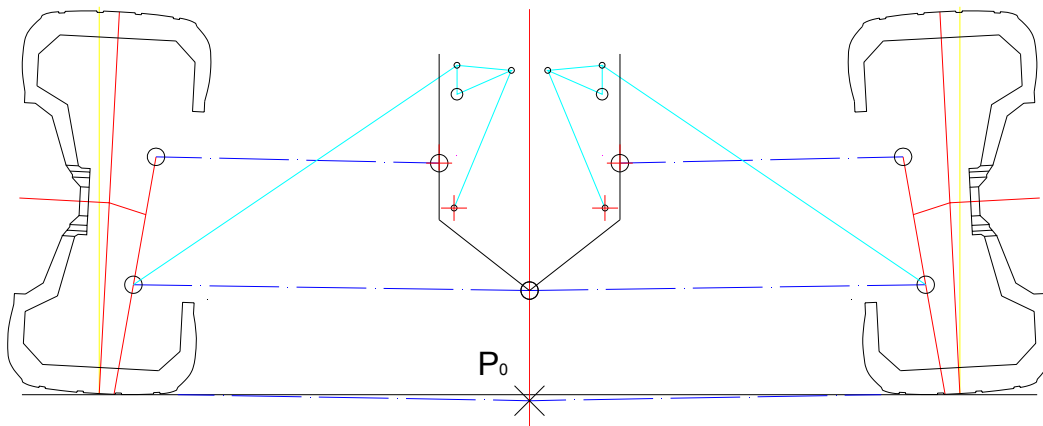


Fig. 14 Roll – centre.

Un roll centre posicionat avall permet controlar millor la inclinació del xassís mitjançant les barres estabilitzadores i fa el cotxe més previsible i manejable. La posició d'aquest punt no canviarà massa durant el moviment de la suspensió, ja que el recorregut és molt curt.

Camber

El Renault R26 utilitzava un *camber* aproximadament de 3° en a majoria de les curses. En el model s'ha escollit també s'utilitza aquesta *camber*, ja que proporciona un rendiment correcte i l'efecte visual serà més realista.

Amb aquest angle el pneumàtic treballa bé quan està carregat, ja que les forces laterals que apareixen en corba tendeixen a deformar la suspensió, i sense aquest angle la roda treballaria amb *camber* positiu.

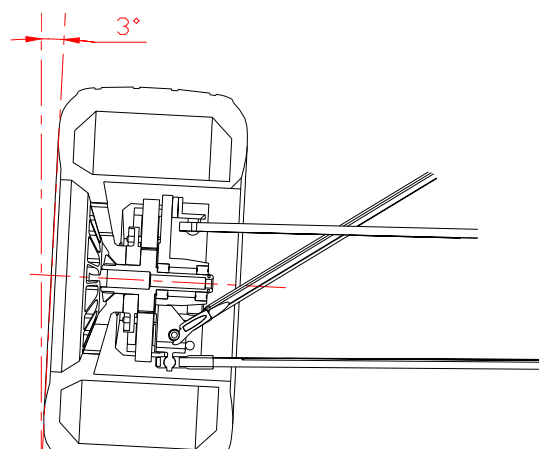


Fig. 15 Camber.

El *camber* s'ajusta de forma ràpida amb els gruixos que hi ha entre la unió d'alumini del triangle superior davanter i la caixa. Aquests gruixos permeten variar el *camber* segons la mida que tinguin.

El *camber* utilitzat en la configuració inicial del cotxe és de -3° , amb un rang d'ajustament d'entre -4° i -0° . No es recomana variar molt el *camber*, ja que també es canvia el *kingpin* i el *roll centre* si es modifica.

Toe-in

El *toe-in* és l'angle que forma un pla vertical al centre de la roda respecte la direcció longitudinal del cotxe vist en planta.

En els cotxes de competició s'utilitza un *toe-in* negatiu a l'eix del davant perquè proporciona una major estabilitat a l'entrada de les corbes. Els inconvenients que hi ha són una pèrdua de velocitat i major moment resistent de la roda.

Aquest model s'ha previst un *toe-in* davanter standard de $-0,5^\circ$, és a dir, les rodes del davant estaran obertes formant un angle entre elles de $0,5^\circ$.

El *toe-in* es pot ajustar de forma fàcil mitjançant els pernys de les ròtules de la cremallera de direcció.

Kingpin i kingpin offset

El *kingpin* és l'angle que forma l'eix que passa per les dues ròtules de la suspensió respecte la vertical, vist per davant. En suspensions amb doble triangle és molt fàcil dissenyar aquest angle ja que es pot controlar molt bé la posició de les ròtules. A més de l'angle *kingpin*, és important la distància del punt on talla l'eix de gir de la caixa amb el terra, fins al centre de contacte de la pneumàtica. El *kingpin* està molt relacionat amb el *camber*, i varia tant amb el moviment vertical de la roda com aplicant un angle de gir a la direcció.

Aquest angle permet fer que es pugui variar el *camber* mentre es gira la roda per la direcció. S'aconsegueix que la roda interior tingui *camber* positiu i la roda exterior *camber* negatiu, fet que proporciona major adherència i fa que els pneumàtics treballin millor.

El *kingpin* no es pot ajustar de forma senzilla, per fer-ho, caldria modificar les unions d'alumini de les ròtules de la suspensió davantera. S'ha pensat que aquestes peces poden facilitar la feina en cas que sigui necessari realitzar alguna modificació d'aquest tipus, ja que no cal canviar tota la caixa, només una de les dues peces.

Una particularitat d'aquest model és que la barra *push-rod* va connectada directament a una ròtula situada a la caixa. En la majoria de suspensions la ròtula de la barra *push-rod* està muntada al triangle inferior.

Les avantatges de posar-la a la caixa són un moviment menys influenciat de l'amortidor amb la direcció, un millor aprofitament de l'espai de la caixa, i una càrrega menor sobre el triangle inferior fent que només treballi a tracció - compressió.

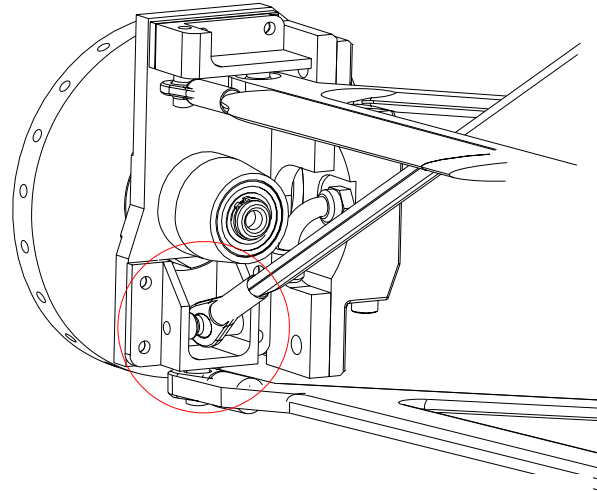


Fig. 16 Muntatge de la barra *push-rod*.

El punt de tall de l'eix de direcció amb el terra s'ha col·locat en el punt de contacte del pneumàtic per minimitzar el braç del moment de frenada. Així la deformació de la suspensió és menor i els components treballen més descarregats oferint major precisió.

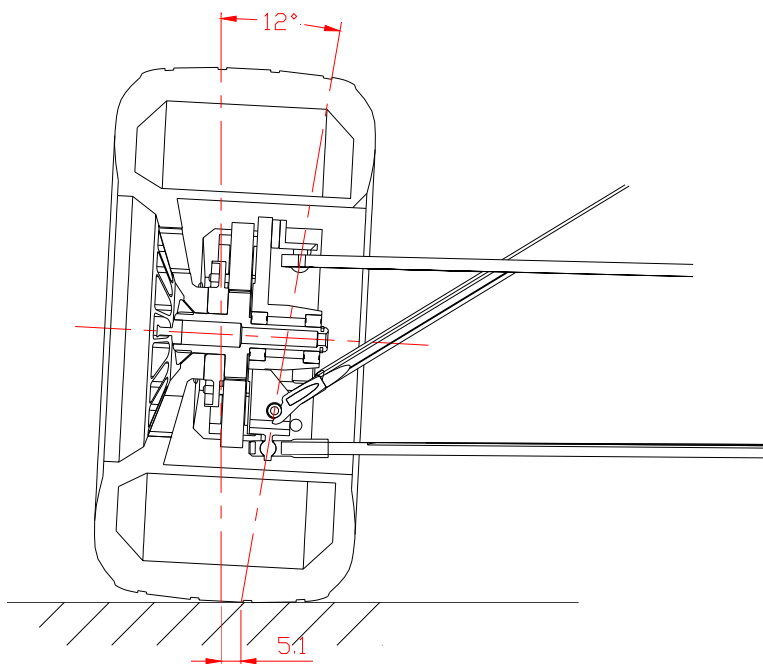


Fig. 17 *Kingpin* i *kingpin offset*.

La reducció del *kingpin offset* disminueix la sensibilitat del pilot a la direcció. Aquest problema no es contempla en un cotxe de ràdio control, ja que la connexió entre la direcció i el pilot, es fa mitjançant un servomotor. El pilot no té cap informació de l'esforç que representa accionar la direcció.

Caster i caster trail

El *caster* és la inclinació de l'eix de gir de la caixa vist des del costat i mesurat respecte la vertical. El *caster trail* és la distància entre el punt de tall entre aquest eix i el terra, i el punt de contacte del pneumàtic. Serveix per provocar l'autoalineament de les rodes quan el cotxe es mou en línia recte, és similar a les rodets boges d'un carro de supermercat.

El *caster* també influeix en la variació del *camber* quan es giren les rodes per la direcció, fent-lo variar al llarg del moviment.

El *caster trail* pot variar quan el cotxe es mou, ja que la zona de contacte entre el pneumàtic i el terra es desplaça segons les forces que rep. Aquest desplaçament fa variar tant el *caster trail* com el *kingpin offset*.

En aquest cotxe s'utilitza un *caster* positiu de 8° i un *caster trail* de 7,1 mm.

4.2 SUSPENSÍO DE DARRERE

La suspensió del darrere té les mateixes funcions que la davantera. Les diferències més importants són que no hi ha direcció, és a dir, que no es canvia el gir de les rodes, i en canvi, hi ha transmissió. Per aquest motiu la suspensió posterior està més sol·licitada, i fet que requereix uns pneumàtics més amples.

4.2.1 Descripció dels components principals

La suspensió posterior és del mateix tipus que la suspensió davantera. Està muntada directament sobre la carcassa de la caixa de canvis, igual que en el Renault R26. Les diferències són que no hi ha tercer amortidor i que els amortidors principals estan en una posició invertida per aprofitar millor l'espai.

Tipus	<i>Push-rod</i> amb doble triangle sobreposat
Ressort	Barra de torsió
Amortidor	Amortiguador amb fluid viscos
Barra estabilitzadora	Barra estabilitzadora en forma de T.
Ajustaments	Es pot ajustar: - Camber - Toe-in - Ride height

Les parts de la suspensió posterior són:

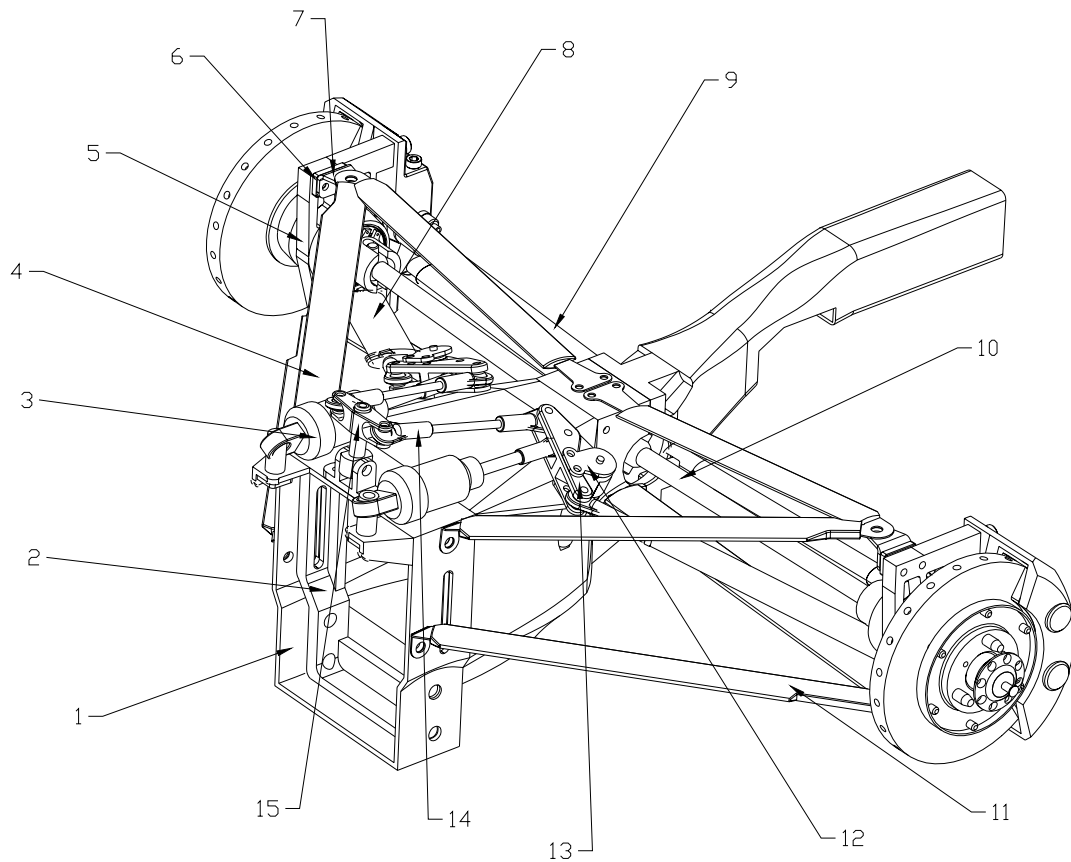


Fig. 18 Suspensió posterior. 1.Carcassa caixa canvis. 2. Marc reforç caixa canvis. 3.Amortidor. 4.Triangle superior. 5. Boixa. 6. Gruix ajustament camber. 7.Anclatge triangle superior. 8.Palier. 9.Barra push-rod. 10.Barra toe-in. 11. Palier. 12.Barra torsió. 13.Balanci. 14.Bieleta barra estabilitzadora. 15.Barra estabilitzadora.

Com es pot veure en la figura 10, el tipus de suspensió és el mateix que en l'eix de davant. Les diferències bàsiques estan en la disposició dels elements. La transmissió allotjada dins la caixa de canvis, obliga a que la suspensió hagi d'anar fora de la carcassa de la mateixa. A més, el capó motor en aquesta part del cotxe és molt baix per millorar l'aerodinàmica. Per aquests motius, es munten els amortidors i els balancins en un pla horitzontal, enlloc de vertical com en la suspensió del davant.

Les barres de torsió estan muntades des de fora cap a dins de la carcassa, i inclinades uns 23° respecte la vertical. Aquest disseny permet optimitzar l'espai i reduir les forces que ha de suportar la barra *push-rod*.

La barra *push-rod* s'articula pel seu extrem inferior directament sobre la boixa amb una ròtula. En aquest cas, no hi ha cap peça auxiliar, com en la boixa davantera, per unir el triangle inferior i la boixa.

Tot seguit s'expliquen amb detall algunes peces importants de la suspensió posterior:

Triangles

Els triangles estan construïts amb una ànima de xapa d'acer i un recobriment de fibra de vidre. No hi ha ròtula ni en el triangle superior ni en l'inferior, ja que el moviment s'aconsegueix per la flexió de la xapa. Per aconseguir que la deformació sigui només en els extrems de la peça, es redueix la secció en aquest punt, passant de 2mm (xapa + fibra de vidre) a 0,3 mm (xapa).

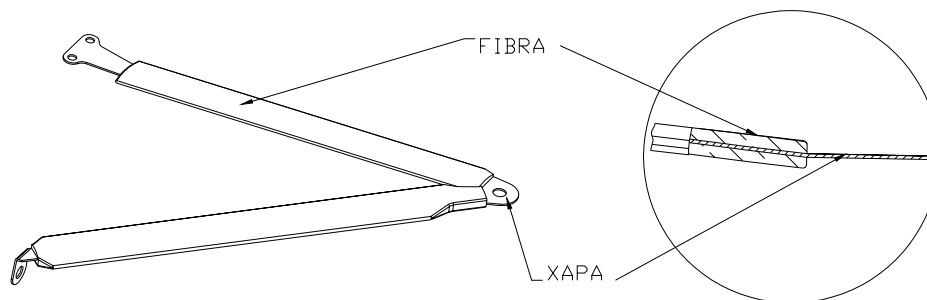


Fig. 19 Detall constructiu triangle superior esquerre del darrere.

El tipus d'anclatge sense ròtula millora molt la precisió del conjunt, ja que no existeix joc entre les peces. El gruix de la xapa és petit, i pràcticament no té influència sobre la força que cal fer pel moviment de la suspensió. Per últim, l'estalvi de les ròtules minimitza l'espai necessari per les unions.

Els triangles de la suspensió són simètrics, essent diferents els triangles superiors i inferiors.

Boixes

Les boixes estan fabricades amb Delrin, i allotgen els coixinets rígids de boles. En aquest cas els eixos són més grans perquè transmeten el parell motor, essent el diàmetre el doble. Estan collades als dos triangles, a la barra *toe-in*, a la barra *push-rod* i amb la pinça de fre. Per regular el *camber* cal canviar els gruixos de la unió amb el triangle superior, per peces de gruix diferent.

Balancins i barres de torsió

Els ressorts son barres de torsió, que estan muntades de forma concèntrica per dins el pivot del balancí. A la part superior tenen una xapa que permet collar-les al balancí, i per la part inferior queden fixades amb el pivot gràcies a la forma quadrada que tenen en aquesta part.

La secció central és circular de diàmetre 1,46mm. Estan fabricades amb acer 1.0904, especial per a molles.

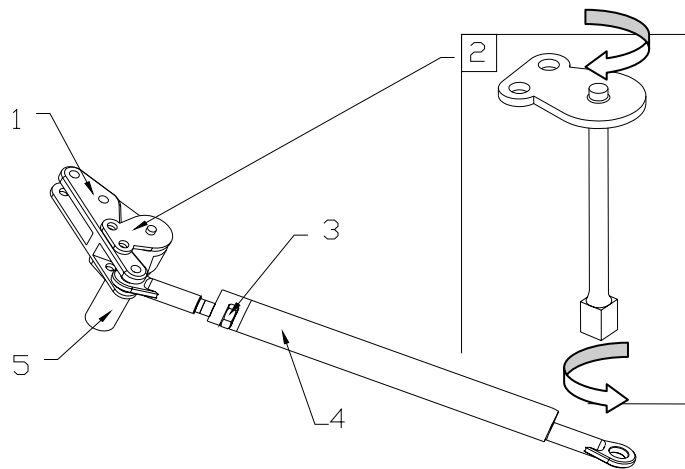


Fig. 20 Barra torsió. 1.Balancí. 2.Barra torsió. 3.Femella per ajustar ride height. 4.Barra pushrod. 5.Pivot balancí.

Els amortidors son iguals que els del tren davanter. Estan posicionats horitzontalment i per un extrem connectats al balancí, i per l'altre a la caixa de canvis. En el R26 van muntats del balancí cap a darrere, i en aquest model a escala estan invertits, és a dir, del balancí cap endavant. Aquesta redistribució és necessària ja que no s'ha trobat amortidors que siguin exactament a escala dels reals, ja que són lleugerament més grans.

Barra estabilitzadora

La barra estabilitzadora és del tipus T, similar a la utilitzada per Renault. Aquesta barra connecta les dues bieletes que surten dels balancins, i es deforma per equilibrar el cotxe en les curves. Normalment en els reglatges la barra estabilitzadora posterior és més tova que la davantera.

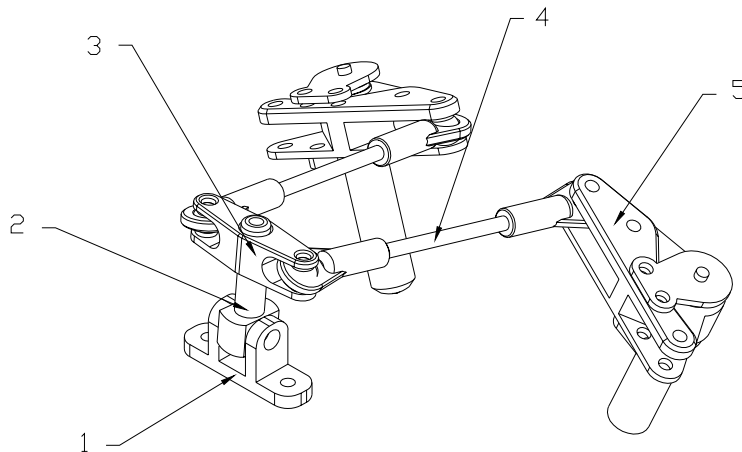


Fig. 21 Sistema de barra estabilitzadora

La barra estabilitzadora es pot canviar fàcilment per modificar els reglatges. També està previst que es pugui modificar el sistema en futures millores, d'una forma senzilla.

4.2.2 Geometria de la suspensió posterior

La suspensió posterior està dissenyada per complir una geometria que optimitza el rendiment. Igualment que la suspensió del davant, hi ha *camber*, *caster*, *toe-in*, *kingpin*, *roll-centre* i a més, *anti-squad*.

A continuació s'expliquen els conceptes més importants de la geometria de la suspensió del model:

Camber

El *camber* a les rodes posteriors no és tan elevat com al davant. S'ha determinat com a reglatge *standard* -1° . Es pot ajustar des de -3° fins a $+1^\circ$, canviant els gruixos que hi ha a l'anclatge del triangle superior. Aquest sistema és molt similar al davanter i funciona de la mateixa manera.

Toe-in

El *toe-in* està controlat per un braç independent, que està unit a la caixa i a l'estructura d'impacte posterior. Aquesta barra articulada, no té cap estructura interior de xapa, sinó que està construïda tota amb fibra de vidre, amb uns inserits metàl·lics a cada extrem per fer les unions. En un costat hi ha el sistema de regulació del *toe-in*, que consisteix en una rodeta roscada que separa o acosta la ròtula mitjançant una rosca. En l'altre extrem hi ha un sistema d'unió flexible amb una junta de goma, similar a la que s'utilitza en els cotxes de carrer.

Aquesta barra té un perfil d'ala i està col·locada just darrere del palier per millorar el flux d'aire en aquesta zona. Està sotmesa a compressió quan s'accelera, i a tracció quan es frena. En les corbes la força no és massa gran, ja que l'àrea de contacte està molt centrada a l'eix vertical del centre de la roda, i el braç de palanca que té és petit.

El *toe-in* és de $0,5^\circ$, és a dir, que la part davantera del pneumàtic apunta cap a l'interior. Amb aquest angle, es millora l'estabilitat de en l'entrada a les corbes.

Kingpin i kingpin offset

El *kingpin* a l'eix del darrera és de 15° amb un *kingpin offset* de 9,7 mm. L'angle de *kingpin* és bastant elevat però no té molta importància ja que la roda posterior no gira per la direcció. La menor longitud efectiva del triangle superior respecte l'inferior permet que el *camber* es torni més negatiu amb el moviment vertical de la roda.

Caster i caster trail

El *caster* no es pot ajustar de forma ràpida, per fer-ho seria necessari canviar l'anclatge del triangle superior. El *caster* és positiu amb 4° d'inclinació i un *caster-trail* avançat de 2 mm. La zona de contacte del pneumàtic posterior varia bastant més que

a l'eix del davant, ja que en acceleració és l'únic que està empenyent el cotxe amb una gran força, i per tant, la deformació també és gran.

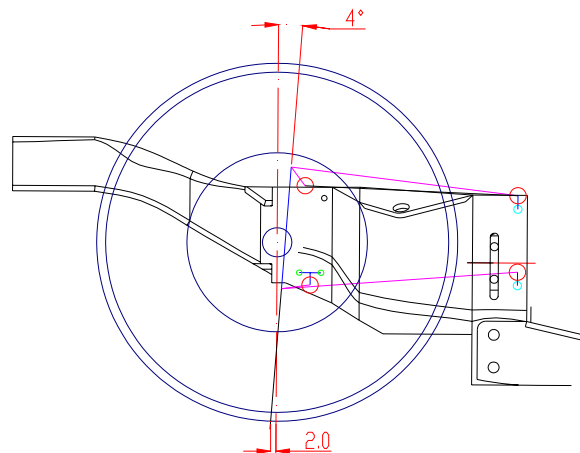


Fig. 22 Caster i caster trail

Roll centre i anti-squad

El roll centre del cotxe en l'eix posterior se situa una mica més amunt que l'eix davanter, a 22 mm, respecte un *ride-height standard* de 6 mm. El roll centre més elevat permet una resposta més suavitzada i menys directe en les corbes, sobretot per fer el cotxe més fàcil de conduir, encara que es perdi adherència i s'augmenti la inclinació del cotxe a les corbes.

L'*anti-squad* és un concepte que consisteix en reduir la variació d'alçada de l'eix motriu quan s'accelera, mitjançant l'elevació del centre de gir virtual (A) de la suspensió. S'aconsegueix inclinant els braços de suspensió, sobretot l'inferior, perquè aquest punt es trobi sobre l'eix de les rodes. L'objectiu és reduir la força que fa baixar l'eix del darrere quan s'està accelerant.

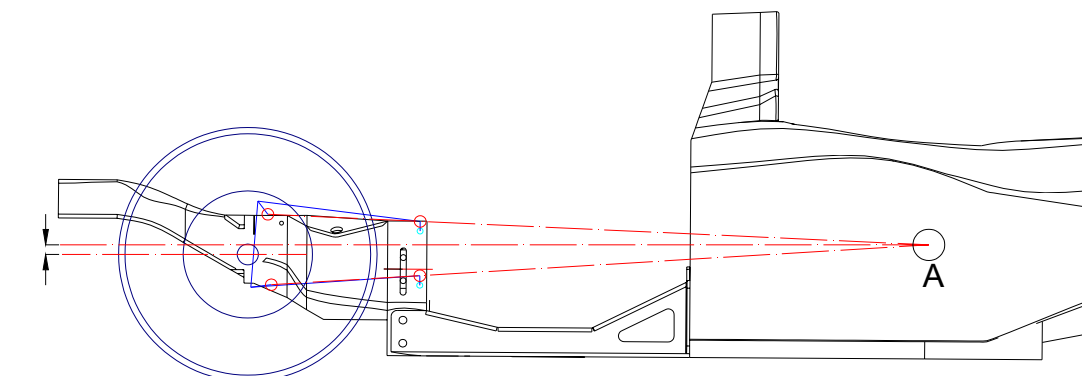


Fig. 23 Representació del centre virtual de gir (A) i de l'*anti-squad*

4.3 DIRECCIÓ

El pilot ha de variar en tot moment l'angle de gir del volant per ajustar la direcció del cotxe segons ell vulgui. En aquest model, el pilot realitza aquesta acció a través d'un comandament emissor que envia una senyal de ràdio al cotxe. Des del cotxe es processa la senyal i s'acciona un servomotor que governa el sistema de direcció mecànic per dirigir el cotxe.

Aquest capítol explica amb tot detall el sistema de direcció mecànic del cotxe, no es fa referència a la part electrònica de l'emissor-receptor ja que aquesta es tracta en un altre punt.

4.3.1 Sistema mecànic

Bàsicament es compon d'un mecanisme de pinyó-cremallera (Fig.24, 8 i Fig.25, 1) que acciona els braços de direcció (Fig.24, 4) connectats a les boixes per fer girar les rodes respecte l'eix de direcció.

L'accionament està situat a l'interior del *cockpit* (Fig.25, 4) per millorar el repartiment de pesos i per baixar el centre de gravetat. Aquest servomotor comercial de 22 kg-cm transmet el moment, mitjançant una palanca doble, a dues barilles (Fig.25,3), que alhora estan articulades a les palanques del pinyó de la cremallera. A cada extrem de la cremallera, les bieletes de direcció es connecten a la corresponent caixa mitjançant ròtules amb una bola de 4 mm de diàmetre.

El servomotor es controla des del comandament a distància, o emissora, que permet enviar la senyal del pilot al cotxe quan està en moviment. La senyal es processa amb el receptor que transforma la senyal per governar el servomotor.

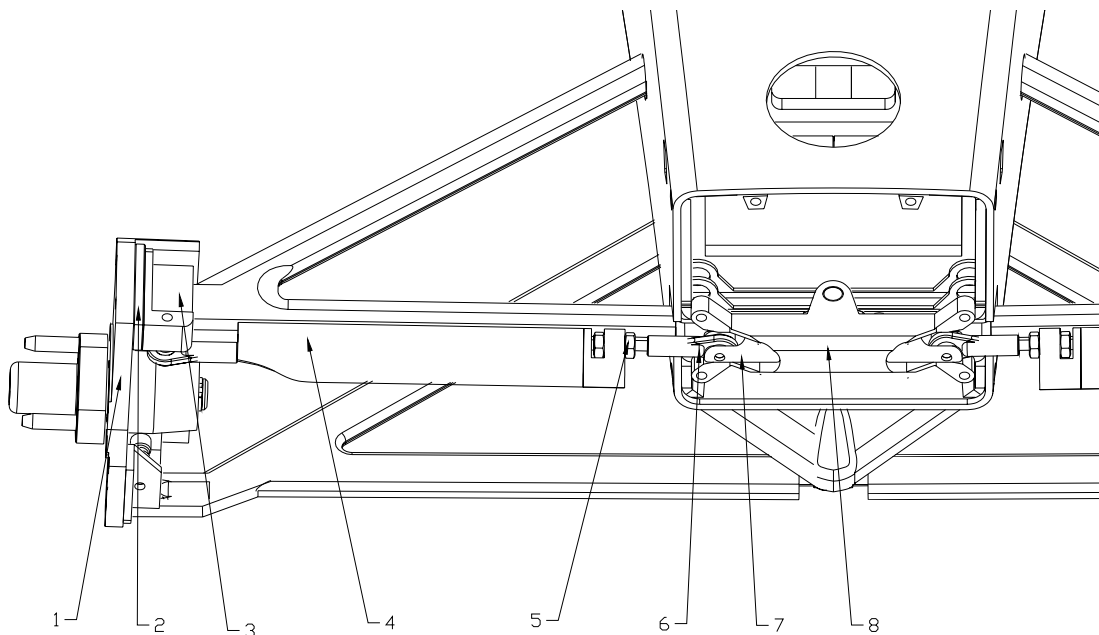


Fig. 24 Direcció. 1.Boixa. 2.Gruix camber. 3.Anclatge alumini. 4.Bieleta direcció. 5.Ajustament toe-in direcció. 6. Ròtula. 7.Cremallera. 8.Caixa direcció.

4.3.2 Ajustament de la direcció

La direcció té varies maneres per ser ajustada:

- **Ajustament *toe-in*:** per realitzar l'ajustament del *toe-in* a l'eix davanter s'ha de manipular la femella del braç de direcció (5, Fig.10). Aquesta femella permet distanciar o acostar les ròtules de cada braç independentment. Primer s'ha de afliurar la femella de fora, per poder ajustar la distància amb la de dins. Una vegada fetes les modificacions es torna a collar fortament la femella de fora.
- **Ajustament del *trimmer*:** Per coordinar la direcció del cotxe amb la direcció de l'emissora s'ha d'ajustar el *trimmer*. El *trimmer* és un potenciòmetre col·locat paral·lel a l'eix de la direcció de l'emissora, que permet fer un ajustament precís de la posició del servomotor respecte la palanca o volant de l'emissora. Si el cotxe no va totalment recte quan no es toca el comandament pot ser per un mal trimatge, quan el desviament és molt petit, o per un mal ajustament de les barilles o els braços de direcció. El trimatge és l'últim pas de la posada a punt de la direcció. No serveix per grans desviaments, llavors s'ha de fer mecànicament.
- **Ajustament de les barilles del servo:** Per ajustar la direcció, el primer que cal fer és posar a punt les barilles. Primerament cal assegurar que tinguin la mateixa longitud, la qual cosa permet que la palanca del servo estigui sempre paral·lela a la palanca del pinyó de la direcció.

4.3.3 Pilot i volant

En un cotxe de Fórmula 1 real quan està corrent, s'aprecia des de l'exterior que el pilot i el volant es mouen. Per fer més realista el model, hi ha un sistema de palanques que fa moure el volant i les mans del pilot accionades pel mateix servo de la direcció. El casc del pilot es mourà per segons la força centrífuga en les corbes, gràcies a l'acció d'un contrapés situat dins el cockpit. Des de l'exterior es pot apreciar el moviment tal com si es tractés d'un cotxe totalment real.

4.3.4 Efecte d'Ackerman

En una corba la roda davantera interior i la exterior descriuen trajectòries diferents. Com que els radis de gir són diferents, cada roda ha de girar un angle determinat i diferent de l'altre, ja que sinó la roda interior patinaria. L'efecte d'*ackerman* permet corregir aquest problema fent que la roda exterior giri més que la interior.

Aquest últim millora l'entrada en corba sobretot en cotxes amb tracció posterior, i corregeix el subviratge inicial. La seva influència és més notable en corbes lentes.

En el model l'*ackerman* és del tipus forçat, ja que el punt de tall de les rectes es troba per davant l'eix posterior.

En la figura següent es pot veure aquest efecte d'*ackerman* juntament amb la disposició del sistema de barillatge i el servo:

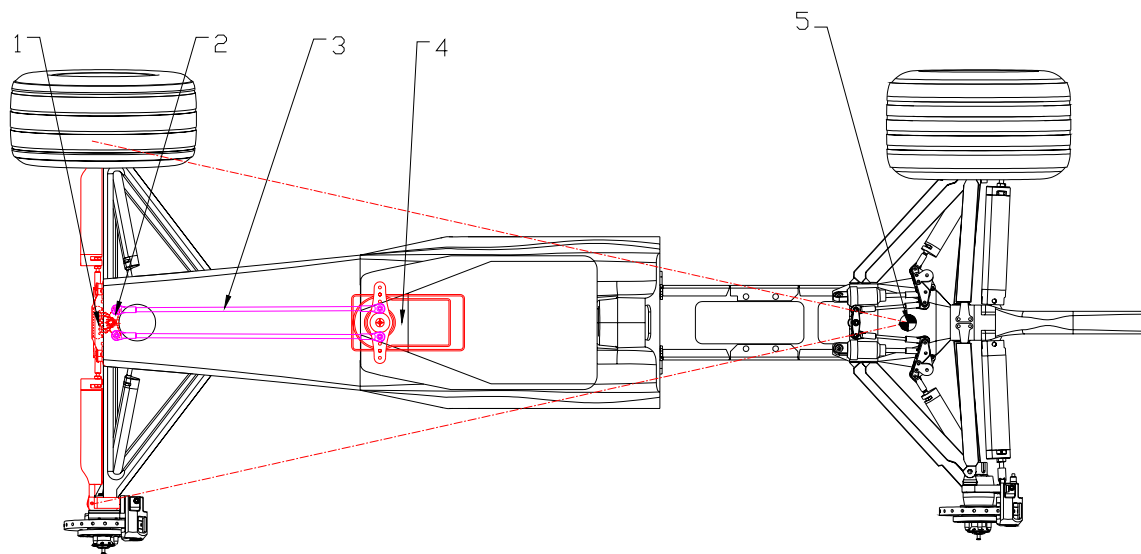


Fig. 25 Esquema de la direcció. 1.Pinyó i cremallera de la direcció. 2.Palanca d'unió amb les barilles del servo. 3.Barilles del servo. 4.Servo. 5.Centre d'Ackerman.

4.4 PNEUMÀTICS I LLANTES

Els pneumàtics són els elements que més influència tenen sobre el comportament del cotxe. Són l'únic contacte que té el cotxe amb el terra, a través del qual, han de passar totes les forces generades pel cotxe amb l'exterior.

Per tant, cal tenir molta cura alhora de dissenyar-los. Tractant-se d'un cotxe de tipus fórmula, els pneumàtics estan descoberts, és a dir, a la vista. No hi ha cap pneumàtic comercial de RC que compleixi-hi les dimensions correctes, i degut a això cal construir-ne uns que sí compleixin les especificacions.

4.4.1 Pneumàtics

El disseny es basa totalment en els pneumàtics de RC, fabricats amb un material elàstomer o cautxú. Al ser tant petits, no tenen carcassa interior de reforç, com els pneumàtics convencionals. La cavitat del pneumàtic està emplenada amb un material goma - espuma, anomenat *mousse*, i no amb gas³. La *mousse* fa la funció de l'aire i juntament amb la força centrífuga, ajuda a mantenir la rigidesa del pneumàtic.

La geometria exterior del pneumàtic és idèntica als pneumàtics Michelin que utilitzava Renault. En la figura Fig. 25 es mostra la geometria dels pneumàtics davanter i posterior, amb les dimensions més importants:

³ En la F3rmula 1 actualment s'utilitza nitrogen en comptes d'aire per inflar els pneumàtics. Aquest gas és menys sensible a les variacions de temperatura i millora la impermeabilitat del pneumàtic.

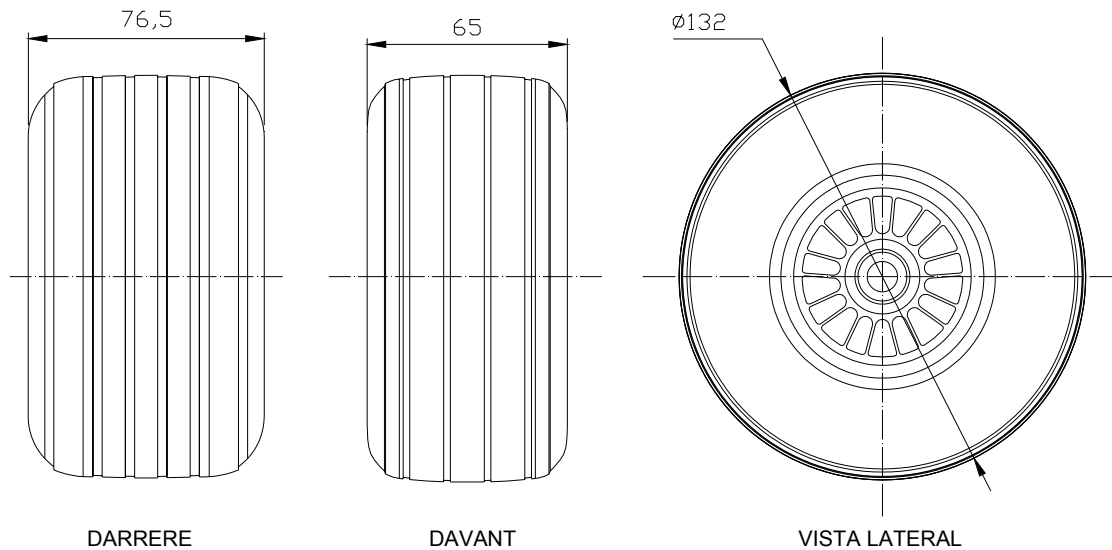


Fig. 26 Vista dels pneumàtics.

El pneumàtic està fabricat amb elastòmer de poliuretà de color negre, que proporciona bona adherència i resistència al desgast. La geometria s'obté per colada en motlle, on els dos components de la resina polimeritzen. El motlle es mecanitza en alumini, que proporciona bones toleràncies geomètriques i d'acabat.

Els pneumàtics davanters i posteriors tenen diferents funcions. Els pneumàtics davanters són els que proporcionen direccionalitat al vehicle i suporten més càrrega en frenada. En canvi, els de darrere transmeten la tracció del cotxe, i en les corbes han de crear més força lateral que els davanters degut al repartiment de pesos. Per tant, sobretot degut a la gran potència del motor, els pneumàtics posteriors són els que pateixen més desgast i tensió. Per aquest motiu les rodes de posteriors són més amples que les davanteres.

Els pneumàtics formen part de la suspensió, ja que és la primera part del cotxe que absorbeix les irregularitats del terreny. El fet de tenir uns flancs tant grans en proporció al seu diàmetre, fa que la deformació que experimenta el pneumàtic sigui important. La deformació del pneumàtic és major que el desplaçament de la suspensió. Per aquest motiu cal considerar aquest efecte en el seu disseny.

4.4.2 Llantes

En aquest model, les llantes estan fabricades amb plàstic, concretament Delrin, per les seves propietats mecàniques i la facilitat de mecanització. El pneumàtic s'enganxa a la llanta amb adhesiu cianoacrílic. Abans, cal posar la *mousse*, amb la màxima cura que es pugui, per obtenir un pneumàtic que no produeixi vibracions en la rotació. Cal tenir en compte que giren prop de 3.000 rpm a la velocitat màxima, i produint una enorme força centrífuga que deforma els pneumàtics radialment augmentant el diàmetre en la part central.

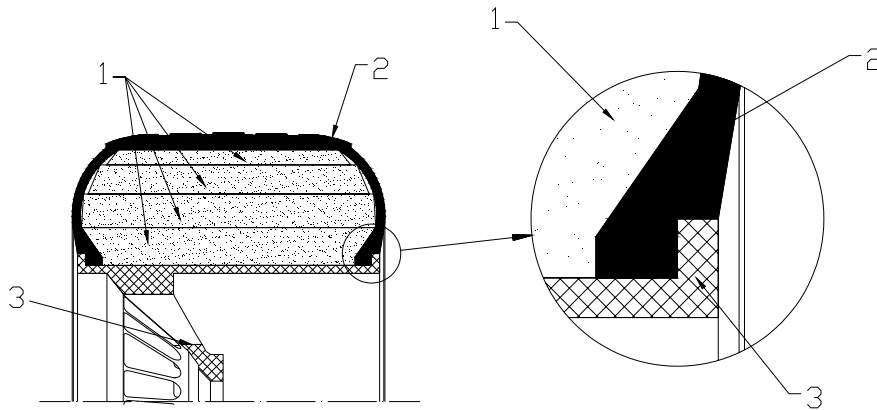


Fig. 27 Secció pneumàtic. 1. Espuma per absorbir els esforços del pneumàtic. 2. Pneumàtic d'elastòmer de poliuretà. 3. Llanta de Delrin.

La unió de la llanta amb l'eix de cada caixa es fa amb una sola femella. S'aconsegueix més rapidesa per fer el canvi de rodes durant la cursa. El parell dels frens i del motor es transmet a la llanta amb tres pius que s'insereixen als forats de la mateixa, quan es munta la roda.

La femella té una cara cònica, per collar millor la llanta a l'eix, i evitar jocs. Està fabricada amb alumini per reduir el pes, i la seva rosca és M10x100. Per collar-la i descollar-la s'ha d'utilitzar una clau especial que encaixa amb la geometria de la femella en el lateral exterior. Aquesta peça ha evolucionat molt en els últims anys, per millorar el flux d'aire que surt dels frens, és a dir, simplement per l'aerodinàmica del detall.

A continuació es detalla la unió de la llanta amb l'eix:

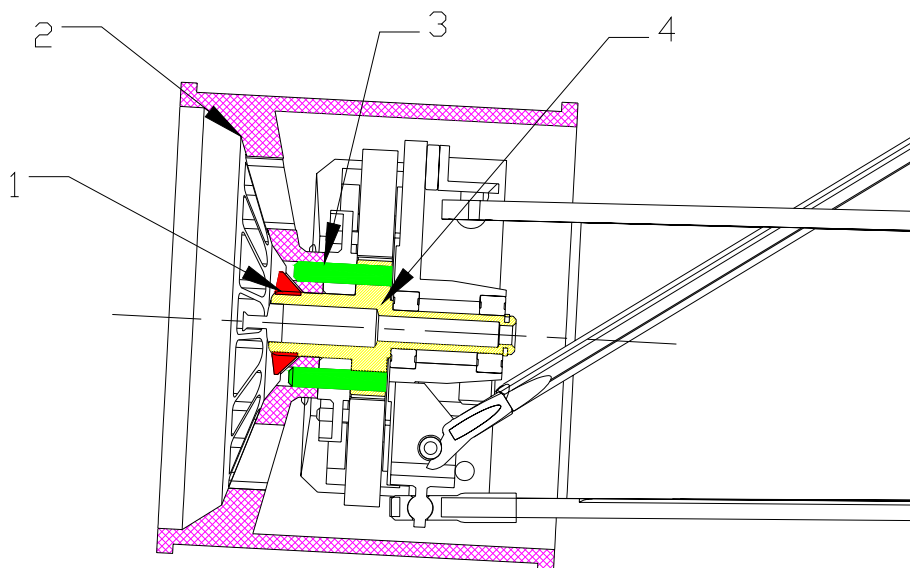


Fig. 28 Vista de la unió de la llanta a la caixa. 1. Femella (vermell). 2. Llanta (ratllat lila). 3. Pius per assegurar la transmissió del parell (verd). 4. Eix (groc). (El pneumàtic no està representat).

5 MOTOR, TRANSMISSIÓ I FRENS

El motor i la transmissió és la part més adaptada a model escala, i que es diferencia més del cotxe real. A més, suposa el punt més crític per a la fiabilitat del cotxe i que necessita més manteniment. Com s'explica en el punt 2 del projecte (Adaptació del model real al model a escala), el motor és un dels punts clau per a decidir l'escala del cotxe, ja que s'ha de comprar i escollir dins l'oferta del mercat. A partir d'aquí, s'ha dissenyat la transmissió, sense trencar amb l'estètica del Renault R26. Els punts següents detallen les característiques del motor i de la transmissió.

5.1. Motor

El motor que utilitza aquest model és un OS 30VG - (X) de 5 c.c. amb una potència, segons el fabricant, de 3 CV a 26 500 rpm. Aquest motor és utilitzat en competicions de *monster - trucks*, que competeixen per pistes de terra i necessiten bastant parell per anar ràpid en aquest tipus de circuits.

Les característiques principals del motor són:

- Sortida d'escapament posterior.
- Cigonyal sobredimensionat per augmentar la durabilitat, recolzat sobre un rodament rígid de boles tapat al davant, i un altre rodament més gran al centre.
- Utilitza una camisa de tres ports amb feta amb un sistema molt modern anomenat ABL (Advanced Bimetallic Liner). Consisteix en una combinació de capes de diferents metalls que proporcionen una major durabilitat i millor refrigeració.
- Biela amb dos dolles de bronze i dos forats de lubricació.
- Una culata molt gran combinada amb les aletes del cilindre per extreure la calor.
- Carburador OS amb dos agulles d'ajustament per a la carburació, amb un anell de material aïllant per evitar la conducció de calor entre el bloc motor i el carburador. Això disminueix l'evaporació del combustible abans d'entrar al cilindre i en millora el rendiment.
- Per defecte, el motor compta amb una bugia del número 8.
- S'ha escollit el model amb arrancada mitjançant tirador dels tres que ofereix la marca.
- Combustible especial per motors de RC amb contingut de nitrometà, recomanat pel fabricant, del 20% al 30%.

Les prestacions del motor són:

Cilindrada	5 cm ³
Diàmetre	18,5 mm
Cursa	18,2 mm
Règim de gir pràctic	4.000 – 36.000 rpm
Potència ⁴	2,8 CV a 28.000 rpm
Parell ³	0,74 m·N a 23.500 rpm
Pes	408 g

5.2 Òrgans auxiliars del motor

Pel correcte funcionament del motor, és necessari que hi hagi els següents elements:

5.2.1 Alimentació de combustible i escapament

Els elements auxiliars del motor són importantíssims per les seves prestacions. L'escapament està molt relacionat amb el comportament del motor, i més tractant-se d'un motor de 2T. Es munta un tub d'escapament de doble camera d'alumini de la casa *SH Golden Lion*. El colze està fabricat amb també en alumini i la seva forma difereix notablement dels cotxes de RC comercials. El motor i el tub d'escapament no estan pensats per muntar-los en un cotxe com el d'aquest projecte, i per tant cal utilitzar un colze especial.

El dipòsit de combustible, està situat a l'interior del *cockpit*, per millorar el repartiment de pesos. Es connecta amb un tub de silicona al carburador, i amb un altre al tub d'escapament. Aquest últim, serveix per proporcionar la pressió suficient a l'alimentació, i forçar així l'entrada de combustible al motor.

5.2.2 Embragatge i control de l'accelerador

L'embragatge que es munta en tots els cotxes de RC és del tipus centrífug, i en aquest cas de tres sabates de carboni. Les sabates estan muntades directament sobre el volant d'inèrcia del motor que és solidari al ciguenyal. Quan gira per sobre un determinar règim, les sabates friccionen amb la campana de l'embragatge i la fan girar iniciant el moviment de forma suau. Unit a la campana hi ha el pinyó de sortida del motor.

L'accelerador es controla amb el servo-motor del gas. Es governa amb el comandament a distància del pilot, que al igual que amb la direcció. La palanca del servo va connectada al carburador amb un sistema de barillatge especial de RC.

⁴ Dades aproximades.

5.2.3 Carburació i posada en marxa del motor

La carburació dels motors de RC ha de realitzar-se cada vegada que es pretén engegar el motor. Amb cilindrades tan petites, els motors son molt sensibles als canvis de les condicions atmosfèriques. La carburació s'explica en l'annex corresponent a posada a punt. Per ajustar la mescla es fa bàsicament amb dos cargols que incorpora el carburador per a tal efecte.

La posada en marxa es fa a través d'una taula arrencadora, que transmet el moviment d'una roda que es fa girar amb un motor elèctric, al volant d'inèrcia del motor. Simultàniament a aquesta operació, és necessari utilitzar l'escalfador de la bugia. Aquest aparell, és bàsicament una bateria, que dóna corrent a la bugia per tal de posar-la incandescent i iniciar així les explosions⁵.

5.2.4 Sistema d'encesa

La bugia del motor és del tipus d'incandescència, i necessita connectar-se a una bateria només durant l'arrancada del motor. Per fer més ràpida aquesta operació, el cotxe disposa a l'interior del cockpit d'un connector que s'ha d'alimentar en el moment de l'arrancada. Una vegada el motor està en marxa, es desconnecta i la bugia es manté incandescent gràcies a la pròpia temperatura de l'interior del cilindre.

5.2.5 Refrigeració

La refrigeració del motor és per aire, que flueix al voltant del bloc i de la culata extraient la calor. El capó motor està molt ajustat a la culata, motiu que dificulta la refrigeració. Per aixó, l'aire es força a passar per dins els pontons gràcies a un ventilador elèctric, que aspira l'aire de l'exterior per introduir-lo dins el capó.

La temperatura normal de funcionament del motor, es mesura directament sobre la superfície de la culata, i ha de ser d'uns 70 °C. Quan el vehicle està en moviment l'aire entra amb molta més facilitat, i l'aportació del ventilador no és gaire apreciable. En canvi, quan el cotxe està parat, només es refrigera per l'acció dels ventilador.

El ventilador està situat al pontó esquerre, ja que al dret hi ha el tub d'escapament. S'alimenta amb una bateria de 9V, amb un circuit totalment independent al del receptor de ràdio control. Dins el cockpit hi ha un interruptor per engegar i parar el ventilador.

La figura següent mostra la col·locació del ventilador dins el capó:

⁵ Els motors de RC, des de 1,5cc a 7,5cc utilitzen una bugia de fil d'incandescència. Una vegada s'ha desconnectat l'escalfador, el filament es manté incandescent gràcies a el calor de les explosions.

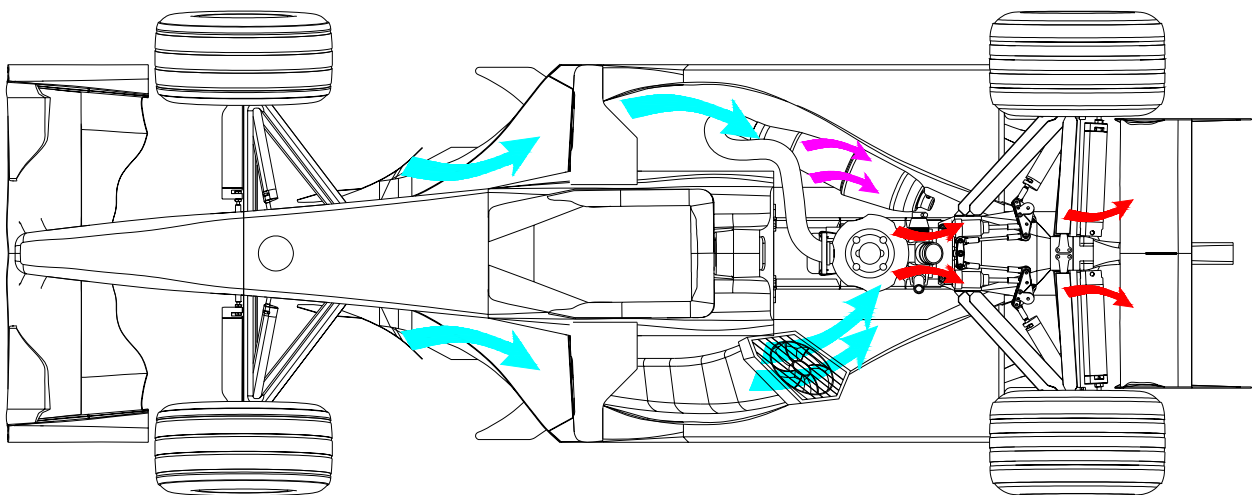


Fig. 29 Circulació de l'aire de refrigeració per l'interior del capó.

5.2.6 Admissió

L'admissió d'aire del motor es millora amb l'ajuda de l'*snorkel*. Aquesta peça condueix l'aire des de l'entrada situada sobre el casc del pilot, fins al carburador. Es millora el flux d'aire, perquè:

- L'aire que entra al motor està fresc i no s'ha vist afectat per la temperatura del motor.
- La quantitat d'aire que pot aspirar al motor és major, ja que dins el capó l'espai és petit i amb moltes turbulències que dificulten la circulació.
- La velocitat dinàmica de l'aire s'aprofita, i s'introdueix més massa d'aire cap al motor.

5.3 Transmissió

La transmissió és la part més important pel que fa a la fiabilitat. La potència que es transmet des del motor a les rodes, amb peces mecàniques petites i a altes revolucions fan que sigui complicat obtenir un conjunt durador.

La transmissió també està delimitada per les dimensions del cotxe real. El canvi de marxes i la part posterior de la transmissió són molt estretes i no permeten gaire llibertat. S'ha escollit utilitzar un sistema similar al que munten en RC, però sense diferencial, i sense cap tipus de canvi de velocitats, per simplificar el disseny.

Tot seguit es mostra la transmissió del cotxe:

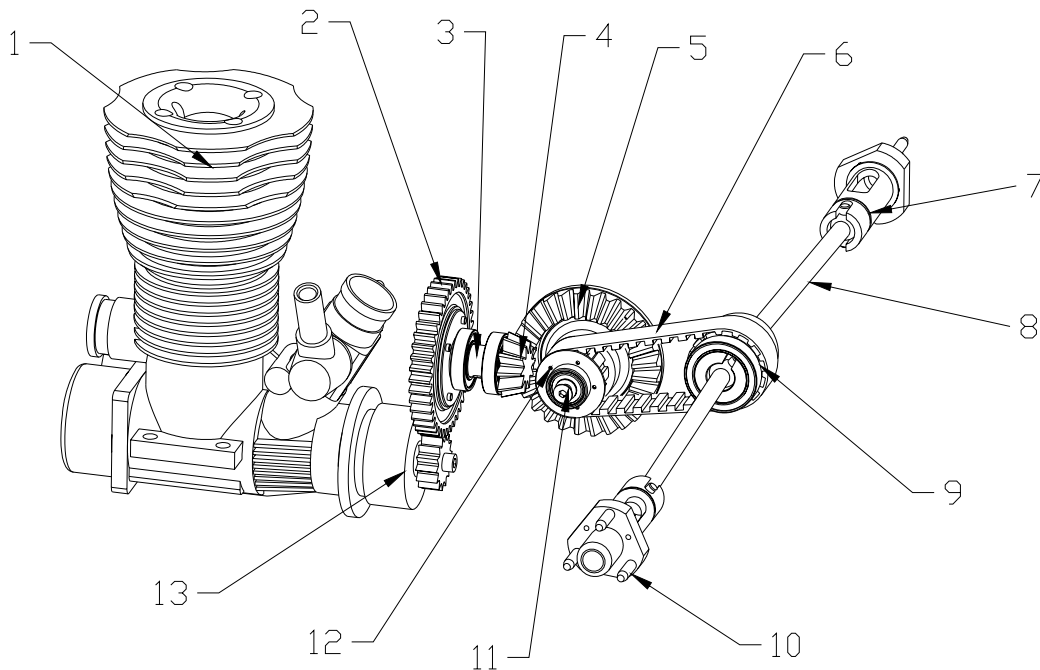


Fig. 30 Vista general de la transmissió. 1.Motor. 2.Corona. 3.Eix intermitja. 4.Pinyó atac cònic. 5.Corona cònic. 6.Corretja dentada. 7.Eix caixa. 8.Palier. 9.Politja conduïda. 10.Piu d'unió amb la llanta. 11.Eix corona cònica i primera politja. 12.Politja motriu amb guia. 13.Campana embragatge amb pinyó atac. En aquesta vista no hi ha el tensor per simplificar el dibuix.

Com es pot observar en la Fig. 25, la transmissió consta de tres etapes. Totes elles redueixen la velocitat de gir, passant de les gairebé 40.000 rpm que pot arribar el motor a 3401 de màxim de les rodes. Per a un règim de gir màxim normal, de 34.000 rpm, s'aconseguiria una velocitat de 71,9 km/h, que equivaldria a 360 km/h del cotxe real.

En la taula següent es mostren el nombre de dents dels engranatges de la transmissió:

Engranatge		z_i	rpm eix etapa i
Pinyó campana embragatge	Fig.25, 13	14	34.000 rpm
Corona (<i>standard</i>)	Fig.25, 2	42	11.333 rpm
Pinyó atac cònic	Fig.25, 4	10	
Corona cònica	Fig.25, 5	28	4.048 rpm
Politja motriu	Fig.25, 12	10	
Politja conduïda	Fig.25, 9	14	2.892 rpm

Els engranatges de les dues primeres etapes són components de RC. En la última etapa, les dues politges dentades i la corretja de 1/5" (Fig. 25, 6) són components industrials. Es pot substituir la corona per una altra amb un nombre diferent de dents, i canviar la relació de transmissió, d'aquesta manera s'ajusta la l'acceleració del cotxe i l'acceleració. El reglatge *standard* és amb la corona més gran, i per tant amb una reducció major.

Al canviar la corona, cal ajustar l'alçada del conjunt format per les dues primeres etapes. La carcassa del canvi té dues guies per ajustar la separació entre els engranatges ràpidament. El sistema de corretja dentada incorpora també un tensor que ajusta manté automàticament la tensió de la mateixa, en per a qualsevol posició de la corona.

Tots els eixos estan muntats sobre rodaments de boles, excepte l'etapa intermitja que hi ha un rodament d'agulles i un de boles.

Els paliers de la transmissió (Fig.25, 8) son components de RC, transmetent el moviment a les rodes amb una articulació (Fig.25, 7) del mateix tipus que les utilitzades en RC.

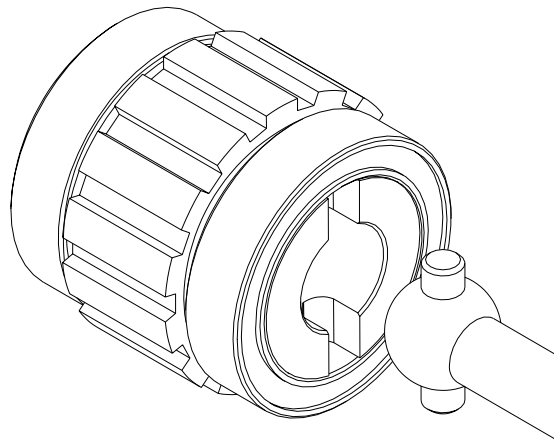


Fig. 31 Muntatge de l'articulació del palier.

Finalment, l'acoblament entre el semi-eix i la llanta es realitza amb una brida de tres pius (Fig.25, 10). Aquests s'insereixen al cos de la llanta, i s'assegura el muntatge amb una sola femella. Tant al davant com al darrere, s'utilitza el mateix sistema, amb una femella especial amb rosca de M-10x100.

Defecte del diferencial

En aquest model a escala, el diferencial no ha estat possible incorporar-lo, degut a la limitació d'espai en la part posterior del cotxe. Aquest defecte restarà prestacions sobretot a l'entrada de la corba en moviment transitori, i a mitja corba en moviment permanent. Per contra del que es pugui pensar, la pèrdua no és significativa. En la sortida de la corba, quan s'accelera, el fet de no tenir diferencial, pot arribar a millorar

la tracció, perquè el parell no es perd per la roda amb menys adherència. En la figura següent es mostren les limitacions d'espai que hi ha a la zona del diferencial:

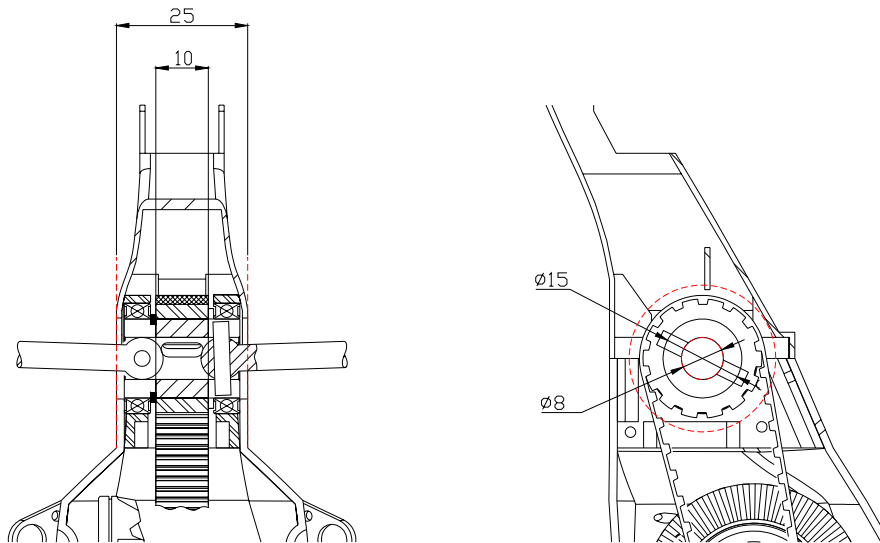


Fig. 32 Restriccions d'espai del diferencial.

Com es pot veure, no hi ha cap solució que s'adapti a aquestes especificacions. Les possibles variants, que haurien permès construir un diferencial que s'adaptés, eren totes massa complexes i costoses, per la qual cosa s'han desestimat.

Perquè la maniobra sigui possible, cal que alguna roda de darrere patini, essent la roda amb menys càrrega la més propícia a fer-ho.

5.4 Frens

El sistema de frens utilitza dos circuits hidràulics independents, un pel tren davant i un altre pel de darrere. L'accionament es realitza amb dos servo-motors de 3 cm·Kg, que mitjançant un sistema mecànic empenyen l'èmbol de la bomba corresponent. L'oli impulsat arriba a les pinces, situades a cada caixa i que compten amb quatre bombins cadascuna. La col·locació de les pinces és idèntica a la dels F1, en canvi, el sistema hidràulic d'accionament és diferent. En la Fórmula 1, per seguretat, s'utilitzen dos sistemes independents, però creuats, és a dir, una bomba acciona la pinça davantera de la dreta, i la posterior de l'esquerra, i viceversa. En aquest model, una bomba accionarà les dues pinces davanteres i una altra les posteriors. D'aquesta manera es podrà ajustar millor el repartiment de frenada de cada eix.

Les bombes i els servo-motors estan col·locats a la part lateral del monocasc, dins el capó. Aquesta disposició facilita l'ajustament i el manteniment d'aquest sistema, ja que és requereix una atenció sovint. Cada circuit està muntat a un costat del xassís.

El sistema consta bàsicament de quatre parts: l'accionament, la bomba i els conductes, i les pinces i discs. En la figura següent es mostra l'esquema de la

distribució del circuit de frens, amb les diferents parts, des de l'accionament fins al disc:

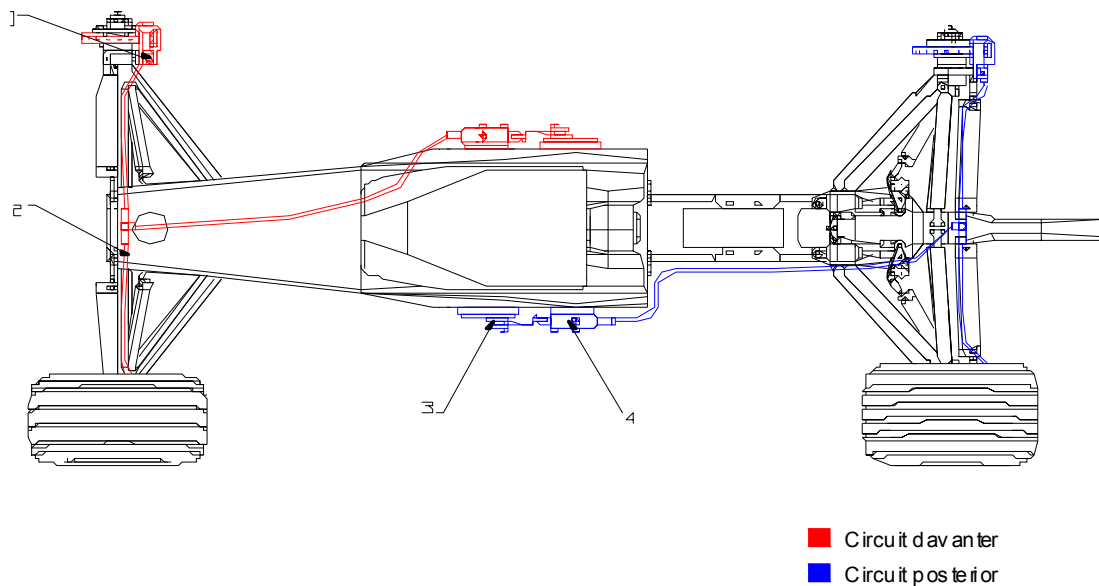


Fig. 33 Sistema de frens. 1. Conjunt disc, pastilla, pinça muntat a la caixa. 2. Bifurcació en T del conducte de frens. 3. Accionament servo de la bomba. 4. Bomba d'oli del circuit.

5.4.1 Accionament i bomba de fre



Fotografia 4 Vista de l'accionament i la bomba de fre hidràulica d'un cotxe de RC.

Els servo-motors accionen la bomba amb un sistema de barillatge mecànic, correntment utilitzat en RC. Aquest sistema permet un ajustament ràpid i senzill, alhora que forma un sistema lleuger. Els servo-motors són components de RC que es connecten alhora al receptor, i funcionen de forma simultània per accionar la bomba hidràulica, que dona pressió al fluid per accionar les pinces. El fet d'utilitzar una bomba independent per a cada tren, permet ajustar de forma independent la força de frenada a davant i a darrere. És un

paràmetre que cal ajustar sovint, i que té molta influència en el comportament del vehicle, sobretot a l'entrada a la corba.

5.4.2 Pines, pastilles i discs

Aquests elements formen l'última part del sistema de frenada, i estan instal·lats a la pròpia caixa de cada roda. El disc i les pastilles estan sotmesos a temperatures altes,

ja que transformen l'energia cinètica del cotxe, en energia calorífica en pocs segons durant la frenada. Aquest és el major problema alhora de dissenyar-los.

Hi ha un fre de disc per a cada roda, i de les mateixes dimensions, tant a davant com a darrere. Les pinces estan fixades a la caixa rígidament amb dos cargols, i son de dos pistons cada una. Les pastilles estan col·locades entre la pinça i el disc. Per a cada pinça, hi ha una pastilla que està fixa i l'altra que és la que es desplaça per l'acció dels pistons. El disc de fre es pot desplaçar lateralment per ajustar-se al moviment de les pastilles i al seu desgast. Mitjançant una sèrie de pius es transmet el parell del disc al portadiscs permetent el moviment lateral.

El material escollit per les pastilles i els discs és el Delrin, tot i que s'espera que hi hagi modificacions conforme es vagi provant el cotxe. El Delrin té bones propietats mecàniques i resisteix suficientment la temperatura per aquesta funció.

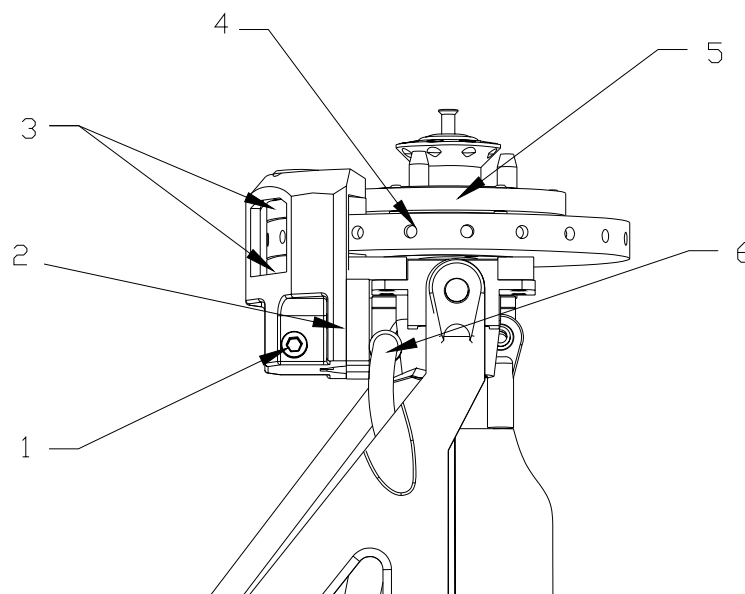


Fig. 34 Vista inferior fre davant. 1.Purgador. 2.Pinça. 3.Pastilles. 4.Disc ventilat. 5.Porta discs. 6. Conducció flexible líquid frens.

Els dos pistons de la pinça estan situats en el costat interior de la caixa. D'aquesta manera s'aconsegueix reduir-ne la mida per muntar-la i mantenir les dimensions a escala. Es pot veure a la (Fig. 31, 4) que el disc és de tipus ventilat. Els forats que té a la perifèria són cecs, i simplement tenen la funció de semblar-se als reals, que veritablement estan ventilats. Pel cas del model, l'amplada que té el disc, comparant-lo amb discs comercials de RC, permet mantenir la temperatura a un nivell acceptable.

El conducte del líquid de fre (Fig. 31, 6) és de PVC flexible. Està connectat a la pinça amb un colze de 90° metàl·lic per salvar l'angle que hi ha entre el tub i l'orifici d'entrada de fluid a la pinça.

Dins de la pinça hi ha els canals del líquid de fre, que alimenten els dos cilindres hidràulics. Cada pinça té dos purgadors (Fig. 32, 7) per facilitar la feina d'ajustament dels frens.

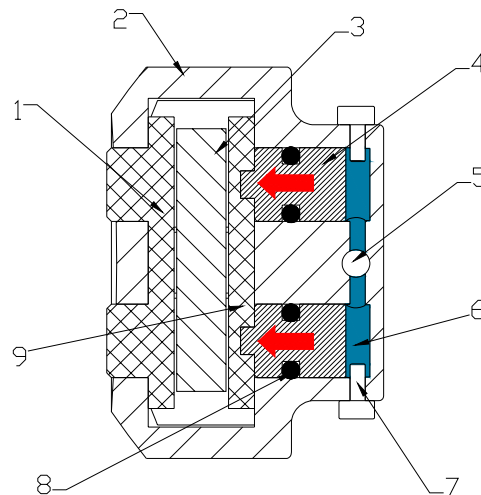


Fig. 35 Tall de la pinça de fre. 1.Pastilla fixa. 2.Cos de la pinça de fre. 3.Disc. 4.Pistó. 5.Orifici d'entrada del líquid de fre. 6.Líquid de fre (color blau). 7.Cargol purgador. 8.Junta tòrica. 9.Pastilla fre mòbil.

5.4.3 Distribució del sistema de frens

El sistema d'accionament es connecta amb les dues pinces mitjançant tub flexible de PVC. Aquest tub té un diàmetre exterior de 3 mm i interior de 1,4 mm i és utilitzat normalment per a aplicacions industrials pneumàtiques.

La bifurcació que té el circuit per alimentar les pinces de cada costat en cada eix, s'aconsegueix amb dues T metàl·liques. Per veure els components mirar Fig.30.

La T frontal està a l'interior del xassís, just sobre la quilla en V, per on passa el tub cap a la caixa. El conducte està embridat al triangle inferior davanter, passant per sota, i ocultat a la vista.

A la part posterior el sistema és molt semblant. S'utilitza la mateixa T, col·locada sota la caixa de canvis. Aquesta vegada és la barra reguladora del Toe-in posterior l'encarregada de portar fins a la caixa el tub del sistema de frenada.

6 RÀDIO CONTROL

El radio control del cotxe es realitza amb una *kit standar* de RC de compra. El sistema d'accionament, que és la part més important del control, ja s'ha explicat en els apartats corresponents (direcció, accelerador (5.2.2), i frens (5.4), només es dedicarà un capítol breu al ràdio control. El sistema es de compra i consta de les següents parts:

- **Emissora:** És la part encarregada d'enviar la senyal de control al cotxe, a partir de les ordres que dona el pilot. Consta d'un cos principal on hi ha tots els comandaments i l'antena. L'emissora recomanada per portar cotxes de RC és

del tipus pistola, amb tres canals, un pel gas i fre, un per la direcció i un per funcions auxiliars.

- **Receptor:** Aparell de dimensions molt reduïdes que rep la senyal per una altra antena instal·lada a bord del cotxe. Aquest aparell s'alimenta amb bateries recarregables, les quals són molt importants per la integritat del cotxe, i seguretat de les persones del voltant. Si les bateries fallen, el cotxe es torna ingovernable i es perd totalment el control. El motor no necessita les bateries per funcionar, per tant, no s'apagaria en cas de fallada elèctrica.
- **Servos:** són els accionaments del sistema de ràdio control, que transformen les senyals elèctriques en potència mecànica. La funció que fa cada servo ja s'ha explicat en els punts corresponents: direcció (4.3.1), accelerador (5.2.2), i frens (5.4).
- **Antena:** L'instal·lació de l'antena del cotxe és important per evitar interferències i millorar la comunicació entre l'emissora i el receptor. S'intentarà fer que l'antena sobresurti el mínim possible de la carrosseria per no trencar l'estètica, encara que això pugui resultar contraproduent.



Fotografia 5 Kit d'emissora, receptor i servos.

7 RESUM DEL PRESSUPOST

El cost total d'execució del projecte sense I.V.A. és de 10.101,40 euros.

8 CONCLUSIONS

A partir de la idea d'unir dos tipus diferents de models comercials, els RC i les maquetes estàtiques, s'ha aconseguit realitzar un prototip que compta amb les millors característiques de cada un, i suposa un nou concepte de model.

El fet de partir d'un cotxe molt avançat tecnològicament com el Renault R26 de Fórmula 1, ha suposat que la reducció d'escala d'alguns sigui compromesa. Per una banda, per la complexitat dels sistemes utilitzats en Fórmula 1, des de suspensions fins a l'aerodinàmica, i per l'altra, per les dimensions resultants de les peces després de ser escalades, ja que en F1 es tendeix a reduir els components mecànics al màxim. La majoria de peces, per a la seva pròpia geometria o dimensions, tenen detalls que compliquen la fabricació. Aquest factor ha estat determinant en el disseny, però segurament es podria aconseguir un nivell superior de detall utilitzant recursos i tècniques més avançades.

Tècnicament és un projecte on es poden aplicar molts coneixements diferents. Des dels càlculs dinàmics de vehicles per a les suspensions, aplicació dels materials compòsits pel xassís i carrosseria, influència de l'aerodinàmica, resistència de materials, sistemes elèctrics pel control, motors tèrmics, fabricació de peces petites, etc.

Comparant el model d'aquest projecte amb un cotxe similar de RC es pot veure clarament com s'han transformat elements que realitzen les mateixes tasques, en funció de les diferents especificacions. La gran majoria de peces són bastant més estilitzades i petites que en els seus homòlegs. És el resultat de dissenyar la mateixa màquina, però seguint conceptes diferents.

El model final compleix totes les expectatives i demostra que en el mercat comercial hi ha un tipus de model encara per explorar. En pròximes versions i millores es podria aconseguir un prototip més avançat i encara més realista. Donada la complexitat que comporta un projecte d'aquestes característiques, hi ha infinitat de paràmetres on queda molt per aprofundir.

9 LLISTAT DE DOCUMENTS

Els documents que conformen aquest projecte són:

1. Memòria
2. Annexos a la memòria
 - A. Annex de càlculs
 - B. Annex Manual d'ús
 - C. Annex de fotografies del Renault R26
 - D. Annex de fotografies dels inicis del procés de fabricació i altres il·lustracions del model a escala
3. Plànols
4. Plec de condicions
5. Estat d'amidaments
6. Pressupost