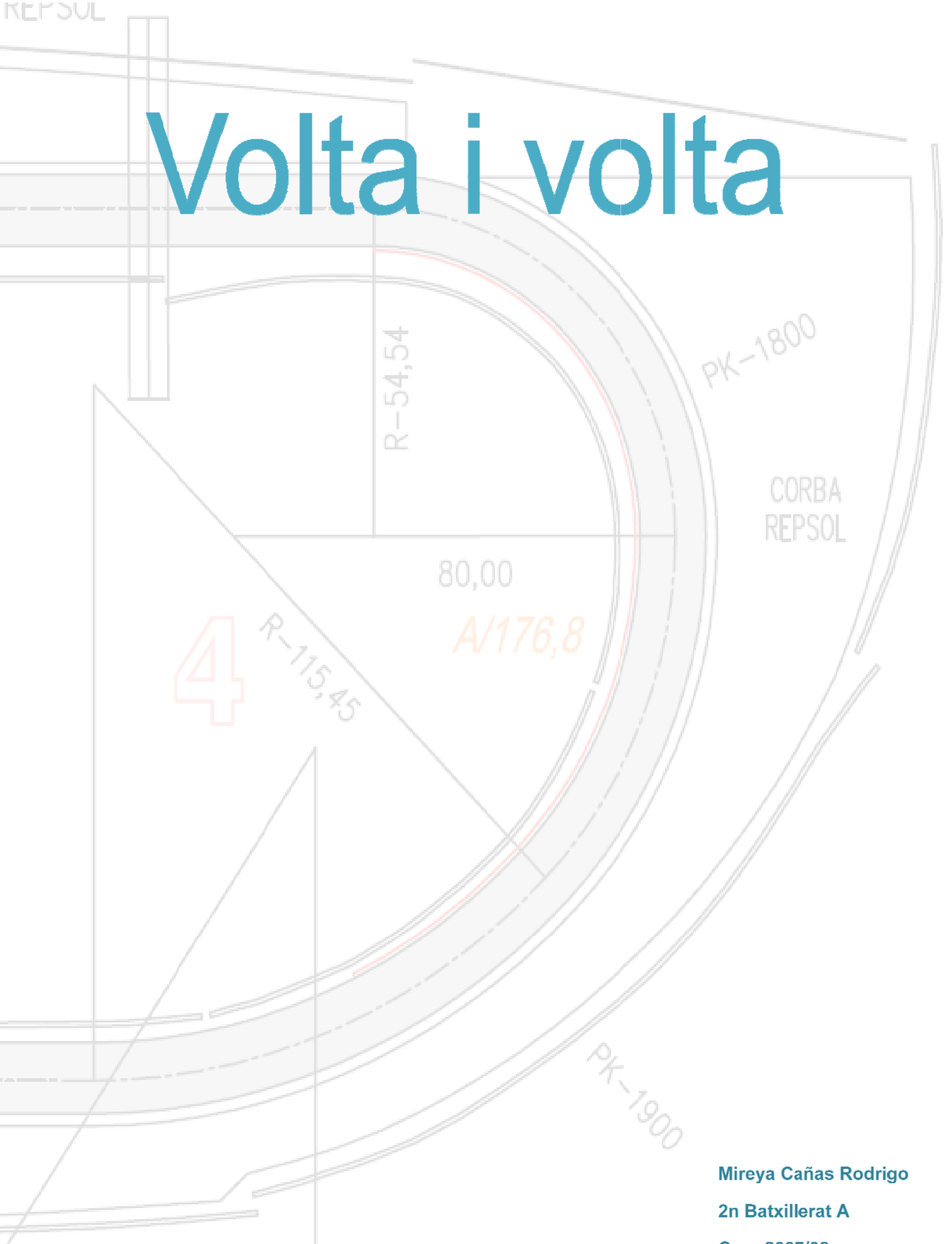


Volta i volta



Mireya Cañas Rodrigo

2n Batxillerat A

Curs 2007/08

Tutor: Jesús Gil

“Si en cursa ho tens tot sota control és que no vas al límit”

Ayrton Senna

ÍNDEX

1. Pròleg	5
2. Introducció	8
3. Sobre l'asfalt	
4. Anàlisi dels vehicles i la seva aerodinàmica	12
4.1 Aerodinàmica	13
4.1.1 Altres elements aerodinàmics: alerons de Fórmula 1	14
4.2 Mecànica	14
4.2.1 Motor	14
4.2.2 Frens	17
4.2.3 Tracció	19
4.2.4 Suspensió	20
4.2.5 Pneumàtics	21
5. Disseny d'un circuit	25
5.1 Estudis previs	26
5.1.1 Una corba varies traçades	27
5.2 Com es construeix un circuit?	28
5.2.1 L'asfalt	28
5.2.1.1 La composició	28
5.2.1.2 L'asfaltatge	29
5.2.2 La subbase	29
5.2.3 Drenatges	30
5.2.4 Accessos	30
5.2.5 Dimensions	31
5.3 conflicte d'interessos	32
5.4 Criteris d'homologació de la FIA i la FIM	32
5.5 circuit de Catalunya	33
6. Anàlisi dinàmic de les corbes	35
7. De la teoria a la competició	46
7.1 Els Grans Premis	47
7.1.1 Entrenaments	47

7.1.2 Les estratègies	49
7.1.3 La puntuació	50
7.1.4 Comunicació equip-pilot	50
7.1.5 Reglament	51
7.1.5.1 Les senyeres	51
7.1.5.2 El cotxe de seguretat	53
7.2 Organització del Gran Premi de Catalunya	54
8. Resultats obtinguts	57
9. Annexos	60
9.1 Entrevista a en Jose Luis Garcia	61
9.2 Pilots provadors	65
9.3 Plànol del Circuit	67
10. Agraïments	68
11. Bibliografia	70
12. Glossari	72

Pròleg

1. PRÒLEG

Un títol sorprenent? Pot ser sí. Si el lector espera un treball al voltant del món de la cuina d'autor, tan de moda últimament, amb tota seguretat s'equivoca. No parlaré de receptes de cuina innovadores ni de bons hàbits en la nostra alimentació sinó que, "picant l'ullet" i fent un petit joc amb les paraules, vull parlar de temes tècnics relacionats amb el món del motor d'alta competició.

El per què de la tria no té una única explicació. Comença per la meua afició al món del motor. Segueix amb la il·lusió de poder desenvolupar el meu futur acadèmic i professional al voltant d'alguns dels elements tècnics que anomeno i estudio al llarg del treball. Conclou amb l'esperit d'enfrontar-me a un tema novedós, desconegut per la majoria del gran públic i que m'apassiona. Un repte ben engrescador!

No ha estat la meua intenció en aquest treball fer una explicació exhaustiva de conceptes, teories i formulacions que es poden trobar a qualsevol enciclopèdia en línia o en format paper. El meu objectiu és plantejar una hipòtesi, cercar informació, contrastar-la i, finalment, justificar la certesa o no del meu plantejament.

Que l'entorn ajuda a conformar aspectes de la nostra personalitat i de la nostra actuació davant dels estímuls exteriors puc afirmar que resulta ben cert en el meu cas.

El meu interès cap al món del motor no és genètic... però gairebé. De ben petita recordo com els meus pares seguien amb interès els entrenaments i les curses de F1 i Moto GP. Em seia entre tots dos al sofà i miràvem encantats la pantalla, seguint amb expectació els esdeveniments.

El que va començar com una distracció per part meua es va anar convertint en una afició. Des de fa anys compartim aquests moments de desconexió total. Estic convençuda que aquells als quals apassiona un esport em podran entendre.

Si els "moments televisius" són emocionants el millor m'espera quan anem al Circuit de Catalunya per veure qualsevol dels esdeveniments del món del motor que s'hi celebren: tests, demostracions, i sobre tot, els grans premis.

Concentració en la preparació, tensió durant la cursa i una gran explosió d'alegria d'aquells que han aconseguit els seus objectius o un gran renec que sorgeix per allò que no havia de passar... Aquestes són algunes de les emocions que ens ofereix l'esport que a mi em captiva.

Si bé és veritat que algunes vegades les 65 o 23 voltes que dura la cursa de F1 o Moto GP poden arribar a ser monòtones, en la majoria d'ocasions sempre passen coses quan menys t'ho esperes. Les retransmissions televisives, cada cop més sofisticades, fan que es pugui gaudir al màxim d'aquests esports des de casa i encara més des del circuit amb la remor del públic, el bon ambient i l'excitació per la competició.

Ara que tinc l'oportunitat he cregut és interessant fer un estudi al voltant d'un tema que realment m'agrada i que d'aquí a un temps pot estar molt relacionat amb la meva vida laboral.

Introducció

2. INTRODUCCIÓ

Aquest treball gira a l'entorn del món de la física, matèria que em resultarà imprescindible pel meu futur acadèmic i espero que també professional. Tot i així es pot considerar interdisciplinar ja que engloba altres matèries com educació física o tecnologia. És a partir de la física, doncs, des d'on sorgeix la hipòtesi del treball:

“ ¿Per què un cotxe de Fórmula 1 dona una volta al Circuit de Catalunya més ràpidament que una Moto GP?”

Al voltant d'aquesta pregunta em plantejo el següent:

- És cert que aquest tipus de cotxe dona la volta més ràpid que la moto?
- En quins punts del Circuit de Catalunya és un més ràpid que l'altre? Per què?
- On radica la diferència entre ambdós tipus de vehicles?

L'objectiu fonamental del treball és demostrar, mitjançant una sèrie d'anàlisi teòrics i pràctics, l'afirmació que plantejo a la hipòtesi de que el cotxe de F1 és més ràpid en fer la volta que la Moto GP.

- Primer de tot analitzaré les diferències entre ambdós vehicles des del punt de vista dels seus components estructurals:
 - Mecànics
 - Aerodinàmics
- Després analitzaré aspectes més físics dels dos tipus de vehicles aprofitant el Circuit de Catalunya pel que fa a:
 - Velocitat
 - Acceleració
 - Radi de les corbes
 - Distàncies

El contingut del treball està estructurat en les següents parts o seccions.

- Velocitats i temps.
- Estudi teòric de l'aerodinàmica i la mecànica d'una Moto GP i d'un cotxe de Fórmula 1.
- Característiques de l'espai on té lloc la comparativa: un circuit de competició, concretament el Circuit de Catalunya.
- Estudi pràctic on es desenvolupa la hipòtesi del treball.
- Breu explicació del funcionament d'una cursa, ja que és el moment en el que els vehicles posen de manifest tot el seu potencial.
- Conclusions extretes a partir dels estudis realitzats on faig una valoració personal de treball.
- Annexos on recullo la meva trobada amb en Jose Luis Garcia, responsable del cronometratge al Circuit de Catalunya.
- Agraïments i bibliografia.
- Glossari amb el vocabulari que he considerat més tècnic.

Sobre l'asfalt

3. SOBRE L'ASFALT

Una de les tasques prèvies a la realització del meu treball va ésser la recollida de les dades dels temps i velocitats de cada vehicle als diversos punts del Circuit de Catalunya. És per això que vaig fer varies visites durant els test, les proves privades i els Grans Premis al Circuit. També vaig parlar amb responsables del traçat (amb el cap de premsa i el director de cronometratge), que hem varen facilitar les taules de temps i velocitats d'ambdues màquines.

Punt del Circuit	Fòrmula 1	Moto GP
	Velocitat (km/h)	Velocitat (km/h)
Final de recta	309	340
Corba Elf (1)	141	100
Corba Elf (2)	188	150
Corba Renault (3)	235	145
Corba Repsol (4)	142	108
Corba Seat (5)	102	87
Corba 6	262	224
Corba Wurth (7)	145	100
Corba Wurth (8)	185	120
Corba Campsa (9)	190	140
Corba de la Caixa (10)	74	250
Corba Banc de Sabadell (11)	125	90
Corba Europcard (12)	128	150
Corba New Holland (13)	180	190

Observant aquestes dades vaig comprovar com tant els temps com les velocitats marcades a final de recta no eren concloents i, per tant, no podien verificar la meva hipòtesi que havia plantejat en un principi. És per això que vaig decidir desestimar aquests valor i prendre com a referència les corbes, ja que era aquí on apareixien les diferències.

Anàlisi dels vehicles i la seva aerodinàmica

4. ANÀLISI DELS VEHICLES I LA SEVA AERODINÀMICA

Analitzar de manera exhaustiva dos vehicles d'alta competició com són un cotxe de Fórmula 1 i una Moto GP, no és una tasca fàcil. Només cal observar la gran quantitat d'enginyers que formen part de qualsevol equip per adonar-se de la complexitat d'aquestes màquines que sempre porten al límit els últims avenços tecnològics. La recerca dels millors compostos, dels millors materials i de la major efectivitat en qualsevol condició dels vehicles és el seu objectiu final. Tot es resumeix, en definitiva, en aconseguir, a qualsevol zona del circuit, la màxima velocitat durant el major temps possible i de la forma més ràpida que es pugui amb una única finalitat: esgarrapar segons valuosos al cronòmetre. I és a partir d'aquestes premisses que el meu anàlisi comença.

He comprovat consultant diverses fonts (registrades a la taula que apareix a l'apartat 5) que el valor de les velocitats a final de recta són favorables a la Moto GP. En canvi quan arriba la zona de viratges és el cotxe el que assoleix major acceleració i, consegüentment, major velocitat. A continuació introduiré aquells elements estructurals i de configuració dels dos vehicles que ens ajudaran a entendre més endavant el seu comportament en pista. Els elements a analitzar serveixen per avaluar el comportament de les dues màquines en el pas per corba, ja que és aquí on realment radiquen els diferències.

4.1 Aerodinàmica

Un dels aspectes que fan que el pas per corba d'un cotxe de Fórmula 1 sigui més ràpid que el d'una Moto GP és l'aerodinàmica. Aquesta persegueix dos objectius principals: aconseguir una bona penetració del vehicle a l'aire i fer que el cotxe es mantingui el més a prop possible del terra. El compromís entre aquests elements (el seu equilibri) és el que acaba determinant els millors registres en el pas per corba dels monoplaques enfront les motos.

Un monoplaça amb molta càrrega aerodinàmica, és a dir, que s'enganxi molt a terra, aconseguix un pas per corba més ràpid, mentre que si disposa de poca càrrega aerodinàmica és capaç d'adquirir una major velocitat punta en recta. Per tant, depenent de la geometria del traçat, s'ha d'ajustar aquest punt d'equilibri per afavorir una o altra especificació. En el cas de les motos de gran cilindrada aquest "compromís" s'aconsegueix a partir del reglatge de les suspensions dels trens davanter i del darrere, ja que la l'aerodinàmica d'aquests vehicles només es pot modificar amb petits elements en el carenat i que no són significativament rellevants en quant als resultats del seu pas per corba.

Una càrrega aerodinàmica ben "balancejada" aconseguirà que la relació entre el pes i la potència d'aquestes màquines sigui aprofitada al màxim.

En el cas de la Moto GP al disposar d'una menor superfície de contacte la transmissió de la potència al terra sempre es més delicada. Si bé en els dos casos la

relació pes/potència és semblant el millor aprofitament aerodinàmic del F1 el fa invencible en el pas per corba.

La força transversal que es genera afecta a la capacitat d'acceleració del monoplaça (li costa més accelerar de 0 a 200/300 que a una Moto GP), però, a mesura que aquest incrementa la seva velocitat la força l'ajuda progressivament a mantenir-se més "lligat" al traçat.

4.1.1 Altres elements aerodinàmics: alerons de Fórmula

Els alerons són també un dels components fonamentals d'un monoplaça. Estan construïts principalment per fibra de carboni. El seu bon reglatge¹ és bàsic per buscar l'equilibri entre velocitat i desgast dels pneumàtics. Els cotxes de Fórmula 1 tenen dos alerons principals: l'aleró davanter i l'aleró posterior.



L'aleró davanter condiona el flux d'aire a la resta del cotxe. Els equips tenen diferents formes d'aleró en funció de les característiques del circuit. En general un l'aleró davanter que proporcioni més força cap avall tindrà una major superfície frontal, mentre que situar l'aleró en un angle més inclinat també incrementa la força disponible a la part inferior.

L'aleró posterior és l'encarregat de subministrar adherència al tren posterior del cotxe. Igual que en el cas dels alerons davanters, els equips compten amb diferents tipus d'aquests alerons.

4.2 Mecànica

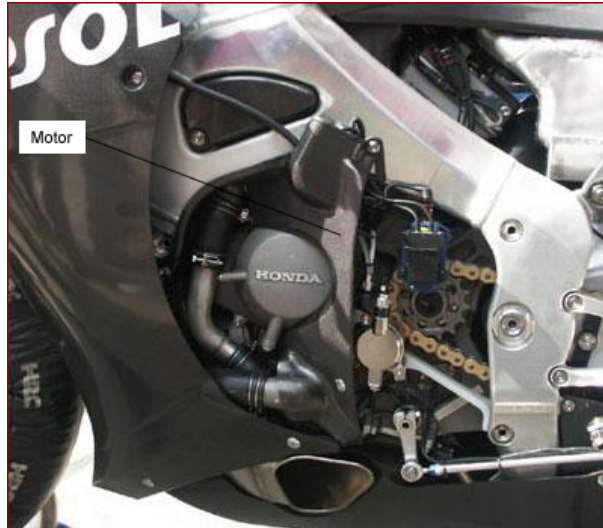
4.2.1 Motor

Tots els esforços en el treball aerodinàmic en qualsevol de les dues màquines que estic estudiant quedaria com a un simple exercici de disseny sense l'aplicació d'un element propulsor a cadascuna d'elles. Lògicament, per les seves característiques els

¹ Reglatge: reajustar les peces d'un mecanisme per mantenir-lo en perfecte funcionament.

motors que les mouen són força diferents: configuració, posició respecte del centre de gravetat, mida, pes, electrònica que els controla, revolucions per minut, par motor, etc.

Per comparar els motors d'ambdós vehicles he seleccionat els aspectes que crec més rellevants:



- Cilindrada: és la suma del volum útil de tots els cilindres d'un motor. La seva unitat de mesura són els centímetres cúbics (cc). La cilindrada dóna una bona mesura de la capacitat de treball que pot desenvolupar un motor.
- RPM: La revolució per minut és una unitat utilitzada per mesurar la velocitat angular. Una revolució és una volta d'un eix, un disc o qualsevol cosa que gira.
- Potència: La potència es defineix com $P = C \cdot \omega$. On C és el par motor (en N·m) i ω és la velocitat angular (en rad/s)

La unitat utilitzada per mesurar-la en vehicles és el cavall (CV). Es defineix com la potència necessària per elevar verticalment un objecte de 75 kg de massa a una velocitat de 1 m/s.

- Par motor: el par motor és la força capaç d'exercir un motor en cada gir. En altres paraules, el par motor és la capacitat que té un motor per realitzar treball². El gir d'un motor té dues característiques: el par motor i la velocitat de gir. Amb la combinació de totes dues s'obté la potència.

Ja que les dades del par motor, tant de la Moto GP com del F1, no apareixen en cap de les fonts que he consultat, he hagut de realitzar el càlcul. Així doncs, si aïllem de l'equació $P = C \cdot \omega$ el par motor (C), trobem que:

$$C = \frac{P}{\omega}$$

Primer de tot hem de tenir en compte les unitats en les que hem de treballar. La unitat de potència és el Watt. Sabem que $735 \text{ W} = 1 \text{ CV}$. Per tant, s'han de realitzar els canvis d'unitat pertinents.

Fórmula 1 $800 \text{ CV} \cdot \frac{735 \text{ W}}{1 \text{ CV}} = 5'88 \cdot 10^5 \text{ W}$

² Treball (W): producte de la força en la direcció del desplaçament per aquest desplaçament. Matemàticament s'expressa: $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$. La unitat del treball en el SI és el joule (J).

$$\text{Moto GP} \quad 210 \text{ CV} \cdot \frac{735 \text{ W}}{1 \text{ CV}} = 1'54 \cdot 10^5 \text{ W}$$

	Cilindrada	rpm	CV	Potència	Par motor
F1	2400cc	19.000	800	$5'88 \cdot 10^5 \text{ W}$	$295'53 \text{ N}\cdot\text{m}$
Moto GP	800cc	20.000	210	$1'54 \cdot 10^5 \text{ W}$	$73'53 \text{ N}\cdot\text{m}$

La unitat de velocitat angular és, com hem vist abans, radians entre segon (rad/s). Hem de passar, doncs, les revolucions per minut (rpm) a les unitats correctes mitjançant el canvi següent:

$$\text{Fórmula 1} \quad \frac{19.000 \text{ rev}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 1989'67 \text{ rad/s}$$

$$\text{Moto GP} \quad \frac{20.000 \text{ rev}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 2094'39 \text{ rad/s}$$

Un cop canviades les unitats ja podem fer la substitució a la fórmula anterior:

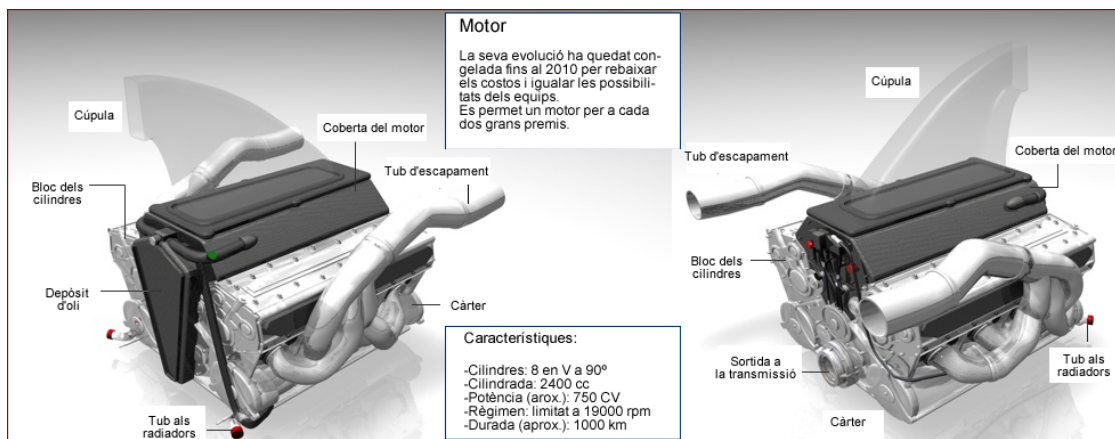
$$C = \frac{P}{\omega}$$

$$\text{Fórmula 1} \quad C = \frac{5'88 \cdot 10^5 \text{ W}}{1989'67 \text{ rad/s}} = 295'53 \text{ W} / \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\text{Moto GP} \quad C = \frac{1'54 \cdot 10^5 \text{ W}}{2094'39 \text{ rad/s}} = 73'53 \text{ W} / \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

A partir de les dades obtingudes he elaborat la taula anterior de la qual extrec algunes conclusions:

- La cilindrada del cotxe és gairebé tres vegades superior a la de la moto. Això afavoreix que el motor treballi millor i s'optimitzi el seu rendiment.
- Les revolucions per minut de tots dos vehicles són pràcticament idèntiques. Això pot significar que no són un factor que marqui la diferència entre ambdues màquines.
- La potència que pot assolir el motor d'un Fòrmula 1 és tres vegades superior al d'una Moto GP. La diferència pel que fa als cavalls és abismal. La potència del motor a aquest nivell és molt més favorable al cotxe que no pas a la moto.
- El par motor del cotxe de F1 és quatre vegades superior al de la Moto GP. Això vol dir que el rendiment del motor del F1 en el pas per corba és molt millor que el de la Moto GP



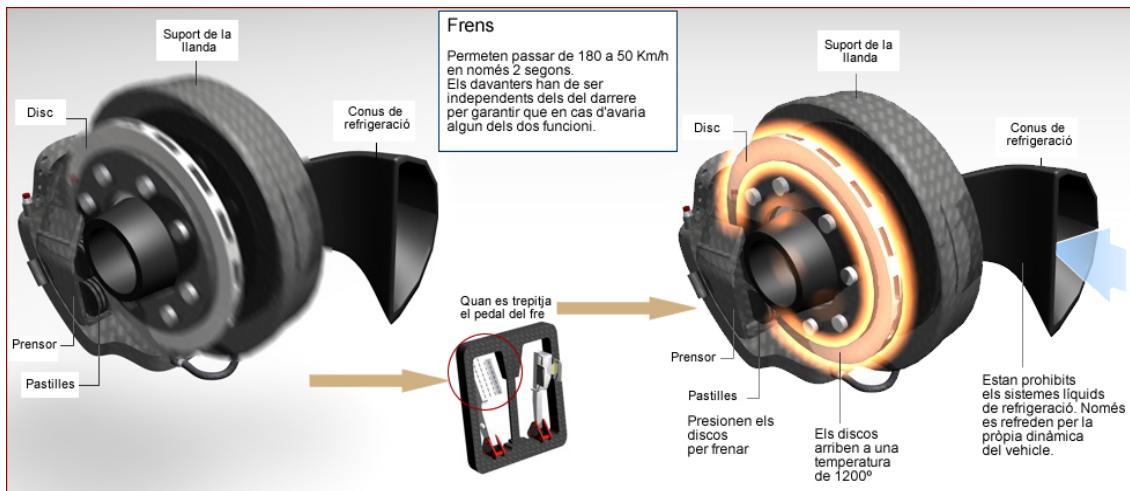
Motor F1

4.2.2 Frens

Si la capacitat dels motors per impulsar els vehicles és important també ho és la capacitat per desaccelerar aquest moviment en el mínim de temps possible.

Per tal de reduir la velocitat del vehicle el sistema de frenada transforma l'energia cinètica en energia tèrmica mitjançant la fricció. Els encarregats de realitzar aquesta tasca són els frens de disc. Consisteixen en una plataforma circular que es munta a la roda. Les pinces muntades sobre la forquilla incorporen les pastilles. Aquestes fan contacte amb els discos i desacceleren la rotació de la roda quan el pilot acciona els frens.

Els cotxes de F1, com la majoria dels cotxes de carrer, disposen de frens de disc en els quals un disc que gira és pressionat per unes pastilles de fre per l'acció d'unes pinces hidràuliques. En la Fòrmula 1 aquests discs es construeixen amb materials ceràmics, tot i que la seva part central es construeix amb fibra de carboni. Aquests tipus de materials són molt lleugers ja que l'estalvi de pes és imprescindible en l'alta competició.



Frens F1

Quan parlem de les Moto GP la cosa canvia. Els frens davanters són els que més treballen a l'hora de reduir la velocitat perquè els pilots controlen els viratges principalment des de la roda del davant, on es transfereix fins el 90% del pes de la moto en el moment de frenar. Com a conseqüència d'aquest fet no és estrany observar com s'aixeca la roda del darrere del terra (invertit). El tren del darrere té una funció menor per actuar sobre la direcció de la moto quan s'acciona el fre del davant. A diferència del cotxes de F1, els discs de fre de les Moto GP són carboni i per això tant els discos, com les pastilles i les pinces resulten molt més lleugers. Aquest fet, juntament amb el sistema de frens de disc doble (un disc a cada costat de la roda) aconseguixen que el sistema de frenada d'una moto faci estalviar uns dos quilos de pes.



Tenir menys pes implica tenir menys inèrcia, fet que reduirà l'efecte giroscòpic³ que pot contrarestar l'esforç del pilot a l'hora de canviar de direcció. Això significa que els discos de carboni faciliten el canvi de direcció ja que el tren frontal, específicament la roda o rodes davanteres, és molt més lleuger quan està equipat amb frens d'aquest material.

L'avantatge dels discos de carboni és que pesen de 750g a 800g, en contraposició als 1200g a 1600g que pesen els d'acer del mateix diàmetre. Aquestes

³ Efecte giroscòpic: té lloc quan la roda, que segueix un moviment rotatori al voltant del seu propi eix amb una velocitat angular ω , se la força a girar també segons un altre eix, perpendicular a l'anterior, amb una nova velocitat angular.

xifres poden semblar insignificants, però quan es parla de tecnologia punta 500g de reducció en el pes final són determinants.

Abans de sortir a pista s'ajusta el que s'anomena repartiment de frenada⁴. Quan disminueix el coeficient d'adherència, la transferència de càrrega longitudinal (de l'eix de darrere al davanter) durant la frenada serà menor. Es canvia la relació entre les pressions de les línies dels frens perquè les rodes davanteres frenin proporcionalment menys que en condicions de major adherència. Amb aquest ajust es pot evitar el sobreescalfament dels frens de davant utilitzant més els de darrere i a l'inrevés.

L'eficàcia del sistema de frenada, juntament amb la qualitat dels pneumàtics, permet reduir la velocitat en distàncies i temps curts. La manera d'aconseguir la màxima eficàcia de frenada i viratge és combinar la feina dels discos amb la fricció. Quan s'utilitzen els frens el pneumàtic és pressionat cap el terra, augmentant així l'àrea de contacte amb l'asfalt i també la quantitat de fricció (o força de parada) que s'aplica. Si el pilot frena una vegada ha entrat a la corba i el més a prop possible del vèrtex⁵ utilitzarà menys temps per desaccelerar i aconseguirà sortir de la corba més ràpidament.

Com a curiositat del món de la competició cal dir que mentre que els pneumàtics es canvien de sessió en sessió, els frens només es poden substituir quan s'espantellen o es mullen: són els elements més permanents de la muntura d'un pilot. Són, també, molt importants a l'hora de virar i d'obtenir la velocitat i l'angle òptims. La frenada i l'acceleració són determinants ja que l'habilitat del pilot més la fiabilitat dels seus frens li permeten marcar la traçada més ràpida.

4.2.3 Tracció

Tota la potència generada pels propulsors dels vehicles objecte del meu estudi es transmet al terra gràcies a un conjunt d'elements específics com són la transmissió, els eixos motrius i, finalment, els pneumàtics.

Tant la Moto GP com l'F1 transmeten la potència al terra a partir del tren posterior. L'adopció d'alguns sistemes de gestió de la tracció facilita el manteniment en pista d'aquests vehicles, evitant en certa manera derrapatsges i lliscaments excessius que comprometrien l'estabilitat i l'eficiència aportada pels motors i els elements aerodinàmics. La tracció es regula mitjançant un sistema electrònic anomenat control de tracció que té dues funcions: per una banda evita que les rodes derrapin sense control i, per l'altra, redueix dràsticament la possibilitat de fer un trompo pel sobreviratge⁶ en la sortida de les corbes o per una acceleració excessiva. A l'igual

⁴ Repartiment de frenada: en els automòbils quan es frena, degut a l'alçada del centre de gravetat, es produeix un desplaçament del suport del pes del cotxe cap a l'eix davanter.

⁵ Vèrtex de la corba: punt de cada corba en el que el cotxe o la moto toca l'interior d'aquesta.

⁶ Sobreviratge: es produeix quan les rodes davanteres tenen més adherència que les posteriors i el cotxe tracta de girar sobre el seu propi eix. Per contrarestar-lo es pot donar més incidència a l'aleró de darrere (creant més suport a la part posterior) i s'estova la suspensió.

que els F1 els cotxes de gama alta, com ara els Ferrari, els Jaguar o els Lamborghini, tenen també la tracció al darrere ja que és la més clàssica i alhora la més esportiva.

El control de tracció és un sistema electrohidràulic de seguretat automobilística dissenyat per preveure la pèrdua d'adherència quan el conductor s'excedeixi amb l'acceleració del vehicle. Funciona de tal manera que, mitjançant els mateixos sensors i accionaments que el sistema ABS⁷, controla si en l'acceleració una de les rodes de l'eix motriu patina i, en aquest cas, el sistema actua amb la finalitat de reduir el par de gir i així recuperar la adherència entre el pneumàtic i ferm. Quan un pilot pitja l'accelerador del cotxe o posa en marxa la moto transmet una elevada potència al tren motriu, fent que aquesta potència sense control pugui provocar un major gir en les rodes posteriors que a les davanteres.

4.2.4 Suspensió

La suspensió és el conjunt d'elements que absorbeixen les irregularitats del terreny pel qual es circula amb la finalitat d'augmentar la comoditat i el control del vehicle. El sistema de suspensió actua entre el xassís⁸ i els pneumàtics. Aquests últims reben de forma directa les irregularitats de la superfície transitada. El sistema de suspensió és una de les parts més importants de qualsevol vehicle. Podem dir que compleix sis funcions bàsiques:

1. Redueix els esforços provocats per les irregularitats del terreny.
2. Millora el control de la direcció del vehicle.
3. Manté l'adherència dels pneumàtics a l'asfalt.
4. Ajuda a la correcta alineació de les rodes.
5. Suporta la càrrega del vehicle.
6. Manté l'alçada òptima del vehicle respecte el ferm.

La suspensió d'un Fórmula 1 ha de garantir que la potència del motor es transfereixi sense problemes a l'asfalt. Per una banda ha d'ésser suau per absorbir els socs i els impactes amb els pianos⁹; per una altra ha de ser rígida per tal que el cotxe pugui assimilar les enormes transferències de pesos i càrregues als alerons.

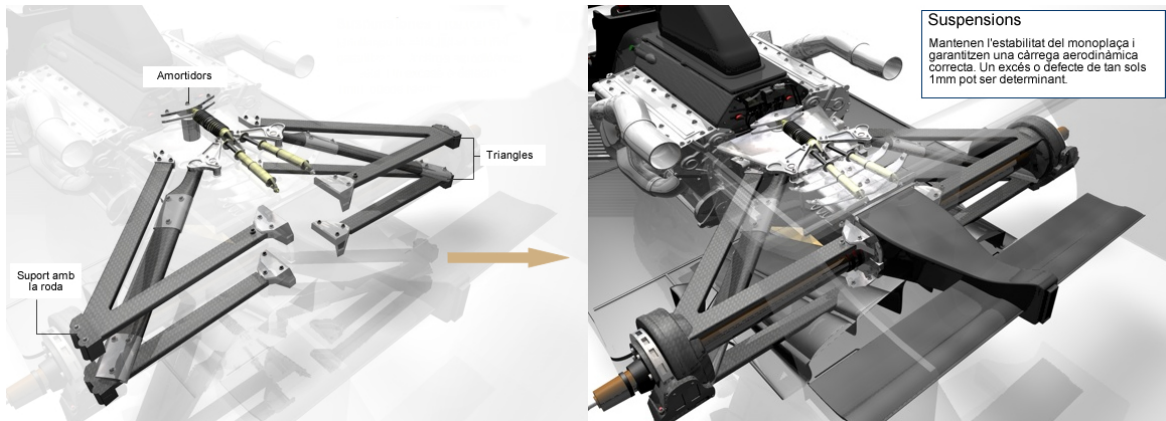
Es busca que cadascuna de les quatre rodes tingui un contacte òptim i proporcional a l'asfalt perquè l'adherència sobre el traçat sigui la millor. Si un pneumàtic té menys pes de càrrega en aquell punt concret, el suport i la adherència

⁷ ABS: mecanisme que evita que els pneumàtics perdin contacte amb el terra durant un procés de frenada brusca.

⁸ Xassís: és l'estructura que sustenta, aporta rigidesa i forma a un vehicle. El xassís és l'equivalent a l'esquelet se l'ésser humà. Aguanta el pes, aportant rigidesa al conjunt i condicionant la forma i dinamisme final del mateix. Està format per diferents materials, els més habituals són l'acer i l'alumini. Les formes més bàsiques que el componen solen ser els tubs i les bigues.

⁹ Piano: elevació de ciment pintada a ratlles blanques i vermelles que es col·loca al inici i al final de cada corba i que permeten al pilot veure on es troba la bora de la pista.

serà menor. Si les rodes no estan ben alineades es generarà un gran desgast, fricció i manca d'estabilitat.



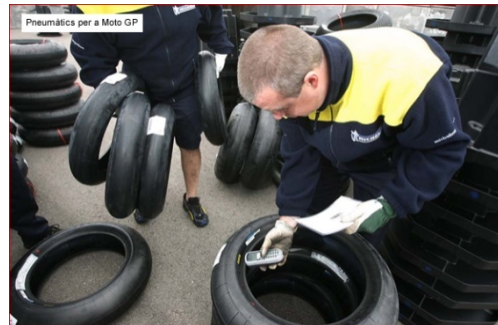
21

Suspensió F1

4.2.5 Pneumàtics

Tot i la gran quantitat de diners que s'inverteixen en el desenvolupament dels motors, els alerons o el xassís, les suspensions i altres elements dels vehicles, no hem d'oblidar que aquell que calci un conjunt de pneumàtics mal escollits no podrà transferir a l'asfalt tot aquest potencial amb eficiència.

El millor motor del món no aconseguirà cap victòria si la seva potència no es traspasa correctament al terra. El secret és aconseguir que tota la potència generada pel motor s'utilitzi de la manera més eficient possible, sense derrapades ni pèrdues de tracció. Aquesta és la feina dels pneumàtics. Per ajudar-los, tots els paràmetres que es poden ajustar en la suspensió van dirigits a aconseguir el millor compromís perquè els punts de contacte dels pneumàtics amb el terra siguin màxims en tot moment. Una suspensió que controli correctament la transferència del pas per corba, les acceleracions, les frenades i que optimitzi les característiques de les gomes de manera que permetin una major velocitat de pas per corba, frenades més curtes i acceleracions més ràpides, marcarà la diferència.



Un pneumàtic de competició té una banda de “rodadura” formada per compostos de goma extremadament tous que, a canvi d’oferir la màxima adherència a l’asfalt de la pista, pateixen un desgast molt ràpid. Si observem un circuit qualsevol



Pneumàtics
El desenvolupament dels compostos i les proves amb ells són determinants pels resultats finals a la cursa.

després d’una cursa trobarem una considerable quantitat de goma en forma de boles. Aquestes són restes del treball dels pneumàtics per mantenir el vehicle sobre la traçada escollida pel pilot.

Els pneumàtics de competició obtenen major rendiment a temperatures situades entre 90 i 110° C. Els diferents compostos que cada fabricant posa a disposició dels equips són escollits en funció de la temperatura i les característiques de desgast de la pista. A major temperatura i amb un asfalt més abrasiu s’usaran compostos més durs.

La pressió també és important i, per mantenir-la tan constant com sigui possible s’utilitza per inflar-lo una barreja especial de gasos de baixa densitat en lloc d’aire. Per exemple: la pressió d’inflat d’un F1 correspon a 1’5 kg/cm².

Com la quantitat de goma en contacte amb el sòl en cada moment determina l’adherència total disponible en un pneumàtic als anys 60 varen aparèixer els anomenats “sticks”, que són els pneumàtics llisos en els que desapareix el dibuix i la superfície de la goma és màxima. La normativa actual de les curses fan que els pneumàtics de F1, per exemple, hagin de dur 4 línies longitudinals amb menys de 2’5 mm de profunditat, 14 mm d’ample i amb una separació de 50 mm entre elles.



Pneumàtics
L’estudi del seu comportament en diferents situacions és una part molt important dels equips.

Les característiques de duresa dels compostos varia en cada cursa segons les característiques conegudes de cada circuit. La reglamentació permet utilitzar dos compostos al llarg d'un cap de setmana però, una vegada l'equip fa la seva tria, l'ha de mantenir durant tota la cursa. La duresa de cada compost varia canviant la proporció dels ingredients que s'afegeixen a les gomes. Els elements usats i la seva proporció és un secret del fabricant.

Els pneumàtics mixtos i de pluja porten diferents dibuixos tallats a la goma. Això és necessari per evacuar l'aigua per sota el pneumàtic de manera que la goma es mantingui en contacte amb la pista. Un dels fenòmens que temen els pilots és l'aquaplaning¹⁰, que es dona quan es forma una pel·lícula d'aigua entre el pneumàtic i el terra. Els dibuixos es dissenyen matemàticament amb l'ajut de programes informàtics per assegurar una òptima capacitat de drenatge.

Com he comentat anteriorment, la resistència dels pneumàtics és molt important. Un dels factors que condiciona el desgast de les gomes és el sentit de les corbes. En una Moto GP aquest desgast es manifesta a la part exterior del pneumàtic. Això es deu a que, per prendre una corba, la moto s'ha d'inclinar. El contacte entre el terra i el pneumàtic és produeix, en aquest moment, única i exclusivament amb el lateral de la goma. Un cotxe de F1 és ben diferent. El desgast de la seva banda de rodadura és més uniforme i el major desgast es produirà en els pneumàtics del lateral del cotxe que es troba més allunyat del sentit de gir de la corba (a més a més d'altres variables com el propi pes del cotxe, la manera de conduir del pilot, l'entrega de potència del motor, etc).

La combinació de la potència, l'efecte sòl i l'efectivitat dels seus quatre pneumàtics (dos d'ells reben l'impuls de les rodes motrius) fan que puguem entendre el per què de la major velocitat del pas per corba del F1. Tot i la gran capacitat d'adherència dels pneumàtics que equipa una Moto GP no pot competir en relació d'igualtat amb el tipus de vehicle amb el que l'estic comparant.



L'elecció dels pneumàtics és fonamental. Normalment és el pilot qui pren la decisió en funció de les proves realitzades durant les sessions de pràctica, classificació i les tandes d'escalfament previs a la cursa. La tria també està subjecte a les prediccions meteorològiques. El que és bàsic és trobar una combinació entre adherència i durabilitat. Quan més tou és el compost del pneumàtic

¹⁰ *Aquaplaning*: situació molt perillosa que té lloc quan hi ha més aigua entre el pneumàtic i l'asfalt del que pot evacuar el dibuix del pneumàtic. És per això que es forma una pel·lícula d'aigua entre la roda i la pista i el cotxe patina.

major és la seva adherència (o grip) però, per contra, patirà un major desgast que un de més dur.

En la categoria de Moto GP hi ha un pneumàtic especial anomenat "Q" o pneumàtic de classificació que és s'utilitza en aquesta sessió per aconseguir la primera posició. Aquest pneumàtic es caracteritza per la seva extraordinària adherència. És per això que només dura una o dues voltes. Per curses plujoses o amb l'asfalt moll s'utilitzen un tipus de pneumàtics especials que, en cas que s'eixugui la pista, pateixen un gran desgast.

Disseny d'un circuit

5. DISSENY D'UN CIRCUIT

El desenvolupament tecnològic dels vehicles d'alta competició no tindria sentit si no disposessin d'un lloc on posar a prova els seus límits. Així darrera dels circuits de velocitat hi ha tota una tasca de disseny, aplicació de innovacions constructives i de materials essencial pel desenvolupament de la pràctica esportiva amb el màxim de seguretat possible.



alhora és inspector internacional de la FIA (Federació Internacional d'Automobilisme).

La construcció d'un circuit de velocitat preparat per acollir competicions internacionals representa una obra d'enginyeria de gran complexitat. El disseny del traçat exigeix una gran dosi de creativitat i un profund coneixement tant de les tècniques de construcció com les de pilotatge. En el cas del Circuit de Catalunya va ser responsabilitat de l'empresa GPO, concretament, de l'enginyer Jaime Nogué, que

Aconseguir que un circuit estigui "compensat" és una feina complexa que requereix una gran experiència en la conducció esportiva. Avui en dia qualsevol circuit es projecta tractant d'aconseguir la màxima espectacularitat possible o, el que és el mateix, que proporcioni un ampli camp de visió als espectadors i que faciliti els avançaments.

5.1 Estudis previs

La visibilitat és un dels aspectes que més s'estudien abans d'iniciar la construcció. Es procura que sobretot no hi hagi obstacles entre les grades i la pista i que el camp de visió dels espectadors sigui el més ampli possible. La visibilitat pot inclús alterar completament la filosofia del projecte.

Tots els trams del traçat s'analitzen informàticament durant el procés de disseny utilitzant el Programa de Càlcul de Velocitats i Escapatòries. Se li introdueix el traçat del circuit i tota una sèrie de paràmetres geofísics, com les prestacions del vehicle, els pesos (incloent-hi el càlcul amb el dipòsit ple), etc.

Aquest programa assenyalava la velocitat del cotxe o moto a cada punt del circuit. Mostra també tota una sèrie de tangents que indiquen la trajectòria, la velocitat i el recorregut que seguiria un vehicle si es sortís a qualsevol punt de les diferents corbes

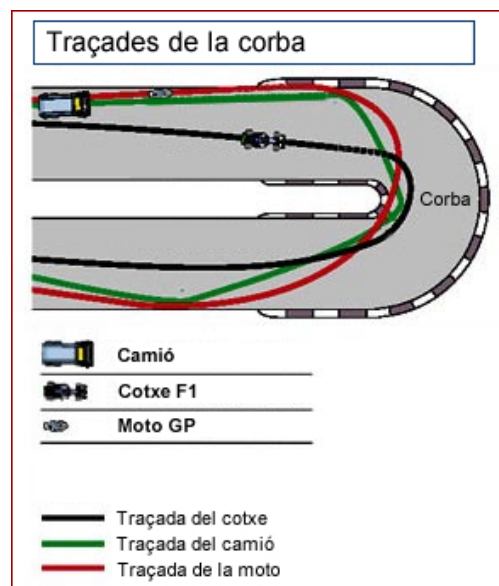
fins aconseguir aturar-se o retornar a la seva trajectòria. Això resulta molt útil per calcular les àrees de les zones d'escapament.

Amb tota aquesta informació els enginyers van modificant els radis de les corbes amb l'objectiu d'adequar el traçat als paràmetres fixats prèviament pels promotors del projecte.

Aquest procés requereix una gran creativitat donat que és una feina en tres dimensions que ha de comptar amb les imposicions de la competició, els petits accidents del terreny (la FIA permet pendents fins el 5%) i elements paisatgístics com arbres o petites basses d'aigua que, en moltes ocasions ajuden a què el traçat tingui una personalitat pròpia.

5.1.1 Una corba varies traçades

Un bon disseny ha de fer compatible traçades tan diferents com les que fan un camió de carreres, un monoplaça i una moto de competició. Traçar una corba no és més que intentar superar-la amb el menor gir de volant possible. L'objectiu és passar per ella a la major velocitat. Això, però, és difícil de fer perquè als circuits normalment es succeeixen vàries corbes a una i altra banda, cosa que augmenta considerablement el nivell de dificultat i fa possible diferents tipus de traçada, és a dir, de trajectòria al llarg d'aquestes corbes. Les traçades venen determinades per l'habilitat del pilot i per les prestacions i característiques del vehicle que condueix.



Un Fórmula 1, per exemple, és capaç de prendre una corba a una velocitat molt més elevada que una moto de Moto GP i, per tant, la seva traçada teòrica serà força més àmplia al voltant del punt més tancat.

Tanmateix, la zona en la què frenen els monoplaques és molt més curta ja que són quatre, i no dues, les rodes sobre les que actuen els frens. Per la seva banda la moto, un cop reduïda convenientment la seva velocitat, tendirà a ajustar-se molt més a l'interior de la corba. Això implica que els dos vehicles frenen, giren i acceleren en zones diferents de la pista.

5.2 Com es construeix un circuit?

Abans d'iniciar la construcció d'un circuit cal portar a terme una exhaustiva anàlisi del terreny sobre el qual s'assentarà. Tots els estudis que es realitzin marcaran profundament la fisonomia del projecte. Aquest tipus d'instal·lacions necessiten un mínim de 100 hectàrees de superfície. Sobre aquest terreny es realitzen prospeccions geotècniques, estudis hidrològics, topogràfics, meteorològics, etc. En la seva construcció intervenen els elements que veurem a continuació.

5.2.1 L'asfalt

La informació que tots els estudis anteriors proporcionin influirà tant en les condicions com en els materials que caldrà utilitzar en la seva construcció. Aquests informes poden arribar a desaconsellar la seva construcció: si el terra és argilós o pantanós cal remoure molta quantitat de terra i el projecte pot encarrir-se molt.



Un dels exàmens més importants és el meteorològic. Els índexs pluviomètrics que es registren a la zona determinaran el tipus d'asfalt que s'utilitzarà, d'acord amb el coeficient de drenatge, la resistència i altres característiques necessàries. .

Tot i que la tècnica, l'enginyeria i altres aspectes de les diferents tecnologies tenen molt a veure amb les activitats que es desenvolupen en un circuit és molt important tenir en compte com està construïda la superfície que té més contacte amb els cotxes i les motos de competició.

Tot i que la paraula més "comú" ens fa dir "asfalt" quan es parla de la superfície d'un traçat permanent de curses, la manera correcta d'anomenar-lo és "aglomerat asfàltic" ja que l'asfalt és un dels diversos components de la barreja necessària per construir la superfície de rodatge.

5.2.1.1 La composició

A la planta de fabricació se seleccionen pedres de mides diferents, se sotmeten a temperatures superiors als 300 °C i es netegen. Es barregen amb betum a 180 °C, és a dir, un quitrà enriquit d'última generació, més dúctil i que s'agafa més a les pedres. El resultat es diu betum modificat amb elastòmers (BM-3c). Aquest betum té unes propietats que el fan més durable, té més temps de vida i manté més bé les seves qualitats. D'aquesta manera no hi ha una pèrdua d'adherència quan se supera una temperatura determinada.

5.2.1.2 L'asfaltatge

Aquesta massa es porta des de la planta de composició en camions especials fins al lloc de treball. Es posa sobre una màquina estenedora i es compacta amb la clàssica piconadora. Cada cinc metres en revolt i cada deu metres en recta es verifica la planimetria (els dos extrems de la pista i el centre sempre alineats) i l'alineació vertical (que quan es fa el peraltatge la pista no es doblegui o es bombi). Aquests mesuraments es fan amb uns equips especials: les regles de verificació de planimetria i alineació vertical (sempre seguint les directrius marcades per la FIA i amb el control de la/es enginyeria/es que han redactat el projecte).

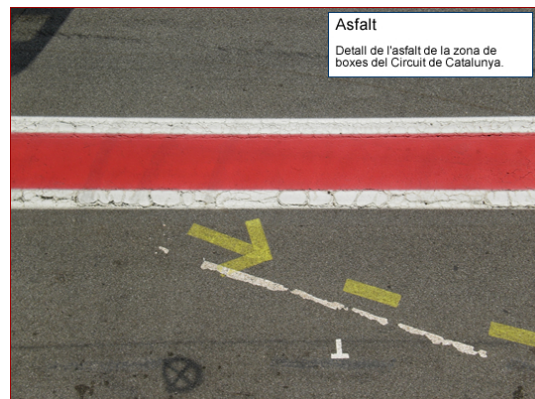
Un cop acabat es du a terme l'ISKT (Skip Resistance Test) que és el nom tècnic de fer lliscar un pèndol sobre la pista per mesurar el fregament. Normalment, els fabricants de pneumàtics, un cop acabat el traçat, es desplacen al circuit per estudiar la superfície amb una màquina d'ultrasons i enviar les dades a la fàbrica.

Així i tot, els tècnics saben que un aglomerat asfàltic és una matèria **viva** que reacciona al calor i al fred de diferent manera. Un pneumàtic bo un dia pot ser inadequat per una altra ocasió, tot i que sembli que la meteorologia hagi variat poc, i cada cop és més important conèixer les reaccions de l'asfalt i de les gomes.

Actualment hi ha una gran varietat d'asfalts. Amb ells, però, passa el mateix que amb els pneumàtics: un asfalt amb un alt coeficient d'adherència a temperatures elevades, quan plou, no drena com hauria de fer-ho. Els asfalts que tenen més capacitat de drenatge, a més a més de ser molt cars, són extremadament delicats i, quan augmenta la temperatura, poden arribar a perdre algunes de les seves propietats perquè tendeixen a escalfar-se excessivament.

Malgrat això, el tipus d'asfalt que s'utilitza en un circuit de velocitat no és gaire diferent al d'una carretera o autopista que, en principi, també haurien d'ajustar els seus materials de construcció als mateixos estudis.

El cost de construcció d'un kilòmetre de circuit està al voltant dels 600.000 euros. Un preu inferior al d'un kilòmetre d'autopista, on el volum de terra que cal remoure pot ser molt més elevat.



5.2.2 La subbase

Segons el mateix Jaime Nogué (enginyer de l'empresa GPO), "Un temps raonable per completar tota la construcció d'un circuit està al voltant dels 18 mesos".

Potser la diferència més significativa entre les pistes dels circuits i les carreteres convencionals estigui en la qualitat de la subbase. Les capes de materials

que serveixen de suport a l'asfalt poden ser de materials i gruixos molt diversos i venen determinades per l'estudi geotècnic del terreny.

És molt important que l'asfalt es situï sobre una subbase adequada ja que la majoria de defectes que pateix com sots, esquerdes, pell de cocodril, etc venen causats per una subbase deficient. El material que millor atura un vehicle són "les graves de riu" de 5 mm. de gruix. És important que estiguin llaurades per tal d'evitar que s'enfonsi a l'interior.

Però la diferència qualitativa més important entre un circuit de velocitat i qualsevol carretera està en el manteniment que rep i les quotes de precisió amb les que es construeix el traçat.

L'asfalt d'un circuit dura uns vuit o deu anys. Durant aquest temps es va netejant per eliminar la goma que s'ha anat enganxant i que li resta una gran part de les seves qualitats. Malgrat això, hi ha factors que poden fer necessari canviar-lo abans: l'oli d'un motor trencat damunt la pista corromp el "betum" de l'asfalt i pot obligar a fer algun que altre pegat a la pista.

Per altra banda, i encara que això no s'arriba mai a complir, seria ideal que la pista d'un circuit no s'utilitzés fins passats seixanta dies després del seu muntatge perquè deteriora considerablement el traçat. A més a més, com que aquestes instal·lacions que es lloguen a tot el públic, si l'asfalt està a una temperatura elevada, les rodes dels cotxes del carrer (a més pressió i més estretes que les dels vehicles de competició) poden arribar a fer petits solcs durant una apurada de frenada.

5.2.3 Drenatges

Un altre dels estudis que afecten la fisonomia del circuit és l'hidrològic, que es realitza per preveure les avingudes per les que circularà l'aigua quan plougui. Si l'aquaplaning és un fenomen perillós en condicions normals, quan es circula a més de dos-cents quilòmetres per hora pot arribar a ser fatal i per això algunes zones del traçat es construeixen amb petites inclinacions.

La majoria de les vegades aquestes inclinacions són longitudinals per evitar els canvis de rasant. Quan són transversals en cap cas superen el 1,5%, la qual cosa fa que siguin gairebé inapreciables.

5.2.4 Accessos

Els circuits que acullen proves internacionals solen fer un estudi d'afluència de tràfic. La millor manera de distribuir l'accés a l'interior seria construir una carretera de



circumval·lació al seu voltant. Això, però, resultaria gairebé tan car com la resta de l'obra.

Els problemes de circumval·lació que es produeixen en algunes instal·lacions en moments concrets no es deuen moltes vegades a la falta de planificació, sinó a la impossibilitat de dimensionar els accessos només per un parell de dies a l'any. Per això, la major part dels circuits es construeixen a prop de les gran vies de comunicació.

5.2.5 Dimensions

Avui en dia les proporcions dels circuits són força homogènies tot i que encara trobem traçats exageradament llargs com el de Spa, a Bèlgica, amb 6.976 metres o molt curts, com el de Mònaco, que només té 3.340 metres de recorregut.

La longitud d'un circuit és decisiva per potenciar l'espectacle. Tot i que la FIA i la FIM (Federació Internacional de Motociclisme) imposen un mínim i un màxim de recorregut en funció del tipus de competicions que es realitzin i la duració de les curses, els experts coincideixen en què és recomanable que el traçat no superi els 4,5 quilòmetres de longitud. La raó és que, si s'allarga massa el temps que l'afecionat espera per veure passar el cap de la cursa (els estudis donen un marge d'uns 3 minuts), aquest comença a perdre l'interès.

A l'hora de dissenyar i construir un circuit cal tenir molta cura del factor seguretat, tant del públic com dels participants. Pràcticament tots els aspectes relatius a la seguretat estan regulats per la FIA, que envia un inspector abans de la celebració de qualsevol acte per tal que certifiqui el bon estat de les instal·lacions.

La FIA estableix que, sempre que sigui possible, es procurin espais per a què els vehicles puguin arribar a aturar-se o recuperin la seva trajectòria a prop del traçat sense que s'arribi a produir una col·lisió. Tot i això, la FIA obliga a instal·lar dues línies de protecció a les zones on accedeixi públic o en aquelles en les què es trobi algun element (arbre, turó, etc.) contra el que pugui impactar un vehicle fora de control. La primera línia de protecció és una barra de seguretat o un mur de formigó, depenent de la zona del circuit. La segona línia de seguretat la constitueix una tanca de cables d'acer que es tensen cada 40 metres i que, per sí mateixos, també haurien de ser capaços d'aturar completament un vehicle que surti del traçat.

Entre aquestes dues línies cal que hi hagi, com a mínim, un metre de separació ja que es necessita espai a la pista per a què circulin els serveis d'emergència i els comissaris.

5.3 conflicte d'interessos

En ocasions les normatives de la FIA i la FIM es contraposen. En primer lloc, des de la FIA s'estan realitzant estudis que aconsellen eliminar moltes de les zones que actualment serveixen com a escapatòria.



La raó és que, en l'actualitat, el 80% de les ocasions en què un cotxe surt de la pista en una escapatòria s'acaba quedant bloquejat. Però una mesura semblant seria molt perillosa de cara a les competicions de motos.

Per altra banda La FIM exigeix que la primera línia ha de trobar-se constituïda per una barrera que dissipï l'energia del vehicle i que pugui parar el pilot en condicions segures. No obstant la

FIA (amb una normativa menys flexible) recomana una tanca de protecció de formigó. Quan un circuit acull esdeveniments promoguts per les dues organitzacions sol resoldre's la normativa amb elements mòbils del tipus bales de palla premsada o pneumàtics.

Les grades han d'estar a uns cinc metres de la vora de la pista. Si es troben a més de dos metres d'alçada (com passa a la recta principal de molts circuits) està permès que estiguin més a prop.

La funcionalitat és la característica principal dels boxes. Estan constituïts per mòduls que, en cas necessari, poden unir-se de dos en dos o de tres en tres. Al seu interior es troben tot tipus d'instal·lacions: un decantador d'olis, una sortida d'aire comprimit, preses d'electricitat de diferents potències, vàries línies de telèfon, lavabos, ADSL...



5.4 Els exigents criteris d'homologació de la FIA i la FIM

La FIA juntament amb la FIM imposa uns criteris d'homologació molt exigents per permetre que un circuit pugui acollir diferents proves internacionals.

Aquestes són algunes de les característiques que s'exigeixen als circuits de nova construcció.

- La **longitud mínima** depèn del tipus de competició. Pot anar des dels 3,3 quilòmetres fins als 7 com a màxim.
- L' **amplada** de la pista ha de tenir un mínim de 12 metres, encara que la línia de sortida ha de ser de 15 metres d'ample. Tampoc estan permesos els colls d'ampolla, és a dir, que el traçat només es pot fer estret un metre de cada 20 de recorregut.



- Es recomana que la **primera corba** estigui situada a més de 250 metres de la línia de sortida. En aquests casos, el primer viratge ha d'estar situat a més de 250 metres de la línia de sortida i ha de ser, almenys, de 45 graus amb un grau de radi de gir inferior a 300 metres.
- La **longitud màxima** permesa per una recta és de 2 quilòmetres.
- El **peraltatge de les corbes** no pot excedir un 10%.
- Les **vores de la calçada** han de ser compactes i iguals ambdós costats i poden tenir entre 1 i 5 metres d'amplada.
- Els **pianos** no han d'excedir mai el 25% d'inclinació
- Els llocs a la **graella de sortida** han de tenir, almenys, sis metres d'amplada, però vuit en el cas concret de la Fórmula 1.
- El **pit lane**, el carrer que porta als boxes, ha de tenir una amplada mínima de 12 metres i ha d'estar separat de la recta de sortida per una tanca de 4 metres d'alçada. Tant l'entrada com la sortida, han d'estar situats en punts del circuit que no interfereixin el desenvolupament de la cursa.
- La recta de meta pot tenir un pendent màxim del 2%.



5.5 Circuit de Catalunya

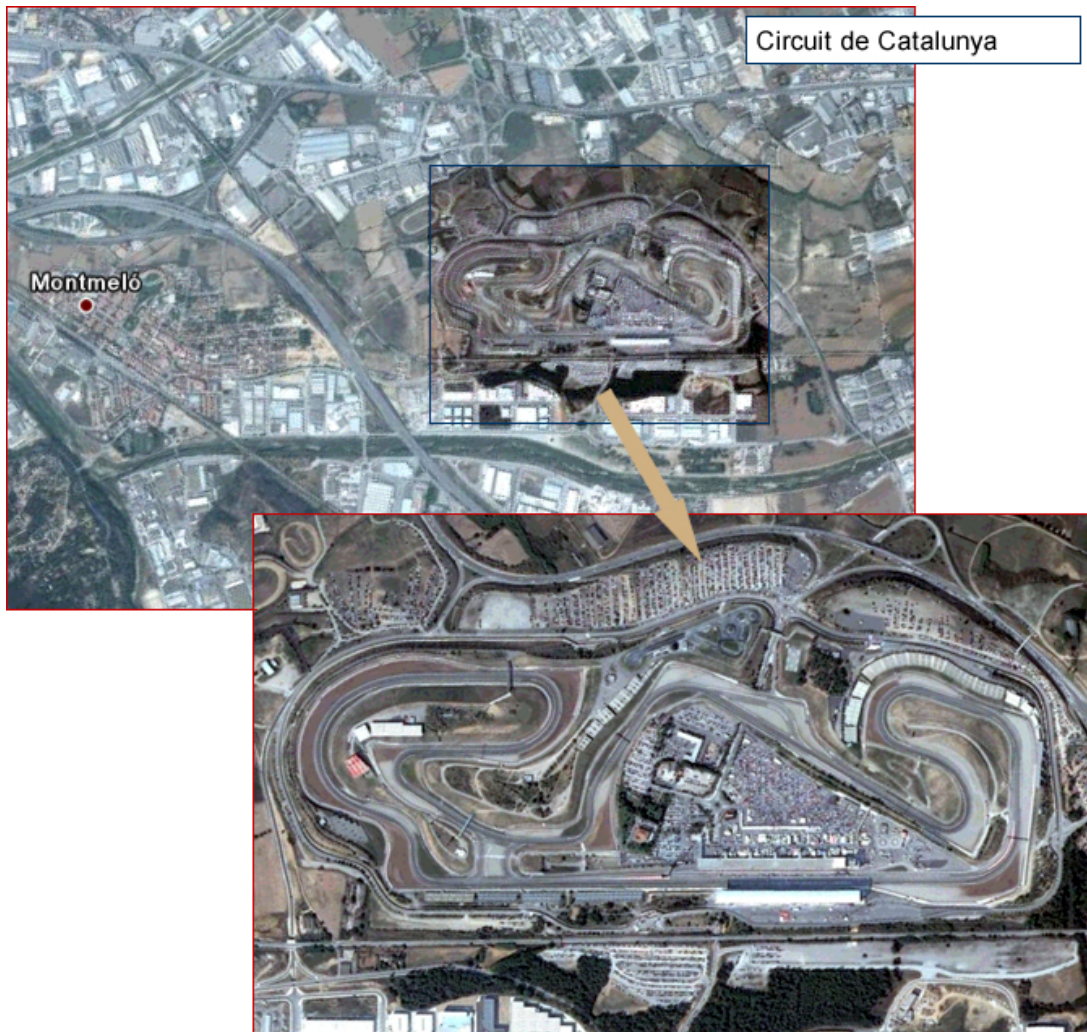
El Circuit de Catalunya és un dels traçats més moderns que reuneix les condicions per acollir les més importants competicions del motor. Inaugurat el 1991, presenta tres traçats diferents: el Circuit Gran Premi, de 4.727 m; el Circuit Nacional,

de 3.067 m; i el Circuit Escola, de 1.703 m.

Catalunya ha tingut sempre una gran tradició amb els esports del motor. Després del tancament del circuit urbà de la muntanya de Montjuic es va posar en dubte la continuïtat dels antics circuits urbans de Gavà i Pedralbes. Va ser el 24 de febrer de 1989 quan un consorci format per la Generalitat de Catalunya, el Reial Automòbil Club de Catalunya (RACC) i l'Ajuntament de Montmeló, s'inicià la construcció del nou Circuit de Catalunya. Des de llavors, el Circuit s'ha convertit en una de les instal·lacions més apreciades tant pel equip de Fórmula 1 com pels de Motociclisme, que l'inclouen entre els preferits per realitzar tests privats. La seva eficiència organitzativa de proves de motor li han proporcionat nombrosos premis al millor circuit.



El 15 de setembre de 1991, el Circuit de Catalunya va acollir la primera cursa oficial, el Campionat d'Espanya de Turismes amb victòria de l'ex-pilot de F-1, Lluís Pérez Sala. El 29 de setembre de 1991 es va disputar el 35è Gran Premi d'Espanya de F-1 després de setze anys d'absència a Catalunya. El mundial de motociclisme arribaria un any més tard amb la celebració del Gran Premi d'Europa, nom que canvià pel de Catalunya a partir del 1995.



Anàlisi dinàmic de les corbes

6. ANÀLISI DINÀMIC DE LES CORBES

En apartats anteriors he fet, per una banda, la comparativa dels elements estructurals dels dos vehicles i la importància que tenen en el comportament d'aquests quan arriba l'hora de la competició, i per una altra, de l'espai per on aquests vehicles desenvolupen el seu potencial. Ara és el moment de veure com interactuen màquina i pista.

Vaig trobar que una bona manera de visualitzar aquesta interacció era posant en relació els valors de la velocitat i el radi de la corba per poder calcular l'acceleració dels vehicles. Les dades obtingudes es mostren a la taula següent:

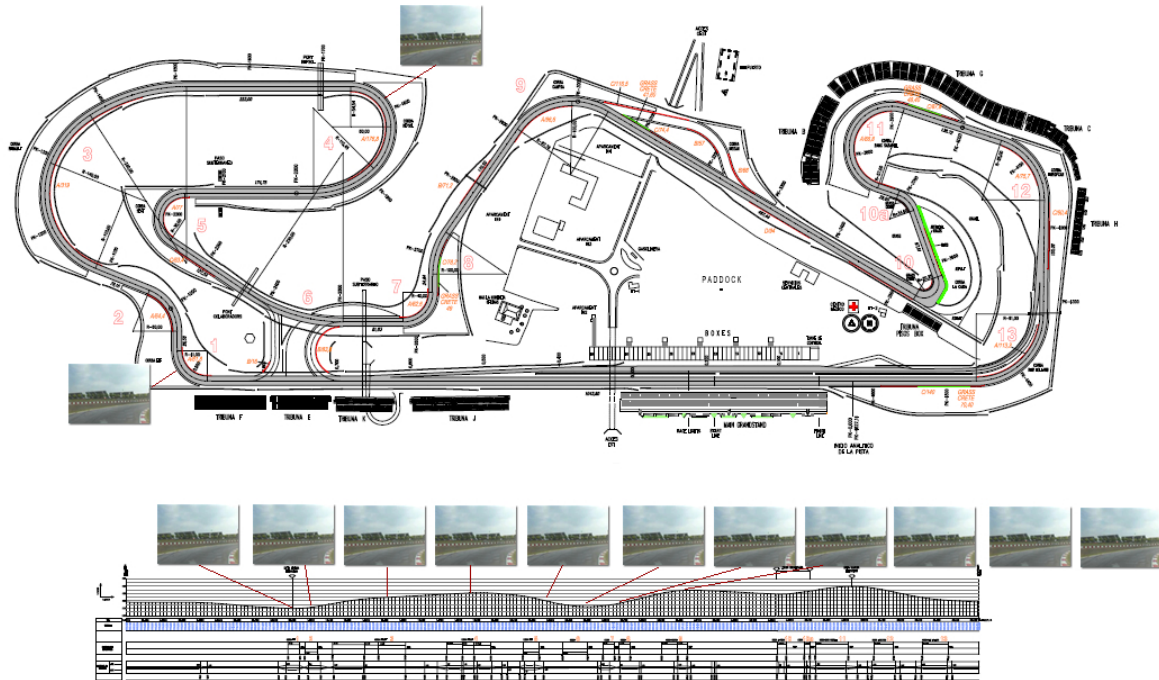
*L'acceleració s'obté substituint els valors de la velocitat i el radi a la fórmula següent:

Corba	Radi	F 1			Moto GP		
		Velocitat		Acceleració	Velocitat		Acceleració
		Km/h	m/s	m/s ²	Km/h	m/s	m/s ²
1	41'00	141	39'17	37'42	100	27'78	18'82
2	60'00	188	52'22	45'45	150	41'67	28'94
3 A	110'00	235	65'28	38'74	145	40'28	14'75
3 B	140'00	235	65'28	30'44	145	40'28	11'59
3 C	240'00	235	65'28	17'76	145	40'28	6'76
4 A	54'54	142	39'44	28'52	108	30	16'50
4 B	80'00	142	39'44	19'44	108	30	11'25
4 C	115'45	142	39'44	13'47	108	30	7'80
5	35'00	102	28'33	22'93	87	24'17	16'69
6	230'00	262	72'78	23'03	224	62'22	16'83
7	40'00	145	40'28	40'56	100	27'78	19'29
8	100'00	185	51'39	26'41	100	27'78	7'72
9 A	87'76	190	52'78	31'74	140	38'89	9'51
9 B	100'00	190	52'78	27'86	140	38'89	15'12
10 A	20'25	74	20'56	20'87	250	69'44	238'12
10 B	34'60	187	51'94	77'97	250	69'44	139'36
11	57'00	125	34'72	21'15	90	25	10'96
12	85'00	128	35'56	14'88	150	41'67	20'43
13	91'00	180	50	27'47	190	52'78	30'61

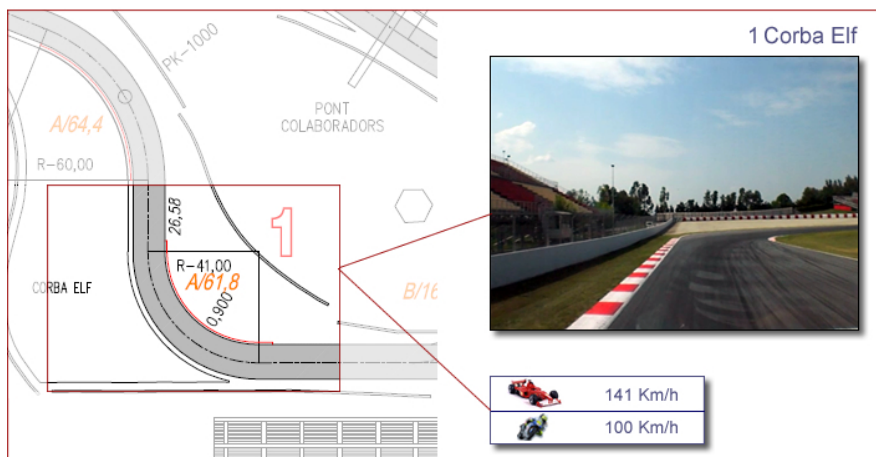
$$a_c = \frac{v^2}{r}; \text{ sent } a_c \text{ l'acceleració centrípeta (o normal).}$$

Tot i que queda reflectit a la taula que els valors tant de la velocitat com de l'acceleració del cotxe són superiors és necessari realitzar una anàlisi més a fons que ens permeti establir, des d'un punt de vista dinàmic, les possibles diferències entre

ambdós vehicles. Per a realitzar aquesta anàlisi parteixo del plànol del Circuit on es troben assenyalades les dades necessàries per calcular l'acceleració.



Les fotografies següents mostren cadascuna de les tretze corbes i recullen les velocitats a les que arriben tant el cotxe com la moto.



2 Corba Elf

PK-1100
C/63,4
127,54
PK-1060
COL
9,15
R-60,00
CORBA ELF
R-41,00
A/61,8
26,38
0,900

	188 Km/h
	150 Km/h

3 Corba Renault

CORBA RENAULT
PK-1400
PK-1300
R-140,00
A/319
R-120

	235 Km/h
	145 Km/h

4A Corba Repsol

PK-1800
CORBA REPSOL
R-54,54
80,00
A/176,8
R-115,45

	142 Km/h
	108 Km/h

5 Corba Seat

PASO SUBTERRANEO
PK-2100
CORBA SEAT
PK-2200
A/77
R-35,00
PK-2300
C/63,4
127,54

	102 Km/h
	87 Km/h

6 Corba

	262 Km/h
	224 Km/h

7 Corba Wurth

	145 Km/h
	100 Km/h

8 Corba Wurth

	185 Km/h
	100 Km/h

9 Corba Campsa

	190 Km/h
	140 Km/h

10 Corba La Caixa

	74 Km/h
	250 Km/h

11 Banc Sabadell

	125 Km/h
	90 Km/h

12 Corba Europcar

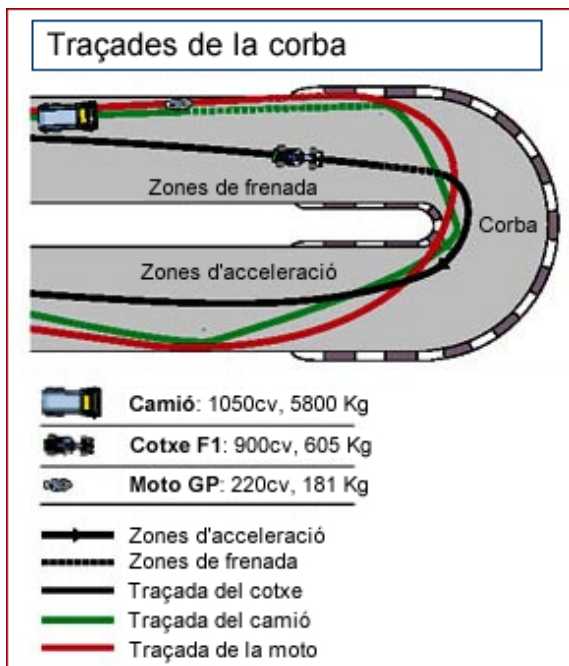
	185 Km/h
	150 Km/h

13 Corba New Holland

	180 Km/h
	190 Km/h

Ara avaluaré dinàmicament la Moto GP. L'objectiu és aconseguir esbrinar com aquesta pot arribar a assolir les acceleracions del cotxe i, així, igualar o no el seu pas per corba.

Un aspecte a destacar i que crec que s'ha d'aclarir és el radi de les corbes en funció de com les prenen els dos vehicles. El cotxe de Fórmula 1 pot prendre la corba amb un radi menor que la Moto GP. Això implica una possible falta de dades fiables per calcular l'acceleració centrípeta (o acceleració normal) ja que desconexim el valor real dels radis de les corbes. És per això que, al realitzar l'anàlisi dinàmic, consideraré traçades idèntiques.



Abans de passar a l'anàlisi, cal tenir en consideració una sèrie de conceptes físics que necessitarem per entendre la terminologia emprada.

Un cos té moviment quan ocupa diferents posicions al llarg del temps respecte d'altres cossos. Per tant, per determinar aquestes posicions, és necessari un sistema de referència. Aquest és el conjunt de cossos que convencionalment es consideren immòbils i respecte dels quals s'analitza el moviment d'altres cossos.

El sistema de referència inercial és aquell sistema de referència respecte del qual el moviment de qualsevol partícula lliure (qualsevol cos que tingui un volum negligible i que estigui aïllada) és rectilini i uniforme, és a dir, amb velocitat constant, en mòdul i direcció. L'elecció d'aquest tipus de sistema és arbitrari, ja que, donat un sistema de referència inercial determinat, sempre és possible triar-ne un altre que es mogui amb velocitat constant respecte el primer i obtenir, per tant, un altre sistema inercial.

Un sistema de referència no inercial és aquell que es mou amb acceleració respecte a un sistema de referència inercial.

Les Lleis de Newton només són vàlides per sistemes de referència inercials. Quan l'acceleració d'un objecte es mesura en relació a un sistema de referència que alhora accelera respecte a un sistema de referència inercial, la força resultant no és igual al producte de la massa de l'objecte per la seva acceleració. En alguns casos un objecte pot estar en repòs en relació a un sistema no inercial tot i que sobre ell actui una força no equilibrada. En altres casos, sobre l'objecte no actua força alguna, però es troba accelerat respecte al sistema. En aquest sistema de referència accelerat podem utilitzar la segona Llei de Newton $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ si introduïm forces fictícies que depenen de l'acceleració del sistema de referència. Aquestes forces no són exercides per un agent. Són simplement ficcions introduïdes perquè última l'equació sigui vàlida

quan l'acceleració \vec{a} es mesuri en relació a un sistema de referència no inercial. Pels observadors del sistema no inercial les forces fictícies són tan reals com les restants.

La simbologia que s'utilitzarà a continuació, queda recollida en la taula següent:

Simbologia	Definició
Σ	Sumatori
F	Força
\vec{F}_f	Força centrífuga
$\vec{F}_{r,e,m}$	Força de fregament estàtica màxima
\vec{r}	Vector r
l	Longitud
m	Massa
P	pes
v	Velocitat
g	Gravetat
N	Força normal
a	Acceleració
a_c	Acceleració centrípeta

Un cop tenim clars els conceptes anteriors passem a realitzar l'anàlisi dinàmic del pas per corba d'una Moto GP.

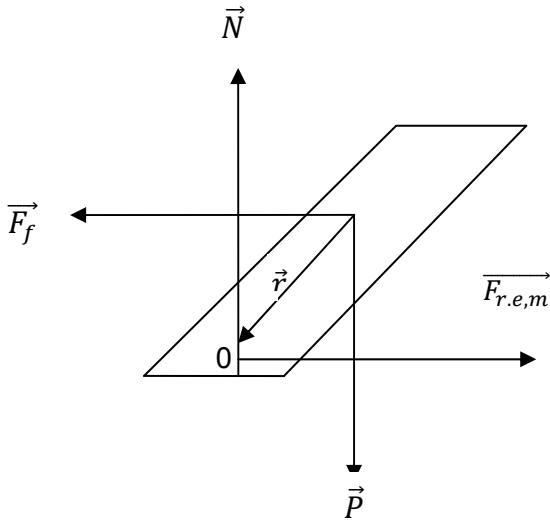
El dibuix d'abaix representa la roda de la moto quan està prenent la corba i sobre aquesta he representat totes les forces que hi actuen. Analitzarem la situació d'equilibri dinàmic del sistema motorista - moto considerant la pròpia moto com a sistema de referència no inercial.

Les forces estan equilibrades tant en l'eix de les X, com en l'eix Y, ja que:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{i} \quad \Sigma F_y = 0$$

També es verifica que el sumatori de moments sigui zero: $\Sigma \vec{\tau} = 0$. Prendrem moment respecte el punt 0. Respecte a aquest punt els moments de la normal (\vec{N}) i de la força de fricció ($\vec{F}_{r,e,m}$) són zero. No s'anul·len els moments individuals de la força de fictícia (\vec{F}_f) i del pes (\vec{P}) però sí la seva suma

És aquesta igualació la que ens permetrà arribar a alguna conclusió.

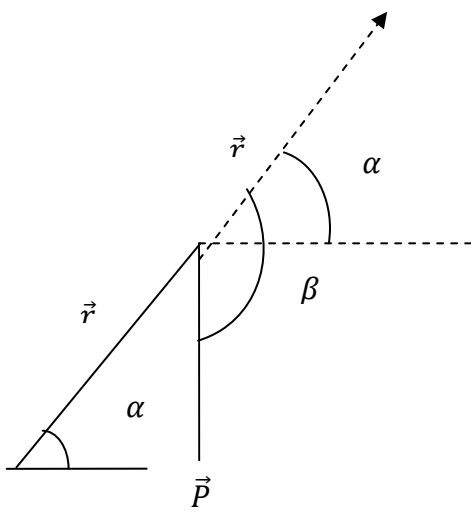


$$\sum \vec{\tau} = 0$$

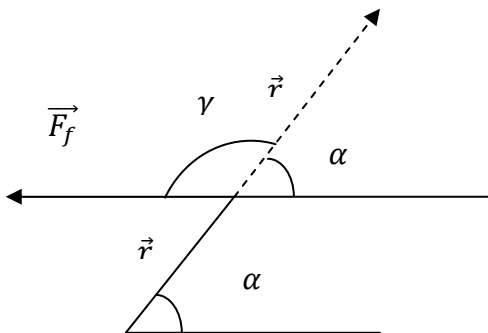
$$\vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 = 0$$

$$\vec{\tau}_1 = \vec{r} \cdot \vec{P}$$

$$\vec{\tau}_2 = \vec{r} \cdot \vec{F}_f$$

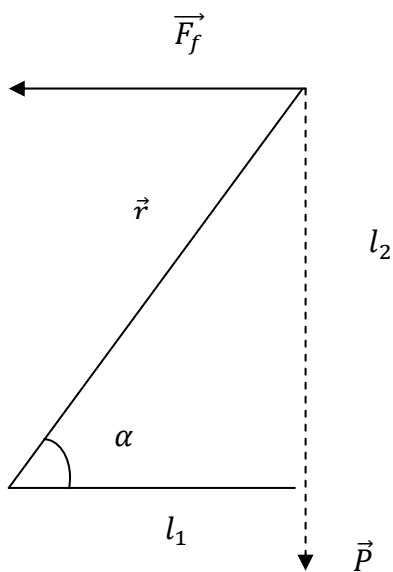


$$\left\{ \begin{array}{l} |\vec{\tau}_1| = r \cdot P \cdot \sin \beta = r \cdot P \cdot \cos \alpha = P \cdot l_1 \\ \text{Sentit horari (sentit negatiu)} \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} |\vec{\tau}_2| = r \cdot F_f \cdot \sin \gamma = r \cdot F_f \cdot \sin \alpha = F_f \cdot l_2 \\ \text{Sentit antihorari (sentit positiu)} \end{array} \right.$$

Com el moment resultant és zero es verifica la igualtat en mòdul.



$$P \cdot l_1 = F_f \cdot l_2$$

$$m \cdot g \cdot l_1 = m \cdot \frac{v^2}{r} \cdot l_2$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{g}{l_2/l_1} = \frac{g}{\tan \alpha}$$

$$\frac{r \cdot g}{\tan \alpha} = \frac{v^2}{r} = \frac{g}{\tan \alpha}$$

$$a_c = \frac{g}{\tan \alpha}$$

Ja he arribat a una expressió que pot ésser útil. Com he comentat abans, l'objectiu és conèixer què ha de fer la moto per assolir les acceleracions del cotxe, igualant així els valors en el pas per corba. És per això que calcularé l'angle d'inclinació de la Moto GP utilitzant l'expressió anterior i les dades obtingudes a la taula.

Primerament s'ha d'aïllar de l'equació la tangent d'alfa.

$$\tan \alpha = \frac{g}{a_c}$$

A continuació, i utilitzant els valors mitjans de les acceleracions de la Moto GP al Circuit de Catalunya, es substitueix a l'equació:

$$\tan \alpha = \frac{9'8}{15'50} = 0'632$$

Coneixent aquest valor es pot esbrinar l'angle d'inclinació de la moto:

$$\alpha = 32'18^\circ$$

Ara, empraré el valor mitjà de les acceleracions del Fórmula 1 al Circuit, realitzant el mateix procediment:

$$\tan \alpha = \frac{9'8}{27'12} = 0'361$$

$$\alpha = 19'52^\circ$$

Segons els resultats obtinguts, la moto pot assolir un valor màxim d'inclinació de 32° . Només en el cas en que aquesta s'inclinés fins a formar un angle de 20° amb la pista aconseguiria igualar els registres d'acceleració del cotxe i igualar el temps en el pas per volta.



De la teoria a la competició

7. DE LA TEORIA A LA COMPETICIÓ

7.1 Els Grans Premis

7.1.1 Entrenaments

Cada any s'organitzen diversos Grans Premis en diferents parts del món. Les curses es fan durant el cap de setmana i duren tres dies. El divendres, en dues sessions d'entrenaments lliures, els pilots proven i adapten el seu cotxe i la moto al circuit, intentant realitzar la millor elecció de pneumàtics per la cursa (durs, mitjos o tous).

El primer entrenament lliure té lloc el divendres a les 10:00 del matí i el segon a les 14:00. Tots dos duren una hora i mitja aproximadament. Dissabte es realitza una altra sessió d'entrenaments d'una hora i seguidament es corre la sessió de qualificació.

Aquesta qualificació és diferent en ambdós casos. Els pilots de Moto GP disposen d'una hora per realitzar el millor temps. El pilot que hagi obtingut el millor registre al llarg de la tanda serà qui surti des de la primera posició de la graella.

La sessió de classificació de Formula 1 és més complexa. Consisteix en una sessió dividida en tres parts anomenades Q1, Q2 i Q3 (de l'anglès Qualifying), de 15 minuts cada una. El sistema utilitzat és el descart, pel qual els competidors sortiran a la pista sense restricció de pneumàtics (només els seleccionats) ni de benzina i hauran de quedar entre els 16 primers a la Q1 i entre els 10 primers a la Q2. Aquells que no aconseguixin ser els més ràpids a la primera part no podran accedir a la segona i quedaran d'acord als millors temps, ordenats a la graella des del 17 al 22. Igualment passa amb la Q2 i la Q3, quedant les posicions de la 11 a la 16. Tots els pilots podran carregar el dipòsit de benzina lliurement.



La dinàmica a la Q3 és diferent ja que la quantitat de combustible que carreguin a la darrera sessió determinarà la quantitat que hauran de carregar per la cursa (regla del 107%). Els millors temps ordenaran els llocs del 10 a l'1 (*pole*).

Els vehicles amb més benzina per la cursa realitzaran la seva primera aturada (a vegades, la única) més tard que la resta.



48

Totes dues curses es realitzen normalment el diumenge a les 2 de la tarda (depenent de l'horari de cada lloc). Abans de donar la sortida els vehicles es col·loquen a la graella de sortida mitja hora abans. Quan arriba l'hora donen una volta d'escalfament a la pista (anomenada "warm up lap") i aprofiten per comprovar l'estat general del cotxe o la moto, mantenir calents els pneumàtics fent ziga-zagues i per escalfar els frens frenant en plena recta. Els vehicles es col·loquen a la graella de sortida segons la posició que han obtingut a la qualificació. Quan això passa, el cap de cursa activa el procediment d'inici de carrera que consisteix en l'encesa de 5 llums vermells en intervals d'un segon. Quan tots els llums estan encesos, s'apaguen i s'inicia la cursa. És a partir d'aquest instant que els pilots poden arrencar els cotxes o les motos. Si durant aquest curt procés algun pilot té un problema tècnic ha d'aixecar i moure les mans per tal que el procés s'aturi. Els pilots han de realitzar una segona volta d'escalfament, reduint-se la distància de carrera del Gran Premi en una volta menys. Aquest procés pot repetir-se diverses vegades.

La cursa de Formula 1 constarà d'un nombre de voltes assignat prèviament, al voltant d'unes 60, i no podrà durar més de dues hores. La cursa de Moto GP, en canvi, té una durada d'uns 40-45 minuts. Els pilots que creuin la línia d'arribada ,després de l'última volta, en les 8 primeres posicions, en el cas de la F1, i 15 en el cas de les motos ,entraran dintre del repartiment de punts de cara al campionat de pilots i el de constructors.



7.1.2 Les estratègies

La Fórmula 1 no és només un esport que mesura l'habilitat personal dels pilots o el rendiment dels monoplaces. És, també, un esport d'estratègies. Una estratègia encertada pot donar la victòria a un pilot que a priori no tenia possibilitats.

Bàsicament les estratègies tenen a veure amb les entrades a boxes. El fet d'entrar abans o després que el teu rival i, per tant, anar més o menys carregat de benzina, pot fer variar les posicions d'una cursa. Les estratègies per la cursa comencen a pensar-se un dia abans, a la qualificació. A la Q3 es decideix definitivament l'estratègia.

A més a més, no sempre guanya qui fa menys aturades. El nombre habitual a cada circuit és de dues encara que a vegades se'n fan tres o més en funció dels incidents que s'hagin pogut produir (per exemple, l'entrada del cotxe de seguretat a la



pista). Pot ser que alguna escuderia opti per fer una única aturada, sortint amb gran quantitat de benzina al començament per després reposar i canviar pneumàtics a meitat de cursa.

És molt important comptar amb els temps de treball dels equips quan els cotxes entren a boxes ja que no tots treballen a la mateixa velocitat fent la càrrega de combustible i els canvis de pneumàtics. S'ha donat moltes vegades el cas que un pilot pot perdre una cursa als boxes per alguna errada o retardament de l'equip que l'assisteix. És per aquest motiu que els equips practiquen constantment per tal de no cometre errors i de millorar els temps de les aturades.

Encarar una cursa de Moto GP, estratègicament, és ben diferent. A priori no hi ha estratègia possible ja que les motos no realitzen cap aturada per carregar benzina ni canviar pneumàtics. La estratègia per guanyar-la passa per tenir un motor ràpid, uns pneumàtics fiables, escollir en cada corba la traçada adequada... ser el que es diu un pilot fi.

7.1.3 La puntuació

La puntuació en un gran premi es distribueix així:

- En una cursa de F1, un cop els pilots passin per sota de la senyera a quadres que indica el final de la cursa, segons l'ordre d'arribada es repartiran: 10 punts el primer, 8 pel segon, 6 pel tercer, 5 pel quart, 4 pel cinquè, 3 pel sisè, 2 pel setè i 1 pel vuitè. Només classificaran en aquestes posicions aquells conductors que realitzin almenys el 80% de les voltes completades pel guanyador de la prova.
- Pel que fa a les motos, el repartiment de punts és diferent. Un cop es desplega la senyera a quadres els quinze primers pilots obtenen la següent puntuació:

1r 25 2n 20 3r 16 4t 13 5è 11 6è 10 7è 9 8è 8 9è 7
10è 6 11è 5 12è 4 13è 3 14è 2 15è 1

- Les puntuacions totals al llarg del campionat determinaran la posició final dels pilots i la dels constructors a partir de la suma dels punts obtinguts pels seus corredors.
- L'actual sistema de puntuació valora la regularitat al llarg de tot el campionat, per sobre del nombre de victòries aconseguides.

7.1.4 Comunicació equip-pilot

Els pilots de F1 disposen de comunicació directa amb el seu equip mitjançant els auriculars que porten posats al llarg de la cursa. Els de moto, però, des dels anys 90 ja no disposen d'aquest tipus de comunicació amb el *pit lane* i només poden conèixer la seva situació a la cursa mitjançant la lectura de la pissarra. Aquest, també és un sistema utilitzat per la F1.

Com podem interpretar una d'aquestes pissarres? Observem la imatge:



P Significa **POSICIÓ**. Indica el lloc que ocupa a la cursa.

L Significa **LAP** (volta en anglès). Mostra el nombre de voltes que resten per acabar la cursa.

- + Indica l'avantatge que el pilot té sobre un altre.
- Diferència respecte el pilot que el precedeix.

Al llarg dels entrenaments el pilot pot rebre altres indicacions:




T Significa **TIME**. El temps que queda per acabar la sessió d'entrenaments.

L S'utilitza per indicar el pilot, per necessitats tècniques, quan pot començar a fer els temps de cursa.


7.1.5 Reglament

7.1.5.1 Les senyeres

Tant a la F1 com a les curses de motos les senyeres són un element imprescindible, doncs és la manera que tenen de comunicar-se els comissaris de pista amb els pilots. És com conèixer els senyals de trànsit: els conductors (en aquest cas els pilots) les han de conèixer i, sobretot, respectar.

Senyera	Significat
	Perill proper (accident). Els pilots han de reduir la velocitat i està prohibit avançar en aquesta zona.
	Han netejat la pista i la cursa pot continuar a la velocitat normal.
	Accident greu. La cursa o la sessió queda suspesa temporalment. Ni els cotxes ni les motos poden avançar i han de tornar als boxes.

Pot significar varies coses:

-  A la sortida de boxes serveix per indicar el pilot que vol sortir que se li aprenen cotxes.
- Durant la cursa indica al pilot que serà doblat per un altre corredor i, per tant, l'ha de deixar passar.
- Durant les sessions d'entrenaments indica que el pilot que arriba

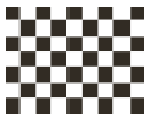
pel darrere és més ràpid i se l'ha de deixar passar.

Indica que a les proximitats es troba un vehicle especial, així com ambulàncies o grues. Els pilots han de reduir la velocitat.

En el cas de les motos permet els pilots passar pel *pit lane* per canviar la moto o modificar-la quan plou.



Indica al pilot que ha d'entrar a boxes possiblement per haver estat desqualificat.



Indica que la cursa o la sessió s'ha acabat. Se li ensenya al pilot guanyador i, posteriorment, a tots aquells que creuen la línia d'arribada.



Indica al pilot que l'acció que està realitzant és antiesportiva i que pot ser desqualificat.



Informa al pilot que ha d'entrar a boxes perquè s'ha detectat un problema tècnic al cotxe o a la moto.



Indica al pilot que la pista està relliscosa i que ha de tenir cura en un .punt concret del circuit.

SC

Indica a tots els pilots que el cotxe de seguretat es troba a la pista i, per tant, han de reduir la velocitat.

- En el cas de les motos existeixen altres dos tipus de senyeres: una blanca amb creu vermella, que indica que hi ha algunes gotes de pluja al circuit i, per tant, s'han de prendre precaucions i la blanca amb una creu vermella i groga creuades que indica que hi ha pluja en aquell tros concret del traçat.
- Els jutges de la cursa poden penalitzar els pilots per diferents accions: començar abans que s'apagui el semàfor, sobrepassar el límit de velocitat a l'entrada dels boxes, produir un accident, bloquejar antiesportivament altres cotxes, ignorar les senyeres, entrar a boxes abans que els cotxes estiguin alineats darrere el cotxe de seguretat...

Actualment hi ha quatre tipus de penalitzacions:

- *Drive-through*, que obliga el pilot a passar pel carrer dels boxes sense aturar-se
- *Stop and go*, o la penalització de deu segons, que obliga el pilot a entrar a boxes, parar durant els deu segons sense que els mecànics puguin tocar el cotxe, i tornar a sortir.
- Una altra és la penalització de deu llocs a la graella de sortida. Així, si el pilot s'ha classificat en primer lloc, sortiria des de l'onzena posició.
- La penalització més greu és la senyera negra, que s'utilitza quan el pilot ha ignorat altres penalitzacions o ha fet alguna cosa il·legal. El pilot és desqualificat i no suma cap punt.



A les penalitzacions de *drive-through* o *stop-go*, el pilot té un límit de cinc voltes per complir amb la sanció. Si no és així és desqualificat amb una senyera negra. Si és penalitzat quan falten cinc voltes per acabar la cursa, no és necessari que realitzi la penalització perquè simplement se li afegiran vint segons al seu temps total en acabar la cursa.

A vegades també s'apliquen sancions econòmiques, quan es supera la velocitat màxima permesa al *pit lane* durant algun entrenament, o que un pilot que no corre al següent gran premi i llavors no se li pot aplicar la penalització de deu posicions.

7.1.5.2 El cotxe de seguretat

El cotxe de seguretat (anomenat *safety car*) és el responsable de guiar la formació dels pilots quan es necessita: si queden restes d'un vehicle a la pista després d'un accident, per la intrusió d'un animal, objecte o persona a la pista o també per condicions extremes al circuit com és la pluja torrencial. Normalment indica la seva presència mitjançant un cartell que anuncia SC acompanyat de la senyera groga.

Si la bandera groga es comenci a agitar no es podrà avançar; en el cas que un pilot ho faci, els comissaris esportius decidiran una sanció. Quan es pugui tornar a avançar, es mostrarà el missatge: “Lapped cars may now overtake” (“els cotxes doblats poden avançar ara”) per tal que els cotxes amb volta perduda no es quedin entre pilots no doblats. Quan tots els cotxes siguin alineats darrere el *safety car* apareixerà el missatge “Pit lane open” (“*pit lane* obert”) Si un pilot entra a boxes abans que aparegui aquest missatge se’ls sancionarà amb un “stop and go”, excepte si es limita a canviar de pneumàtics secs a intermitjios o extrems (o a la inversa).



Des de 1996 és la fàbrica Mercedes-Benz la que subministra aquest vehicle. L'encarregat de conduir-lo és l'expilot del DTM Alemany Bernd Mayländer.

7.2 Organització del Gran Premi de Catalunya

Organitzar un Gran Premi d'aquesta magnitud no és una tasca senzilla. Des que arriba el primer camió amb material el dijous a la tarda fins que no marxa l'últim d'ells el diumenge, el Circuit és un frenesí. Boxes, sala de premsa, clínica mòbil, sala de cronometratge, tot ha d'ésser perfecte. Un cop finalitzada la cursa de diumenge, ja es comença a preparar la de l'any vinent.

Tot comença amb la venda d'entrades. Es posa tot en marxa des que acaba el Gran Premi: punts de venda, publicitat, promocions, etc.

Un altre dels aspectes importants a destacar és la preparació del personal de pista. Al gener, comença la preparació amb la Comissió de Seguiment. El Departament de Formació del Circuit lidera la reunió o porta tota una sèrie de material audiovisual, manuals, etc. Aquí s'analitzen les novetats en el reglament que ha importat la FIA o el FIM i del mateix Circuit, les modificacions a la pista, al les instal·lacions, etc. Però el programa de formació no només inclou sessions teòriques sinó també pràctiques. Hi ha cursos antiincendis, de socorristes, d'extracció, pràctiques de rescat, entre d'altres. Durant tota la temporada, es realitzen reunions periòdiques anomenades Oficials Clau, on es refresca tot el que es va plantejar al gener. Quan arriba el dia del GP es distribueix el Manual d'Operacions, on hi és tot el reglament, el serveis, la llista de personal, la situació, la llista de telèfons; també inclou l'anomenat *Minut a Minut*. Aquesta és la llista d'accions que s'han de fer abans, durant i després de la cursa, per tal de que tothom sàpiga què és el que ha de fer en cada moment.

La setmana del Gran Premi comença amb les reunions pertinents entre els encarregats de la logística del Circuit i els caps de cursa de l'esport en qüestió. La primera es realitza dimecres. La trobada es realitza amb Charlie Withing (director de cursa de la FIA) en el cas de la Fórmula, o bé amb Claude Dennis (director de cursa de la FIM) en el cas de Moto GP. El Circuit confirma els seus serveis i personal. És el moment de fer conèixer si el Circuit ha fet un canvi recent important

d'alguna cosa que els afecti. A continuació es realitza la inspecció de pista, que és com una cerimònia de lliurament del Circuit per tal de que la FIA o la FIM es faci càrrec de la cursa. Es recorre tot el traçat i se'n comprova l'estat pam a pam. La pista es declara oficialment tancada. Ja no es pot modificar res. Abans de moure, tocar o refer qualsevol cosa, se n'ha d'informar prèviament. Per exemple, el dijous del GP de Fórmula 1, els *Safety Car* i el Medical roden força estona per verificar el funcionament de les seves ràdios i la pista ha de ser per ells sols.

Hi ha un programa de reunions preestablert per cada dia per cada un dels diferents serveis relacionats amb la cursa: de cronometratge, mèdic, el jurat, etc. Així arribem al moment de la sortida del GP. En el cas de la Fórmula 1 l'ús del *Safety Car* és més necessari que al Moto GP. Mentre es fa un rescat o una intervenció a pista el SC marca el ritme de la cursa i guia el pilot. Pel Moto GP les intervencions a pista són escapatòries. Amb un funcionament correcte de les banderes grogues de perill, la resta de pilots ubica l'incident i actua en conseqüència.



Resultats obtinguts

8. RESULTATS OBTINGUTS

Al llarg dels apartats anteriors del meu treball ja he fet un avançament de les conclusions a les que he anat arribant a partir de l'anàlisi de les dades recollides. Plantejada una hipòtesi, marcats uns objectius, realitzats els càlculs pertinents n'extrauré conclusions.

	Cilindrada	rpm	CV	Potència	Par motor
F1	2400cc	19.000	800	$5'88 \cdot 10^5$ W	295'53N·m
Moto GP	800cc	20.000	210	$1'54 \cdot 10^5$ W	73'53N·m

57

La hipòtesi que em vaig plantejar inicialment en què afirmava que un cotxe de Fórmula 1 trigava menys a donar una volta al Circuit de Catalunya que una Moto GP, puc dir que és certa. Tant en l'anàlisi teòric com en l'experimental es comprova que el cotxe de Fórmula 1 és més ràpid a donar la volta al Circuit que la Moto GP. La taula següent mostra la diferència de temps en cada sector i el temps final.

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Volta
Formula 1	23'469s	29'869s	21'725s	-	1min 15'063s
Moto GP	17'509s	31'259s	20'567s	32'065s	1min 41'4s

A l'apartat teòric, s'han pogut apreciar les diferències en quan a l'estructura d'ambdós vehicles. Aquestes diferències són determinants a l'hora del rendiment en condicions similars. Trobem, doncs, diverses diferències pel que fa als elements estructurals d'ambdós vehicles que seran determinants en el resultat final.

El cotxe disposa d'una major superfície de contacte amb el terra que la moto, fet que facilita que la transmissió de la potència a l'asfalt sigui millor. Tot i que en els dos vehicles la relació pes/potència és similar, les millors possibilitats d'aprofitament de l'aerodinàmica juguen a favor del cotxe. El fet que aquest últim disposi d'alguns elements aerodinàmics (els alerons) que la moto no té, afavoreix que el rendiment del F1 sigui millor.

Els valors referents al motor (potència, cilindrada, par motor, CV, etc) són sempre molt més favorables al Fórmula 1, en la majoria de casos la diferència és abismal. A la taula següent, es veu clarament la superioritat del cotxe front la moto.

El fet que el cotxe disposi de quatre rodes i la moto només de dues, també és un factor clau. Tot i la gran capacitat d'adherència i la resistència dels pneumàtics d'una Moto GP no es poden comparar amb la gran efectivitat que aquests mostren en un F1. La diferència no només ve donada pel tipus de pneumàtic que ha de dur cadascun sinó per una sèrie de factors que influeixen en el seu rendiment: el punt de

contacte amb l'asfalt, el sentit en què es pren la corba o la relació entre les condicions de la pista i la goma en són alguns exemples.

Un cop analitzats els elements comuns que conformen totes dues màquines, passem a l'anàlisi sobre la pista. A l'apartat "Comparativa pràctica" he avaluat els vehicles des d'un punt de vista dinàmic. Prenent com a "laboratori" el traçat del Circuit de Catalunya primerament vaig elaborar una taula on apareixen dades de velocitat i acceleració dels dos vehicles en diferents punts del traçat. Gràcies a les dades que hi apareixen obtingudes realitzant tota una sèrie de càlculs físics, podem establir que és en el pas per corba, és el Fórmula 1 qui els millors registres. La seva capacitat d'acceleració i desacceleració juntament amb la combinació dels elements dinàmics fan que es mostri clarament superior.

Posteriorment, per tal de veure si havia alguna possibilitat de que una Moto GP pogués batre el F1 en el pas per corba vaig realitzar una anàlisi físic - dinàmic . D'aquest es conclou que només en el cas que la moto s'inclinés fins a formar un angle amb la pista de 20° aconseguiria igual els registres d'acceleració del cotxe i igualar el temps de pas per volta.

És la suma de les diferències pràctiques i teòriques les que em porten a concloure que és en el pas per corba on el cotxe guanya la moto. De fet, a la recta principal del Circuit, la Moto GP assoleix major velocitat al final del tram.

Tant els objectius teòrics com els pràctics que em vaig marcar a l'inici del treball s'han complert de forma satisfactòria. Amb sinceritat he de reconèixer les dificultats per obtenir els objectes d'anàlisi amb dades significatives que m'ajudessin a elaborar el treball.

Duu a terme el treball no ha estat una tasca fàcil però el resultat ha valgut la pena i n'estic satisfeta. Ha estat una experiència molt enriquidora. He après moltes coses i he descobert tot un món ocult darrere de tot aquest circ que és la F1 i Moto GP.

La realització del treball no hauria estat possible si no hagués treballat amb constància, diàriament. Tot i que varem començar aviat, hem hagut de córrer una mica, sempre es vol polir la versió ja tancada. Per sort, ho he acabat a temps i amb uns resultats força satisfactoris.

La meva idea inicial era construir la maqueta d'un circuit de carreres agafant els millors sectors dels diferents circuits del Mundial. De seguida em vaig adonar que era una feina massa complicada que requeria un nivell d'especialització molt elevat en diverses branques de la ciència que, ara per ara, no tinc. A poc a poc vaig anar perfilant i polint la primera idea fins a obtenir-ne el que és ara el treball.

Una de les majors dificultats l'he trobada alhora de cercar informació que m'estimulés per anar endavant. El nucli més significatiu de la informació obtinguda ha estat la recerca a Internet i els materials aportats pels responsables del Circuit de Catalunya i experts en alguns dels aspectes tractats. La documentació pel treball per tant es basa en elements textuais i d'imatge però bona part també al treball de camp

fet a les instal·lacions del Circuit de Catalunya al llarg de les jornades de test i a les visites als responsables d'aquest concertades a propòsit del meu treball. Segurament, ha estat aquesta part de contacte directe amb el món de la competició el que m'ha resultat més satisfactori. Només una petita part l'he trobada a revistes especialitzades. No he trobat cap llibre relacionat amb la matèria. No hi ha cap llibre o web que tractin monogràficament sobre el tema genèric del meu treball. Això ha fet que les consultes hagin estat molt creuades complicant i enriquint el resultat final. He hagut de buscar i buscar a vegades amb poc èxit, però el que és més important: he hagut de contrastar informació. Moltes de les fonts que en un principi havia consultat no em semblaven del tot fiables. És per això que, després de moltes hores davant l'ordinador, moltes trucades i moltes piles de revistes, he pogut aclarir alguns punts.

Cal esmentar també el món de l'alta competició és molt tancat. Costa molt que algú et proporcioni informació. Els equips, els enginyers, els tècnics són personal molt hermètic del que difícilment en podràs treure alguna cosa. Tot i així sempre hi ha algú que està disposat a donar-te un cop de mà. Les persones del Circuit amb les quals vaig parlar varen col·laborar molt amablement i vam facilitar-me una informació fonamental pel desenvolupament del treball.

Mentre anava cercant, contrastant dades i consultant les diferents fonts em vaig adonar que podria parlar d'aspectes molt diversos, cadascun d'ells molt interessant. Finalment però vaig decidir centrar-me en aquells elements que més em cridaven l'atenció i que són el resultat d'aquest treball de recerca.

Annexos

9. ANNEXOS

He cregut interessant afegir al meu treball alguns elements que complementin part de les idees exposades. Així l'entrevista realitzada a Jose Luis Garcia a les instal·lacions del Circuit de Catalunya, la descripció de la tasca poc reconeguda dels provador poden servir per complementar i entendre millor el món de la competició.

9.1 Entrevista a en Jose Luis Garcia

El dia 13 de novembre de 2007, amb motiu dels tests de Formula 1 realitzats al Circuit de Catalunya, vaig tenir el plaer de compartir una estona amb en Jose Luis Garcia, un dels responsables de l'empresa Alkamel. En Jordi Mateu (responsable de premsa del Circuit) em va posar en contacte amb ell i em va proporcionar el seu telèfon personal. Després d'algunes trucades telefòniques, em va concedir una entrevista per resoldre alguns dels dubtes que em varen sorgir mentre feia el treball.

Algunes de les preguntes que inicialment em vaig plantejar varen ser:

- Quins són els temps parcial de cada vehicle?
- Els parcials es divideixen igual pels F1 que per les Moto GP?
- El tipus de cronometratge és el mateix? Quin mètode utilitzen en cada cas?
- Quin dels dos és més difícil de controlar en quant al cronometratge? Per què?

El senyor Garcia i jo ens varem reunir a la sala de control del Circuit. En aquesta sala trobem tot un seguit de pantalles que mostren tots els punts del traçat català, des de la recta del darrere fins el carrer de boxes. És una zona on només el personal autoritzat té accés així que em sento molt afortunada d'haver pogut estar-hi.



La primera pregunta plantejada va ser sobre la divisió dels parcials. Aquesta té a veure amb el nombre de sectors en que està dividit el Circuit. Doncs bé, no és el mateix en el cas del cotxe que en el de la moto. El traçat de F1 està dividit en tres

sectors mentre que el traçat de Moto GP està dividit en quatre. Per realitzar la comparativa, ens hauríem de centrar en els tres primers sectors.

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Volta
Formula 1	23'469	29'869	21'725	-	1min 15'063s
Moto GP	17'509	31'259	20'567	32'065	1min 41'4s

Després de mostrar-me les diverses dades corresponents als temps en cada tram, passarem a parlar del sistema de cronometratge.

El tipus de cronometratge que s'utilitza tant en la Formula 1 com en Moto GP és el mateix, fins hi tot s'encarrega la mateixa empresa. El sistema utilitzat és l'anomenat *transponder*. L'incorporen tan els monoplaques com les motos, el qual recull el temps de cada vehicle en un determinat punt del circuit.

Al llarg de les jornades de tests, mecànics, pilots i tècnics dels diferents equips proven configuracions, components i comportaments. Mesuren tots i cadascun dels factors que poden afectar al rendiment dels monoplaques o les motos, com ara la temperatura dels pneumàtics i el seu desgast, els frens, el consum del dipòsit, la resistència del motor, etc. El que realment es vol aconseguir amb tot això és obtenir el millor temps.

Actualment no té sentit que els temps d'ambdós vehicles es prenguin amb cronòmetre en mà, entre d'altres coses perquè es mesuren a la mil·lèsima i, aquesta precisió no es possible obtenir-la amb un mètode tan casolà. Avui dia s'utilitza un sistema electrònic per realitzar aquestes mesures. El sistema està format per tres components: un emissor de senyal anomenat transponedor (més conegut amb el nom de *transponder*), un receptor d'aquesta senyal anomenat sistema base i, finalment, un software encarregat d'anar realitzant els registres.

El transponedor és un aparell que emet un senyal infraroig que envia de manera codificada la matrícula a la qual pertany. Aquesta matrícula és única per cadascun d'ells. Són *t* transponedors personals, és a dir, cada pilot té el seu propi. Això els permet tenir un històric de registres a tots els circuits del món, ja que el senyal emès és únic. Com és lògic, el transponedor permet mesurar els temps per volta, sector, etc. Permet també tenir registrat el número de voltes realitzades i els temps de cadascuna d'elles.



El Sistema base o descodificador rep la informació del transponedor de la pista. Un cop descodificada, s'envia a la computadora on es realitza el cronometratge. Sense aquest dispositiu no seria possible prendre les dades. Trobem varis instal·lats a cada circuit, precisament per prendre més registres dels temps a pista, no només per volta sinó també per sectors.

El descodificador va connectat a uns cables que passen per sota la pista de costat a costat. Quan el "transponedor el travessa és quan el descodificador pren senyal, de manera que l'emet continuament al vehicle.

Pel que fa al software cal esmentar que hi ha una gran varietat que són capaços de processar la informació pels sistemes base de cronometratge. Alguns són més sofisticats que d'altres però tots funcionen igual. Es fa un registre de pilots a una base de dades del programa, assignant a cadascun el seu número de transponedor. A mesura que el sistema base (o sistemes base) envien senyals, el software en qüestió s'encarrega d'anar fent els registres pertinents de temps per volta, sector, número de volta, etc.

Quan es realitza un gran premi, s'ha de controlar el cronometratge a la perfecció. Un dels factors que afegeix més pressió a la situació és el directe: televisió (comentaristes), premsa, equips, espectadors... Tothom espera que res no falli. És per això que s'ha d'estar molt alerta i s'ha de procurar no cometre cap errada.

Fa un parell d'anys, en Jose Luis va estar supervisant la cursa de Moto GP. "Va ésser un moment amb molta tensió. Has d'estar molt alerta. Varem estar realitzant diverses proves abans de la cursa en les quals tot va funcionar correctament. Per sort, el sistema informàtic va funcionar a la perfecció i va ser tot un èxit"- recordava entre somriures.

En Jose Luis i jo varem debatre quin tipus de cronometratge és més difícil de duu a terme. Sense dubte, és més complicat el cronometratge de la cursa de Moto GP, no pas la de Fórmula 1. Les curses de motos són més curtes, duren entre 35 i 40 minuts. Al llarg d'aquesta no paren a boxes en cap moment per tant, sempre són a pista. Però el que realment les fa més complicades de controlar són els seus finals. Són, en la majoria dels casos, molt ajustats. A més a més, el nombre de pilots de Moto GP és superior al de F1. Per contra les curses de F1 són més llargues, aproximadament d'una hora i mitja. Els cotxes sí entren a boxes a canviar rodes,

repostar o modificar algun problema aerodinàmic. Els finals de cursa no solen ser justats. Sempre hi ha algun pilot que es destaca i s'escapa dels seus perseguïdors.

Un cop finalitzada la petita entrevista, vaig realitzar un parell de fotografies de la sala. Vaig agrair en Jose Luis la seva col·laboració i la seva paciència, i el interès que va mostrar durant tota l'estona que varem passar junts.

9.2 Pilots provadors

En totes les professions existeixen feines més deslluïdes que d'altres. En el cas de la Fórmula 1, concretament mentre la fama i totes les mirades recauen sobre els pilots oficials, els provadors realitzen una feina a l'ombra que, no obstant, acaba determinant el rendiment del monoplaça.

En general els pilots provadors solen ser discrets, metòdics i molt meticulosos. La seva funció consisteix en testar els diferents elements del cotxe i subministrar la màxima informació possible als enginyers.

Els provadors han d'ésser preparats per ajudar l'equip davant qualsevol eventualitat. Solen ser els primers en arribar al circuit. Un cop allà es reuneixen amb els enginyers de l'equip. Fins ara gran part de la seva feina es duia a terme durant la jornada del divendres dels Grans Premis, on podien rodar durant dues hores per adaptar el "set up" del cotxe a les característiques del circuit. Aquest any, amb la nova reglamentació, el treball en



pista dels pilots provadors s'ha vist reduït. Les escuderies només poden posar en pista dos cotxes i la majoria d'elles opten per triar al pilot oficial com a testador. Tot i així, podran continuar entrenant als tests col·lectius que les escuderies duen a terme fora dels Grans Premis. La limitació de les proves a 30.000 km per temporada obligarà els pilots a optimitzar cadascun dels metres que recorreran. És per això que a partir d'ara prendrà major importància la feina que es duu a terme als simuladors que tenen els equips a les seves fàbriques.

Els pilots provadors han de marxar, freqüentment, a la factoria per experimentar al simulador. Aquest és un dels elements que guarda major secretisme a la Fórmula 1. Es tracta d'un ordinador acoblat a un monoplaça amb el que s'estudien eventuais situacions en cursa. A través de la computadora es realitzen els tests amb cadascun dels elements del cotxe – alerons, suspensió, compostos, aerodinàmica, etc - , l'objectiu és aconseguir la informació més fiable possible de manera que, quan el cotxe sigui a pista, per primera vegada tingui els reglatges òptims per a les condicions del circuit.

Un altre dels aspectes en què el paper del provador resulta fonamental és en l'elecció de pneumàtics. En una sola jornada de tests es pot arribar a experimentar amb 15 jocs, de 8 o 10 tipus de compostos diferents.



Test F1

La feina dels pilots provadors és imprescindible pel bon desenvolupament dels cotxes.

Durant totes les proves realitzades als cotxes, els pilots estan en constant comunicació amb l'equip d'enginyers i mecànics a través de la ràdio. Fins i tot els pilots oficials solen posar-se en contacte amb ells per rebre informació de primera mà. Al

cap i a la fi, en molts casos poden ser ells els que decideixin quina suspensió o quin aleró és més recomanable pel cotxe en cada ocasió.

Tot i que avui en dia els monoplaques porten més de 500 sensors que transmeten la informació directament als enginyers, la relació amb els provadors ha d'ésser molt fluida en tot moment ja que és el pilot qui porta el cotxe i una mala posada al punt pot afectar negativament al rendiment.

Coneixen els circuits mil·límetre a mil·límetre, són uns asos de la telemetria, la aerodinàmica i els reglatges, dediquen la major part de l'any a posar a punt el cotxe que pot portar a la glòria al seu company d'equip i tot des de un discret segon pla. No hi ha dubte que ells també són les estrelles del Mundial.

Agraiments

10. AGRAÏMENTS

A la primera persona a qui vull donar les gràcies és al meu tutor Jesús Gil. Des que li vaig proposar de supervisar el meu treball fins a l'última reunió per realitzar els retocs finals, m'ha donat el seu suport. Tot i que al principi tenia una idea molt diferent del que avui és el treball, em va saber orientar fins a obtenir-ne el que és ara. Ens hem trobat molts cops: moltes hores del pati, moltes xerrades pels passadissos, moltes hores extres després de les classes... He d'agrair la paciència que ha tingut vers a mi però sobretot la seva dedicació i el seu compromís.

En segon lloc, als meus pares. A la meua mare gràcies per insistir tant i punxar-me per tirar el treball endavant, per acompanyar-me al Circuit en totes les ocasions que ho he necessitat i per ser sincera i crítica en tot moment. Al meu pare, pel temps i la paciència que ha invertit en ensenyar-me com fer els elements gràfics del treball, com fer un bloc i farcir-lo de contingut, per donar sempre els seus consells i opinions respecte al text. Gràcies a tots dos.

Gràcies a en Pepon Negre per posar-me en contacte amb responsables directes del Circuit. Volia agrair especialment al senyor Aman Barfull les seves gestions per facilitar-me el treball, d'en Jordi Mateu, director de premsa del Circuit de Catalunya, que em va rebre molt calorosament, em va aclarir dubtes i em va posar en contacte amb en Jose Luis Garcia, de l'empresa Alkamel. Gràcies també a aquest últim per dur-me a la sala de control del Circuit on va respondre molt amablement a totes les meves preguntes a partir de les quals he elaborat part del treball. Gràcies a en Marc Llobet (reporter de la cadena de televisió *Telecinco*) que tot i estar molt enfeinat amb els seus reportatges i cròniques em va facilitar la seva pròpia cursa de Fórmula 1 2007 al Circuit per poder visionar-la i extreure'n algunes de les conclusions exposades en apartats anteriors. A José Antonio Torrecillas que, a més a més de bones estones al Circuit, ha volgut compartir amb mi el seu material fotogràfic.

Finalment, agrair la col·laboració d'en Josep Maria Santos que, amb la seva insistència, m'aconseguí els primers materials pel treball.

Gràcies a tots!

Bibliografia

11. BIBLIOGRAFIA

Llibres

- TIPLER, Paul A. Física. Tomo 1. Segunda edición. Barcelona: Reverté, S. A. 1990.
- ARMENGOL, Montserrat; MERCADÉ, Joan; SERRA, Salvador. Física. Crèdit 4, 5 i 6. Madrid: McGraw Hill 1999.

Pàgines web

- <http://www.circuitcat.com>
- <http://www.formula1.com>
- <http://www.motogp.com>
- <http://es.sports.yahoo.com/07082006/42/frontera-formula-1-isaac-prada.html>
- http://www.thef1.com/especiales/tecnica/articulo_025.shtml
- http://www.thef1.com/especiales/tecnica/articulo_018.shtml
- <http://www.puestaapunto.com/index.php?modulo=competicion&id=750>
- http://www.elpais.com/graficos/deportes/piloto/formula/elpgradep/20070611elpepudep_1/Ges/
- <http://www.puestaapunto.com/index.php?modulo=competicion&id=750>
- <http://www.thef1.com>
- http://www.elmundo.es/elmundodeporte/especiales/2006/03/motociclismo/motogp/pilotos/nicky_hayden.html
- http://www.elmundo.es/elmundodeporte/especiales/2006/03/motociclismo/motogp/pilotos/valentino_rossi.html
- <http://www.elmundo.es/elmundo/videos/motor/motos/2007/07/index.html?a=6300865abb46f44206fba35e9c244213&t=1181760437>
- http://www.elmundo.es/elmundodeporte/especiales/2007/03/motociclismo/grandes_premios/cataluna/parrilla.html
- <http://www.todosobref1.com>
- <http://www.audisport-iberica.com/foro/lofiversion/index.php?t72728.html>
- http://www.metacafe.com/watch/154853/f1_vs_moto_gp/
- http://www.motor.com.co/noticias_precios/noticias/historias/historias_1/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_MOTORV2-3132032.html
- <http://es.sports.yahoo.com/mo/results/index.html>
- <http://www.soloformula1.net/>
- <http://www.audisport-iberica.com/foro/lofiversion/index.php?t72728.html>

Glossari

12. GLOSSARI

- *Aquaplaning*: situació molt perillosa que té lloc quan hi ha més aigua entre el pneumàtic i l'asfalt del que pot evacuar el dibuix del pneumàtic. És per això que es forma una pel·lícula d'aigua entre la roda i la pista i el cotxe patina.
- Cilindre: cavitat del bloc del motor per on es desplaça el pistó en el seu recorregut alternatiu. El cilindre pot estar directament mecanitzat sobre el bloc o pot estar format per una camisa que es col·loca en el bloc.
- *Drive-through*: consisteix en obligar al pilot a passar pel carrer de boxes sense aturar-se.
- Efecte giroscòpic: té lloc quan la roda, que segueix un moviment rotatori al voltant del seu propi eix amb una velocitat angular ω , se la força a girar també segons un altre eix, perpendicular a l'anterior, amb una nova velocitat angular Ω .
- Energia cinètica: És l'energia que pot tenir un cos degut al seu moviment. Tots els objectes que es mouen té una quantitat determinada d'energia cinètica. La quantitat d'aquesta energia depèn tant de la massa com de la velocitat de l'objecte. Un tren d'una muntanya russa té molta energia cinètica, ja que té molta massa i es mou molt ràpid. L'energia cinètica es defineix com: $E_c = \frac{1}{2} m v^2$
- Energia tèrmica: és l'energia alliberada en forma de calor, obtinguda de la natura mitjançant la combustió d'algun combustible fòssil (petroli, gas natural o carbó) mitjançant energia elèctrica per efecte Joule, per fregament, per un procés de fissió nuclear o com a residu d'altres processos mecànics o químics.
- Paddock: area exclusiva localitzada a la part de darrere dels boxes on s'emmagatzema l'equipament de les escuderies.
- Piano: elevació de ciment pintada a ratlles blanques i vermelles que es col·loca al inici i al final de cada corba i que permeten al pilot veure on es troba la bora de la pista.
- *pit lane*: carrer de boxes.
- Reglatge: reajustar les peces d'un mecanisme per mantenir-lo en perfecte funcionament.
- Repartiment de frenada: en els automòbils quan es frena, degut a l'alçada del centre de gravetat, es produeix un desplaçament del suport del pes del cotxe cap a l'eix davanter.
- Sobreviratge: es produeix quan les rodes davanteres tenen més adherència que les posteriors i el cotxe tracta de girar sobre el seu propi eix. Per

contrarestar-lo es pot donar més incidència a l'aleró de darrere (creant més suport a la part posterior) i s'estova la suspensió.

- *Stop and go*: el conductor haurà d'entrar a boxes i fer una parada obligatòria de 10 segons, en els quals l'equip no podrà realitzar cap canvi al vehicle. Un cop passats els 10 segons, podrà tornar a cursa.
- Treball (W): producte de la força en la direcció del desplaçament per aquest desplaçament. Matemàticament s'expressa: $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$. La unitat del treball en el SI és el joule (J).
- Xassís: part central del vehicle d'un Formula 1, fabricat amb fibra de carboni i polímetres epoxi, que formen un material compost.