

ESTUDI I CONSTRUCCIÓ D'UN VOLANT DE FÓRMULA 1



TREBALL DE RECERCA

Alejandro Rubio Sánchez

Batxillerat 201

Tutora: Dori Cañal

INS Puig Castellar

Gener 2020

*“Sempre has d’esforçar-te
per ser el millor, però
mai has de creure que ho ets”*

Juan Manuel Fangio (1911-1995)

Campió del Món de Fórmula 1 els
anys 1951, 1954, 1955, 1956 i 1957.



ÍNDEX

1.	INTRODUCCIÓ	4
2.	HIPÒTESI DEL TREBALL	6
3.	HISTÒRIA DE LA FÓRMULA 1	7
3.1.	INICIS DE LA FÓRMULA 1	7
3.2.	LA FÒRMULA 1 A ESPANYA	13
3.2.1.	Circuits a Espanya.....	13
3.2.2.	Pilots espanyols.....	16
3.2.3	Equips espanyols.....	26
3.3	PARTS PRINCIPALS D'UN COTXE DE FÓRMULA 1.....	29
3.4	EVOLUCIONS DELS COTXES I MILLORES DELS DISSENYS	37
4	EL VOLANT DEL COTXE DE FÓRMULA 1	45
4.1	EVOLUCIÓ DELS VOLANTS AL LLARG DE LA HISTÒRIA	45
4.2	FUNCIONS DEL VOLANT	49
4.3	DISSENY, ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES I COMPARACIONS ENTRE ELS DIFERENTS VOLANTS DE LA GRAELLA DE LA F1.....	57
4.4	COMPARACIÓ DELS VOLANTS D'UN MODEL DE COTXE EN DIFERENTS COMPETICIONS	71
5	PROTITIP D'UN VOLANT DE FÓRMULA 1	77
5.1	MEMÒRIA.....	77
5.2	PLÀNOLS.....	78
5.2.1	Plànols en dos dimensions	78
5.2.2	Disseny en tres dimensions.....	80
5.3	CONSTRUCCIÓ.....	81
5.3.1	Materials i màquines emprades.....	81
5.3.2	Procediment.....	83
5.3.3	Programació	91

5.3.4	Resultat final	107
5.4	PRESSUPOST	108
6.	CONCLUSIONS	109
6	AGRAÏMENTS	112
7.	BIGLIOGRAFIA I WEBGRAFIA	113

1. INTRODUCCIÓ

La Fórmula 1 és un esport que a Espanya va tenir un paper molt important fa poc més d'una dècada, quan Fernando Alonso es va convertir en el bicampió més jove d'aquest esport, i que amb el pas del temps ha anat perdent importància a Espanya respecte a altres esports. Personalment, em considero un gran aficionat d'aquest esport, i quan se'm va plantejar de fer un treball de recerca, de seguida vaig pensar en fer-lo sobre algun tema que impliqués la Fórmula 1.

Les motivacions que m'han generat treballar en aquest tema han estat diverses. La principal i la que considero més important, ha estat la de voler treballar com a enginyer a la Fórmula 1 en un futur. Penso que començar a buscar informació a la meua etapa d'estudiant em pot ajudar en un futur per tal d'aconseguir arribar a la meua fita. Una altra motivació, que ja he comentat anteriorment, és la que sóc un gran aficionat des que tinc ús de raó. Em recordo d'aquells dos grans campionats del meu ídol Fernando Alonso quan tenia 4 anys. A més l'any passat vaig complir un dels meus somnis quan vaig poder gaudir d'un Gran Premi de Fórmula en directe, al Gran Premi d'Espanya, que se celebra anualment des de 1991 a Montmeló, Barcelona.

Per tal de centrar el meu treball en algun aspecte concret de la Fórmula 1, els volants dels cotxes sempre m'han cridat l'atenció, ja que els considero una veritable obra d'enginyeria i a més de permetre conduir al pilot, també li permet comunicar-se amb l'equip o cobrir alguna necessitat bàsica, com pot ser l'aigua, en un esport ant exigent física i mentalment com la Fórmula 1.

L'objectiu final d'aquest treball, per tant, és comprendre i entendre tot el relacionat amb els volants de Fórmula 1, ja sigui el seu funcionament o el perquè de la posició de cada botó o de la forma. Un altre objectiu arran del meu treball és aprendre a realitzar plànols en 3D, tot un repte ja que mai he treballat amb un programa que sigui capaç de fer-ho. Com a últim objectiu que em proposo, és el d'aprendre a programar d'una manera més sofisticada de la que sé avui en dia i a augmentar els meus coneixements sobre la construcció de prototips de figures.

Centrant, doncs, el meu treball, el dividiré en dues grans parts, que són la part teòrica, on explicaré el funcionament del volant i diferents aspectes sobre ell, i el

projecte, la part pràctica, on faré dues maquetes, d'un cotxe i un volant, on aplicaré tots els coneixements apresos en la part anterior per tal de poder mostrar el funcionament del volant. A més de posar en pràctica els coneixements assolits durant el treball, també utilitzaré el coneixement que tinc sobre programació en Arduino que he après els últims anys a la matèria de Tecnologia.

2. HIPÒTESI DEL TREBALL

És important tenir en compte que la Fórmula 1 és una competició que va renovant-se amb molta velocitat i sempre va adaptant-se a les tecnologies més avançades que hi ha al món. La tecnologia que hi ha present als cotxes es pot comparar amb la que es pot trobar a un avió d'última generació, i per consegüent, és molt sofisticada.

Per tal de poder iniciar la meva recerca, em plantejaré la següent hipòtesi:

És possible dissenyar, construir i programar sense experiència prèvia un volant de Fórmula 1 personalitzat que faci funcionar una maqueta d'un cotxe.

Per tal de poder confirmar o refusar la meva hipòtesi, al llarg d'aquest treball de recerca estudiaré com són els volants de Fórmula 1, i intentaré realitzar el disseny d'un prototip personalitzat per a mi mateix utilitzant el programa AutoCAD. Tot seguit, intentaré construir-lo i fer que enviï les ordres a una maqueta d'un cotxe de Fórmula 1 mitjançant Arduino.

Per aquesta raó, em plantejo unes qüestions que intentaré anar resolent al llarg del meu treball de recerca, i que són les següents:

- Es pot simular fidelment el comportament entre un volant i un cotxe de F1 mitjançant el programari utilitzat?
- Les diferents innovacions al llarg de la història han afectat als volants?
- De que depenen la posició dels diferents botons?
- Com és el procés de construcció d'un volant?
- Afecta el disseny del volant al rendiment del pilot?

Abans, però, de començar amb la matèria objecte del meu treball, faré una recerca sobre la història i l'evolució de la Fórmula 1, per tal de centrar l'objecte del meu estudi. Posteriorment, realitzaré un estudi sobre el desenvolupament dels volants al llarg de la història, a més de diferents comparacions entre els diferents tipus emprats, i finalment construiré un prototip d'un volant i un cotxe que faré funcionar de manera connectada per tal de plasmar el meu estudi.

3. HISTÒRIA DE LA FÓRMULA 1

3.1. INICIS DE LA FÓRMULA 1

La Fórmula 1 és la competició automobilística de monoplaques més popular i prestigiosa de tot el món. El campionat de Fórmula 1 està format per diverses curses anomenades Gran Premi, en les quals es donen una sèrie de punts i al final de temporada, el pilot que tingui més punts, guanya el Campionat del món de Fórmula 1. Actualment hi ha un total de 10 equips, amb dos pilots cadascú, i l'equip que entre els seus pilots sumi més punts, guanya el campionat del món de constructors. L'entitat encarregada del campionat i tota la normativa és la Federació Internacional de l'Automobilisme (FIA). La *Formula One Group* (FOM), l'entitat encarregada de les relacions amb els mitjans de comunicació i les qüestions financeres relatives a la F1, que des de l'any 2016 és controlada per Liberty Media, quan va adquirir els drets per uns quatre milions d'euros. L'actual president de la Fórmula 1 és l'empresari nord-americà Chase Carey, mentre que el britànic Bernie Ecclestone és el director de la categoria, càrrec que posseeix des de finals dels anys 70.



Imatge 1. Carey (dreta) i Ecclestone (esquerra) conversant.
<http://insideracing.com/index.php/formula-1/item/5121-abu-dhabi-gp-hamilton-leads-as-riccardo-pulls-over-in-practice-3>

Les primeres carreres van ser organitzades a França l'any 1894, i consistien en carreres de velocitat anant d'un poble a un altre. La primera de totes va ser entre París i Rouen, de 127 km. Encara que es van apuntar més de 100 competidors, només 21 van poder sortir a córrer pel fet que no van poder superar les rondes per a classificar-se. Ràpidament aquestes curses van evolucionar a proves de resistència. La pèssima seguretat en aquells temps van fer que els accidents fossin freqüents.

Entre 1900 i 1905 es va disputar la Copa Gordon Bennet de Curses d'Autos en Europa. Aquesta Copa era constituïda per una cursa en algun país d'Europa, i cada nació que participava podia inscriure fins a tres participants.

En 1906 França es va convertir en el primer país en acollir un "Gran Prix", celebrat al circuit de Le Mans. En els autos anaven el pilot i el mecànic, les dues úniques persones que podien treballar en el cotxe. El circuit de Le Mans, igual



Imatge 2. Primer Grand Prix celebrat a Le Mans el 1906.

<https://www.autocar.co.uk/car-news/motorsport/throwback-thursday-first-french-grand-prix-26-june-1906>

que els usats en aquells temps com el circuit de la Targa Florio, a Itàlia, o el circuit alemany Kaiserspreis, transcorrien per carreters convencionals i algunes no estaven asfaltades. Hi havia poques excepcions, com Indianapolis o el circuit de Monza, Itàlia, que va acollir el seu primer "Gran Prix" l'any 1921. A partir de l'any 1924 molts països europeus van imitar la idea i van acollir "Gran Prix", curses independents

que no formaven un campionat. Cada cursa era organitzada sota diverses regles, anomenades "fórmula".

El 1924, diversos clubs de motor es van unir per formar l'Associació Internacional de Clubs d'Automòbils Reconeguts (AIACR). El primer campionat Mundial es va celebrar en 1925, però solament es va organitzar per a constructors, i es van disputar sota unes regles de motor i pes comunes, però aquestes regles van ser abandonades el 1928.

Del 1935 fins al 1939, inici de la II Guerra Mundial, es va celebrar un campionat europeu que aglutinava diversos Grans Premis de diferents països d'Europa, campionat que va arribar a constar de fins a 18 curses.

Al 1947 l'AIACR es va reorganitzar i va passar a anomenar-se Federació Internacional de l'Automobilisme (FIA), amb la seva seu central a París.

A finals de 1949 la FIA va anunciar la creació d'un campionat del món de pilots per a l'any 1950, constituït per diversos Grans Premis nacionals, que formaven el campionat de Fórmula 1. Es va establir un sistema de puntuació i es van

reconèixer set carreres aptes per a aquest Campionat del Món, on, per causes econòmiques, també competien cotxes de Fórmula 2.

El primer campió mundial va ser l'italià Giuseppe Farina, a mans d'un Alfa Romeo, equip dominant i que va acabar la primera temporada en les tres



Imatge 3. Juan Manuel Fangio, guanyador de 5 campionats a la dècada dels anys 50.
https://tn.com.ar/deportes/hazanas/juan-manuel-fangio-y-un-aforismo-para-el-gran-piloto-argentino_860647

primeres posicions amb els seus monoplaques. La marca automobilística Ferrari es va donar a conèixer durant la segona carrera, disputada a Mònaco, i és l'única marca que ha competit en tots els campionats fins a l'actualitat.

Als anys 50, el campionat va estar dominat per l'argentí Juan Manuel Fangio, que va guanyar cinc

campionats, i pels equips que van competir abans de la guerra, com Alfa Romeo, Ferrari i Mercedes Benz.

L'any 1958 es va crear el campionat de constructors, on els britànics Stirling Moss i Tony Brooks van donar la victòria a l'equip Vanwall. Aquesta temporada va ser molt significativa per al futur del campionat, ja que es va instaurar per primera vegada, a un monoplaça d'aquestes característiques, un motor posterior. Aquest motor tenia més bones prestacions que el motor abans utilitzat. Finalment l'any 1961, tots els equips van muntar aquesta especificació de motor.

Als anys 60 i 70 no hi va haver cap pilot que destaqués sobre els altres, però si van aparèixer grans pilots com Jackie Stewart o Emerson Fittipaldi. Cal destacar que en aquests anys es va formar una de les rivalitats més boniques i emocionants de la història de la Fórmula 1, la que van tenir James Hunt i Niki Lauda. Per part dels constructors, es van destacar els equips britànics i la Scuderia Ferrari.



Imatge 4. La publicitat és molt important pels pressuposts dels equips en la actualitat.

http://lacajabobaupsa.blogspot.com/2013/04/f1-y-publicidad-en-pantalla-dividida.html?_escaped_fragment_

L'any 1968 van aparèixer els alerons a la Fórmula 1, un dels elements més importants relacionats amb la càrrega aerodinàmica. També, a la temporada 1968, l'equip Lotus va ser patrocinat per primer cop en la història de la Fórmula 1 per l'empresa Imperial Tobacco i la seva marca de cigarrets "Gold Leaf". La publicitat a competicions

automobilístiques va arribar a Europa després de triomfar als Estats Units. Aquest fet va revolucionar econòmicament el món de la F1. Avui dia, la publicitat representa gran part del pressupost d'un equip de Fórmula 1.

Els anys 80 i 90 són considerats com l'època daurada de la Fórmula 1. Als 80 van aparèixer pilots com Nelson Piquet, Nigel Mansell, Alain Prost o Ayrton Senna, aquests dos últims són dels millors pilots que han participat en el campionat. Van competir gran part del temps en el mateix equip i la seva rivalitat és considerada com la més gran de la F1 i una de les més importants de l'esport. Aquesta



Imatge 5. Senna, Prost, Mansell i Piquet (esquerra a dreta) l'any 1986, quatre dels millors pilots de la història.

<https://hu.motorsport.com/livefeed/news/a-negy-nagyagy-senna-prost-mansell-es-piquet/834464/>

gran rivalitat va començar l'any 1988, quan els dos competien per a McLaren i va durar fins al 1994 (menys el 1992, quan Prost es va prendre un any sabàtic). En aquests anys, únicament Alain Prost va canviar d'equip, quan el 1990 es va anar a Ferrari, i es recorden algunes grans fites d'aquest esport, per exemple, la gran disputa a pista a San Marino l'any 1989, o els dos xocs a Suzuka els anys 1989 i 1990 quan es jugaven el mundial a l'última cita del campionat. Aquesta



Imatge 6. Senna (esquerra) i Prost (dreta) lluitant en pista l'any 1993.

<https://www.tumblr.com/privacy/consent?redirect=http%3A%2F%2Ffabforgottenobility.tumblr.com%2Fpost%2F68065436246%2F%2Fsenna-vs-prost-1993>

rivalitat es va esfumar el 1993, quan a finals d'any Prost es va retirar. Senna va patir un accident fatal en el Gran Premi de San Marino de 1994 en xocar contra les barreres de protecció i, tot seguit, se li va clavar la barra de direcció al cap travessant el casc. Va morir amb 34 anys fent el que més li agradava, conduint un Fórmula 1. Aquest duel va acabar amb 2 títols per a Prost i 3 per a Senna.

La tràgica mort de Senna, sumada amb la de Roland Ratzenberg un dia abans, i un fort accident de Rubens Barrichelo en aquell mateix Gran Premi, van servir per millorar la seguretat, que cada vegada va evolucionant més, tant en circuits, com en monoplaques, per exemple, amb la introducció recent del Halo i de l'Halo, que busquen fer la Fórmula 1 un esport cada vegada més segur.

Al mateix 1994, un jove pilot alemany, Michael Schumacher, va guanyar el seu primer campionat de Fórmula 1 amb l'equip Benetton. La temporada següent va repetir i l'any 1996 va marxar a Ferrari per tal de potenciar, encara més, la seva trajectòria.



Imatge 7. Schumacher, campió del món l'any 1994 amb l'equip Benetton.

<https://www.deviantart.com/joseaureliotitanic85/art/Benetton-Ford-Michael-Schumacher-1994-625201576>

Des de l'any 1984 fins al 1999 el constructor dominant va ser l'equip McLaren, que va viure la seva època daurada gràcies als grans pilots que contractava, com Mika Hakkinen, Niki Lauda o, els anteriorment anomenats, Ayrton Senna i Alain Prost, i també per les grans prestacions del monoplaça. Entre aquestes 16 temporades, van aconseguir 9 campionats de pilots i 7 campionats de constructors.



Imatge 8. Schumacher va guanyar cinc campionats del món entre el 2000 i el 2004 amb Ferrari.

<https://f1i.auto-moto.com/magazine/magazine-features/toutes-les-f1-pilotees-par-michael-schumacher/17/>

Des de l'any 2000 fins al 2004 Schumacher va guanyar, juntament amb el seu equip, Ferrari, cinc campionats. Durant aquests anys, Schumacher es va consolidar com una llegenda dins aquest esport aconseguint un total de 7 campionats del món, el que més, i 91 victòries, que també, fins al moment, suposa la millor marca històrica. Aquesta hegemonia, la més gran ocorreguda en tota la història, va ser aturada, el 2005, pel pilot espanyol

Fernando Alonso i el seu Renault. Alonso es va convertir en el campió de F1 més jove, i l'any següent va tornar a repetir.

Després de tres temporades, 2007, 2008 i 2009 bastant igualades, Sebastian Vettel, juntament amb el seu equip Red Bull, van aconseguir els campionats del món entre 2010 i 2013. Des del 2014 fins al 2019, el dominant del campionat és l'equip Mercedes, gràcies a la nova era híbrida, ja que ha sigut l'equip que més ha aconseguit assolir les noves normes. Ha aconseguit tots els campionats del món d'aquesta nova era, un amb Nico Rosberg i 5 amb Lewis Hamilton, que sumat amb l'aconseguit el 2008, el col·loca únicament per darrere de Michael Schumacher com a pilot amb més campionats del món.



Imatge 9. L'equip Mercedes domina el mundial des de l'any 2014.

<https://www.skysports.com/f1/news/24181/10026216/lewis-hamilton-pays-tribute-to-nico-rosberg-at-mercedes-title-party>

3.2. LA FÒRMULA 1 A ESPANYA

Abans que es formés la Fórmula 1, es van disputar 12 Grans Premis a Espanya l'any 1913 i entre els anys 1920 i 1930 als circuits de Lasarte, Guadarrama i Terramar, que transitaven per les carreteres convencionals.

Encara que Espanya no és un dels països més llorejats en el món de la Fórmula 1, la història d'aquest esport sempre ha estat lligada al nostre país des dels inicis. La relació va començar a inscriure's l'any 1951, el segon campionat oficial de la Fórmula 1, i avui dia encara perdura aquesta unió que no ha estat exempta de tragèdies, èxits i polèmiques.

3.2.1. Circuits a Espanya

Des de l'any 1951, s'han disputat 56 Grans Premis a Espanya. Aquests 56 Gran premis es divideixen en un total de 49 Grans Premis d'Espanya i 7 Grans Premis d'Europa disputats en un total de sis circuits:

Circuit de Pedralbes: Els més de 6 km de circuit transitaven pels carrers de Pedralbes, un barri de Barcelona. En aquest circuit es va celebrar els dos primers Gran Premis d'Espanya als anys 1951 i 1954. Després de la tragèdia de Le Mans l'any 1955, on per causa d'un accident múltiple van morir 83 espectadors i un pilot, es van incrementar les mesures de seguretat i això va fer que la Fórmula 1 no tornés els carrers de Pedralbes per a evitar una tragèdia similar per les escasses mesures de seguretat que hi havia al circuit.



Imatge 10. Tragèdia de Le Mans, que va provocar la clausura del circuit de Pedralbes.
<http://www.mossmotoring.com/trafic-victory/>

Circuit del Jarama: Traçat dissenyat per John Hugenbholz i acabat de construir l'any 1967 als afores de Madrid. Després de 14 anys sense un Gran Premi puntuable a Espanya, l'any 1968, el campionat va tornar al nostre país amb el Gran Premi del Jarama. Des de 1969 fins a 1975, es va alternar l'organització de les curses de Fórmula 1 a Espanya amb el circuit de Montjuïc. L'any 1976 es va

convertir en l'organitzador exclusiu del Gran Premi d'Espanya fins a la temporada 1981. En total, en aquest circuit, es van disputar nou curses puntuables per al campionat del món, i va tenir participants emblemàtics de la F1 com James Hunt, Niki Lauda o Graham Hill.

Circuit de Montjuïc: Circuit situat als carrers de la muntanya de Montjuïc, a Barcelona. Des de l'any 1932 aquest circuit s'utilitzava en diverses proves automobilístiques. Va albergar el Gran Premi d'Espanya de F1 els anys 1969, 1971, 1973 i 1975. El circuit era el més temut de tots els pilots en aquella època



Imatge 11. L'accident de Stommelen va causar que el 1975 fos l'última cursa a Montjuïc.

<https://www.pinterest.es/pin/309270699382722447/>

a causa de la seva gran dificultat i a la seva exigència. L'any 1969, es disputa el primer Gran Premi, marcat per dos grans accidents causats pels enormes alerons dels monoplaques, que van ser prohibits durant un temps per la manca de seguretat. La temporada 1975 es va disputar l'últim Gran Premi a conseqüència de la manca d'instal·lacions, però sobretot per la falta de seguretat al traçat. Aquest últim GP va estar marcat per les protestes d'alguns pilots per la

seguretat, encapçalada per Emerson Fittipaldi, dues vegades campió del món. Les protestes no van fer efecte i finalment es va disputar la cursa, on a la volta 26, el cotxe de Rolf Stommelen perd l'aleró, surt volant i mata a 5 espectadors, cosa que va provocar l'exclusió de Montjuïc del campionat de F1 per sempre.

Circuit de Jerez: Entre els anys 1982 i 1985 no es va disputar cap GP a Espanya, fins a l'any 1986, on es va celebrar al circuit de Jerez fins al 1990. En aquestes cinc curses únicament va haver-hi tres guanyadors diferents, els mítics Ayrton Senna, Nigel Mansell i Alain Prost. La Fórmula 1 va tornar a Jerez per última vegada els anys 1994 i 1997 per a disputar el Gran Premi d'Europa, on van guanyar Michael Schumacher i Mika Häkkinen.

Circuit de València: Després d'algunes polèmiques amb el president valencià Francisco Camps i el responsable de la Fórmula 1 Bernie Ecclestone, el circuit es va construir el 2007 al port esportiu de València (l'altra opció era la Ciutat de les Arts i les Ciències) i va albergar el Gran Premi d'Europa entre els anys 2008



Imatge 12. Actual estat del circuit urbà al port de València.

<https://www.autowereld.be/autonie-uws/formule-1/f1-circuit-valencia.html>

i 2012. Era considerat un dels Grans Premis més importants de tota la temporada de Fórmula 1. Actualment el circuit es troba abandonat en un estat pèssim i acumula un munt de deutes sense pagar. En total, es van gastar quasi 300 milions d'euros públics en la celebració dels 5 Grans Premis disputats a València.

Circuit de Barcelona-Catalunya: Entre els anys 1989 i 1991 es va construir el Circuit de Catalunya a la localitat de Montmeló, als afores de Barcelona. La primera cursa de Fórmula 1 a aquest circuit va arribar cinc dies després de la inauguració del circuit, a finals de setembre de 1991. Actualment encara se segueix disputant aquesta cita que ja acumula un total de 29 Gran Premis, l'últim l'any 2019, on va guanyar Lewis Hamilton per tercera vegada consecutiva. Durant aquests anys han passat un munt de pilots pel circuit i hi ha hagut grans esdeveniments i batalles en pista que han fet al circuit entrar a la història de la

Fórmula 1. El primer any es va realitzar unes de les batalles més boniques de tota la història de la Fórmula 1 entre dos grans pilots com Nigel Mansell i Ayrton Senna, on van aguantar en paral·lel quasi tota la recta de meta i fins i tot arribant-se a tocar roda amb roda. Una altra fita que remarcar va ser les dues victòries



Imatge 13. Baralla entre Mansell i Senna al circuit de Montmeló l'any 1992.

<http://www.autoracing.com.br/o-crime-que-um-genio-jamais-cometeu/>

que va aconseguir Fernando Alonso en aquest circuit els anys 2006 i 2013. L'últim moment estel·lar que es va produir a Montmeló va ser la victòria de Max Verstappen la temporada 2015, convertint-se en el pilot més jove en guanyar una cursa en tota la història de la Fórmula 1. Actualment, el circuit és un dels preferits de tots els equips gràcies a les seves característiques i alberga els test de pretemporada.

3.2.2. Pilots espanyols

Encara que la Fórmula 1 tingui quasi 70 anys d'història, pocs pilots espanyols han pogut disputar un Gran Premi. Solament un total de 15 pilots han participat en un Gran Premi, dels quals únicament 11 han acabat almenys una cursa.

Alguns pilots que van acabar alguna cursa, però que van destacar, són els següents:

Francisco Godia: Va ser el primer espanyol, juntament en participar en un Gran Premi, i curiosament va ser al GP d'Espanya de 1951, disputat a Pedralbes. Godia va participar en 14 GP entre els anys 1951 i 1958, on la millor posició que va aconseguir va ser un quart lloc.

Alfonso de Portago: Va ser un aristòcrata que va competir en 5 GP com a pilot de Ferrari els anys 1956 i 1957. Va aconseguir una cinquena i segona posició les dues úniques vegades que el seu cotxe va poder acabar una cursa, ja que Alfonso va haver de cedir el seu cotxe al seu company d'equip en ambdues ocasions. Tot i això, com ell era el titular del cotxe, els resultats se li van atribuir a ell i va ser el primer espanyol a aconseguir



Imatge 14. Alfonso de Portago, primer espanyol en aconseguir un podi.
<https://thedeaddones.wordpress.com/2014/01/22/alfonso-de-portago/>

un podi a la Fórmula 1. L'any 1957 va morir en un ral·li disputat a Itàlia juntament amb el seu copilot i 10 espectadors més.

Emilio de Villota: L'any 1977 va liderar un projecte amb l'ajuda d'Iberia per tal de participar en els Grans Premis disputats a Europa. Únicament es va poder classificar per a la cursa en dues vegades, on va acabar tretzè i dissetè.

Adrián Campos: Va córrer amb l'equip Minardi les temporades 1987 i 1988, on va participar en 21 Grans Premis, encara que solament va acabar 2, obtenint com a millor resultat una catorzena posició.

Luis Pérez-Sala: Va competir les temporades 1988 i 1989 amb l'equip Minardi. Va participar en un total de 32 GP, destacant la sisena plaça al GP de Gran Bretanya de l'any 1989, convertint-se en el tercer pilot espanyol en puntuar, cosa que no feia un espanyol des de l'any 1957, quan ho va fer Alfonso de Portago.

Marc Gené: Va córrer els anys 1999 i 2000 amb l'equip Minardi, aconseguint com a millor resultat una sisena plaça.

En 2001 va firmar amb l'escuderia BMW Williams com a pilot reserva, equip amb el qual va realitzar tres suplències, una al 2003, on va acabar cinquè, i altres dues el 2004, amb resultats pobres, el que significaria les seves últimes dues curses a la F1. Va disputar un total de 36 Grans Premis.

Jaime Alguersuari: Va debutar a mitjans de la temporada 2009 amb l'equip Toro Rosso i es va convertir, en el seu moment, en el pilot més jove de la història en participar en un GP. Entre els anys 2009 i 2011 va participar en 46 GP, obtenint un total de 31 punts.

Roberto Merhi: Únicament va poder disputar una temporada, l'any 2015, amb el pobre rendiment del monoplaça de l'equip Manor Marussia, cosa que no li va permetre passar de la dotzena posició en cap cursa.



Imatge 15. Luis Pérez-Sala (esquerra) i Adrián Campos (dreta) van compartir equip a principis de l'any 1988, a Minardi.
<https://www.formulapassion.it/motorsport/storia/piloti-spagnoli-f1-un-solo-re-alonso-339932.html>



Imatge 16. En el seu moment, Alguersuari es va convertir en el pilot més jove en participar en un GP.
<https://www.racefans.net/2011/10/29/2011-indian-grand-prix-qualifying-pictures/f1-grand-prix-of-india-qualifying-11/>

Els tres pilots més importants de la història de la Fórmula 1 a Espanya, i que gràcies a ells l'afició espanyola a aquest esport és cada vegada més nombrosa són:

Pedro Martínez de la Rosa: Marca el començament de l'època daurada d'Espanya a la Fórmula 1. Després de despuntar en categories inferiors, sobretot al Japó, va arribar a la F1 de la mà de l'equip Jordan, on va realitzar les funcions de provador durant tota la temporada 1998. La temporada 1999 va ser fitxat per l'equip Arrows per a ser pilot principal. Va romandre dos anys, on va aconseguir com a millor posició tres sisenes posicions entre les dues temporades. A principis de la temporada 2001, de la Rosa no tenia seient a cap equip de F1, però això va canviar quan a la quarta cita del campionat va ser trucat per a conduir a l'equip Jaguar, on també va disputar dues temporades, destacant un sisè i un cinquè a la seva primera temporada amb aquest equip. L'any 2003 fitxa per l'equip McLaren com a pilot de proves, on va estar fins a l'any 2009. L'any 2005 va tornar a disputar un GP, però substituint a Juan Pablo Montoya per una lesió. Va acabar cinquè amb el McLaren a Bahrain. L'any 2006 va disputar 8 curses, també a



Imatge 17. De la Rosa (esquerra) va aconseguir el seu únic podi a Hongria l'any 2006 amb l'equip McLaren.

<https://www.formulaf1.es/wp-content/uploads/2016/07/Pedro-Martinez-de-la-Rosa-podium-en-Hungria-2016.jpg>

l'equip McLaren, en substitució de Juan Pablo Montoya, que es va anar a la Nascar a mitja temporada. Va ser la seva millor temporada a la F1, on va aconseguir el seu primer i únic podi a Hongria, acabant en segona posició, i sumant 19 que el va fer acabar en onzena posició al campionat de pilots. Després de molts intents, aconseguí un seient a l'equip Sauber de cara a la temporada

2010. El cotxe no era molt fiable, cosa que va provocar un munt d'abandons i després de 13 GP i una setena plaça com a millor posició, va ser acomiadat per l'equip. A finals d'any firma amb el subministrador de pneumàtics, Pirelli, com a pilot de proves, on va estar les temporades 2010 i 2011. A la temporada 2011,

torna a ser trucat per l'equip Sauber per a substituir a Sergio Pérez, després d'un accident molt greu. A finals de 2011 torna a convertir-se una altra vegada en pilot de proves de l'equip McLaren. L'any 2012 disputa la seva última temporada a la F1 amb l'equip espanyol HRT. A causa del pobre rendiment del cotxe, va obtenir resultats molt pobres, no passant de la dissetena



Imatge 18. L'última temporada de Pedro a la F1, amb l'equip HRT, no va ser per emmarcar.
<https://wheels.iconmagazine.it/sport/formula1/i-piloti-del-mondiale-f1-2012>

posició en cap cursa. L'any 2013 signa amb l'equip Ferrari com a pilot de proves, on va romandre fins a l'any 2014, quan finalment es va retirar de la competició.

Pedro Martínez de la Rosa és el segon millor pilot espanyol a la Fórmula 1 de tota la història. Actualment és un referent per tots els joves pilots espanyols, juntament amb Fernando Alonso, que volen arribar a la millor competició de l'automobilisme. Pedro Martínez de la Rosa va estar lligat a la F1 durant 16 temporades, disputant 105 Grans Premis repartits durant 9 temporades a la F1. Va aconseguir un total de 35 punts i un podi.

Fernando Alonso: Va començar a conduir el seu primer kart als 3 anys. De mica en mica va agafar experiència amb ell i mentre creixia, anava guanyant més campionats i curses en clau nacional i, fins i tot, mundial, encara que sempre era



Imatge 19. Alonso va debutar a la F1 l'any 2001 de la mà de l'equip Minardi.

<http://motorenmarcha.blogspot.com/2011/11/campeones-del-mundo-f1-fernando-alonso.html>

el més petit de les competicions. L'any 1999 va fer el salt als monoplaques, a la Fórmula Nissan, que va guanyar, i un any després a la Fórmula 3000. Aquests últims resultats van permetre que l'equip francès Renault el fitxés i ho cedís a l'equip Minardi, on va disputar la seva primera temporada a la Fórmula 1, l'any 2001 amb 19 anys. Encara que no va aconseguir cap punt per les escasses prestacions del cotxe, va realitzar magnífiques curses que van meravellar a

tot el món i sempre acabant pel davant del seu company d'equip. L'any 2002 va exercir com a pilot de proves de Renault i per a la temporada 2003 va convertir-se en pilot oficial amb l'equip francès. L'escuderia del rombe era molt més competitiva que el Minardi de 2001, però encara estava lluny dels grans equips. Malgrat això, a la segona cursa de la temporada, disputada a Malàisia, va aconseguir la primera pole position de la història per a un espanyol, i també es va convertir en el pilot més jove en aconseguir-la, fins que Vettel, l'any 2008, va aconseguir superar-lo. A la tretzena cursa del campionat, celebrada a Hongria, a més d'aconseguir una altra vegada la pole, va guanyar la cursa, convertint-se una altra vegada en l'únic espanyol en aconseguir-lo, i també en el més jove, fins que va ser destronat per



Imatge 20. La primera victòria d'Alonso va arribar a Hongria l'any 2003.

<https://www.diariomotor.com/competicion/2015/07/23/gran-premio-de-hungria-2003-la-primerade-fernando-alonso/>

Sebastian Vettel, també l'any 2008. La seva primera temporada amb Renault va impressionar a tot el món de la Fórmula 1 i de mica en mica va fer que els espanyols s'interessessin en aquest esport. Va acabar la temporada en sisena posició amb 55 punts, on a més dels resultats mencionats, cal destacar dos podis més que va aconseguir, un a Brasil, on va patir un dels accidents més greus de la seva trajectòria en xocar contra una roda, i l'altre, un dels més especials a la seva trajectòria, a Espanya. La segona temporada amb l'equip francès, encara que no va aconseguir cap victòria, va firmar una gran actuació durant tota la campanya, on va aconseguir una pole i un segon lloc al Gran Premi de França i tres podis més, que van fer que el pilot asturià es confirmés com un dels pilots en tenir en compte en el futur, i que finalitzés la temporada en quarta posició. L'any 2005 va ser la consolidació de Fernando com a un dels millors pilots de la graella i el començament d'un llegat a l'abast de pocs. En aquesta temporada va aconseguir 6 poles, 15 podis, entre ells 7 victòries, en solament 19 curses. Aquests resultats li van permetre acabar en primera posició en el campionat de pilots de F1, convertint-se en el més jove en aconseguir-lo, fins que va ser superat una altra vegada per Vettel l'any 2010. Aquests resultats, sumats amb el del seu company, Fisichella, van proclamar per primera vegada a la història a



Imatge 21. Celebració d'Alonso després de aconseguir el seu primer títol mundial amb Renault l'any 2005 a Brasil.
<https://mhcarsculture.blogspot.com/2012/04/nuestro-gran-piloto-fernando-alonso.html>

Renault com a campió de constructors. Aquesta victòria també va suposar un canvi generacional, ja que va trencar amb l'hegemonia establerta per Michael Schumacher i Ferrari, després d'haver estat guanyant quasi tot durant cinc temporades. Alonso es va convertir en un ídol a Espanya, era una de les persones més estimades al país, va fer que la Fórmula 1 es donés a conèixer a

Espanya, aconseguint quotes de televisió més altes que el futbol i va rebre el premi Príncep d'Astúries dels esports, entre altres, a finals d'any, un dels més prestigiosos a tot el món. L'any 2006 va ser la confirmació d'Alonso com a un dels millors pilots de la història al convertir-se en bicampió de la Fórmula 1 després de 6 poles 7 victòries i 14 podis en 18 GP. Això també va permetre a

Renault en guanyar per segon any consecutiu el campionat de constructors. La seva victòria més especial en aquesta temporada va ser Espanya, animat per tots els seguidors espanyols que van omplir el circuit per donar-li suport. La temporada 2007 va canviar a l'equip McLaren, canvia que



Imatge 22. Alonso va aconseguir el seu segon campionat l'any 2006, també amb l'equip francès Renault.
http://news.bbc.co.uk/sport2/hi/motorsport/photo_galleries/5415414.stm

va anunciar a finals de l'any 2005. Alonso va firmar una notable actuació, però que solament van fer que acabés en tercera posició al campionat, després de 4 victòries, 2 poles i 12 podis, per darrere de Kimi Raikkonen i el seu company d'equip, Lewis Hamilton. Precisament la seva mala relació amb Hamilton, van fer que Alonso es marxés de l'equip després d'un any amb moltes polèmiques per diferents accions de cada un. Les temporades 2008 i 2009 torna a Renault, però aquests dos anys el monoplaça no tenia unes grans prestacions, que van provocar que Alonso no realitzés grans curses i no va donar cap opció a l'asturià per a lluitar pel campionat. En aquests dos anys amb l'escuderia francesa



Imatge 23. El retorn d'Alonso a Renault el 2008 i 2009 no va ser l'esperat.
<https://www.racefans.net/2009/05/24/monaco-grand-prix-in-pictures/09f1-06-monaco-sun-24/>

únicament va aconseguir 2 victòries, 4 podis i 1 pole. De cara a la temporada 2010 firma amb l'equip més famós de la Fórmula 1, Ferrari. La seva primera temporada va ser perfecta, fins que a l'última cursa va perdre el campionat per una mala estratègia del seu equip, que el van condemnar a la segona posició del



Imatge 24. Alonso no va poder conquistar el mundial amb Ferrari, però es va quedar molt a prop en els 5 anys que va estar a l'equip amb seu a Maranello, Itàlia.
https://www.mundodeportivo.com/20121124/f1/formula-uno-motor-brasil-alonso-vettel_54355610401.html#8

campionat per darrere de Sebastian Vettel. Va aconseguir un total de 10 podis, 2 poles i 5 victòries. La següent temporada Ferrari no va donar un cotxe perquè Fernando lluités pel campionat, on va acabar quart i solament va aconseguir una victòria i 10 podis. Els anys 2012 i 2013 Alonso i Ferrari van firmar dues grans campanyes, però que únicament van aconseguir el subcampionat de pilots i constructors per darrere de Vettel

i Red Bull, respectivament. Entre aquestes dues temporades va aconseguir 2 poles, 22 podis i 5 victòries. En aquests dos anys també va firmar dues de les millors actuacions de la seva cursa esportiva, a València 2012 i a Espanya 2013, la seva última victòria. L'any 2014 va ser la seva última temporada a Ferrari, on no va poder lluitar pel campionat pels problemes de rendiment del seu cotxe i on només va aconseguir 2 podis. L'any 2015 va tornar a l'equip McLaren, però els constants problemes de fiabilitat i el pessim rendiment del cotxe van fer que el



Imatge 25. La segona etapa de Fernando a McLaren no va ser gens bona.
<https://www.thedrive.com/accelerator/10246/fernando-alonsos-mclaren-honda-finally-finished-a-race>

pilot asturià no quedés per sobre de la cinquena posició, i sempre acabés en posicions per sobre de les expectatives del cotxe. En aquests anys amb McLaren, també va patir 2 gran accidents, però que afortunadament amb la seguretat d'avui dia a la Fórmula 1, no van ser molt greus i van permetre a Alonso a continuar competint al màxim nivell.

Finalment Alonso es va retirar de la Fórmula 1 l'any 2018, després de disputar 17 temporades, aconseguir 2 campionats de pilots del món de la Fórmula 1 i tres subcampionats, 315 Gran Premis, 4 equips, 32 victòries, 22 poles, 23 voltes ràpides, 97 podis i 1899 punts.

Fernando Alonso és considerat un dels millors pilots de la Fórmula 1, cosa que es veu reflectida en totes les fites que ha aconseguit. És considerat com el pilot que va retirar al gran Michael Schumacher, guanyador de 7 campionats del món de F1, el que més títols ha aconseguit fins ara. En totes les temporades que ha disputat a la Fórmula 1, menys el 2007, ha acabat pel davant del seu company d'equip al campionat, resultats que demostren el



Imatge 26. Actualment, Fernando Alonso posseeix un museu sobre la seva trajectòria i una escola de formació per a futur pilots.
<https://www.museoycircuitofernandoalonso.com/gb/content/26-karting-campus-en>

seu talent. Una de les característiques que el pilot asturià ha arrossegat durant tota la seva trajectòria són les seves males decisions relacionades amb els canvis d'equips, que han fet que no guanyés més campionats del món.

Alonso és el màxim representat espanyol a la Fórmula 1, i ha construït un llegat molt difícil de superar per a qualsevol pilot. Gràcies a les seves actuacions, Espanya es va aficionar la Fórmula 1 de tal manera que va competir amb el futbol, cosa impensable avui dia. La seva figura són els passos a seguir per futures promeses, no solament pilots, sinó també enginyers que han trobat la seva motivació en la persona del millor pilot espanyol de la història, el gran Fernando Alonso.

Carlos Sainz: Després de destacar en categories inferiors i de formar part de l'acadèmia de joves pilots de Red Bull, va arribar a la F1 el 2015, amb 20 anys, a l'equip Toro Rosso, com va fer Alguersuari. A principis de la seva primera temporada va aconseguir puntuar regularment, però a mitjans de temporada va passar una sèrie de dolents resultats. A final d'aquest any va aconseguir refer-se i va firmar alguna bona actuació que li va



Imatge 27. Sainz va impressionar en la seva primera temporada a la F1.

<https://www.motorimagazine.it/sainz-carlos-jr-quanto-guadagna-formula-1-2015/>



Imatge 28. Carlos va acabar la temporada 2017 a l'equip Renault.

<https://www.motorsport-magazin.com/formel1/news-242521-formel-1-austin-2017-renault-debuetant-carlos-sainz-vor-nico-huelkenberg-usa-gp/>

permetre acabar en quinzena posició al campionat amb 18 punts. La primera part de la temporada 2016 va començar puntuant amb molta freqüència, però a la segona part, el seu rendiment va caure, igual que va passar a la primera temporada. Va acabar en dotzena posició amb 46 punts al campionat del món. L'any 2017 va començar a l'equip Toro Rosso, igual que els dos anys anteriors, però a falta de 4 curses va decidir canviar-se a l'equip francès Renault. Va acabar regularment els punts durant tota

la temporada, el que li va permetre acabar en novena posició amb 54 punts. Aquest any va aconseguir com a millor posició una meritòria quarta plaça al Gran Premi de Singapur. L'any 2018 va disputar tota la temporada amb l'equip Renault, i una altra vegada més va acabar regularment els punts, que es resumeix amb la seva desena plaça al final del campionat amb 53 punts. L'any 2019 ha agafat el testimoni de Fernando Alonso a l'equip McLaren, el tercer equip amb el qual competeix a la Fórmula 1. Aquesta temporada 2019 s'ha consagrat com un dels millors pilots de tota la graella, sent elogiat per tot el món relacionat amb l'automobilisme. Ha sigut la millor temporada des de que va arribar a la Fórmula 1, acabant regularment als punts, el que es transforma en la sisena plaça en la classificació final del campionat amb 96 punts. En aquesta temporada també a aconseguit la millor posició de la seva curta trajectòria a la Fórmula 1, aconseguint el seu primer podi, després d'acabar en tercera posició, en el GP de Brasil.

Carlos Sainz és el present i el futur d'Espanya a la Fórmula. És, sense dubte, un dels millors pilots que actualment milita a la Fórmula 1 i un dels que té més projecció de cara al futur per a guanyar algun dia el Campionat de pilots de Fórmula 1.



Imatge 29. Carlos és el present i futur d'Espanya a la F1.
<https://www.elcorreo.com/deportes/motor/formula-1/mclaren-carlos-sainz-formulauno-20190218184034-ntrc.html>

3.2.3 Equips espanyols

Actualment on Espanya té més representació és en els equips, on un munt d'enginyers i enginyeres treballen en les diferents seccions dels equips com pot ser a la fàbrica, com a mecànic o com a enginyer de pista, per exemple. Malgrat tots els enginyers del nostre país que treballen en la Fórmula 1, actualment no hi ha un equip espanyol, però no sempre ha estat així.

Iberia F1 Team: L'any 1977 l'espanyol Emilio de Villota va crear el primer equip espanyol a la F1. El pressupost era de 30 milions de pessetes, de les quals 12 les va posar Iberia. L'equip constava de sis persones: el mateix Emilio de Villota, un mànager, un director d'equip, dos mecànics i un camioner. El cotxe amb el qual va competir va ser amb un McLaren



Imatge 30. Emilio de Villota a mans del McLaren M23 de l'equip Iberia el 1977.
<https://www.pinterest.es/pin/540783867727294198/>

M23 que ell mateix es va comprar. L'equip va disputar una part de la temporada europea, un total de 7 GP, dels quals únicament va aconseguir classificar-se a dues curses, obtenint resultats molt discrets. De cara a la temporada 1778, l'equip es va dissoldre, ja que Emilio de Villota va perdre gran part del patrocini d'Iberia i no arribaven els diners.

HRT: Degut a la crisi econòmica, l'any 2009 va ser l'última per a tres escuderies del campionat. Això va obligar a la FIA a realitzar un procés per tal d'introduir nous equips al campionat. Adrián Campos va preparar un projecte d'equip, anomenat Campos Meta F1 Team, en els que els monoplaques utilitzarien xassís Dallara i motor Cosworth. El projecte va passar la preselecció i es va preparar per a disputar la temporada 2010, però poc abans de començar la temporada, el projecte va passar per greus dificultats econòmiques i Adrián Campos es va veure obligat a vendre l'equip a l'empresari José Ramón Carabante. Aquest va canviar el nom a Hispania Racing Team i amb l'ajuda d'un expert en aquest món, Colin Kolles, l'escuderia va debutar al Gran Premi de Bahrain de 2010.



Imatge 31. Monoplça de l'equip espanyol Hispania Racing Team el 2010, conduït per Bruno Senna a Mònaco.
https://www.racefans.net/2010/05/13/monaco-grand-prix-practice-in-pictures/bsenn_monte_hrt_2010-2/

La primera temporada va estar marcada pels problemes econòmics, i com a conseqüència, va recórrer a pilots patrocinis, que són els que paguen per un seient. L'equip va tenir quatre pilots diferents: Karun Chandhok, Christian Klien, Sakon Yamamoto i Bruno Senna, aquest últim va ser el que més curses va disputar, un total de 18. La millor posició que van obtenir a la primera

temporada van ser tres catorzenes posicions. Al final del campionat van acabar en onzena posició, per davant de Virgin i per darrere de Lotus, sense obtenir cap punt.

De cara la temporada 2011 va tenir problemes per a dissenyar el cotxe i no van poder participar en els tests de pretemporada, cosa que va provocar que no es classifiquessin per a la primera cursa de la temporada, ja que no tenien dades del monoplça i no van poder entrar al temps reglamentari a la classificació per a disputar la primera prova del campionat. Aquesta temporada



Imatge 32. La segona temporada per a l'equip espanyol a la F1 va ser un desastre, igual de dolenta que la primera.
<http://www.f1colours.com/best-liveries-ever/2011-hrt/>

va estar marcada pels problemes econòmics de Carabante, que es va veure obligat el juliol de 2011 a vendre l'equip a un grup inversor espanyol, anomenat Thesan Capital, que va canviar el nom de l'equip a HRT. Els pilots per la temporada 2011 van ser Daniel Ricciardo, Vitantonio Liuzzi i Narain Karthikeyan. Aquesta temporada, igual que l'anterior, es van obtenir resultats molt discrets,

obtenint com a millor resultat una tretzena plaça i acabant en mateixa posició i sense cap punt al campionat.



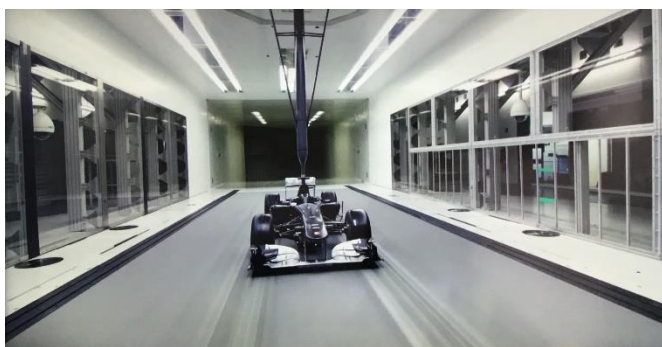
Imatge 33. La temporada 2012 va ser l'última temporada per a HRT a la F1, i també la pitjor de totes. <https://www.datuopinion.com/hrt-f1-team>

L'any 2012 es va produir una gran remodelació dins l'equip. L'expilot Luis Pérez Sala va substituir a Colin Kelles i l'equip es va instal·lar a la Caixa Màgica de Madrid. Igual que la temporada anterior, no van poder rodar als tests i no van poder classificar-se per a

la primera cursa del campionat. Per la part esportiva l'equip continuava igual, obtenint resultats molt discrets amb els seus dos pilots, Narain Karthikeyan i l'espanyol Pedro Martínez de la Rosa. Aquesta temporada, que seria l'última per problemes financers que no van permetre pagar el cànon de cara a la temporada 2013, va ser la pitjor per l'escuderia a l'acabar en última posició al campionat i no passant de la quinzena posició a cap cursa.

3.3 PARTS PRINCIPALS D'UN COTXE DE FÓRMULA 1

Per tal de desenvolupar el monoplaça i les parts més importants d'aquests de cara una nova temporada, s'empra al voltant de sis mesos i uns 400 treballadors



Imatge 34. El túnel del vent permet realitzar diferents estudis de com el moviment de l'aire afecta al monoplaça, cosa que ajuda a desenvolupar-lo.

<https://greatbustardsflight.blogspot.com/2016/04/aerodinamica-y-tuneles-del-viento-en.html>

(aquest nombre varia segons el pressupost de cada equip). En aquests mesos es dissenyen i es creen totes les peces del nou monoplaça, que ha d'estar enllestit de cara als test de pretemporada. És un treball contrarellotge, on no sempre es compleixen ni les expectatives ni els terminis de temps. Encara que l'actual monoplaça de

Fórmula 1 està molt desenvolupat i que conté més de 100.000 elements que formen més de 700 peces, hi ha dues característiques al monoplaça, com són el motor i la càrrega aerodinàmica, que sobresurten dels altres elements que componen el cotxe i permeten marcar la diferència entre els equips de la graella.

Motors: Actualment la F1 utilitza els motors més cars i complexos que mai s'han vist. A partir de l'any 2014 són motors híbrids (benzina i elèctric), són V6-Turbo de 1,6L. Aquests motors són més potents i eficients que els seus antecessors. Aquestes unitats de potència estan limitades a 15.000 rpm, el seu pes no pot ser superior a 145 kg, consumeix 34 L cada 100 km i el dipòsit està limitat a 105 L. Produeixen entre 900 i 1000 CV, on per una banda uns 800CV pertanyen al motor de combustió interna, que està acoblat a dos generadors d'energia, i per l'altra banda 160 CV corresponen a la part elèctrica, més coneguda com



Imatge 35. Motor actual d'un F1.
<https://www.youtube.com/watch?v=1RIZF9j3NoE>

a ERS. Les marques que motoritzen actualment els equips de tota la graella són: Mercedes, Ferrari, Renault i Honda.

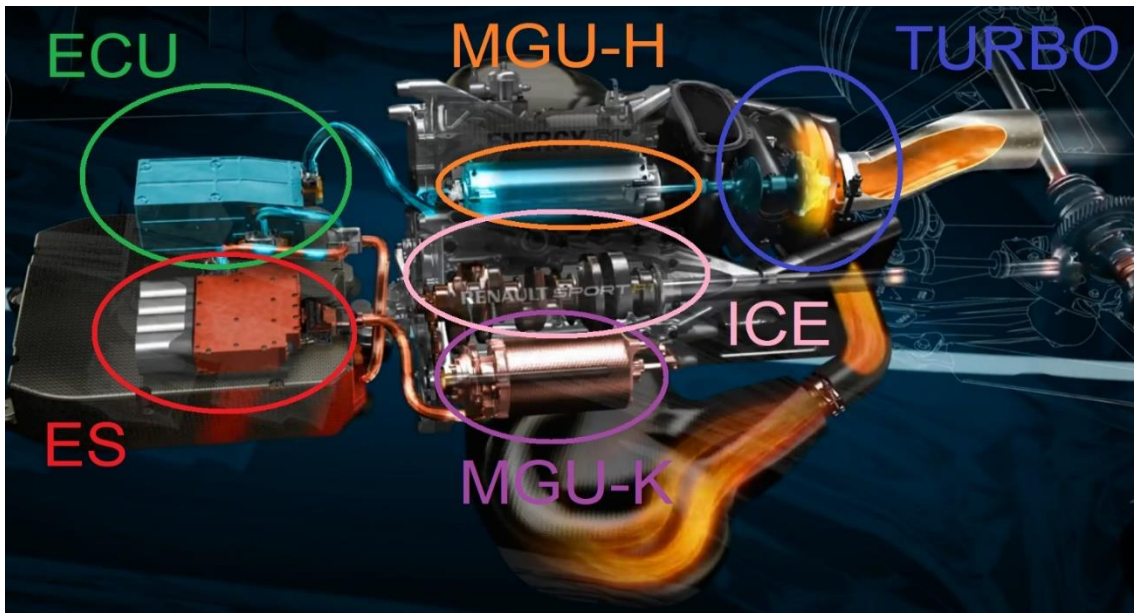
La unitat de potència consta dels següents 6 elements:

- **ICE (Internal Combustion Energy):** És un V6 de 1600cc limitat a 15.000 rpm i on es produeix una explosió cada 120° de gir del cigonyal.
- **ES (Energy Store):** Les encarregades de transferir i emmagatzemar l'energia generada són un conjunt de bateries. Aquestes bateries, per reglament, no poden excedir els 4 MJ de càrrega per volta i tot el conjunt de bateries i components, inclosos els de seguretat, no poden superar els 25 kg de pes..
- **ECU (Electronic Control Unit):** S'encarrega de monitoritzar la unitat de potència i tot el cotxe a través de nombrosos sensors que aporten informació a la centralita de control. Si es troba un valor anormal, aquesta s'encarregaria de solucionar-lo, cosa que si no fos possible, s'encarregaria el pilot a través del seu volant. L'ús més freqüent relacionat amb aquesta part del motor és la gestió del motor i la seva potencia i combustible per part dels pilots a través del ja esmentat volant.
- **Turbocompressor:** El turbo està limitat a 100.000 rpm té la funció de sobrealimentar al motor. Els gasos de fuita fruit de la combustió del motor són recollits per accionar unes turbines que agafen aire de l'exterior. L'aire nou té oxigen, cosa que permet enriquir la combustió i fa que augmenti la pressió dels cilindres perquè estem introduint un extra d'aire, cosa que genera molta més potència i fa la unitat motor molt més eficient.
- **MGU-K (Motor Generator Unit-Kinetic):** Converteix l'energia cinètica generada en la frenada en electricitat. Està limitat a 7 kg i a 50.000 rpm i va connectat al cigonyal del motor i té dues funcions:
 - **Recuperador:** Quan el motor deixa d'accelerar, l'energia que produeix és utilitzada per a recarregar les bateries. Únicament es permeten recuperar 2 MJ per volta.
 - **Generador:** Utilitza la velocitat de gir per aprofitar energia, el que comporta a més potència. El màxim permès és de 4 MJ per volta.
- **MGU-H (Motor Generator Unit-Heat):** Està acoblat als eixos de les turbines del turbo i aprofita els gasos de fuita per a produir energia. Està

limitat a 4kg i a 145.000 rpm. L'energia que genera es pot aprofitar per a recarregar les bateries o alimentar al MGU-K. Aquestes dues aplicacions les ha de configurar el pilot mitjançant el seu volat segons ell vulgui o convingui.

Totes les regulacions sobre el motor estan contemplades al reglament tècnic de la F1, a l'article 5, que tracta tot el relacionat amb la unitat de potència (Pg. 38-49)

Tots aquests components que formen la unitat de potència estan valorats en un total de 250.000 dòlars, que converteixen a aquest element com a un dels més cars del cotxe, i tenint en compte que cada equip té dos monoplaques i cada monoplaça sol utilitzar uns 8 motors durant la temporada i els tests, suposa una despesa d'uns 4 milions de dòlars per a l'escuderia en una temporada.



Imatge 36. Els diferents elements que formen el motor híbrid actual de la F1.
<https://www.youtube.com/watch?v=1RIZF9j3NoE>

FUNCIONAMENT DEL MOTOR SEGONS LA SITUACIÓ

Velocitat mitjana: El motor de combustió i el turbo treballaran al màxim i el MGU-K donarà potència al motor, mentre que el MGU-H aportarà electricitat a les bateries.

Frenada: Únicament treballa el MGU-K generant electricitat per a les bateries.

Acceleració: El motor de combustió s'inicia de nou, igual que el turbo, però aquest últim no oferirà la màxima potència perquè no pot assolir el màxim de revolucions d'una manera immediata i per això, rebrà ajuda del MGU-H.

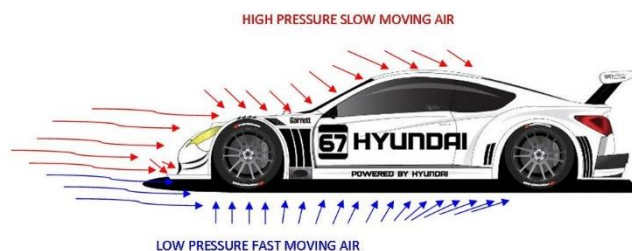
Avançament: El motor de combustió i el turbo van al màxim, el MGU-H alimenta al MGU-K i aquest al motor.

	VELOCITAT MITJ.	FRENADA	ACCELERACIÓ	AVANÇAMENT
MGU-H	Aporta electricitat a les bateries	0%	100%	100% (Alimenta al MGU-K)
ICE	100%	0%	100%	100%
MGU-K	100%	Aporta electricitat a les bateries	100%	100%
TURBO	100%	0%	50% (Rep ajuda del MGU-H)	100%
BATERIES	Es descarreguen a una velocitat mitjana	Es carreguen (Recuperació del MGU-K)	Es descarreguen a una velocitat mitjana	Es descarreguen a una velocitat molt elevada

Taula 1. Funcionament del motor en situacions concretes. Elaboració pròpia

Càrrega aerodinàmica: Va ser a finals dels anys 60, quan els neumàtics es van començar a fer més amples i més tous, i gràcies a l'enginyer Colin Chapman, de l'equip Lotus, quan es va començar a donar importància i a investigar aquest fenomen.

Per començar, la càrrega aerodinàmica és el fenomen que, mitjançant el flux de l'aire i les diferències de pressions, "aixafa" les rodes, que són l'única part del cotxe que està en contacte amb la pista, per aconseguir més adherència i augmentar la velocitat de pas a les corbes.



Imatge 37. Efecte Bernoulli en un turisme de competició (funciona igual que un F1). <https://sites.google.com/site/trackkingracing/aerodynamics>

Això s'aconsegueix gràcies a l'efecte Bernoulli, que diu que l'energia d'un fluid ideal (l'aire en el cas dels monoplaques) roman constant independentment de si la pressió o la velocitat canvien. La suma de l'energia de pressió, de l'energia potencial i de l'energia cinètica dona com a resultat una constant. Llavors el flux d'aire pertorbat pels diferents apèndixs aerodinàmics del monoplaça creen una



Imatge 38. Diferència de l'angle d'atac de l'ala posterior segons la configuració aerodinàmica relacionada amb el circuit. <https://www.motorsportweek.com/news/id/15846>

zona de menys pressió, gràcies a que el flux té més longitud que l'altra zona, on no influeixen tant els elements aerodinàmics, i com a conseqüència provoca que l'aire lent faci molta més pressió, el que causa la força sobre les rodes, esmentada anteriorment. Depenen del circuit, els equips muntaran reglatges de

més càrrega, com pot ser en el circuit d'Hongria, on predominen les corbes, o menys càrrega aerodinàmica, per exemple al circuit de Monza, on bàsicament està constituït de rectes, cosa que es pot veure, sobretot, en l'angle d'atac dels alerons i en el nombre d'apèndix aerodinàmics.

També és important que els elements del monoplaça tinguin una bona eficiència aerodinàmica, cosa que permet al cotxe tenir més càrrega aerodinàmica i perdre poca velocitat punta a les rectes, és a dir, aconseguir un bon equilibri entre *downforce* i *drag*.



Imatge 39. Funcionament del rebuflament i de l'aire brut a la Nascar, categoria semblant a la F1.
https://www.taringa.net/+autos_motos/aerodinamica-principios-basicos-1_hjswu

Altres fenòmens relacionats amb els fluxos de l'aire són el rebuflament, que és l'absència de la resistència de l'aire a les rectes provocades per un cotxe situat davant i molt a prop d'un altre,

cosa que li permet tenir més velocitat punta mentre es mantingui al darrere i a la mateixa línia que el monoplaça del davant, i l'aire brut, que són turbulències a l'aire provocades per un cotxe que roda relativament a prop i que provoca pèrdua de temps a les corbes, ja que aquestes turbulències causen una eficiència aerodinàmica més dolenta.

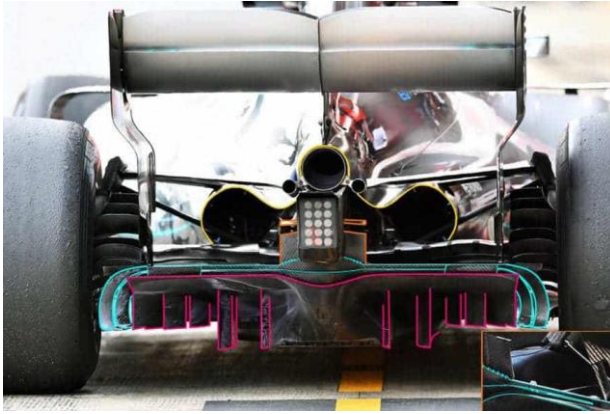
Les parts més importants del cotxe relacionades amb la càrrega aerodinàmica són:

- **Les ales:**
 - **L'ala davantera:** és l'element que gestiona el flux d'aire del cotxe i genera càrrega aerodinàmica davantera. Està formada per diferents apèndixs aerodinàmics,



Imatge 40. Ala davantera del Williams 2019.
<https://www.skysports.com/f1/news/12433/11455063/f1-2019-new-look-front-wings-for-next-season-debut-at-testing>

- anomenats *flaps*, que deuen aconseguir repartir el flux de la manera més neta i eficient possible.
- **L'ala posterior:** element format pel DRS i l'Endplate, que genera càrrega aerodinàmica a la zona posterior del cotxe.
 - El **DRS (Drag Reduction System)** és un sistema aerodinàmic que funciona mitjançant un mecanisme hidràulic i s'acciona amb el volant, que està format per dos plans. Quan el cotxe passa pel punt d'activació a menys d'un segon del monoplaça de davant, el pilot pot utilitzar aquest avantatge a la zona habilitada pel seu ús (ha de ser una recta), que li dóna més velocitat punta gràcies a l'obertura d'un dels seus plans, que provoca una reducció molt significativament de la resistència aerodinàmica, cosa que li facilita un possible avançament.
 - L'**Endplate** són els panells laterals de l'ala posterior que tenen la funció de separar les zones de diferents pressions del monoplaça.
 - **La carrosseria:** part exterior i visible del monoplaça, formada per algun apèndix aerodinàmic, la tapa motor, el morro i el halo, majoritàriament, que provoca una petita càrrega aerodinàmica.
 - **El fons pla:** Planxa de fibra de carboni que ocupa la major part de la zona inferior del cotxe i que crea més de la meitat de la càrrega aerodinàmica total del monoplaça. Aquest element és el que provoca la diferència de pressions del cotxe mitjançant la velocitat de l'aire, separant la zona superior (alta pressió) i inferior (baixa pressió).
 - **El difusor:** element situat a la zona posterior inferior del cotxe, i alhora al final del fons pla, que modifica la diferència de pressió del flux de l'aire de la zona superior i inferior. Aquest element no crea gairebé resistència aerodinàmica, però crea molta càrrega, el que provoca que sigui un element molt important.



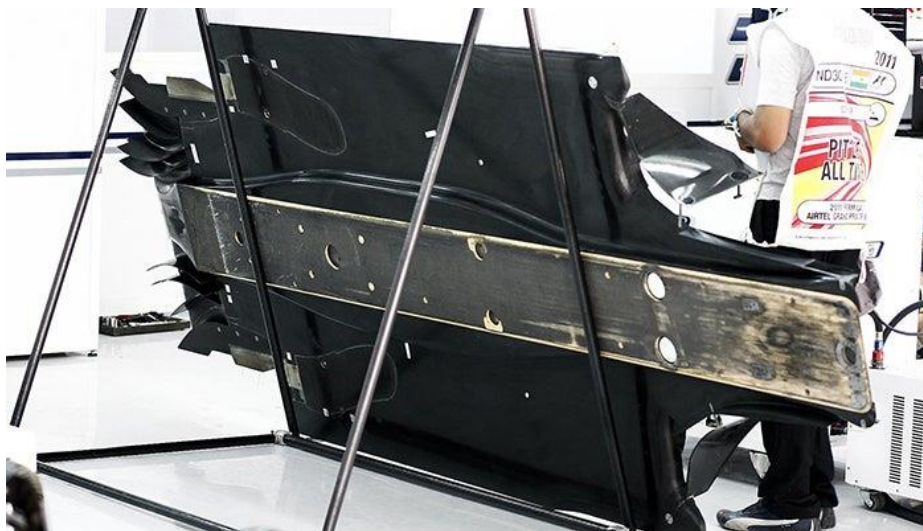
Imatge 41. Difusor del Mercedes 2018.

<https://www.formula1atmosphere.com/aerodinamica/difusor/>



Imatge 42. Ala posterior del Mercedes. Es pot observar un endplate i l'activació del DRS en la imatge inferior.

<http://meerkatmusings.co.uk/formula-1/formula-1-explained/>



Imatge 43. Fons pla d'un F1. <https://frenomotor.com/curiosidades/mercadillo-formula1>

3.4 EVOLUCIONS DELS COTXES I MILLORES DELS DISSENYS

No sempre el motor i la càrrega aerodinàmica han estat les característiques que han marcat la diferència entre els equips durant la història. Al principi de la creació del campionat, els anys 50, únicament se li donava importància als motors i es veia a la càrrega aerodinàmica com un concepte gens important, tal com deia Enzo Ferrari, fundador de l'escuderia que actualment continua militant en el campionat de F1, "L'aerodinàmica és per a fracassats que no saben fer motors". Aquesta visió de principis del campionat pot



Imatge 44. Enzo Ferrari, fundador de la marca Ferrari.

<http://salnodermon.blogspot.com/2016/01/enzo-ferrari-person.html>

tenir una explicació lògica en la falta de desenvolupament del cotxe i de la tecnologia, i l'escassa, per no dir nul·la, presència d'enginyers que entenguessin i analitzessin el comportament del cotxe. Però això va canviar a principis dels anys 80, on van començar a aparèixer enginyers especialitzats en la Fórmula 1, que han permès evolucionar la F1 fins com la coneixem en l'actualitat.

Per part dels motors, al llarg de tota la història de la Fórmula 1 s'han utilitzat un munt de configuracions, on les normatives corresponents amb aquests elements han variat amb molta freqüència i durant molts anys es van acceptar més d'un tipus de motor. Un aspecte important a tenir en compte amb el motor, és que no tots els equips, ni avui dia ni al llarg de la història, creen el seu propi motor, sinó que hi ha una marca subministradora, que a vegades coincideix amb l'equip que el munta, i el client, que en aquest cas és l'escuderia que compra els motors per tal d'utilitzar-los

Els primers anys, des de finals de la Segona Guerra Mundial fins l'any 1953, el reglament acceptava dos tipus de motors, els motors atmosfèrics, limitats a 4,5

litres, i els motors sobrealimentats. Els motors atmosfèrics no utilitzen cap peça per tal d'ajudar a l'explosió que ocorre dins el motor, ja que aquest procés s'efectua gràcies a la pressió atmosfèrica i a l'efecte buit que causen els pistons. Als motors sobrealimentats, mitjançant un component del motor, s'augmenta la pressió en l'explosió de la mescla. El sistema de sobrealimentació que s'ha emprat a la Fórmula 1, i que actualment s'utilitza, és el turbo. Aquests motors estaven limitats a un màxim d'1,5 litres i la seva potència rondava els 400 CV. En aquests anys Alfa Romeo, Offenhauser i Ferrari van ser els millors subministradors de motors.

L'any 1954 es van reduir la grandària dels motors, més concretament a 2,5L els



Imatge 45. Motor V16 d'un Maserati de l'any 1954.

<https://www.ultimatecarpage.com/spec/4009/BRM-Type-30--V16-.html>

atmosfèrics i 750cc els sobrealimentats, encara que ningú va optar per aquesta última opció. La normativa va provocar que la potència dels motors no superessin els 300CV. En aquesta etapa van destacar motoristes com Mercedes, Maserati o Ferrari. Aquesta normativa va durar fins el 1960, ja que el 1961 es va reduir la mesura

dels motors atmosfèrics a 1,5L, canvi que va provocar un munt de crítiques, entre d'altres per la reducció de potència, que va rondar els 200 CV sota aquesta normativa. També en 1961 es va establir un mínim de 1,3L i el pes del motor no podia ser inferior als 450kg. El canvi més transcendent que va ocórrer en aquests anys va ser el canvi en la posició del motor, que va passar d'una posició frontal a una central, cosa que va permetre distribuir millor el pes del monoplaça. La normativa va estar present fins el 1965.

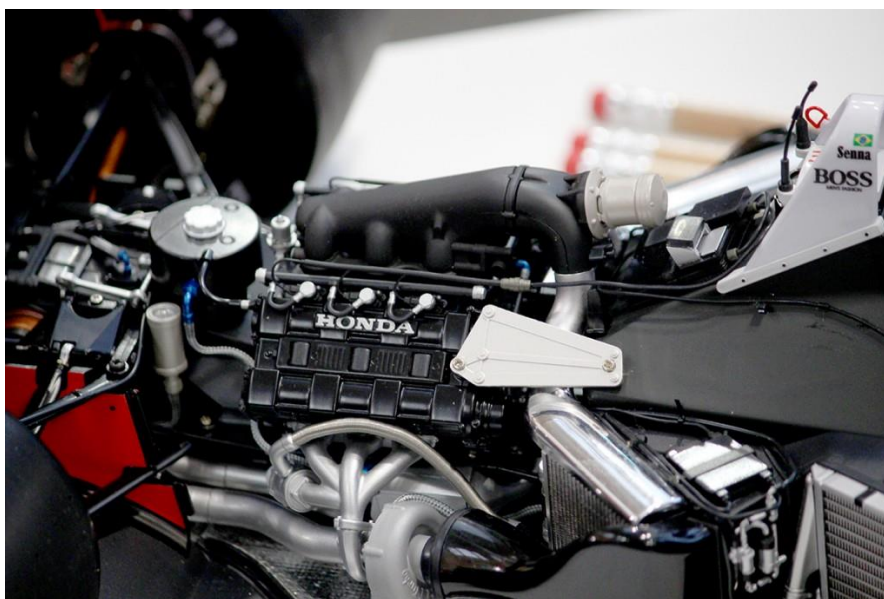
L'any 1966 es va produir un canvi de normativa que va dinamitar l'evolució dels motors. A mitjans dels 60 els cotxes esportius eren capaços de superar els F1 donada l'escassa prestació dels motors, cosa que era inacceptable i que va provocar que la FIA augmentés la cilindrada a 3L als atmosfèrics i 1.5L als turbo alimentats. Aquest fet va provocar el començament de l'interès dels enginyers

en la tecnologia per a evolucionar el monoplaça. L'any 1967 va aparèixer el motor Ford-Cosworth que va revolucionar el món de la Fórmula 1 perquè era un motor molt barat i competitiu, cosa que permetria l'adquisició d'aquest motor a més equips petits, a més de que era molt fàcil d'acoblar a qualsevol xassís. Aquest motor va ser dominant fins el 1983, quan el motor turbo alimentat Renault Gordini V6, va evolucionar des de la seva creació el 1977 i va ser superior a l'atmosfèric. En veure que els motors turbo eren més competitius,



Imatge 46. Motor Ford-Cosworth V8 en un Ligier de 1979. https://en.wikipedia.org/wiki/Cosworth_DFV

les grans marques d'aquella època, Ferrari, BMW, Alfa Romeo, Honda, Porsche i Ford, van començar a interessar-se en aquests motors a partir de 1981. Mentre que els atmosfèrics van arribar a desenvolupar una potència de 400-500CV, els



Imatge 47. Motor turbo 1.5L V7 Honda del McLaren Mp4/4 de 1988, conduit per Ayrton Senna. <https://www.model-space.com/blog/2016/02/formula-1-1988-ayrton-senna-and-the-mclaren-mp44s-dominance/>

turbo, a principis dels anys 80, van desenvolupar 900-1000CV a les curses, arribant a 1350 CV a la classificació, però la pressió del turbo es va haver de restringir per problemes de

fiabilitat l'any 1987. També l'any 1987 es va incrementar la cilindrada per als motors atmosfèrics a 3,5L, però no estaven a l'altura dels turbo. Sota aquesta normativa també van aparèixer nous aspectes relacionats amb el pes. L'any 1966 el pes mínim era de 500kg, el 1970 uns 530kg, el 1972 uns 550kg i el 1973 uns 575kg. L'any 1980 la normativa va donar una bolcada, ja que és va limitar el

pes màxim i no el mínim, com era anteriorment. Llavor el pes màxim del motor era de 575kg el 1980, 585kg el 1981, 580kg el 1982 i 540kg el 1983. L'any 1984 va aparèixer un altre aspecte sobre els motors, es va limitar el consum a 220L per cursa i l'any 1986 es va canviar a 195L per cursa.

L'any 1989 es va produir un canvi radical, es van prohibir els turbos, cosa que va fer que es comencessin a emprar els motors atmosfèrics de 3,5L. Honda, amb

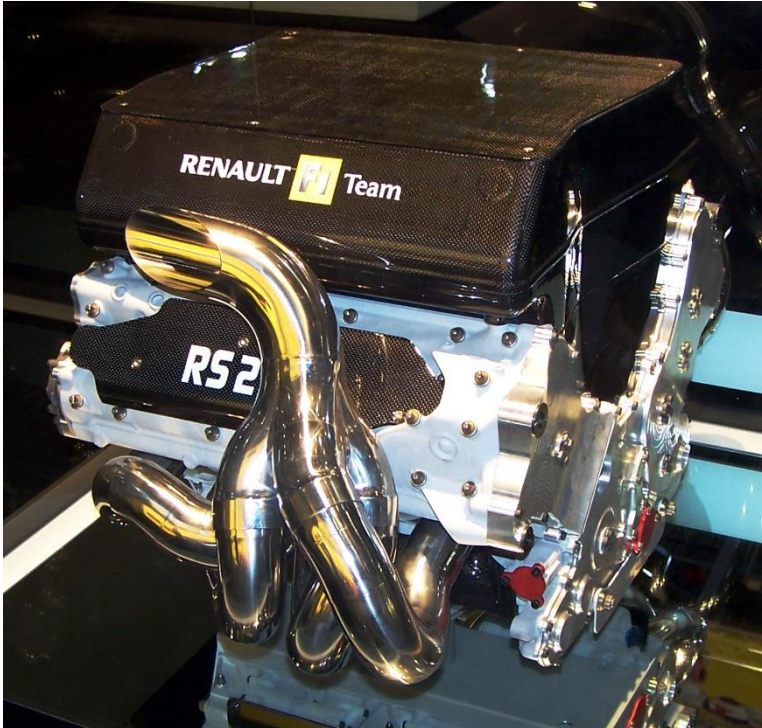
els seus V10 i V12, i Renault, amb els seu V10, motors que donaven uns 650CV, eren dominants fins el 1994. L'any 1995 es va tornar a disminuir la cilindrada, aquesta vegada a 3.0L, pels



Imatge 48. Motor V10 atmosfèric del Ferrari de 1997.
<https://periodismodelmotor.com/subasta-motor-ferrari-v10-formula-1/117258/>

únics motors permesos, els atmosfèrics. Durant els últims anys del segle XX, els motors dominants van ser els Renault i els Mercedes, i a partir del 2000, els V10 de Ferrari van arrasar. Els motors van arribar quasi a les 20000 rpm amb un pes inferior de 100kg, arribant a desenvolupar una potència de 900CV. L'any 2005 es van començar a imposar importants limitacions com la prohibició d'utilitzar més de 5 vàlvules per cilindre o la limitació de voltes en els motors, però els grans canvis van arribar a partir de la temporada 2006.

A partir de la temporada 2007 es van haver d'utilitzar motors V8 atmosfèrics, amb capacitat màxima de 2,4L, amb un pes mínim de 95kg, entre d'altres de moltes normes que es van posar aquella temporada. També, en la nova normativa, es van incloure canvis en els materials dels motors, després de la prohibició del beril·li, per a donar la imatge d'un esport més sostenible. La part negativa d'aquest aspecte és que va perjudicar els equips petits per l'augment de costos



Imatge 49. Motor V8 atmosfèric Renault RS27 utilitzat des de 2007 fins a 2013.

https://it.wikipedia.org/wiki/File:Renault_RS27_engine_2007.jpg

que això comportava. També el 2006, es va limitar els motors a 16800 rpm. L'any 2007 es va augmentar fins a 19000 rpm, fins que finalment l'any 2009 van quedar limitats a 18000 rpm.

L'última innovació abans de l'últim canvi produït el 2014, quan va començar l'era híbrida, va ser la introducció del KERS. El KERS era el sistema de recuperació

d'energia cinètica, que produïa energia a partir de les frenades, una versió primitiva de l'actual MGU-K. Aquest element pesava uns 25 kg i donava una potència d'uns 80CV extra durant uns 7 segons per cada volta.

Per part de la càrrega aerodinàmica, els primers anys de la competició no es tenia en compte aquest factor, com he dit anteriorment. Els primers cotxes de la categoria eren molt senzills i quasi tots iguals, on l'únic element important i que marcava diferències era el motor.

Durant quasi 20 anys no hi van haver modificacions significants a l'estructura per tal de que els monoplaques



Imatge 50. Monoplaca de l'equip Mercedes l'any 1955.

<http://en.espn.co.uk/f1/motorsport/season/1333.html>

fossin més ràpids. Tot això va canviar a partir de la temporada 1968, quan l'enginyer Colin Chapman, de l'equip Lotus, va introduir les ales i els apèndixs aerodinàmics. De mica en mica es va anar avançant en aquesta faceta, no sense que la FIA regulés el seu ús el 1970 després de veure els dissenys peculiars d'alguns monoplaces. Aquestes regulacions no van impedir els equips seguir evolucionant el seu cotxe, on cada any el disseny era diferent i apareixien cada vegada més elements aerodinàmics i més eficients que els anteriors. Durant aquests primers anys en els que la càrrega aerodinàmica va agafar pes, es van veure els cotxes més peculiars de la història de la F1, on els elements que més cridaven l'atenció eren els alerons i la presa d'aire.



Imatge 51. Monoplça de l'equip Tyrrell l'any 1976, amb 6 rodes.
<https://www.pinterest.es/pin/246853623304929045/?nic=1>



Imatge 52. . Toleman de l'any 1984, amb dos alerons posteriors.
<https://www.pinterest.es/pin/420242208948702051/>



Imatge 53. Lotus de l'any 1969 al GP de Sud-Àfrica, amb dos complexos alerons. <https://www.deviantart.com/f1-history/art/Jochen-Rindt-South-Africa-1969-346247069>



Imatge 54. Ferrari de l'any 1975, amb una gran presa d'aire al GP de França. <https://www.deviantart.com/f1-history/art/Clay-Regazzni-France-1975-413997698>

Mentre que durant els anys 70 i 80 l'aerodinàmica va seguir evolucionant, amb el descobriment de Colin Chapman de l'efecte sòl en els monoplaques l'any 1978, basat en el principi de Bernoulli, es van implementar les ajudes electròniques, que més tard, l'any 1994, van ser prohibides per la FIA per tal de fer la conducció més difícil.

Va ser a finals de la dècada dels 80, quan el disseny dels monoplaques va començar a consolidar-se i a no produir-se cada any un canvi radical. Durant la dècada dels 90 es van veure els que són considerats els millors cotxes de la història, encara que no eren molt ràpids, ja que faltava molt de marge de millora respecte la càrrega aerodinàmica. A partir de l'any 2000 l'aerodinàmica va evolucionar d'una manera desproporcionada, gràcies als avanços tecnològics



Imatge 55. Monoplaca de l'equip BMW l'any 2009.
<https://www.pinterest.es/pin/440649144770279753/>



Imatge 56. Monoplaca de l'equip BMW l'any 2008.
<https://www.pinterest.jp/pin/458733912027988444/>

que van provocar que es tingués un coneixement més ampli sobre aquest aspecte i que va provocar que els cotxes cada vegada fossin més ràpids. Un clar exemple d'aquesta evolució van ser els monoplaques del 2008, anomenats "els cornuts", per tots els apèndixs aerodinàmics que hi havia al cotxe, apèndixs que es van acabar de cara el 2009, ja que la FIA els va limitar i es van veure uns monoplaques molt senzills comparats amb els dels anys anteriors.

De cara a la temporada 2017 es va produir un altre canvi a la normativa que va tenir gran impacte dins l'aerodinàmica, ja que es va augmentar d'una manera molt dràstica el nivell de càrrega als monoplaques. Aquest canvi ha permès veure els anys 2018 i 2019 els cotxes més ràpids de la història de la Fórmula 1.



Imatge 57. Monoplça de l'equip McLaren l'any 2019, temporada on participen els cotxes més ràpids de la història.
https://br.wheelsage.org/mclaren/formula_1/2014-xx/mclaren_mcl34/pictures/b4d03c/

4 EL VOLANT DEL COTXE DE FÓRMULA 1

4.1 EVOLUCIÓ DELS VOLANTS AL LLARG DE LA HISTÒRIA

El volant és un dels elements més importants del monoplaça, ja que a més de realitzar la seva funció bàsica, que és la de permetre al pilot conduir el monoplaça, permet canviar un munt de paràmetres del cotxe i és l'únic element que permet comunicar-se al pilot amb el seu equip. Actualment els volants són molt ergonòmics i cada pilot en té un de personalitzat, però durant al llarg de la història no sempre ha estat així.

Des de la primera temporada, l'any 1950, fins a mitjans dels anys 90, els volants eren majoritàriament rodons amb 3 radis, on en comptades ocasions es trencava amb aquesta fisonomia. Durant els primers anys estaven fets per metall i fusta, cosa que no afavoria ni a la manejabilitat ni a la seguretat dels pilots. A finals dels 60 va arribar el cuir, per tal de millorar l'agarrí del volant i el disseny d'aquests es va fer més petit per a permetre als pilots maniobrar d'una manera més còmoda i senzilla, és a dir, fer-ho una mica més ergonòmic.



Imatge 58. Volant de Bruce McLaren de l'any 1969. Fet per metall i folrat de cuir, la seva única funció era la de dirigir el monoplaça.
<https://autoproyecto.com/2019/noticias/evolucion-volantes-mclaren-formula-1.html/2>

L'any 1974 es va fer un pas important per a l'evolució d'aquest element. El volant del McLaren d'Emerson Fittipaldi va incorporar per primera vegada a la història un interruptor que en cas d'algun problema o accident, reduïa el risc d'incendi. Més tard, el 1978, es va donar un altre pas, ja que el volant de James Hunt, de l'equip McLaren, incorporava un interruptor electrònic, i el de Fittipaldi incorporava per primera vegada un sistema d'extracció ràpida del volant en cas de que el pilot hagi de sortir ràpidament del *cockpit* per alguna incidència.

Imatge 59. Volant de James Hunt el 1978, el primer a incorporar un interruptor electrònic.
<https://www.motor.es/formula-1/video-evolucion-volantes-f1-historia-201632330.html>



En la dècada dels 80 es van començar a incorporar en tots els volants els interruptors i les primeres rodes giratòries. A més es va alleugerir el seu pes i



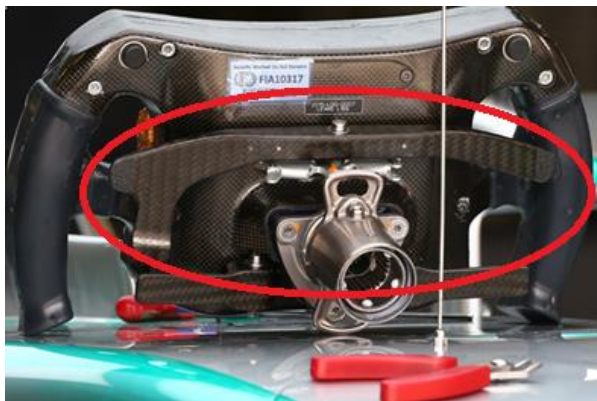
Imatge 60. Volant de Gerard Berger, de Ferrari, el 1989, amb una forma innovadora, dos botons i una de les primeres rodes giratòries.
<https://www.motor.es/formula-1/video-evolucion-volantes-f1-historia-201632330.html>

van començar a aparèixer els primers volants amb formes diferents, com va ser el cas dels volants de Gerard Berger o Ricardo Patrese de l'any 1989. També l'any 1989 es va produir un dels canvis més importants de la història de la Fórmula 1, va aparèixer el primer canvi semiautomàtic. Va ser en la primera cursa

d'aquella temporada, celebrada a Brasil, quan l'equip Ferrari va introduir el nou canvi. Fins aquella temporada, tots els equips utilitzaven el canvi de marxes seqüencial, que provocava que els pilots havien de conduir amb una mà en el volant i una altra en la palanca de canvi, arribant a utilitzar-la fins més de 1500 vegades en una cursa. Llavors l'equip Ferrari, per tal de simplificar aquest procés, va introduir dues lleves a la part posterior del volant i, mitjançant un sistema electrohidràulic, va permetre el pilot apujar i abaixar de marxa de forma instantània i d'una manera més còmoda per primera vegada. Això va ser el principi de la fi del canvi seqüencial, encara que no va ser fins a mitjans de la

dècada dels 90 quan tots els equips van incorporar el canvi semiautomàtic de manera definitiva, i encara avui dia se segueix utilitzant.

En la dècada dels 90 alguns equips van retallar la part superior del volant i van donar-li una forma més aixafada, encara que seguia tenint forma circular. També en aquests anys s'introdueixen algunes



Imatge 61. Volant Mercedes de 2015, amb les lleves de canvi (dreta apujar marxa; esquerra abaixar marxa).
<https://f1i.com/magazine/37886-all-of-the-2015-f1-steering-wheels.html/15>



Imatge 62. Volant de Schumacher l'any 1995, amb el rellotge Casio.
https://www.reddit.com/r/Watches/comments/67azox/casio_michael_schumachers_f1_steering_wheel/

funcions bàsiques els volants, com poden ser la ràdio, la beguda, el punt mort o el diferencial de frenada. L'any 1995, Michael Schumacher i el seu equip, Benetton, van introduir un rellotge Casio en el volant, el que va ser un preludi de les pantalles digitals. A finals d'aquesta dècada es van introduir uns LEDs que indicaven al pilot les RPM per tal d'ajudar-lo a saber el moment ideal per a canviar de marxa. També es van començar a utilitzar pantalles digitals, encara que eren molt primitives, ja que eren molt simples i petites i no donaven molta informació.

A partir de l'any 2000 es produeix una gran revolució. Els volants comencen a estar constituïts per un gran nombre de botons i rodes giratòries que permeten al pilot modificar i consultar un munt de paràmetres del monoplaça. Els volants comencen a ser més ergonòmics i s'introdueixen nous i millors materials al volant, com la fibra de carboni. Les pantalles es van reduir a tres simples *displays* molt petits que únicament indicaven la marxa i les revolucions, acompanyades dels anteriorment esmentats LEDs.

L'any 2014 es va produir l'última revolució dins els volants. L'equip Mercedes, entre d'altres, va introduir al seu volant un display LCD de 3,4", on es podia veure una gran informació del monoplaça, i on tot és més esquemàtic i més senzill per al pilot. L'any següent, veient les facilitats que aquesta pantalla produïa, tots els equips la van incorporar al seu volant, menys l'equip Williams, que la va incorporar a la cabina.



Imatge 63. **Volant de l'equip BMW Sauber l'any 2006.**
<https://www.motorsport.com/f1/photos/steering-wheel-of-the-bmw-sauber-f1-1/330792/>



Imatge 64. **Volant de l'equip Force India l'any 2016.**
<https://www.racecar-engineering.com/cars/force-india-vjm09/>

4.2 FUNCIONS DEL VOLANT

Tal com s'ha comentat anteriorment, el volant de Fórmula 1 és un ordinador a bord, i això fa que tingui un munt de funcions. Hi ha algunes que són comunes en tots els equips, però d'altres són pròpies, és a dir, que cada equip implementa diferents funcions que considera més importants o necessàries per diversos factors, com pot ser, per exemple, la marca del motor o la sortida de la cursa, com es veurà a continuació. Per realitzar aquest apartat, m'he fixat, sobretot, en els volants en els quals he pogut recaptar més informació, que ahora són dels tres equips més competitius: Mercedes (Hamilton), Red Bull (Verstappen) i Ferrari (Vettel).

Funcions més comunes:

Per començar a explicar les diferents funcions, primer em centraré en les més comunes dins els monoplaques de tota la graella, que ahora també coincideixen generalment amb la posició dins el volant.

Pit limiter: Aquest botó s'utilitza únicament al carrer de boxes, on estan situats els garatges i on es fan les parades, i la seva funció és la de limitar la velocitat per garantir la seguretat en aquest tram. La velocitat màxima permesa als boxes sol ser de 80 km/h, menys quan el circuit és urbà o és un carrer de boxes estret, on llavors es limita a 60



Imatge 65. La velocitat màxima al Pit Lane pot ser de 60 o 80 km/h, segons el circuit.
<https://blogs.20minutos.es/formula-1-alonso/2012/03/01/la-fia-no-reducira-la-velocidad-en-boxes/>

km/h. Aquesta funció està acoblada en tots els monoplaques de la graella.

Neutral: Quan es prem aquest botó, el cotxe queda en punt mort. Això s'utilitza en diversos casos, com pot ser quan el monoplaça es para a boxes per a canviar rodes o per a ficar-se en el garatge o quan es té un incident a la pista, per a

facilitar l'evacuació del cotxe als comissaris. També hi ha alguns equips que l'utilitzen com marxa enrere, si es queda pressionat durant uns quants segons.

DRS: Permet l'activació del Drag Reduction Systems. Encara que la majoria d'equips tenen aquesta funció al volant, ja sigui a la part frontal amb un botó o a la part posterior amb una palanca, hi ha algun equip, com Ferrari, que permet utilitzar aquest element amb un pedal extra situat al costat de l'accelerador i el fre.

Ràdio: Aquest botó permet la comunicació entre el pilot i l'equip, majoritàriament amb el seu enginyer de pista. Quan el pilot vol parlar manté premut el botó. Aquest element és molt important ja que és l'única forma que té el pilot de comunicar-se amb l'equip una vegada és a la pista.



Imatge 66. *El pilot únicament es pot comunicar amb l'equip mitjançant la ràdio.*
<https://www.racetechmag.com/2017/05/behind-scenes-mercedes-f1-pit-wall/>

Drink: Permet els pilots hidratar-se durant les diferents sessions, cosa molt important ja que solament a la cursa poden perdre fins a 3 kg de pes.

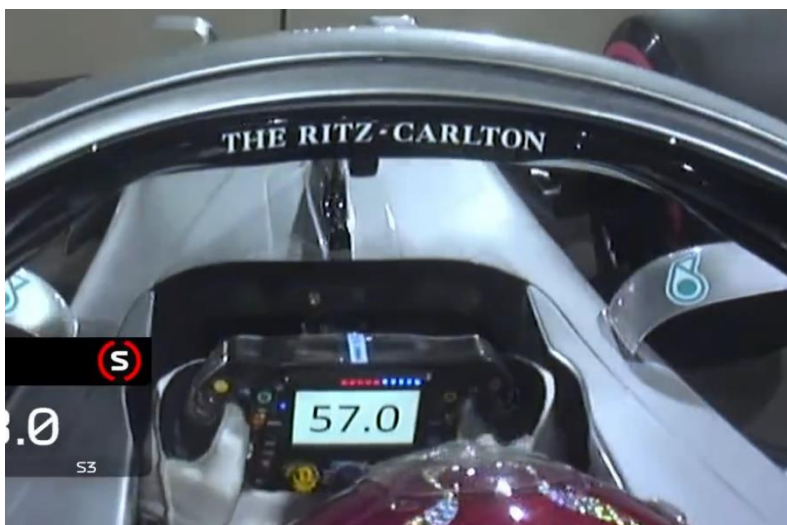
Embragatge: L'embragatge està format per dues palanques independents situades a la zona posterior del volant que permeten al cotxe arrencar. Durant totes les sessions del Gran Premi, els pilots practiquen la sortida per a buscar el punt ideal de l'embragatge, ja que és l'element més important en la sortida de la cursa i és molt difícil de dominar.

Lleves: Són, majoritàriament, altres dues palanques situades a la zona posterior del volant, aquestes a sobre de l'embragatge, que permeten canviar de marxa. La lleva dreta permet pujar de marxa, i l'esquerra baixar. Està situat en un lloc molt accessible per al pilot, ja que és l'element del volant que més s'utilitza, es pot arribar a utilitzar fins a 48 ocasions en una sola volta. Es van començar a implementar a principis dels anys 90, substituint al canvi seqüencial, i actualment la caixa de canvis del F1 conté 8 marxes.

Skip +1/+10 Preset/Maps: Aquest botó permet als pilots desplaçar-se pels diferents menús que conté la pantalla LCD. També els permet accedir al més del centenar de sensors que conté el monoplaça. Per exemple, si l'enginyer comunica al pilot que ha d'anar al sensor 28, el pilot ha de prémer dues vegades el botó de +10, i a continuació a d'accionar el boto +1 en 8 ocasions per arribar al sensor que li ha transmet.

Pit Confirm: Serveix per a que el pilot confirmi que va a entrar a boxes. Aquest botó pot ser útil en cas d'accident, i així avisar ràpidament a l'equip, o en cas de que la ràdio no funcioni. Altres equips també tenen un altre botó que serveix per a confirmar tots els missatges de ràdio, entre els quals pot ser l'entrada a boxes, com fa el pit confirm.

Brake balance: Aquesta opció permet modificar el balanç dels frens segons vulgui el pilot o les circumstàncies en les que es trobi. Es pot desplaçar el repartidor de frenada més endavant o més endarrere. La majoria d'equips tenen



Imatge 67. Cada vegada que el pilot canvia el balanç del cotxe o el diferencial, li surt un missatge a la pantalla amb l'ajustament que ha aplicat.
<https://www.youtube.com/watch?v=kmuKQ2JQK30>

dues formes de canviar el repartidor de frenada. La primera és mitjançant una roda que conté diversos mapes predeterminats, és l'opció més ràpida. La segona forma de canviar aquest paràmetre és amb dos botons que permeten canviar d'un en un el

percentatge de frenada davantera i posterior. Per exemple si el repartidor està al 60%/40% i és vol posar en equilibri, es premeria 10 vegades el botó de brake balance per a estar al 50%/50% (sempre es treballa sobre la frenada davantera).

Diferencial: Conjunt de tres rodes verticals que serveixen per controlar el diferencial del cotxe, una de les funcions més utilitzades pels pilots i una de les més importants dins el volant. El diferencial és un mecanisme que permet girar

a les rodes de la part dreta i esquerra a una velocitat diferent. Hi ha tres tipus de diferencial: el d'entrada a la corba, el de la meitat de la corba i el de la sortida de la corba. El diferencial és molt important perquè té a veure amb el desgast dels neumàtics, un factor clau en l'actual Fórmula 1.

Altres funcions:

Després d'introduir les funcions més importants, necessàries i les més semblants entre els diferents equips, ara parlaré de les que depenen més de l'equip, és a dir, que no és necessari que estiguin present en totes les formacions, ja sigui per elecció del pilot o de l'equip. També dins aquest grup estan les rodes giratòries del volant, on pot haver-hi entre 3 i 6 rodes petites, amb un munt de funcions que cada equip i pilot té distribuïda i assignada d'una forma concreta, ja que permet una gran personalització.

Race Start: Serveix per posar a punt el cotxe per a la sortida de la cursa. Aquesta funció pot ser desenvolupada mitjançant un botó o una roda giratòria.

SOC: Permet la gestió de l'energia de la bateria. Mitjançant 12 mapes es pot elegir, depenent les circumstàncies, si es vol gastar molta o poca energia o si es vol recuperar, entre d'altres. Aquesta funció també es pot trobar en forma de roda vertical o en una de les diverses opcions de les rodes giratòries.

Engine braking: És una funció no molt comú dins els volants dels equips que, mitjançant una roda vertical, permet ajustar el fre motor del cotxe. El fre motor permet un extra de desacceleració gràcies a la pressió dels engranatges de la caixa de canvis quan no es manté l'accelerador trepitjat.

Accept button: Botó que funciona com l'enter de l'ordinador. Quan es fa algun canvi relacionat amb la configuració del cotxe o amb algun sensor, es prem aquest botó per tal de confirmar els canvis. No està molt estès per les escuderies.

Mark: És utilitzat per pilot en cas de que li cridi l'atenció un paràmetre del cotxe durant una tanda per a analitzar les dades marcades més tard amb els enginyers. També el pilot el pot fer servir per a comunicar una anomalia amb l'equip i així no utilitzar la ràdio i no donar pistes als rivals.

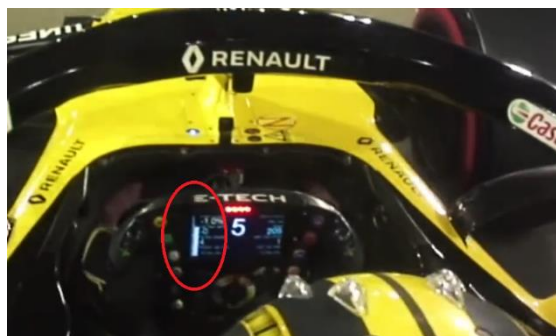
Brake shaping: Roda vertical que permet la modificació dels diferents mapes del brake-by-wire, un sistema electrònic que permet, mitjançant la frenada, recuperar energia. Es troba present en tots els cotxes híbrids.

Oil: Botó que permet la lubricació extra del motor, en cas de que sigui necessari, mitjançant oli situat en un tanc auxiliar. Únicament és utilitzat pel pilot en cas de que li ho comuniqui l'equip.

K2/K1: Funció únicament present als volants dels equips motoritzats per Ferrari. Permet regular la potència que ofereix el motor. Quan es prem un d'aquests dos botons, el motor dóna més potència de l'habitual, ja sigui per defensar-se o per atacar a un contrari. Aquesta funció no pot ser utilitzada per molt de temps per temes de fiabilitat, així que l'equip comunica al pilot quan pot fer ús d'aquest extra de potència i quan ha de deixar d'utilitzar-lo.

Switch: Funció que s'utilitza per a condicionar el cotxe per condicions de pluja. Aquest paràmetre pot aparèixer al volat mitjançant una petita palanca a la part davantera del volant o pot ser part d'una de les opcions d'alguna roda giratòria.

Charge: Botó que permet activar el mapa de màxima recuperació d'energia directament. Se sol utilitzar en els períodes de Safety Car o Virtual Safety Car, on la velocitat està limitada, i en les classificacions per a poder comptar amb la màxima bateria possible de cara a la realització de la volta ràpida.



Imatge 68. El nivell de bateria es mostra en el dashboard mitjançant una barra.

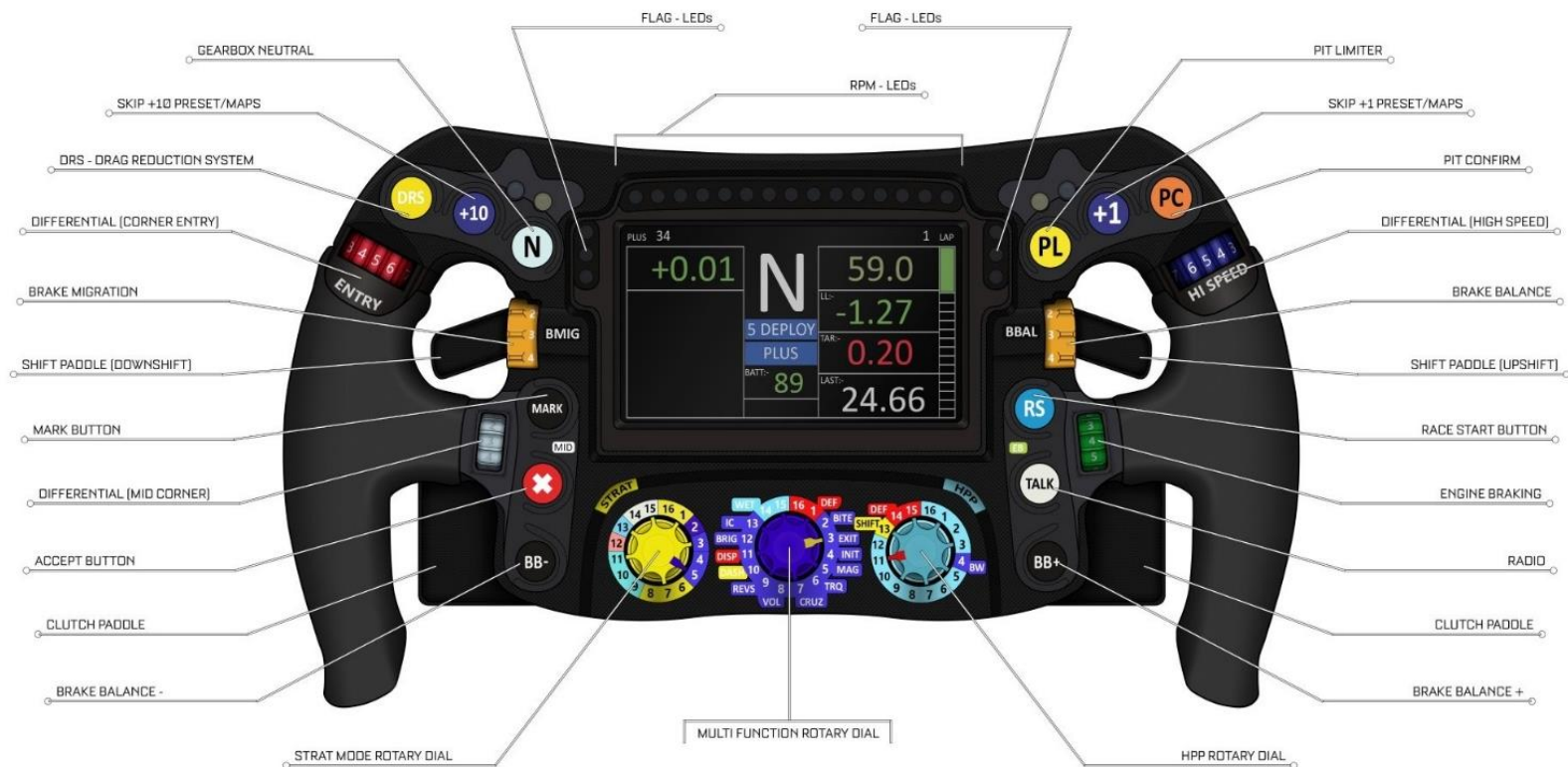
<https://www.youtube.com/watch?v=nLExSMdjlUg>

Warm: Aquesta opció serveix per augmentar la temperatura de les gomes posteriors o per deixar goma al carril de boxes per a que hi hagi més adherència mitjançant un derrapatge que no danya ni al motor ni al canvi.

Fail: Aquest botó s'utilitza en cas de que falli algun sensor del cotxe. Mitjançant els botons Skip +1/+10 Preset/Maps se selecciona el sensor que falli, i a continuació premerà aquest botó, el que permetrà ignorar l'errada i seguir la cursa sense cap problema.

A més d'aquestes funcions, també es pot, mitjançant les rodes giratòries, augmentar o disminuir el volum de la ràdio, controlar la lluentor i la informació de la pantalla LCD, administrar el combustible, controlar el desgast de les rodes, i la funció més important que es pot trobar dins les opcions de les rodes giratòries són la selecció de diversos mapes motors relacionats amb la part electrònica per a manejar l'energia de la bateria.

44 LEWIS HAMILTON'S STEERING WHEEL



Imatge 69. Funcions del volant de Lewis Hamilton. <https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-lewis-hamilton/>

MAX VERSTAPPEN'S STEERING WHEEL



Imatge 70. Funcions del volant de Max Vestrappen.

<https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-max-verstappen/>

SEBASTIAN VETTEL'S STEERING WHEEL



Imatge 71. Funcions del volant de Sebastian Vettel.

<https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-sebastian-vettel/>

4.3 DISSENY, ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES I COMPARACIONS ENTRE ELS DIFERENTS VOLANTS DE LA GRAELLA DE LA F1

El volant de Fórmula 1 és una de les peces més importants i desenvolupades dins un monoplaça de Fórmula 1, ja que és el que permet al pilot controlar i gestionar qualsevol paràmetre del cotxe, a més de complir la seva funció bàsica, donar direcció al monoplaça. És una mena d'ordinador dins el vehicle.

El volant de Fórmula 1 està dissenyat i construït artesanalment per enginyers mecànics, enginyers elèctrics i tècnics de cablejat, ja que a dins d'aquest es troba una gran instal·lació elèctrica i sistemes de control. Tot el procés de disseny i construcció dura entre 80 i 100 hores. Dins el procés de disseny també està implicat el pilot, ja que al cap i a la fi és ell qui l'utilitza i el que s'ha de familiaritzar i aprendre cada secret d'aquesta peça fonamental. A més és molt ergonòmic, per així donar



Imatge 72. Enginyer explicant el funcionament del volant al pilot Kimi Raikkonen.

<https://www.f1aldia.com/fotos/ingeniero-explica-kimi-raikkonen-nuevo-volante-lotus-e20/>

més facilitats al pilot per a conduir i per a elegir qualsevol paràmetre dins d'una cursa. Per això, el volant està dissenyat per a permetre al pilot arribar a qualsevol botó situat al volant (per exemple, les rodes verticals estan situades als extrems dels volants per a facilitar la seva utilitat amb els polzes de les mans) . A més, es realitzen uns motlles, fets d'un adherent de goma per millorar el grip al volant, amb els quals el pilot agafa el volant, que estan dissenyats al mil·límetre a les



Imatge 73. Simulador de l'equip Red Bull.

<https://www.youtube.com/watch?v=rE-Fge3gN9w>

mans dels pilots. Per tal de familiaritzar-se amb el volant, el pilot es passa tot l'hivern (a l'hivern no hi ha curses) dins el simulador durant moltes hores. El disseny del volant és un procés continu, ja que a cada circuit s'utilitza una

especificació diferent, segons les seves característiques (per exemple, a Mònaco, en ser un circuit urbà, necessita més angle de gir que qualsevol altre circuit), arribant a tenir cada pilot fins a 8 volants diferents durant tota la temporada, i on a cada Gran Premi se'n porten 3 especificacions distintes per si apareix algun problema.

Els botons dels volants, situats segons les preferències de cada pilot, són

robustos i estan protegits com a conseqüència de les vibracions provocades per la velocitat i per evitar qualsevol equivocació del pilot, per tal que no pressioni cap funció sense voler, com li va passar, per exemple, a Lewis Hamilton l'any 2008 a Brasil, quan va prémer el limitador en plena cursa. A més, se suma el handicap que té el pilot per la utilització de guants, que el



Imatge 74. Els botons estan dissenyats per a ser manipulats fàcilment amb guants.

<https://www.atraccion360.com/caracteristicas-de-los-volantes-de-formula-1>

fa una mica més difícil jugar amb els botons i amb les rodes giratòries. Per això, per accionar qualsevol funció, el pilot ha de fer una força considerable.

Els principals materials emprats per a la seva construcció són la fibra de carboni, la fibra de vidre, el silici, el titani i el coure, materials lleugers que fan que el pes d'aquesta peça estigui al voltant d'1,5kg. Dins totes les peces del volant, hi ha 3 que són comunes (especificades per la FIA) per a tots els equips de la graella, que són el dashboard, la pantalla digital situada generalment a la part superior central del volant que mostra informació com el temps de volta, la temperatura de frens o de rodes, la càrrega de la bateria, la posició, el delta



Imatge 75. Sistema de "quick release".

<https://www.bsimracing.com/cube-controls-formula-steering-wheel/>

de temps, la marxa, etc; la placa de circuit subjacent i els LEDs localitzats al volant.

El volant està ancorat a la barra de direcció i en cas d'accident fort, si es trenca les barres de direcció de les rodes, el pilot ha de deixar anar el volant per a evitar trencar-se els canells com a conseqüència del bruscat moviment que hi provoca aquest trencament. En cas de fort accident o emergència, la Fia estableix que el volant ha de resistir qualsevol cop inferior a 100 kN i el pilot ha de poder sortir en menys de 5 segons mitjançant el mecanisme de "quick release", que s'acciona tirant d'una brida instal·lada a la columna de direcció i permet extreure el volant ràpidament.

Com he esmentat anteriorment, cada pilot té un volant personalitzat, on la posició de cada botó depèn de les característiques i gustos del pilot. La forma de la peça sol estar predeterminada per la filosofia de l'equip, i dins d'aquesta filosofia, el pilot el transforma a la seva manera. Per exemple, podem veure a les *imatges 77 i 78* com Lewis Hamilton i Valtteri Bottas, tots dos de l'equip Mercedes, posseeixen un volant de forma molt semblant. El volant de l'equip Mercedes és

un dels més senzills i minimalistes, el que permet al pilot facilitar la seva tasca a l'hora de memoritzar totes les funcions i li resta una certa complexitat comparat amb altres volants de la graella. Com a diferències es poden veure com les lleves de canvi de marxa com les que pertanyen a l'embragatge, tenen una forma



Imatge 76. Volant de l'equip Mercedes, un dels més senzills de la graella.
<https://www.youtube.com/watch?v=OX58IkeSI4c>

diferent per a cada pilot. En les funcions, ambdós pilots tenen les mateixes funcions al volant, amb l'única diferència que Bottas no acciona el DRS amb un botó com ho fa Hamilton, sinó que l'acciona amb una petita palanca situada a la part posterior del volant, i en el seu lloc té una funció que li permet canviar la informació a la pantalla d'una manera més ràpida (surt al volant com BW). La diferència més important entre els dos pilots està relacionat amb la posició de les

diferents funcions, ja que la majoria estan situades en diferents llocs, com per exemple quatre dels sis botons situats a la part superior del volant (DRS, punt mort, limitador i pit confirm) o en les diferents funcions assignades a les rodes verticals per part dels dos pilots (diferencials de meitat i sortida de corba, fre motor i engine braking).



44 L. HAMILTON

Imatge 77. Volant de Lewis Hamilton. <https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-lewis-hamilton/>



77 V. BOTTAS

Imatge 78. Volant de Valtteri Bottas, amb els botons diferents respecte a Hamilton subratllats. <https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-lewis-hamilton/>

Un volant molt semblant al de l'equip Mercedes és el de l'equip McLaren. El volant de l'equip McLaren també té una fisonomia semblant al de Mercedes, però amb un acabat més arrodonit. El volant conté sis rodes verticals i estan situades d'una forma molt semblant respecte al volant anteriorment analitzat. A més, és el volant que menys botons posseeix, amb un total de deu, dels quals vuit estan situats a la part inferior lateral i únicament dos a la part superior, un a cada costat.



Imatge 79. Volant de l'equip McLaren, el que menys botons conté.
https://es.motorsport.com/f1/photos/?filters%5Bevent%5D%5B%5D=261628&filters%5Brace_type%5D%5B%5D=54

Abans de comentar el volant de l'equip Ferrari, exposaré algunes diferències i canvis que hi pot haver en un equip segons els pilots d'una temporada a una altra. L'any 2018 la dupla de pilots estava formada per Sebastian Vettel i Kimi Raikkonen. Es pot veure una gran diferència entre els volants de tots dos. La principal diferència és la manera d'agafar el volant d'ambdós pilots, cosa que condiciona tot el disseny de la forma del volant i la disposició i assignació dels botons i les rodes. La forma amb la qual Raikkonen agafa la peça fa que les gomes adherents tinguin una forma més allargada i prima que la del seu company i no li permet disposar dels dos botons situats a la zona superior més exterior, com els que té el seu company. Per compensar aquesta falta d'espai, Raikkonen utilitza la part inferior del volant per situar els botons que li resten, cosa que Vettel no fa i solament utilitza la part inferior per les rodes giratòries (al

volant de Vettel hi ha 2 botons menys). A més, hi ha una considerable diferència en les posicions de les lleves que utilitza cada pilot. Finalment, es pot apreciar que cada pilot té una assignació de botons i rodes giratòries i verticals quasi completament distinta a la del seu company.



7 K. RAIKKONEN - 2018

S S. VETTEL - 2018

Imatge 80. Volant dels pilots de Ferrari l'any 2018. Al volant de Vettel es poden veure subratllades les funcions diferents a les del seu company Raikkonen.
<https://twitter.com/Gianludale27>

En canvi, l'any 2019 Sebastian Vettel i Charles Leclerc són els pilots titulars de l'escuderia italiana. Es pot veure com el volant de Vettel és pràcticament igual que al de l'any anterior, en canvi, el de Charles Leclerc no té res a veure amb el de Raikkonen. El volant del nou pilot de Ferrari és pràcticament igual al del seu company, amb alguna petita diferència en l'assignació d'algun botó.



S S. VETTEL - 2019

16 C. LECLERC - 2019

Imatge 81. Volant dels pilots de Ferrari l'any 2019. Al volant de Vettel es poden veure subratllades les funcions diferents a les del seu company Leclerc.
<https://twitter.com/Gianludale27>

El volant actual de Ferrari té una forma quadrangular amb les vores arrodonides, un disseny obert i la col·locació dels botons i les rodes està dividida en dues parts: en la part superior es troben els botons i en la part inferior les rodes giratòries.



Imatge 82. Volant de l'equip Ferrari, més concretament el de Sebastian Vettel.
<https://www.f1technical.net/forum/viewtopic.php?t=27912&start=945>

L'equip Haas, l'últim en incorporar-se a la graella de la Fórmula 1, l'any 2016, per estalviar-se diners, va signar un contracte amb l'equip Ferrari amb el qual l'equip portaria la gran majoria de peces provinents de l'escuderia italiana a canvi d'una quantitat de diners. És per aquest motiu que el volant de l'equip nord-americà se sembla tant al de l'escuderia italiana. El volant és gairebé igual, amb l'única diferència en el fet de que el de l'equip Haas conté quatre botons més, dos a cada costat, a la zona inferior del volant.



Imatge 83. Mattia Binotto, team principal de Ferrari (esquerra), i Günther Steiner, team principal de Haas (dreta). L'any 2016 l'equip dirigit per Steiner va signar un conveni amb l'equip Ferrari per tal d'aprofitar-se de les peces italianes a canvi de diners.
<https://soymotor.com/noticias/steiner-se-postula-favor-de-la-normativa-de-motores-para-2021-941818>



Imatge 84. Volant de l'equip Haas, molt semblant al del Ferrari.
<https://www.racefans.net/2019/05/09/2019-spanish-grand-prix-build-up-in-pictures/motor-racing-formula-one-world-championship-spanish-grand-prix-preparation-day-barcelona-spain-253/>

Un altre equip que té un conveni amb Ferrari és l'Alfa Romeo Sauber. Aquest conveni, encara que és de menys magnitud que el de Haas, té una certa importància dins l'equip. El volant de l'equip suís presenta una forma externa semblant al de l'escuderia del "cavallino rampante", en canvi, en el contingut d'aquest, hi ha una gran diferència. Les zones més properes als polzes estan repletes, de dalt a baix, de botons, no com en el cas de Ferrari que únicament els utilitza a la part superior. Finalment, a la part central inferior estan situades les tres rodes giratòries que conté el volant de l'equip Alfa Romeo.



Imatge 85. Volant de l'equip Alfa Romeo.
<https://www.motorsport.com/f1/photos/steering-wheel-of-alfa-romeo-racing-c38-/45242905/>

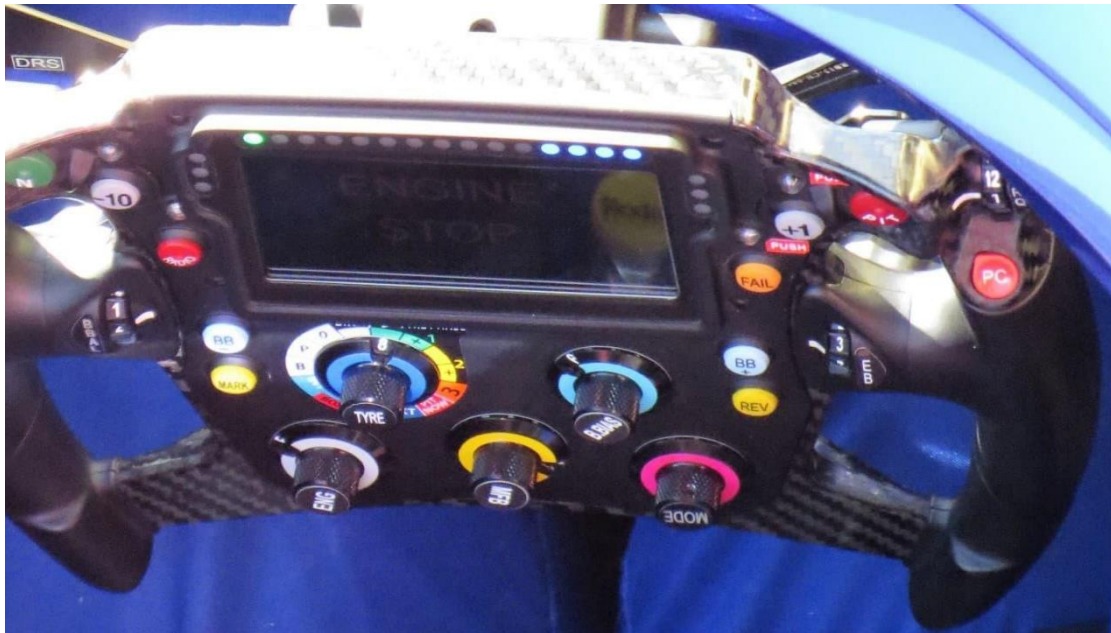
Tant l'equip Red Bull com l'equip Toro Rosso, filial del primer, utilitzen un volant amb forma quadrangular i un disseny tancat, ja que sota les gomes adherents amb les quals el pilot l'agafa es pot veure com estan unides a la part central i no com els anteriors, que tenien un disseny obert. El volant conté quatre rodes verticals; cinc rodes giratòries, localitzades a la part inferior, i dotze botons situats en la part superior i central de la peça. Com he mencionat anteriorment, l'equip Toro Rosso utilitza el mateix volant que l'equip Red Bull per si es dona la situació que un pilot de l'equip inferior realitzi el salt a l'equip principal, no tingui tantes dificultats per a acostumar-se al nou volant i així estar més còmode des d'un principi.



Imatge 86. *L'equip Toro Rosso (monoplça a la zona superior) és filial de l'equip Red Bull (monoplça a la zona inferior).* <https://wtf1.com/post/red-bull-vs-toro-rosso-horner/>



Imatge 87. *Volant de l'equip Red Bull.* <https://www.dailymail.co.uk/sport/formulaone/article-6859873/The-changing-face-F1-1000-grands-prix-race-start-podium-picture-special.html>



Imatge 88. Volant de l'equip Toro Rosso, igual que el del Red Bull. <https://www.diariomotor.com/competicion/noticia/los-volantes-de-la-temporada-2019-de-formula-1/volanteracingpoint2019-mdmc/>

Un altre volant de la graella és el de l'equip Racing Point. El seu volant segueix l'estil del de Red Bull, amb el mateix disseny tancat, encara que una mica més arrodonit. A més, conté el mateix nombre de rodes verticals, situades al mateix lloc; el mateix nombre i disposició de rodes giratòries, però amb la diferència que les peces que permeten al pilot agafar i modificar els paràmetres són diferents, i una disposició dels botons molt semblant, encara que n'hi ha més (13) i arriben fins a la part més inferior del volant.



Imatge 89. Volant de l'equip Racing Point, que segueix un estil semblant al del Red Bull. <https://www.diariomotor.com/competicion/noticia/los-volantes-de-la-temporada-2019-de-formula-1/volanteracingpoint2019-mdmc/>

Un dels volants més peculiars és el de l'equip Renault. Té un disseny tancat i una forma arrodonida, cosa que el fa únic en la Fórmula 1. Es pot dividir en tres zones: la zona dels extrems, on se situen les quatre rodes verticals, dos a cada costat; la zona lateral de la part central del volant, on hi ha sis botons a cada costat situats tots en fila un immediatament sota l'altre (únic equip que posseeix aquesta disposició), i finalment, a la part central hi ha localitzades les cinc rodes giratòries que presenta el volant.



Imatge 90. Volant de l'equip Renault, equip que utilitza el volant més peculiar de tota la graella. <https://es.motorsport.com/f1/news/fotos-clasificacion-australia-2019-formula1/4353882/#gal-4353882-0-lewis-hamilton-mercedes-amg-f1-43338856>

- **EL CAS PECULIAR DE L'EQUIP WILLIAMS**

El cas més peculiar dins la graella de la F1 el trobem dins l'equip Williams. Per començar, des de l'any 2014 utilitzen un volant amb una forma extravagant, que recorda al cos d'una papallona amb les ales desplegades, amb els botons als extrems i les rodes giratòries al centre del volant, que el fan un objecte molt ergonòmic a causa de la facilitat per a prémer qualsevol botó a conseqüència de

la proximitat que hi ha entre aquests i les mans dels pilots, i des del 2015, el dashboard està situat a la part davantera del cockpit, és a dir, és l'únic equip que no la té integrada al



Imatge 91. Volant de l'equip Williams (George Russell).
<https://www.motorsport.com/f1/photos/the-steering-wheel-from-the-williams-fw42/46526370/>

volant. Segons una entrevista de la revista anglesa Pocketmags al cap dissenyador de l'equip en el seu moment, Pat Symonds, aquesta disposició del volant afavoreix als pilots a tenir una millor manejabilitat per la forma que té, la qual ajuda a una millor inèrcia, i per la reducció de pes que significa no tenir la



Imatge 92. Abans del seu greu accident l'any 2011, Kubica va aconseguir una victòria i 12 podis.
<https://www.bmwblog.com/2011/02/07/bmw-motorsport-wishes-robert-kubica-a-speedy-recovery/>

pantalla dins el perifèric. A més, un pilot de l'equip Williams és Robert Kubica, pilot polonès que l'any 2011 va patir un greu accident de ral·lis en el qual va quedar greument afectada la seva mà dreta i en la qual té grans problemes de mobilitat. Aquest pilot, que va competir a la Fórmula 1 fins l'any 2010, va tornar a la categoria reina gràcies a l'equip Williams, el qual va haver



Imatges 93 i 94. Diferència de mida entre els forats del cockpit de Kubica (imatge superior) i els de Russell (part inferior).

<https://www.youtube.com/watch?v=F2ENRYDEds> i <https://www.youtube.com/watch?v=DJfKsqLCBDc>

de realitzar alguns canvis al cockpit i al volant. Per part del cockpit, el seu equip va haver de fer els forats que s'utilitzen per donar més comoditat al pilot a l'hora de girar més grans de l'habitual per permetre a Kubica girar d'una manera més fàcil. Per part del volant, el pilot i l'equip van decidir posar la gran majoria de botons a la part esquerra per a facilitar-li la conducció i fer-li-ho més ergonòmic, deixant així dues funcions, poc utilitzades

comparades amb la resta, a la part dreta. L'equip va tenir problemes relacionats amb aquest volant i Kubica només va poder utilitzar-lo durant la segona meitat de temporada. A més, l'equip va fer un canvi relacionat amb les lleves. Per permetre al pilot canviar de marxa, el volant té solament una lleva de canvi, situada al costat esquerra, amb la qual si el pilot prem la lleva, la marxa puja, i si el pilot la baixa, la marxa baixa. Finalment, el seu volant té l'empunyadura dreta modificada per tal de proporcionar-li més adherència a la seva mà dreta.

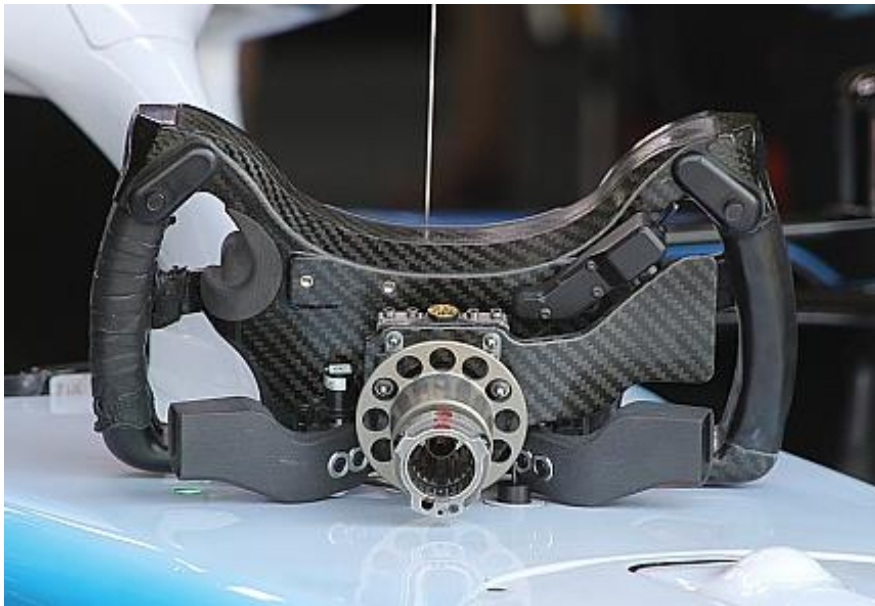
Imatge 95. Volant de Kubica, adaptat a les seves necessitats.

<https://racing-elite.com/2019/10/06/robert-kubica-on-the-new-steering-wheel-better-late-than-never/>





Imatge 96. Lleves al volant de George Russell.
<https://www.motorsport.com/f1/photos/the-steering-wheel-from-a-williams-fw42/45513523/>



Imatge 97. Lleves al volant de Robert Kubica, on es pot apreciar l'absència de la lleva dreta a causa de la seva limitada capacitat al braç i a la mà dreta a causa de l'accident que va patir. <https://imglurk.net/r/formula1>

4.4 COMPARACIÓ DELS VOLANTS D'UN MODEL DE COTXE EN DIFERENTS COMPETICIONS

Per tal de veure la complexitat i magnitud dels volants de Fórmula 1, cal comparar-los amb altres competicions automobilístiques.

- **Competicions de monoplaques organitzades per la FIA:**

- **F2 i F3:** Són les competicions inferiors de la Fórmula 1 que acompanyen a la categoria en la majoria de les curses celebrades a Europa i alguna que altra al continent asiàtic. Aquestes categories són el bressol d'algunes de les estrelles de la Fórmula 1.

En ser l'antesala de la Fórmula 1, aquestes dues categories, que utilitzen el mateix volant, són les que tenen el volant que més s'aproxima a la categoria reina per tal de que els futurs pilots ja estiguin

relacionats

amb el material en cas de pujar de categoria.

La forma del volant és molt semblant al de F1, encara

que són més simples i amb

menys botons, degut a un menor pressupost i una inferior complexitat del cotxe. Tots els monoplaques d'aquestes dues competicions tenen el mateix volant, amb l'única diferència de que cada equip i pilot pot personalitzar la funció de cada botó present al volant. Les funcions presents són les mateixes que la Fórmula 1, traient tot el relacionat amb la part elèctrica, ja que aquests monoplaques encara no posseeixen un motor híbrid, i les rodes verticals relacionades amb el balanç de frenada i amb el diferencial.



Imatge 98. Volant de l'equip HITECH GP de Fórmula 3 . <https://www.instagram.com/fiaf3/>

- **Fórmula E:** Competició creada l'any 2014 en el qual totes les curses se celebren en circuits urbans i tots els monoplaques són elèctrics.

El tema aspectual és quasi igual al de F2 i F3 i cal destacar la

menor diferència que hi ha entre els volants dels diferents equips dins aquesta competició. Les funcions són semblants a les de la Fórmula 1. Les bàsiques com la ràdio, el limitador



Imatge 99. Volant del DS Techeeta Fórmula E Team.

<https://www.youtube.com/watch?v=F8sEoobFrj0>

de boxes, el diferencial o el punt mort també estan presents en aquesta competició. Les funcions que més criden l'atenció són el marxa enrere, molt útil a causa dels circuits són molt estrets i és fàcil quedar bloquejat per qualsevol circumstància, i el Full Course Yellow, una espècie de controlador de la velocitat que s'utilitza en el cas que hagi ocorregut un accident i és necessari limitar la



Imatge 100. Volant del Nissan eDreams Fórmula E.

<https://www.youtube.com/watch?v=X7HqBv->

velocitat per temes de seguretat. També cal tenir en compte que al ser una competició amb cotxes únicament elèctrics, el pilot disposa al volant

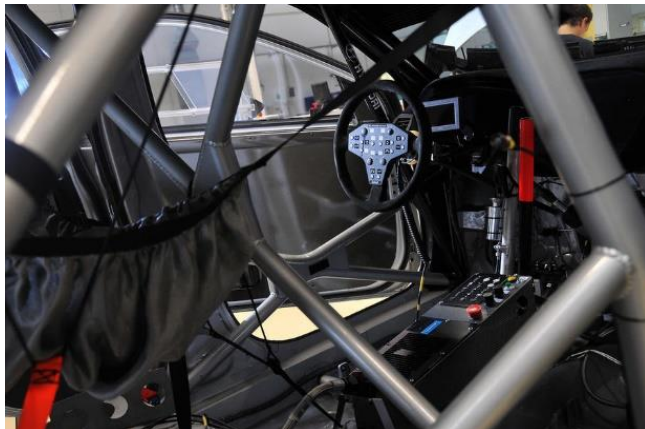
de més mapes motor. La diferència més substancial amb la F1 són les lleves situades a la zona posterior del volant. Els volants de Fórmula E tenen 6 lleves: dos de canvi de marxa; una

d'embragatge; una de Fan Boost, una potència extra que es pot utilitzar durant un petit període de temps que s'obté mitjançant el vot dels seguidors, i dues lleves que pertanyen al sistema de regeneració d'energia, una s'utilitza justament abans de frenar i l'altra mentre que el pilot està trepitjant el fre. Aquestes lleves de regeneració d'energia són molt importants, ja que un 1% més d'energia pot marcar la diferència a final de la cursa i és el sistema que permet als pilots marcar la diferència amb la resta de participants.

- **World Rally Car:** Campionat de ral·lis organitzat per la FIA i que es corre per tot el món.

Per començar, la major diferència amb el volant de F1, en no ser un monoplaça, és la forma que té. El volant de ral·lis està format per un cercol complet, que li dona una forma rodona, per a així fer més fàcil la multitud

de canvis de direcció que hi ha en un ral·li, i està unit a una part central, on es troben els botons, mitjançant tres radis. Altres diferències en el tema aspectual són que la lleva de canvi multidireccional està ancorada a la barra de direcció, és a dir, no gira



Imatge 101. Interior del cotxe de ral·lis Hyundai i20 R5 (2019).

<https://www.autocar.co.uk/opinion/motorsport/inside-new-hyundai-i20-r5-rally-programme>

amb el volant, i el dashboard està situat fora del volant, com l'equip Williams. La distribució dels botons depenen dels pilots, segons el seu gust i la mà que utilitzen per a canviar de marxa, i dels equips ja que cada un té una filosofia diferent, com per exemple, hi ha equips que prefereixen un disseny minimalista i senzill, altres que prefereixen un disseny més



Imatge 102. Volant del cotxe de ral·lis Hyundai i20 R5 (2019).

<https://www.autocar.co.uk/opinion/motorsport/inside-new-hyundai-i20-r5-rally-programme>

estructurat segons les funcions i d'altres que prefereixen un disseny més complex per a donar un ventall més ampli de funcions, però això si, sempre donant les millors facilitats al pilot gràcies a l'ergonomia del volant, adaptat a les necessitats i

característiques de cada pilot. Algunes funcions presents als volants de Fórmula 1 també hi estan als de ral·li, com són la ràdio, el diferencial, el botó de sortida, el de canviar de pàgina al dashboard, el de marcar un

aspecte del recorregut, per a després discutir-lo amb l'enginyer, i el canvi de mapa motor. Les dues grans funcions que hi ha al volant d'un



cotxe de ral·lis i no hi estan

Imatge 103. Interior del cotxe de ral·lis Citroen C3 R5 (2019). <http://www.johnfife.co.uk/2018/03/rally-new-citroen-c3-r5.html>

presents al volant de F1 són els que tenen a veure amb el funcionament de l'eixugaparabrises i de les llums del vehicle per a tenir una millor il·luminació del recorregut.

- **Indycar:** Competició de monoplaques més semblant a la Fórmula 1, organitzada a partir del 2020 per Penske Entertainment Corporations, on totes les curses se celebren als Estats Units.

Els volants d'aquesta competició tenen la forma i la distribució dels botons bastant diferent a la Fórmula 1, encara que tenen les mateixes lleves i la pantalla digital. Cal posar èmfasi a que els volants dels equips presenten



unes grans diferències entre ells, com es pot

Imatge 104. Volant pertanyent a un monoplaça d'Indycar. <https://racer.com/2019/05/14/no-single-solution-yet-to-afp-buffeting/>

apreciar en les diferents imatges. Cada equip i pilot tenen un volant completament distint als altres, que en la gran majoria no s'assemblen entre sí, no com passa a la Fórmula 1. Les funcions dins el volant d'Indycar són molt semblants a les de F1, on les funcions més generals, com el canvi de mapa motor, el punt mort, la ràdio o el pit limiter estan



Imatge 105. Volant del Pilot d'Indy Car Graham Rahal. <https://www.youtube.com/watch?v=YQgd5f-W2hk>

presentes. Les diferències més substancials amb la categoria reina de l'automobilisme són la inclusió de la marxa enrere, important en els nombrosos circuits urbans dins el calendari i en els pits

stops, ja que les parades a boxes presenten moltes dificultats en aquesta competició, la funció anomenada “reset”, que serveix per a actualitzar la informació



Imatge 106. Volant del Pilot d'Indy Car James Hinchcliffe. <https://www.youtube.com/watch?v=YQgd5f-W2hk>

sobre la gasolina, després d'un proveïment, que mostra la pantalla i que representa una de les parts més importants durant una cursa d'Indycar, i per últim la funció “Weight Jacker”, que utilitza el pilot per a ajustar el pes del cotxe a la part dreta o esquerra d'aquest. Finalment, cal destacar que



Imatge 107. Volant Cosworth d'Indycar. <https://www.youtube.com/watch?v=3ecJ11eSZeE>

en circuits en forma d'oval i amb un gran pendent des de l'interior fins a l'exterior de la pista, com pot ser el cas d'Indianapolis, el pilot es veu obligat a conduir amb el volant tort per a anar recte, com a conseqüència del pendent.

5 PROTITIP D'UN VOLANT DE FÓRMULA 1

5.1 MEMÒRIA

Per tal de poder dur a terme el prototip d'un volant de Fórmula 1 i poder accionar amb el mateix un prototip teledirigit de cotxe de Fórmula 1, tindrè en compte una sèrie de funcions bàsiques, les quals representaré, i que són les següents:

- Gir a la dreta i a l'esquerra.
- Anar endavant i darrera.
- Representació estimada dels LEDs pertanyents a les rpm.
- El número de volta, el temps de volta i la posició dins la cursa.
- Temperatura dels frens del monoplaça.
- Representació del número de marxa.
- Error d'un sensor qualsevol del monoplaça i protocol per a desactivar-lo.
- Representació de la bateria segons el treball del motor i del monoplaça.

El prototip del volant el realitzaré, un cop fet l'estudi dels diferents volants de Fórmula 1, tot ajustant-lo a les meves necessitats. Llavors, el disseny de la forma del volant, el realitzaré tenint en compte que jo seré el conductor, i per tant, ha de ser còmode per tal que jo el pugui emprar. Realitzaré aquest disseny en 2D i 3D amb el programa Auto-CAD, i posteriorment imprimiré el model 3D amb la impressora.

Per tal de poder implementar les funcions que m'he proposat, utilitzaré el meu mòbil, i mitjançant l'aplicació App Inventor faré una programació per tal d'intentar fer que les funcions que vull representar vagin coordinades entre el cotxe i el meu mòbil, que realitzarà la funció d'ordinador principal i dirigirà al prototip de monoplaça, que estarà connectat amb la placa Arduino del vehicle mitjançant un mòdul Bluetooth.

5.2 PLÀNOLS

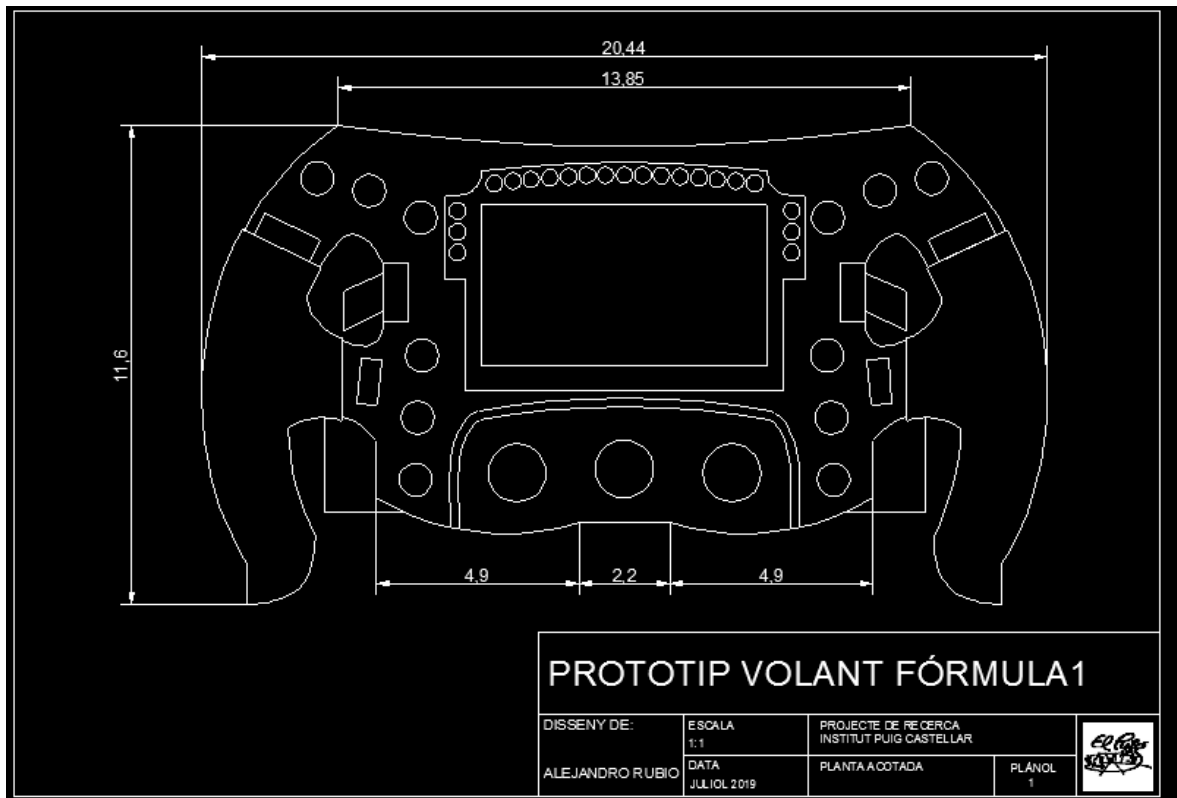
5.2.1 Plànols en dos dimensions

Abans de realitzar els plànols, he dibuixat un esbós per a agafar la idea sobre la forma del volant i les posicions de tots elements que hi ha situats en ell.

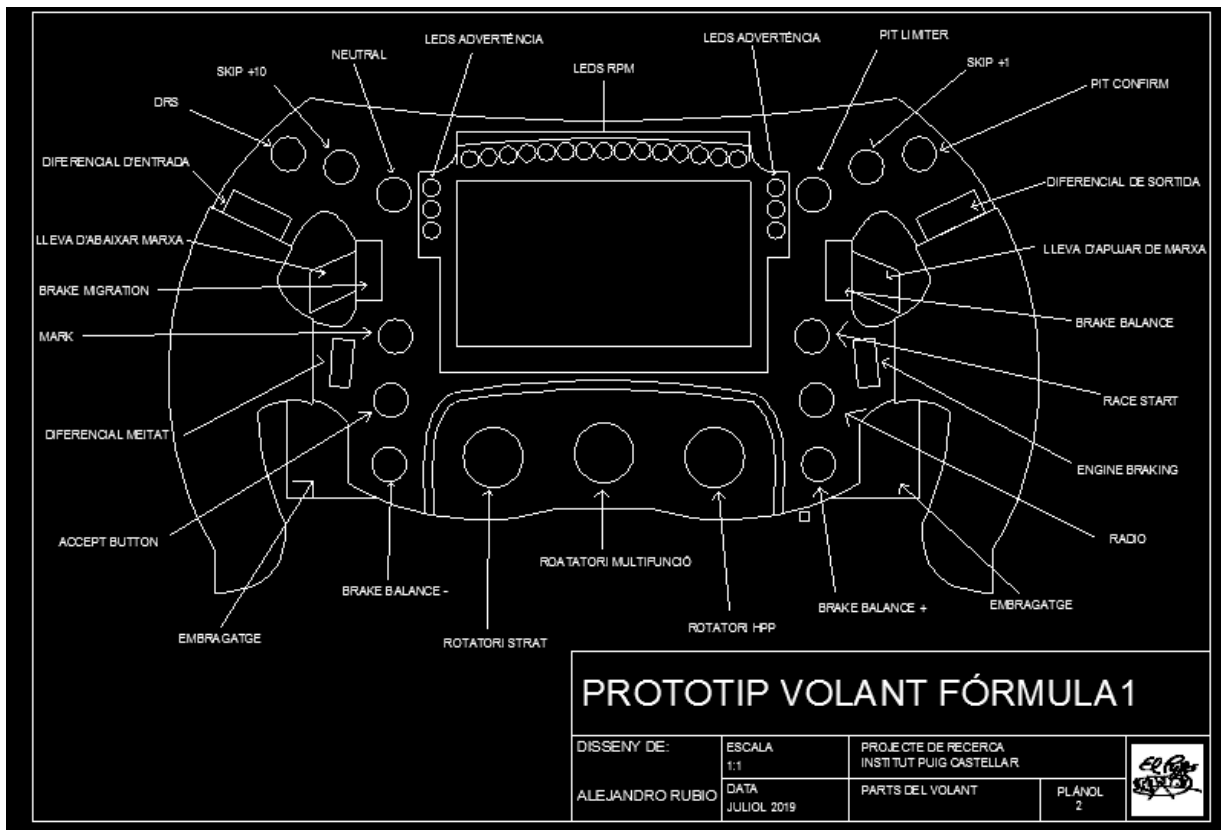


Imatge 108. Esbós del volant. Imatge pròpia

Amb el programa Auto-CAD he creat, seguint les especificacions esmentades a la memòria, els plànols en dos dimensions el volant que construiré. Tot i que el prototip de volant serà més senzill que el real, és a dir, no tindrà les mateixes funcions que un volant real, els plànols en 2D estan realitzats amb tots els detalls. He realitzat un plànol acotat i un altre amb el detall de les funcions incorporades al volant de la realitat. El volant que he imprès no correspon amb les mides de la realitat perquè he hagut d'escalar-lo i fer-lo una mica més gran a causa de la necessitat d'incorporar el mòbil com a pantalla. Com a solució, s'ha escalat.



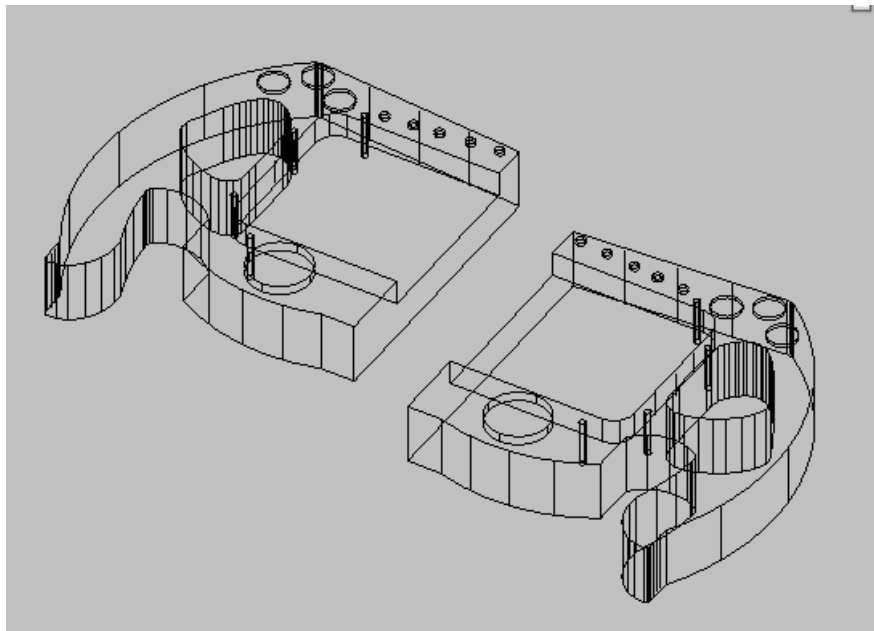
Imatge 109. Plànols acotats del volant. Imatge pròpia



Imatge 110. Plànols amb nomenclatura del volant. Imatge pròpia

5.2.2 Disseny en tres dimensions

També amb l'Auto-CAD he creat el model del volant en tres dimensions. Aquesta creació l'he realitzat per tal de poder imprimir en 3D les peces del volant, i seguint les mesures especificades. He hagut de realitzar 2 peces per tal que la impressora fos capaç d'imprimir tot el volant. En aquesta creació, la pantalla s'ha substituït per un forat on col·locar el meu mòbil (que farà la funció de pantalla tàctil i botonera alhora). També es col·locaran uns botons al volant a mode estètic, però el prototip funcionarà mitjançant la pantalla del mòbil.



Imatge 111. Volant final en 3D. Imatge pròpia

5.3 CONSTRUCCIÓ

Després d'haver realitzat tot l'estudi necessari per a conèixer totes les necessitats que ha de tenir un volant de Fórmula 1, tinc els coneixements suficients per tal de utilitzar-los i fer un prototip de volant que manegi un cotxe de forma teledirigida.

5.3.1 Materials i màquines emprades

Per a la realització dels prototips del volant i del cotxe s'han utilitzat els materials, màquines, programes i eines que detallaré a continuació:

PLA (Poly-Lactic Acid): és un polímer termoplàstic (plàstic que canvia les seves propietats segons la temperatura) que s'obté a partir del midó provinent de vegetals com el blat de moro, la iuca o la canya de sucre i és biodegradable a una temperatura inferior als 60°C. És el material més utilitzat per a la impressió 3D gràcies a les seves propietats, entre les quals es troben la facilitat d'imprimir amb ell i la baixa temperatura que necessita (uns 200°C) comparada amb altres.

Impressora Sigma R19: Impressora 3D, fabricada a partir del 2018 per l'empresa BCN3D, i evolució del prototip anterior, d'impressió per deposició de filament fos que conté dos extrusors que poden treballar de forma independent i posseeix un volum d'impressió de 210 x 297 x 210 mm. És capaç d'imprimir amb un gran nombre de materials i realitza una de les impressions amb més qualitat del mercat. Les dimensions total de la impressora són de 465 x 440 x 680 mm i pesa un total de 15kg.

Pistola termoencoladora: pistola que mitjançant una barra de cola fosa per la calor que produeix una resistència permet pegar objectes.

Placa Arduino: és una placa electrònica que consta amb 14 entrades i sortides digitals (la informació presenta dos estats), 6 entrades i sortides analògiques (la informació adquireix infinits valors de manera contínua en l'interval donat) i 7 sistemes de control.

Placa protoboard: Placa amb diversos forats connectats elèctricament entre si de manera interna.

Servo: Dispositiu format per un circuit de control, components elèctrics que transporten l'energia elèctrica; per una caixa reductora, sèrie d'engranatges per a mantenir la velocitat i per un motor de corrent continu, que transforma l'energia elèctrica en energia mecànica.

Mòdul Bluetooth: Especificació tecnològica que permet la transmissió de dades de manera sense fil i mitjançant radiofreqüència.

Overgrip: cinta que s'utilitza per millorar l'agarrí dels objectes. Sobretot s'utilitza als volants de competició i a les raquetes de tennis i pàdel.

Cinta aïllant: Cinta adhesiva, fabricada amb PVC, que s'utilitza generalment per aïllar entroncaments de cablejat elèctric.

Fusta contraxapada: Placa elaborada per fines capes de fusta enganxades entre si amb resines sintètiques mitjançant calor i pressió.

App Inventor: Software dissenyat per a l'elaboració de programes i aplicacions per a dispositius Android.

Auto-CAD: Programa destinat a la elaboració de plànols i el disseny de peces en dos i tres dimensions.

Cura: aplicació dissenyada per a impressores 3D que permet imprimir les peces dissenyades i canviar els paràmetres d'impressió segons les necessitats.



Imatge 112. Pistola termoencoladora. Imatge pròpia

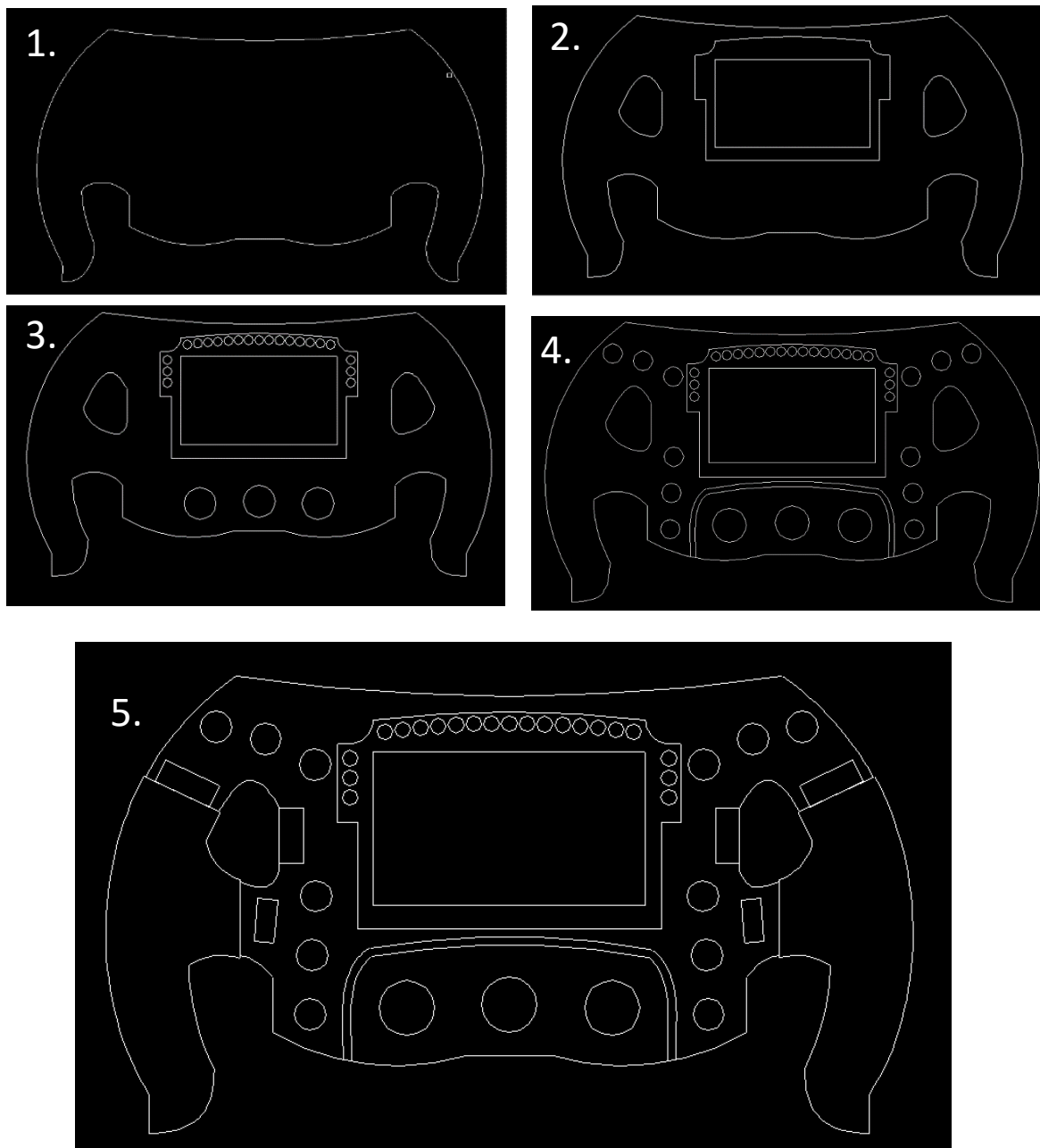


Imatge 113. Overgrip i cinta aïllant respectivament. Imatge pròpia

5.3.2 Procediment

En primer lloc, he realitzat els plànols en dos dimensions d'un model de volant real. El model que he escollit ha sigut el de l'escuderia Mercedes, un dels volants més senzills i simples de tot el campionat.

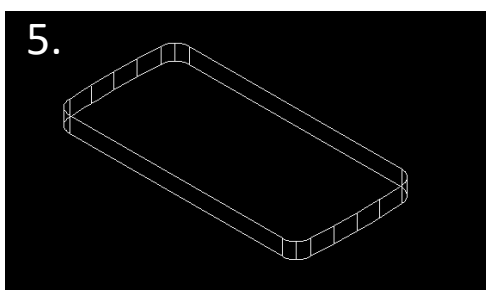
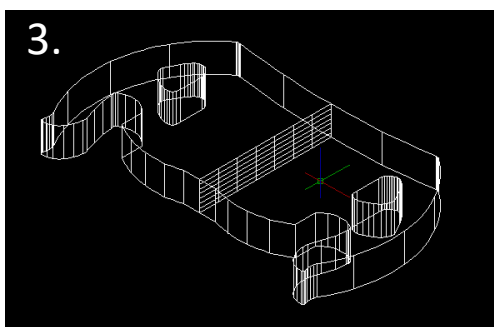
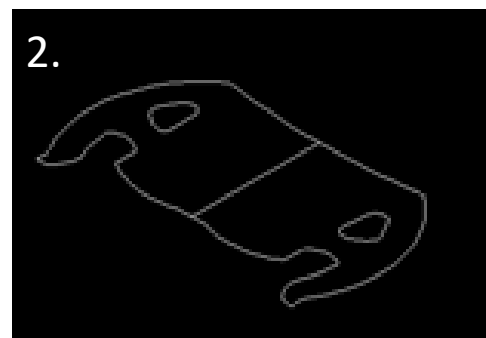
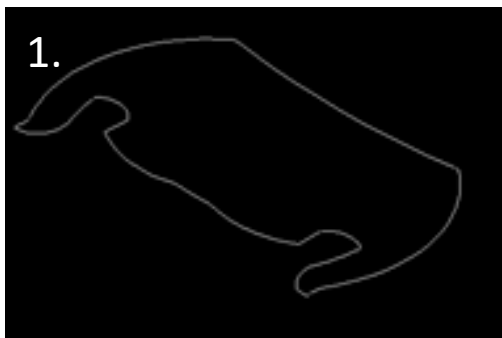
He començat amb la forma externa del volant, a continuació he realitzat els forats dins el volant amb els quals el pilot agafa el volant i he col·locat la pantalla LCD i el seu relleu al volant. Finalment, he situat tots els LEDs, botons i rodes giratòries i verticals que s'ubiquen en tot el volant. El resultat final ha sigut molt semblant al de la realitat

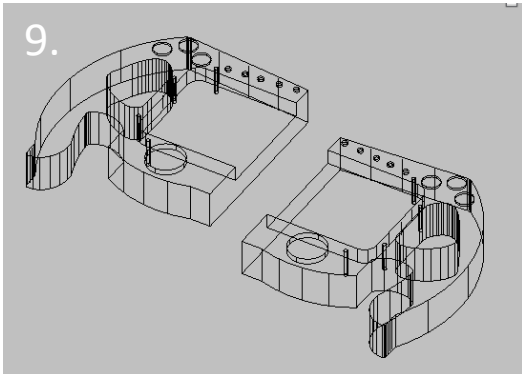
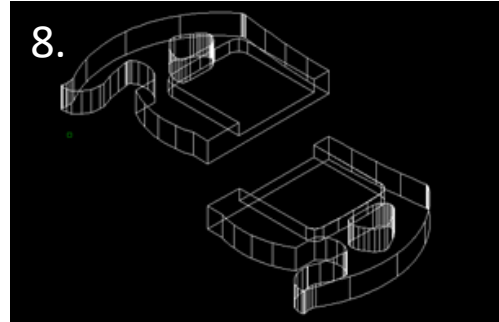
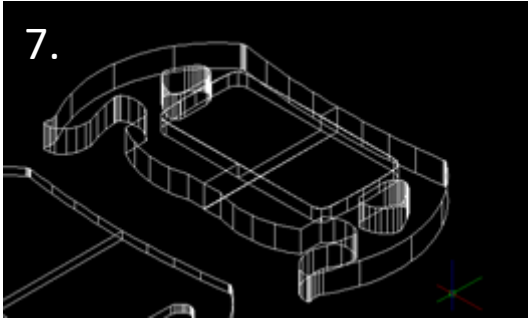


Imatge 114. Disseny del volant en 2D. Imatge pròpia

En segon lloc he realitzat els plànols en tres dimensions del meu volant personalitzat, però seguint el model anterior.

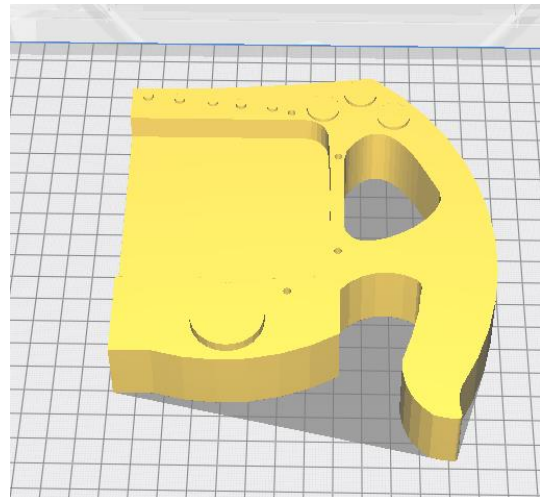
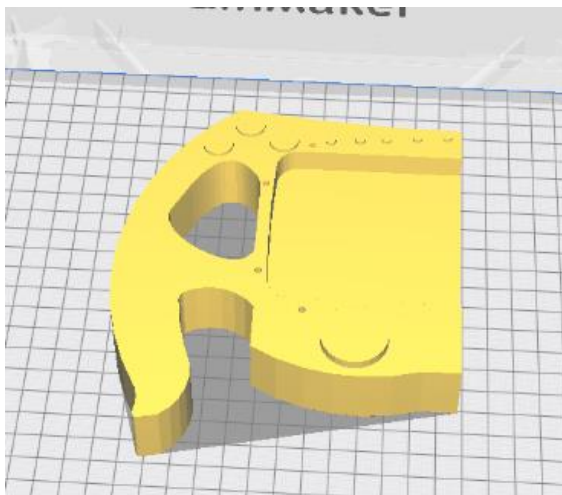
Primerament he agafat la forma externa del prototip anterior, he col·locat els forats interior i he partit el volant en dos meitats perquè la impressora de l'institut no és suficientment gran per a imprimir-lo en una sola impressió. A continuació he donat volum al volant sencer i he realitzat una carcassa feta a mida del meu mòbil, un Motorola g6 Play, per tal d'implantar-la a la part superior central del volant per a que funcionés com a pantalla LCD, carcassa que vaig haver de provar de forma física abans d'inserir-la definitivament als plànols. Com a conseqüència d'ubicar el meu telèfon al prototip, he hagut d'escalar el volant per a permetre que hi càpigues dins d'aquest. Finalment, he separat les dues parts del volant i he posat alguns botons, però que únicament seran decoratius.





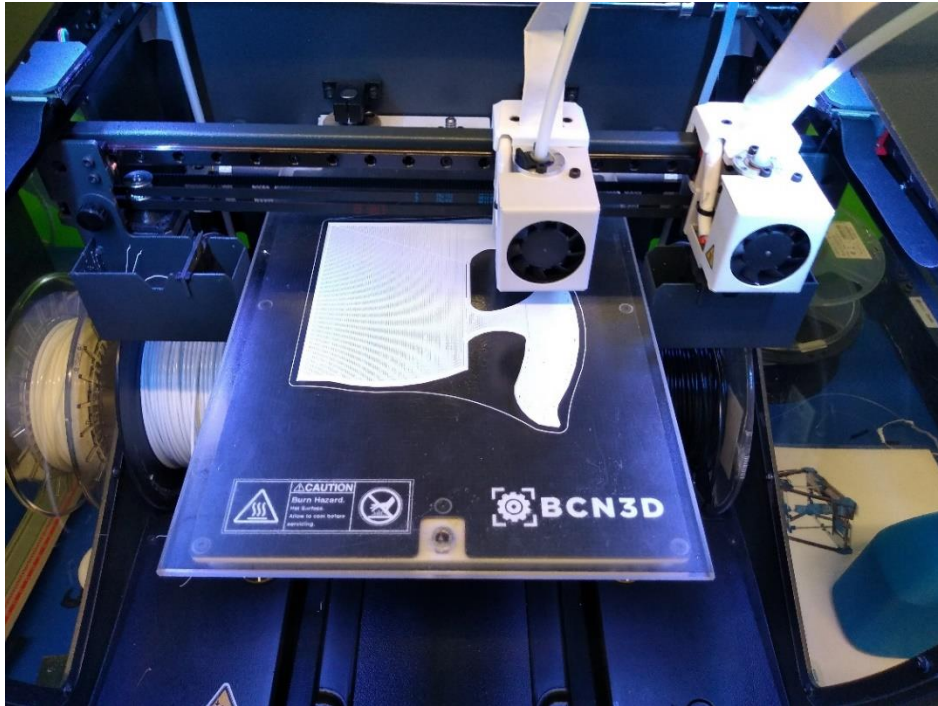
Imatge 115. Procés de disseny i construcció del volant 3D. Imatge pròpia

Una vegada acabat els plànols del volant, els he exportat en format *stl*. al software Cura, per imprimir-lo i modificar els paràmetres d'impressió. Des d'aquest programa he configurat els paràmetres d'impressió i l'he exportat a *.gcode*, que és l'arxiu que llegeix la impressora.



Imatge 116. Procés de disseny i construcció del volant 3D. Imatge pròpia

Una vegada imprès, he unit les dues parts mitjançant la pistola termoencoladora, he folrat la part amb la que s'agafa el volant amb un grip, per donar-li més adherència, com els volants reals, i li he posat alguns adhesius decoratius. Cal destacar que com a conseqüència del pobre estat del material de l'institut, he hagut d'anar a imprimir les peces a un parc tecnològic, ja que la impressora de l'institut es va espatllar mentre realitzava el treball.



Imatge 117. Impressió del volant 3D. Imatge pròpia



Imatge 118. Volant 3D acabat d'imprimir. Imatge pròpia



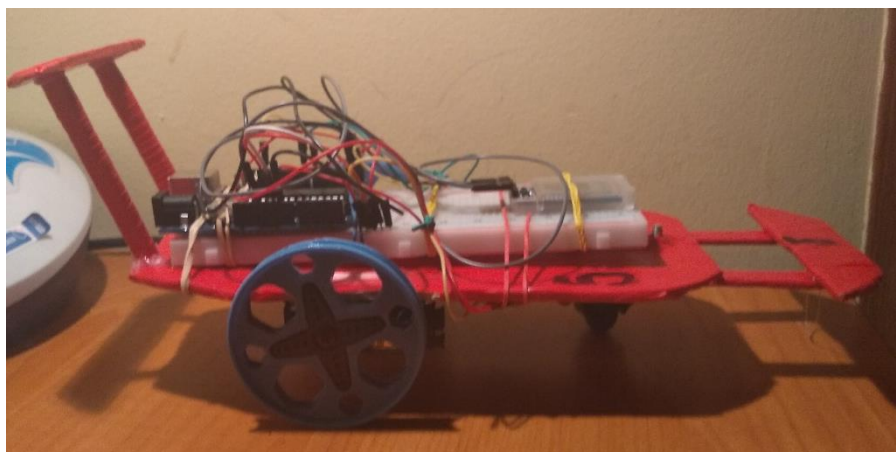
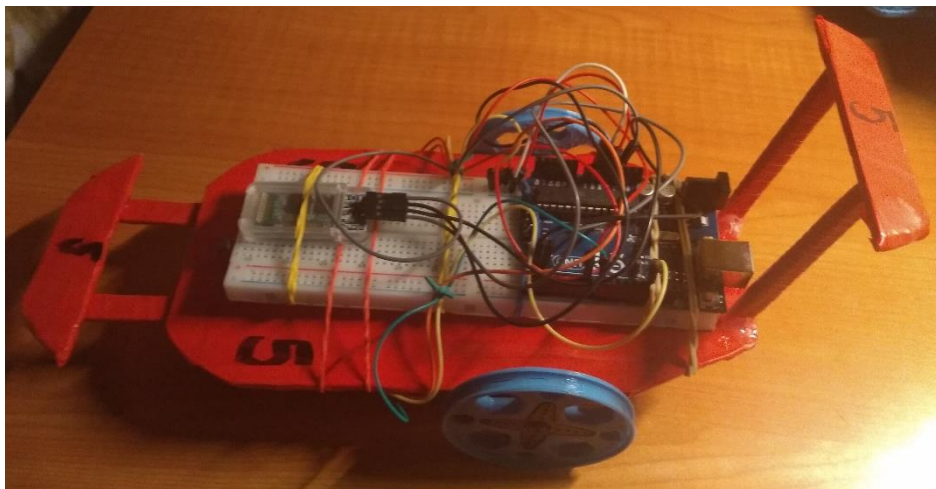
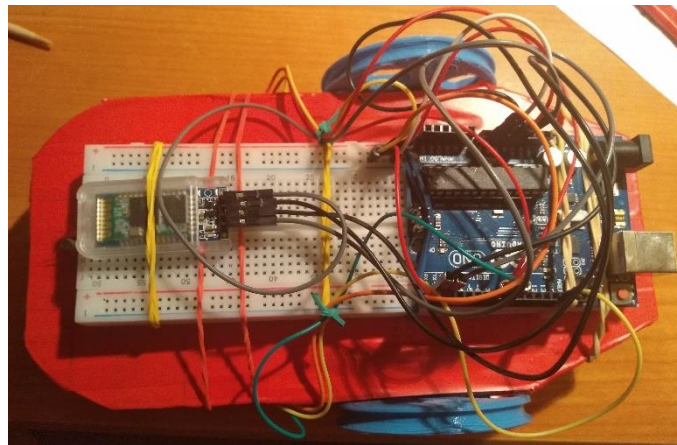
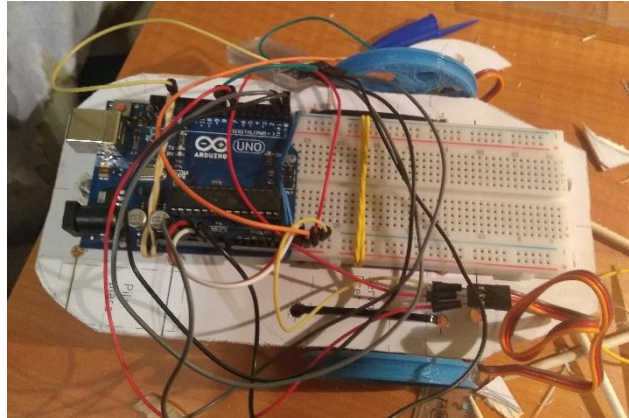
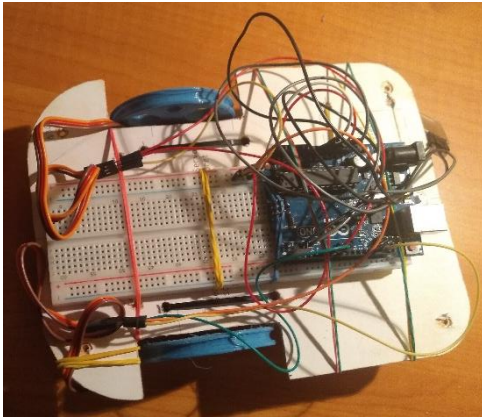
Imatge 119. Volant 3D acabat. Imatge pròpia

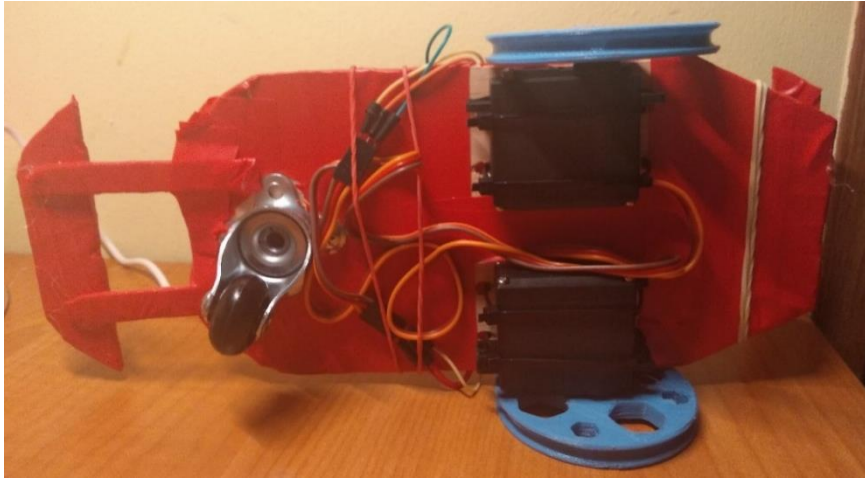
L'altre element que he hagut de construir ha sigut un prototip de monoplaça que es pugui moure mitjançant el mòbil que hi ha inserit al volant.

Primerament he agafat un tros de fusta contraxapada, l'he tallat pels dos extrems on s'ubicaran els dos servos, que estaran subjectats a la part inferior de la fusta mitjançant dues brides cadascun, i enganxats a l'eix d'aquests dos servos estaran les dues rodes, que sobresortiran pels dos talls realitzats (tretes també amb la impressora 3D). També a la part inferior hi haurà una roda auxiliar ancorada a la fusta mitjançant dos caragols, que té l'única funció d'equilibrar i mantenir estable el cotxe. Finament, a la part superior de la fusta estarà ubicada la protoboard amb la placa Arduino i el Bluetooth situats a sobre seu. Amb aquest disseny he realitzat totes les proves de programació.

Una vegada acabada tota la programació, he modificat i donat una forma més semblant a la d'un monoplaça de Fórmula 1 i he folrat la part superior i inferior amb cinta aïllant de color vermell, mateix color que l'escuderia Ferrari.

Seguidament, amb pals de fusta i trossos de contraxapat que m'havien sobrat, els he folrat també amb cinta vermella, i mitjançant una mica més de cinta i cola, dipositada amb la pistola termoencoladora, els he adherit al cotxe per a simular els alerons, tant davanter com posterior, d'un monoplaça real de Fórmula 1. Finalment, he reutilitzat una capsa, que he cobert amb la cinta vermella, a la qual li he situat un seient, per simular un tipus de coberta, amb un logo personalitzat, i per a amagar tots els cables.





Imatge 120. Procés de construcció del prototip de monoplaça i monoplaça acabat. Imatge pròpia

5.3.3 Programació

Una vegada acabat el prototip de monoplaça i el volant, he elaborat la programació per a realitzar el moviment del cotxe mitjançant el mòbil i per a simular la informació que hi es troba representada a la pantalla.

Per començar, he programat una sèrie de moviments que farà el cotxe de manera ininterrompuda per a prendre contacte amb els dos servos, amb els pols negatius i positius connectats al Protoboard i a la placa Arduino. El codi és aquest:

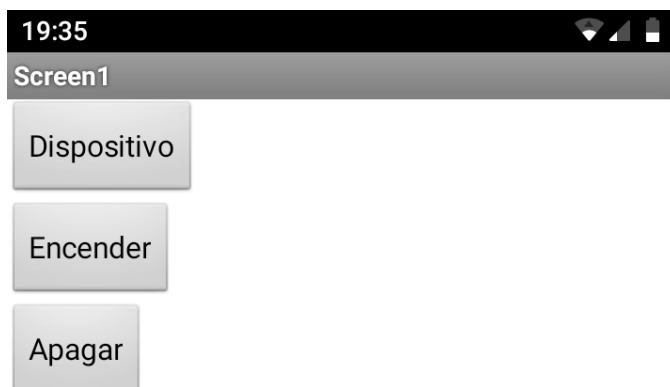
```
/** Global variables and function definition */
Servo servoRC;
Servo servoRC_2;

/** Setup */
void setup() {
  servoRC.attach(7);
  servoRC_2.attach(8);
}

/** Loop */
void loop() {
  servoRC.write(180);
  servoRC_2.write(0);
  delay(2000);
  servoRC.write(0);
  servoRC_2.write(180);
  delay(2000);
  servoRC.write(180);
  servoRC_2.write(90);
  delay(2000);
  servoRC_2.write(0);
  servoRC.write(90);
  delay(2000);
}
```


Aquesta programació de prova consisteix en que els dos servos (servoRC, el dret, connectat a la sortida digital número 7 de la placa Arduino i el servoRC_2, l'esquerre, connectat a la sortida digital número 8 de la placa Arduino) realitzen el treball d'anar endavant, endarrere, esquerra i dreta tot seguit, on cada 2 segons (delay 2000) canvien la direcció. Els números vermells al costat de la nomenclatura dels servos al Void Loop representen els graus de moviment del motor, on 0 i 180 és moviment cap endarrere o endavant segons el servo, ja que estan col·locats en diferents posicions, i el 90 representa l'aturada del motor.

A continuació, per tal de connectar el volant amb el prototip de cotxe utilitzaré un mòdul Bluetooth connectat a la placa Arduino que anirà incorporada al vehicle. Per començar, primer realitzaré una petita programació per a comprovar si el mòdul funciona correctament i si les connexions estan ben fetes. Aquesta prova consisteix en encendre i apagar un LED situat a la placa protoboard mitjançant el meu mòbil que estarà connectat a la placa Arduino mitjançant el Bluetooth.



A la pantalla del meu mòbil hi havia tres tecles: “Dispositivo”, per a poder-me connectar amb el meu mòdul; “Encender”, per a encendre el LED, i “Apagar”, per a apagar el LED.

Aquesta és la programació de la prova:

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Iniciar el serial
  pinMode(13, OUTPUT); //Establecer el pin 13 como salida
}

void loop()
{
```

```

if(Serial.available()>=1)
{
  char entrada = Serial.read(); //Leer un caracter

  if(entrada == 'h' or entrada == 'H') //Si es 'H', encender el LED
  {
    digitalWrite(13, HIGH);
    Serial.println("LED encendido");
  }

  else if(entrada == 'l' or entrada == 'L') //Si es 'L', apagar el LED
  {
    digitalWrite(13, LOW);
    Serial.println("LED apagado");
  }

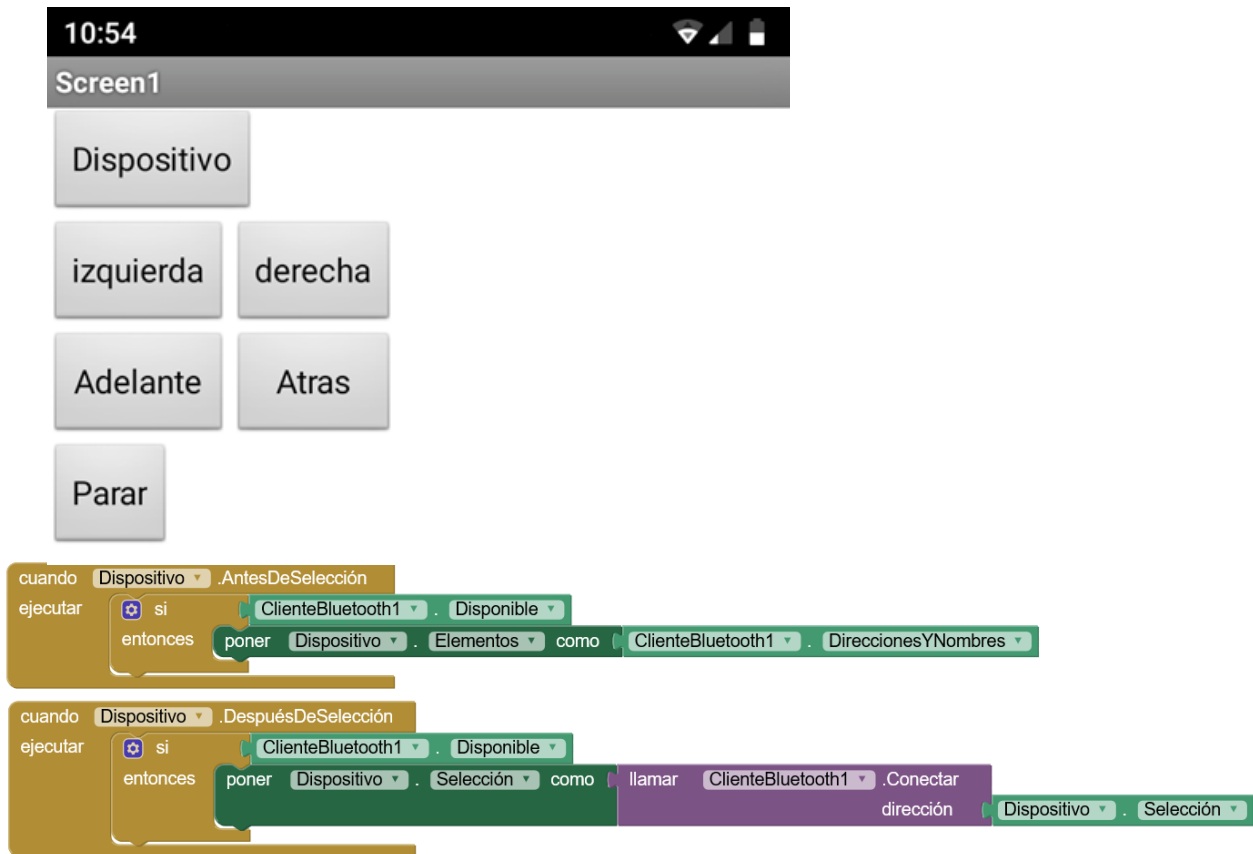
  else if(entrada == 'i' or entrada == 'I') //Si es 'I', mostrar un mensaje de
ayuda
  {
    Serial.println("Comandos:\n (i) - abrir esta lista\n (h)- encender led\n (l) -
apagar led\n");
  }
}
}

```

Aquesta prova va funcionar, el que vol dir que el Bluetooth funciona de manera correcta i les connexions estan ben realitzades. Llavors, el següent pas ja seria programar el treball dels servomotors.

Una vegada connectat el mòbil al Bluetooth, vaig realitzar una prova per veure el comportament del monoplaça mitjançant el Bluetooth. Únicament havia de pulsar un botó per a dirigir el cotxe en la posició en la que volia que anés. La programació va ser la mateixa que al primer punt explicat en aquest anterior, amb l'únic canvi que cada botó tenia assignat un moviment, és a dir, que no es feia una sèrie automàtica, sinó que jo decidia la direcció. A més vaig afegir un

estat on els dos servos es quedaven sense funcionar, per així fer que es quedés quiet el prototip, i també vaig afegir per primera vegada, el botó que permet connectar-me al Bluetooth, i que a partir d'ara estarà present a tots els programes. Únicament es clica el botó i et surt una llista amb els diferents dispositius disponibles, entre ells el mòdul que faig servir.



```

/**/ Included libraries ***/
#include <Servo.h>

/**/ Global variables and function definition ***/
Servo servoRCderecho;
Servo servoRCizquierdo;

void setup()
{
  servoRCderecho.attach(7);

```

```

servoRCizquierdo.attach(8);
Serial.begin(9600); //Iniciar el serial
}

void loop()
{
  if(Serial.available()>=1)
  {
    char entrada = Serial.read(); //Leer un caracter

    if(entrada == 'h' or entrada == 'H')
    {
      servoRCderecho.write(101);
servoRCizquierdo.write(0);
    }

    else if(entrada == 'l' or entrada == 'L')
    {
      servoRCderecho.write(0);
servoRCizquierdo.write(101);
    }
    else if(entrada == 'd' or entrada == 'D')
    {

servoRCderecho.write(101);
servoRCizquierdo.write(90);
    }
    else if(entrada == 's' or entrada == 'S')
    {

servoRCderecho.write(90);
servoRCizquierdo.write(0);
    }
    else if(entrada == 'p' or entrada == 'P')

```



```

{

servoRCderecho.write(90);
servoRCizquierdo.write(90);
}
}

```

En primer lloc, informació que apareixia a la pantalla en aquesta prova per a controlar el prototip.

En segon lloc, programació realitzada per a permetre al meu telèfon connectar-se amb el mòdul Bluetooth.

En últim lloc, programació realitzada en aquesta prova.

Com aquesta prova va sortir satisfactòria, la programació dels servos s'ha quedat així, amb l'única diferència que la direcció estarà dirigida mitjançant l'acceleròmetre.

Seguidament he provat l'acceleròmetre instal·lat al meu mòbil per a comprovar si funcionava correctament per aprofitar-lo. L'acceleròmetre és un sensor situat, en la majoria de casos, a la part superior del telèfon, que mesura l'acceleració relacionada amb el pes del mòbil. Aquest funciona amb uns valors de x, y i z, on en aquest cas concret únicament em serveix la coordenada de valor y, per a girar a dreta o esquerra. En primer lloc he realitzat un programa amb el qual l'acceleròmetre guiés una pilota cap a esquerra i dreta segons l'oscil·lació del mòbil i la coordenada "y". Després de diversos intents, vaig obtenir els resultats desitjats, i vaig passar a provar l'acceleròmetre amb el moviment del cotxe. Llavors, com es pot veure a la programació anterior, cada direcció del prototip té assignada una lletra (ressaltades en verd). Aleshores quan, en aquest programa, polsava "acelerar" o "atrás" el cotxe anava endavant o endarrere, i segons la posició del telèfon i la coordenada y, girava per al costat adient, i quan polsava "parar", es parava el monoplaça. Com es pot veure en la programació de sota, quan la coordenada "y" de l'acceleròmetre és menor que 0 (telèfon girat a l'esquerra), s'envia, mitjançant el Bluetooth, la lletra S als servos, que correspon a que el monoplaça giri cap a l'esquerra. El mateix passa amb els altres diferents moviments, amb les seves corresponents lletres.

```

cuando SensorDeOrientación1 CambioEnOrientación
  ejecutar
    si
      SensorDeOrientación1 Tono >= 0
    entonces
      si
        ClienteBluetooth1 Disponible
      entonces
        llamar ClienteBluetooth1 Enviar Texto
          texto "S"
    si
      SensorDeOrientación1 Tono <= 0
    entonces
      si
        ClienteBluetooth1 Disponible
      entonces
        llamar ClienteBluetooth1 Enviar Texto
          texto "D"
  poner Etiqueta2 Texto como redondear SensorDeOrientación Tono
  poner Pelota1 Dirección como SensorDeOrientación Angulo
  poner Pelota1 Velocidad como valor absoluto SensorDeOrientación Magnitud * 100

```

```

cuando atras Clic
  ejecutar
    si
      ClienteBluetooth1 Disponible
    entonces
      llamar ClienteBluetooth1 Enviar Texto
        texto "L"
    poner SensorDeOrientación1 Habilitado como falso

```

```

cuando acelerar Clic
  ejecutar
    si
      ClienteBluetooth1 Disponible
    entonces
      llamar ClienteBluetooth1 Enviar Texto
        texto "A"
    poner SensorDeOrientación1 Habilitado como falso

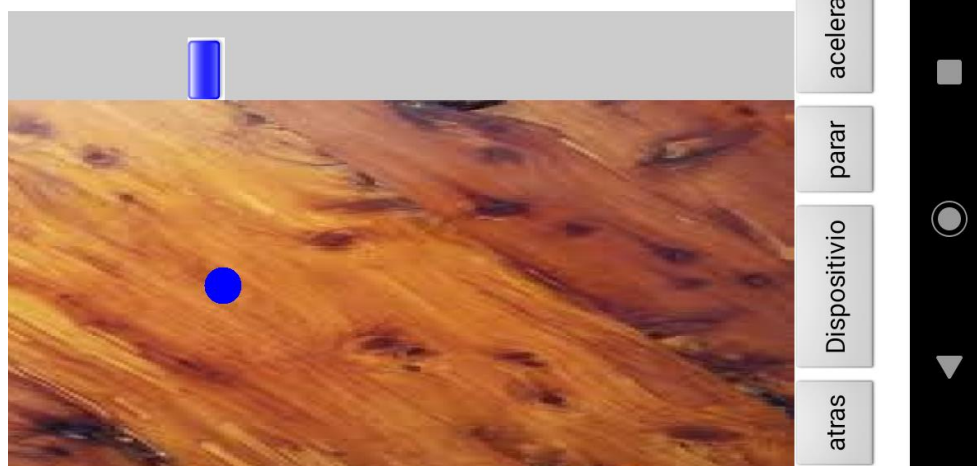
```

```

cuando parar Clic
  ejecutar
    si
      ClienteBluetooth1 Disponible
    entonces
      llamar ClienteBluetooth1 Enviar Texto
        texto "P"
    poner SensorDeOrientación1 Habilitado como falso

```

0



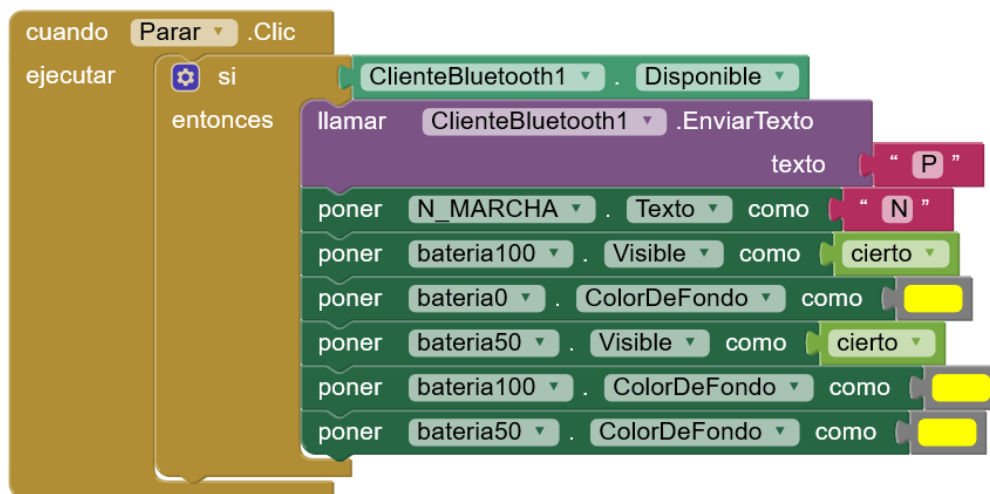
En primer i segon lloc, programació de la prova.

En tercer lloc, informació que sortia a la pantalla, amb un número que indicava el valor de la coordenada y.

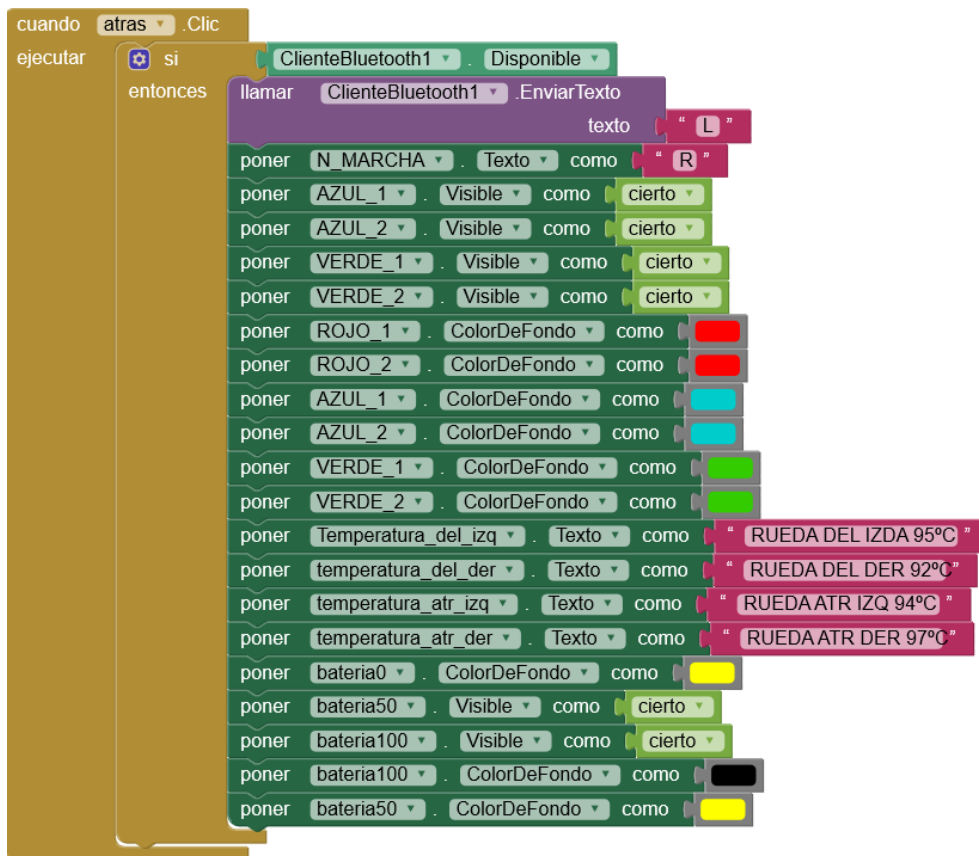
Una vegada comprovat que l'acceleròmetre connectat amb els servos funciona correctament, és torn d'acabar la programació dels motors.

Llavors vaig agafar tota la programació anterior i vaig fer alguns canvis. Per a que el monoplaça anés cap endavant, la coordenada de la "y" pertanyents al telèfon ha d'estar compresa entre -3 i 3, ja que si clico el botó d'accelerar i tinc el mòbil amb la coordenada "y" a menys de -3, el cotxe gira a l'esquerra, mentre que si el tinc a més que 3, gira cap a la dreta. Quan premo el botó de parar, el cotxe es para, i quan premo el de marxa enrere, el monoplaça va cap endarrere sempre en línia recta, i mai girant, en no tenir associat a aquest moviment l'acceleròmetre del mòbil. Totes aquestes posicions tenen la mateixa lletra assignada que en els programes anteriors, i quan vull realitzar qualsevol moviment, les lletres estan programades per tal d'enviar-se del programa del mòbil als servos, tal com he indicat a la prova anterior.

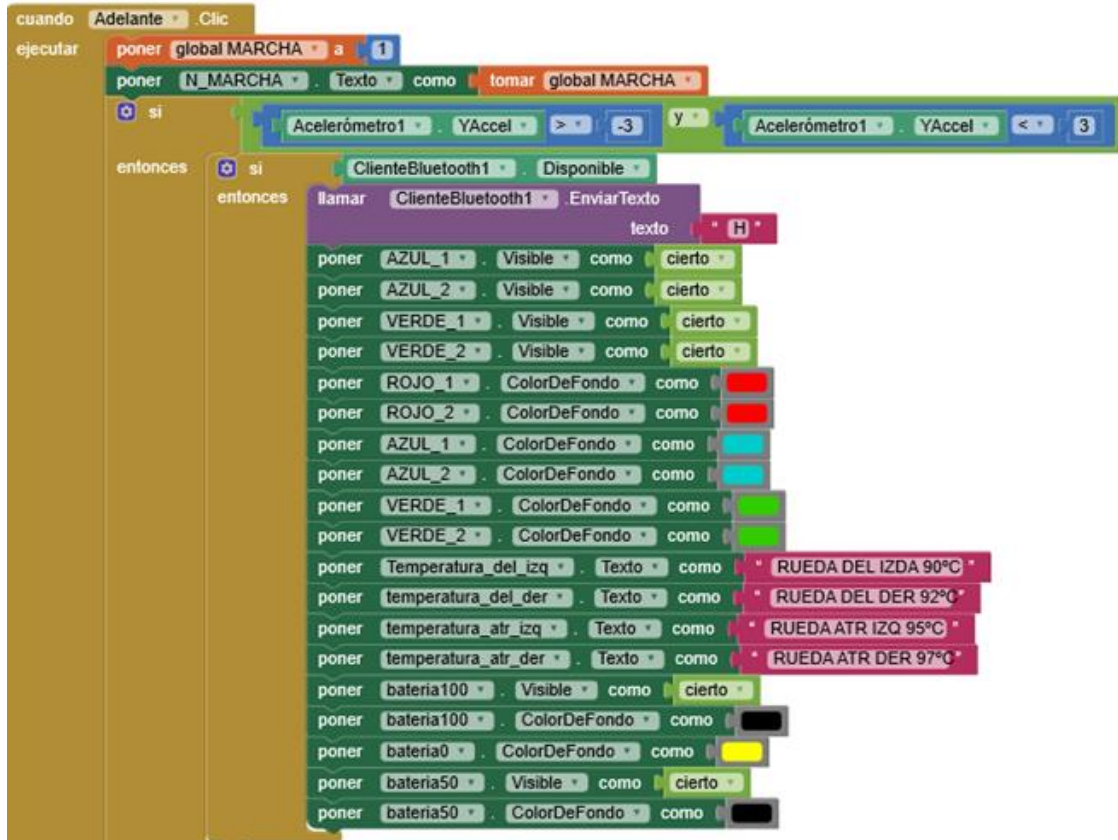
A continuació es pot veure la programació en blocs dels diferents moviments. Les ordres relacionades amb els servos són els blocs liles, que contenen al costat la lletra corresponent, i les relacionades amb l'acceleròmetre són les peces blaves, on dins d'aquestes hi ha blocs que ja posa que s'està referint al sensor del telèfon. La resta de blocs són els complements que sortiran a la pantalla del mòbil, que estan explicats a continuació



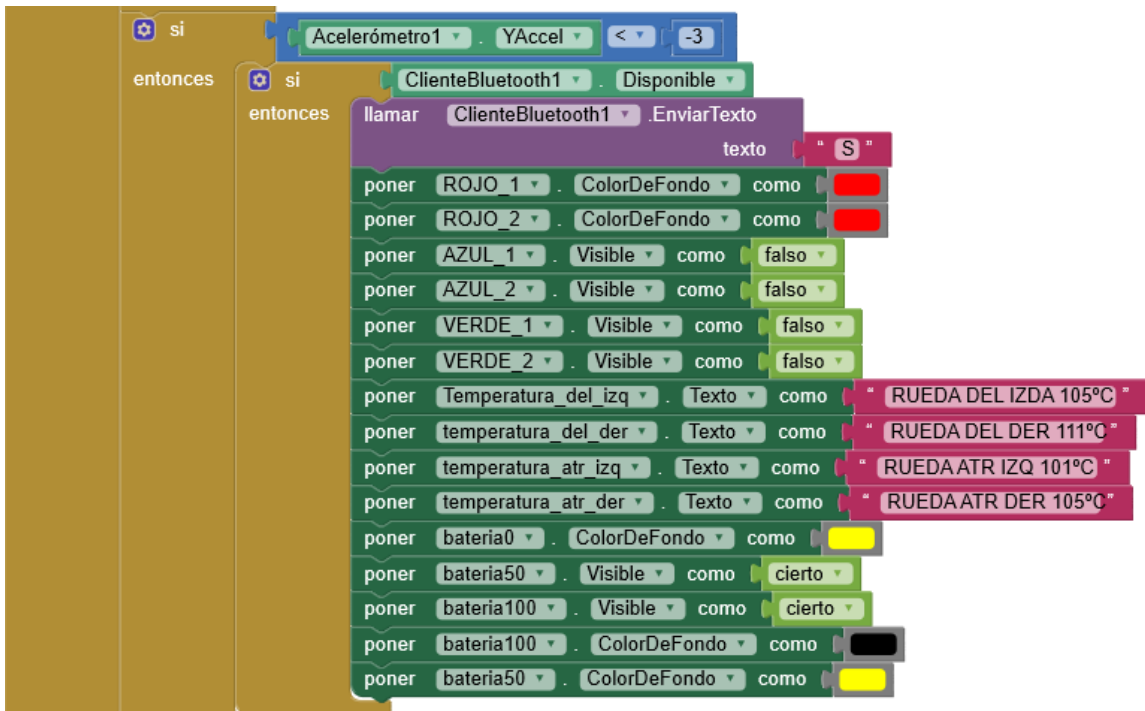
Programació corresponent a quan el cotxe es troba aturat



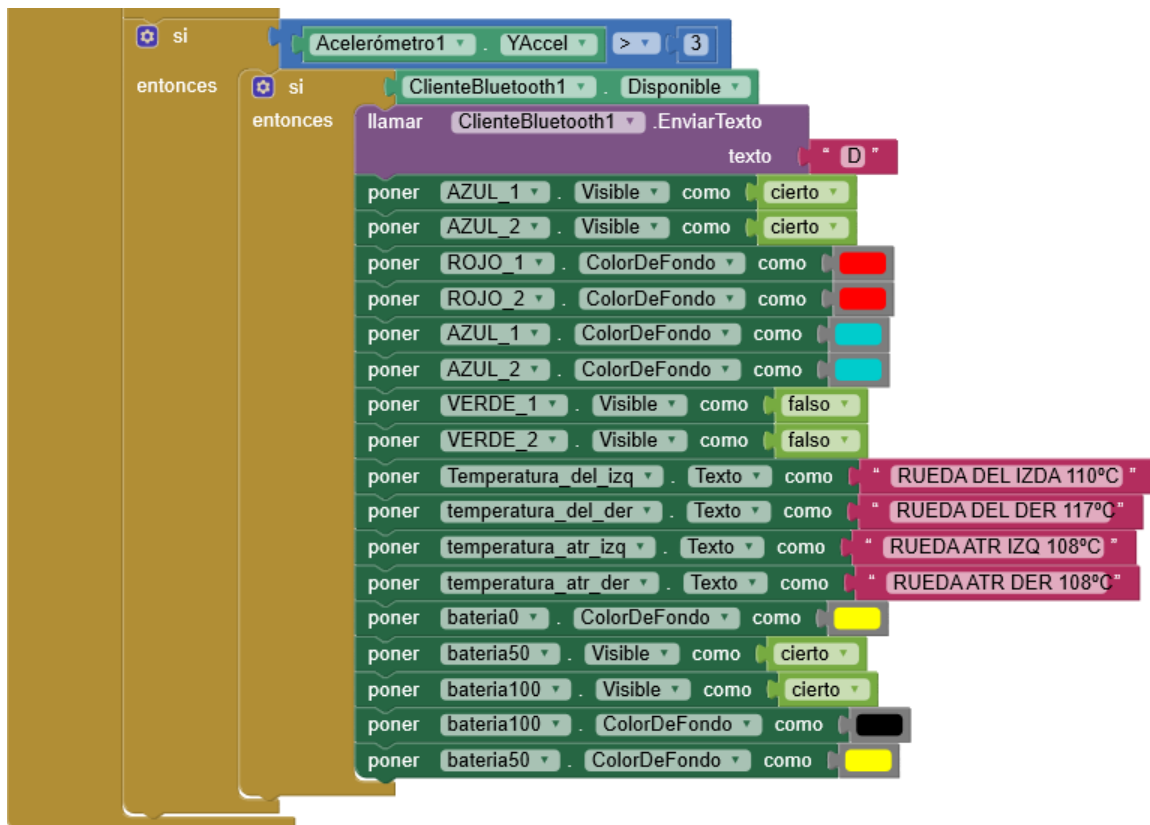
Programació corresponent a quan el cotxe es mou cap enrere



Programació corresponent a quan el cotxe es mou endavant en línia recta (valor de la coordenada y de l'acceleròmetre entre -3 i 3)



Programació corresponent a quan el cotxe es mou a l'esquerra (valor de la coordenada y de l'acceleròmetre menor que -3)



Programació corresponent a quan el cotxe es mou a la dreta (valor de la coordenada y de l'acceleròmetre mayor que 3)

Una vegada acabada tota la programació dels motors, el següent pas és la programació de la informació que sortirà representada a la pantalla del meu telèfon.

Per començar, a la part superior hi ha situat, d'esquerra a dreta, una etiqueta amb el número de volta corresponen, en aquest cas la 22, un cronòmetre, que representa el temps de la volta, i la posició en la que es troba el pilot que condueix, en aquest cas es troba en primera posició.

V22

4SEC

P1

D'aquests tres elements, únicament el cronòmetre té programació. Cada vegada que s'inicia el programa, el cronòmetre comença al segon 0. Llavors comença a comptar els segons fins que arriba als 20, quan el cronòmetre es reinicia i comença des del segon 0.

```

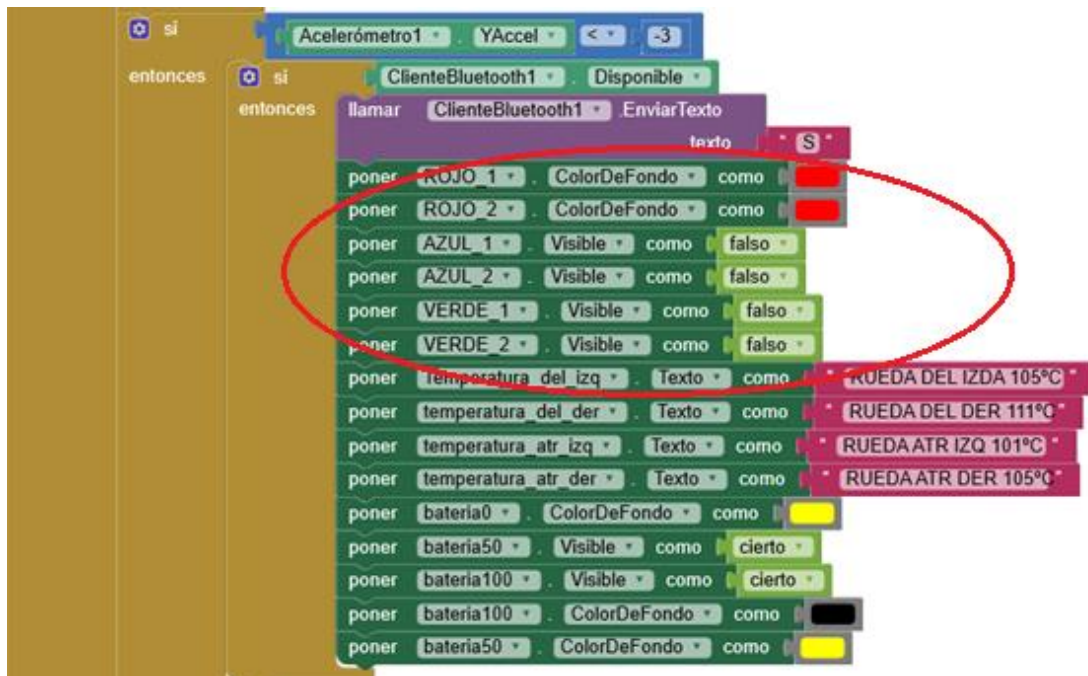
inicializar global CRONO como 0

cuando Reloj1 . Temporizador
ejecutar
  poner global CRONO a tomar global CRONO + 1
  poner crono . Texto como unir tomar global CRONO " SEC "
  si tomar global CRONO = 20
  entonces poner global CRONO a 0
  
```

A la fila inferior es troben els LEDs, corresponent a les rpm, als extrems i el número de marxa (la caixa de canvis d'un Fórmula 1 disposa de 8 marxes, el punt mort i el marxa enrere) a la part central, que es canvia de xifra mitjançant els dos botons dels costats de sota, que s'identifiquen amb un "+", per apujar de marxa, i amb un "-", per abaixar de marxa.



Per un costat, a la pantalla hi ha un total de 6 LEDs, on els més a l'esquerra representen les menys rpm, i els més a la dreta, més rpm. Els LEDs, representats per dos quadrats de color vermell (situats a l'esquerra), dos blaus (situats al centre) i dos verds (situats a la dreta), s'encenen o s'apaguen segons el moviment del monoplaça. La programació, dins la dels motors, consisteix en que segons el moviment del cotxe s'encenguin uns determinats quadrats. Quan descriu una trajectòria recta, tant cap endavant com cap endarrere, els sis LEDs es mantenen encesos; quan descriu un moviment cap a l'esquerra únicament s'encenen els vermells i quan gira a la dreta s'encenen els vermells i els blaus, ja que quan el prototip gira el motor té menys rpm.



1

Encerclada la programació dels LEDs i els que hi ha encesos quan el cotxe gira a l'esquerra



1

LEDs encesos quan el cotxe gira a la dreta



1

LEDs encesos quan el cotxe va endavant i endarrere

Per l'altre costat, la programació del canvi de marxa funciona igual que un marcador, és a dir, el número que surt a la pantalla s'apuja o s'abaixa una xifra segons el botó que es pressioni. Quan el monoplaça està aturat, és a dir, es troba en punt mort, surt representat una N, de la paraula anglesa "Neutral", i quan va marxa enrere, surt la lletra R, de l'anglès, "Reverse". La programació per a que aquestes lletres siguin representades a la pantalla, està situada en la dels motors, ja que estan directament relacionades amb els servos (surt representada com: "poner N_marcha texto como R/N", lletra dependent del moviment). Quan el prototip marxa cap enrere, directament surt a la pantalla la lletra R, i quan es troba aturat, apareix automàticament la N.

The image shows Scratch code blocks for gear shifting logic. At the top, there is an initialization block: "inicializar global MARCHA como 1". Below this, there are two event-driven code blocks. The first is triggered by "cuando SUBE_MARCHA .Clic" and contains two "ejecutar" blocks. The first "ejecutar" block has two sub-blocks: "poner global MARCHA a" followed by "tomar global MARCHA + 1". The second "ejecutar" block has two sub-blocks: "poner N_MARCHA Texto como" followed by "tomar global MARCHA". The second event-driven code block is triggered by "cuando BAJA_MARCHA .Clic" and also contains two "ejecutar" blocks. The first "ejecutar" block has two sub-blocks: "poner global MARCHA a" followed by "tomar global MARCHA - 1". The second "ejecutar" block has two sub-blocks: "poner N_MARCHA Texto como" followed by "tomar global MARCHA".

Below the code blocks, there is a diagram showing three gear indicator panels. The first panel is labeled "5SEC" and "4", with buttons "Adelante" and "Atras". The second panel is labeled "2SEC" and "N", with buttons "Adelante" and "Atras". The third panel is labeled "6SEC" and "R", with buttons "Adelante" and "Atras".

Programació numèrica del sistema de canvi de marxa i número de marxa segons el moviment del monoplaça (endavant, aturat i marxa enrere, respectivament).

Entre els dos botons d'apujar i abaixar de marxa, es troben els anomenats "Adelante", "Atrás", "Parar" i "Dispositivo", que corresponen al funcionament dels motors i a la connexió entre el Bluetooth i el meu telèfon, anteriorment explicats.



A la fila següent, es troba la temperatura dels pneumàtics, molt important per al pilot, que ha d'intentar no sobreescalfar-los per a cuidar-los per a que durin el màxim possible en un bon rendiment. Segons el moviment, relacionat amb el treball dels servos, cada pneumàtic té una temperatura distinta, és a dir, quan el monoplaça gira, la temperatura de les rodes és superior a quan circula en línia recta. Aleshores, la programació d'aquest part es troba dins la dels servos, on depenen de quina fase de moviment sigui, cada roda té assignada una temperatura. Per exemple, la programació de sota, correspon a quan el monoplaça segueix una trajectòria en línia recta i a la part inferior estan assenyalades les temperatures assignades a cada roda i que ha de sortir a la pantalla.



RUEDA DEL IZDA 90°C RUEDA DEL DER 92°C
 RUEDA ATR IZQ 95°C RUEDA ATR DER 97°C

Programació de la temperatura i representació de la informació que surt a la pantalla quan el vehicle es mou en línia recta cap endavant.

Al costat es troba un quadrat que pot variar de color. Quan es troba de color vermell, significa que hi ha un sensor que falla, i quan està de color verd significa que tots els del monoplaça hi funcionen correctament. Justament a la fila de sota es troben dos botons, un que hi posa "+1", i un altre que hi posa "+10", que simulen els anteriors explicats, a la part de funcions del volant, Skip Preset/Maps +1/+10. Llavors, quan el quadrat de color és polsat manualment, s'activa un error,

en aquest cas del sensor número 33. Aleshores, el pilot, per a desactivar-lo i continuar, ha de polsar 3 vegades el botó +1 i unes altres 3 el +10, que dóna una suma de 33, per així poder seguir a la cursa. Una vegada desactivat, el quadrat canvia de color a verd i al costat apareix un missatge d'OK, per indicar que tot funciona de manera correcta. La programació és molt semblant al de canvi de marxes, és a dir, funciona com un marcador. Quan el nombre sumat pels dos botons és igual al de l'error (33), directament el quadrat es canvia de color i automàticament surt el missatge, i quan es torna a polsar el quadrat de color, la programació comença una altra vegada.

```

inicializar global ERROR como 0

cuando ERROR .Clic
ejecutar
  llamar Notificador1 .RegistrarError
  mensaje " ERROR 33 "
  poner ERROR . ColorDeFondo como rojo
  poner ESTADO . Texto como " ERROR 33 "

cuando MAS1 .Clic
ejecutar
  poner global ERROR a tomar global ERROR + 1
  poner NUMERO_ERROR . Texto como unir " ERROR "
  tomar global ERROR
  si tomar global ERROR = 33
  entonces
    poner ERROR . ColorDeFondo como verde
    poner global ERROR a 0
    poner NUMERO_ERROR . Texto como " ERROR "
    poner ESTADO . Texto como " OK "

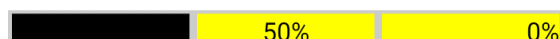
cuando MAS_10 .Clic
ejecutar
  poner global ERROR a tomar global ERROR + 10
  poner NUMERO_ERROR . Texto como unir " ERROR "
  tomar global ERROR
  si tomar global ERROR = 33
  entonces
    poner ERROR . ColorDeFondo como verde
    poner global ERROR a 0
    poner NUMERO_ERROR . Texto como " ERROR "
    poner ESTADO . Texto como " OK "
  
```

RUEDA DEL IZDA 90°C RUEDA DEL DER 92°C ERROR 33
 RUEDA ATR IZQ 95°C RUEDA ATR DER 97°C
+1 +10 ERROR

RUEDA DEL IZDA 90°C RUEDA DEL DER 92°C OK
 RUEDA ATR IZQ 95°C RUEDA ATR DER 97°C
+1 +10 ERROR

A dalt, programació del procés d'error del sensor i, a sota, procés per a desactivar el sensor, primerament surt el quadrat vermell amb el número del sensor al costat, i una vegada amb les tecles +1 i +10 se suma 33, el sensor es desactiva, el quadrat es posa verd i surt un missatge de confirmació de que el monoplaça es troba en bon estat.

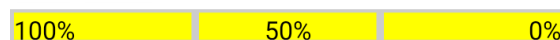
Finalment, a la fila més inferior, es troba l'estat de la bateria del motor híbrid, molt important de saber gestionar de manera correcta. Quan el monoplaça es troba aturat, la bateria està al 100%, ja que la bateria no es desgasta; quan el monoplaça gira o va cap endarrere, la bateria té una càrrega mitja, perquè utilitza bateria, però tampoc molta, i l'última opció és quan el prototip descriu una trajectòria recta, situació en la que la bateria es descarrega de manera més ràpida. La programació d'aquesta simulació està representada per tres quadrats situats en fila (la part a l'esquerra significa 0%, mentre que la part de dreta és el 100%), que segons la fase de moviment dels servos, poden ser de color groc, si és té bateria, o de color negre, si no és té bateria.



Programació de la bateria, en aquest cas, quan el monoplaça gira cap a l'esquerra, i estat de la bateria quan el vehicle gira o es mou cap enrere.



Estat de la bateria quan el vehicle es mou endavant en línia recta.



Estat de la bateria quan el prototip s'atura.

5.3.4 Resultat final



Imatge 121. Informació que es mostra a la pantalla del mòbil.
Imatge pròpia



Imatge 121. Resultat final de totes les peces. Imatge pròpia

5.4 PRESSUPOST

Objecte/Material	Preu
Pals de pinxo	0,75€
Mòdul de suport sense fil Bluetooth Serial Transceiver	8,49 €
Protoboard	3,10 €
Placa de desenvolupament microcontrolador Arduino UNO	7,49 €
Servo MG995 Micro Servo Metal 360 (x2)	14,86 €
Overgrip	4,99 €
Cinta aïllant	1,25€
Total	40,93€

6. CONCLUSIONS

Després d'acabar l'estudi dels volants de Fórmula 1, haver-hi construït un i fer funcionar un prototip de monoplaça mitjançant la peça construïda, puc arribar a donar respostes a la hipòtesi principal i a les diferents preguntes formulades al principi del treball.

És possible dissenyar, construir i programar sense experiència prèvia un volant de Fórmula 1 personalitzat que faci funcionar una maqueta d'un cotxe.

Sí és possible dissenyar, construir i programar un volant de Fórmula 1 sense experiència prèvia que faci funcionar una maqueta d'un monoplaça, encara que les funcions del volant construït són inferiors al d'un de la realitat. És una tasca que no es pot dur a terme en unes soles hores, sinó que s'ha de fer un treball continu dia a dia, dedicant-li molt esforç i dedicació i progressar poc a poc per arribar a un resultat satisfactori.

- **Es pot simular fidelment el comportament entre un volant i un cotxe de F1 mitjançant el programari utilitzat?**

Sí que es pot simular el comportament entre un volant i un monoplaça de F1 mitjançant el programari utilitzat, però no de forma fidel, com a conseqüència de l'avançada tecnologia que hi ha presents en ells, tecnologia impossible d'imitar amb els recursos i coneixements tan limitats que posseeixo. Aquesta diferència tan notable es plasma en la diferència del valor de cada peça, mentre que en el meu treball he invertit uns 40€, solament un volant real de Fórmula 1 costa 30.000€ aproximadament. A més, tots els enginyers que hi ha darrere del procés de disseny i construcció, són gent molt especialitzada en el seu ofici amb molts anys d'experiència.

- **Les diferents innovacions al llarg de la història han afectat als volants?**

Les diferents innovacions al llarg de la història sí han afectat als volants, i encara avui dia segueixen afectant. Des de quasi un principi s'ha anat buscant la màxima comoditat per al pilot, i amb els diferents avenços tecnològics s'han anat implementant noves tècniques per a fer els volants

cada vegada més ergonòmics per a facilitar la tasca dels pilots. També han afectat al contingut i a la forma d'aquests, com que cada vegada els monoplaques són més ràpids i complexos de conduir, els pilots gaudeixen de menys temps per a interactuar amb el volant i com a conseqüència cada vegada han de fer-se més senzills. I finalment, amb l'evolució contínua dels monoplaques, on s'han anat inserint noves funcions i elements, han repercutit al volant, apareixent-ne noves funcions, com són les lleves, la ràdio, la pantalla LCD o els diferents mapes motor, arran de la nova normativa de l'any 2014, quan es va implementar el motor híbrid.

- **De què depenen la posició dels diferents botons?**

La posició dels botons depenen de la importància de cadascun, del nombre de vegades que s'utilitzin i dels gustos del pilot. Per exemple, un botó que s'utilitzi amb molta freqüència, estarà més a prop dels polzes i més als extrems del volant per a que el pilot pugui accionar-los fàcilment, en canvi, un botó que no s'utilitzi tant, estarà en altres posicions una mica més difícils d'arribar, encara que tots són relativament fàcils d'arribar amb una mà.

- **Com és el procés de construcció d'un volant?**

El procés de construcció es realitza artesanalment per enginyers mecànics, enginyers elèctrics i tècnics de cablejat. En total tot el procés comportar unes 80-100 hores aproximadament. En aquest procés també està implicat el pilot, perquè ha d'estar adaptat a les seves necessitats. És molt ergonòmic i està fet a mida per a que el pilot pugui utilitzar-lo de la manera més senzilla i còmode possible. Les rodes i els botons estan protegits per a que el pilot no els accioni de manera involuntària, i estan dissenyats per a que el pilot pugui canviar els paràmetres tenint en compte les vibracions, la velocitat i el poc temps que tenen per a interactuar amb la peça. Per a la seva fabricació s'utilitzen materials lleugers, com poden ser la fibra de carboni o la fibra de vidre, el que provoca que sigui una peça molt lleugera, que està al voltant d'1,5kg.

- **Afecta el disseny del volant al rendiment del pilot?**

El disseny del volant no afecta al pilot perquè està expressament dissenyat a mida de les mans del pilot per a cobrir totes les seves

necessitats i així donar el màxim d'ell sense haver de preocupar-se del volant i tots els botons i rodes que hi ha incorporats en aquest.

Durant tot aquest treball he après que darrere la construcció del volant hi ha un gran grup de persones i moltes hores invertides de treball, i tot això només per una sola peça. També m'he adonat que el volant no apareix del no res, sinó que és el resultat d'un llarg procés evolutiu que va començar als anys 50, igual que tota la resta del monoplaça. A més, he pogut veure les grans diferències que hi ha als volants segons el pilot, l'escuderia i la competició.

Tot seguit, durant tot el procés de construcció i disseny del volant, he après a utilitzar els programaris Auto-CAD, Cura i APP Inventor, a programar amb Arduino, i per primera vegada he imprès mitjançant una impressora 3D.

Finalment m'agradaria indicar algunes millores que podria efectuar en un futur a aquest treball.

Primerament m'agradaria agafar a una persona qualsevol i dissenyar-li un volant a mida, igual que com es fa a la realitat, és a dir, fent-li els motlles de les mans i preguntant-li les seves preferències i les seves necessitats en el cas de que algun dia utilitzés el meu model per a conduir un Fórmula 1.

Seguidament m'agradaria realitzar un disseny des de zero d'un monoplaça de Fórmula 1 a escala mitjançant l'Auto-CAD i fer el treball el més real possible.

L'última proposta de millora seria que, en comptes d'utilitzar el meu mòbil, amb les funcions programades dins d'aquest, utilitzar la mateixa pantalla LCD que fan servir els monoplaques de veritat, inserir al volant botons que tinguessin una utilitat, és a dir, que no siguin decoratius i construir-lo amb els mateixos materials i tècniques que en la realitat.

6 AGRAÏMENTS

Tot aquest treball no podria haver estat possible sense el suport i ajut d'algunes persones:

En primer lloc agraeixo a la meva tutora del treball de recerca, Dori Cañal, per haver-me guiat durant tot el procés, haver-me donat un gran nombre de consells, i per haver estat sempre disposada a ajudar-me.

En segon lloc, dono les gràcies a Jaime Morcillo, professor el departament de tecnologia, per tots els coneixements que m'ha proporcionat sobre programació i per totes les tardes que s'ha quedat ajudant-me a realitzar el treball.

En tercer lloc, vull agrair a Clara Borràs Coll, coordinadora de l'Ateneu de Fabricació del Parc Tecnològic de Nou Barris, per la seva amabilitat i disponibilitat, a més de l'oportunitat que m'ha donat d'imprimir el volant a cost zero després que la impressora de l'institut s'espallés. També vull donar les gràcies a Carme Sánchez, cap del departament de català, i al seu marit Moisès Jordi, treballador de Barcelona Activa, empresa que dirigeix l'ateneu, per oferir-me els seus serveis i posar-me en contacte amb la Clara.

Finalment vull donar les gràcies a la meva família per tot el suport que m'han donat al llarg de tots aquests mesos i tota la motivació que m'han transmès per a seguir treballant dia a dia i no rendir-me en cap moment.

7. BIGLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

- Tena, Juan José (2017) *¿Qué fue de Pedro Martínez De la Rosa?* <https://www.thebestf1.es/que-fue-de-pedro-martinez-de-la-rosa/> {consultat: 8 d'agost del 2019}
- Abad, Víctor (2019) *Cuando Andalucía quiso conquistar la F1 - El GP de Fuengirola y el Jesús Gil F1 Team* <https://www.youtube.com/watch?v=XRTGXxKeeLA> {consultat: 5 d'agost del 2019}
- García, Christian (2011) *Bravo F1, el fallido proyecto español en la Fórmula 1* <https://www.formulaf1.es/15859/bravo-f1-el-fallido-proyecto-espanol-en-la-formula-1/> {consultat: 5 d'agost del 2019}
- Rubio, Javier (2010) *¿Hispania Racing Team un equipo español? Por favor, no me hagas reír* https://blogs.elconfidencial.com/deportes/formula-1/dentro-del-paddock/2010-03-26/hispania-racing-team-un-equipo-espanol-por-favor-no-me-hagas-reir_710374/ {consultat: 5 d'agost del 2019}
- Tena, Juan José (2015) *¿Qué fue de HRT F1 Team?* <https://www.thebestf1.es/que-fue-de-hrt-f1-team/> {consultat: 5 d'agost del 2019}
- Abad, Víctor (2017) *España en la Fórmula 1* https://www.youtube.com/watch?v=R_ZyLJ4nUMo&t=4443s {consultat: 1 d'agost del 2019}
- Sanz, Miguel (2010) *Pioneros antes que Hispania* <https://www.marca.com/blogs/elgrancirco/2010/03/24/pioneros-antes-que-hispania.html> {consultat: 5 d'agost del 2019}
- De la Rosa, Pedro (2019) *Palmarés* <https://www.pedrodelarosa.com/palmares.php> {consultat: 10 d'agost del 2019}
- Mancebo, Adrián (2015) *Los 13 pilotos españoles de la historia de la F1* <https://www.autobild.es/historia/13-pilotos-espanoles-historia-f1-4695> {consultat: 8 d'agost del 2019}

- Baranco, Daniel (2016) *El Circuito del Jarama acumula 35 años sin albergar un Gran Premio de F1* <https://clicacoches.com/noticia/circuito-del-jarama-historia> {consultat: 6 d'agost del 2019}
- (2015) *40 años sin el circuito de Montjuïc* <https://www.sport.es/es/noticias/motor/formula1/anos-sin-circuito-montjuic-4140440> {consultat: 6 d'agost del 2019}
- Garcia, Àlex (2010) *Gran Premio de España de 1969: El debut del circuito de Montjuïc en la Fórmula 1* <https://www.motorpasion.com/formula1/gran-premio-de-espana-de-1969-el-debut-del-circuito-de-montjuic-en-la-formula-1> {consultat: 6 d'agost del 2019}
- Díaz, Raül (2014) *Circuito de Montjuïc - Imágenes Históricas (TV2)* https://www.youtube.com/watch?v=fZ_NHUsXM3E {consultat: 6 d'agost del 2019}
- Abad, Víctor (2017) *La ruina del circuito urbano de Valencia* https://www.youtube.com/watch?v=4_qVkJHlStE {consultat: 7 d'agost del 2019}
- (2019) *Grandes momentos de la Fórmula 1 en el Circuit de Barcelona-Catalunya* <https://blog.caixabank.es/blogcaixabank/2019/05/grandes-momentos-de-la-formula-1-en-el-circuit-de-barcelona-catalunya.html#> {consultat: 7 d'agost del 2019}
- (2019) <https://www.statsf1.com/es/fernando-alonso.aspx> {consultat: 11 d'agost del 2019}
- Alonso, Fernando (2019) *Biografía* <https://www.fernandoalonso.com/bio/> {consultat: 11 d'agost del 2019}
- (2005) https://www.biografiasyvidas.com/reportaje/fernando_alonso/ {consultat: 11 d'agost del 2019}
- Moreno, Angel (2018) *Así funcionan, al menos hasta 2021, los motores V6 de la Fórmula 1* <http://planetadelmotor.com/funcionamiento-motores-v6-f1/> {consultat: 5 de juliol del 2019}
- Isaac (2015) *Motores en la Fórmula 1: de los V8 a los V6 Turbo Híbridos* <https://www.actualidadmotor.com/motores-formula-1-v8-v6-turbo-hibridos/> {consultat: 5 de juliol del 2019}

- (2018) *¿Cómo funciona un motor V6 turbo-híbrido de Fórmula 1?* <https://www.thebestf1.es/funciona-motor-v6-turbo-hibrido-formula-1/> {consultat: 5 de juliol del 2019}
- (2015) *La primera varrera de coches de la historia ¿El origen de la F1?* <https://drive-smart.com/es/blog/2015/07/24/la-primera-carrera-de-coches-de-la-historia-el-origen-de-la-f1/> {consultat: 13 de juliol del 2019}
- (2018) *Historia de la Fórmula 1* <https://historia-biografia.com/historia-de-la-formula-1/> {consultat: 13 de juliol del 2019}
- Mamen (2014) *Historia de la fórmula 1* <http://www.f1enestadopuro.com/archivo-f1/historia-de-la-formula-uno/> {consultat: 13 de juliol del 2019}
- Mancebo, Adrián (2018) *Senna vs Prost: La guerra comenzó en el GP de San Marino 1989* <https://www.autobild.es/noticias/senna-vs-prost-guerra-comenzo-gp-san-marino-1989-202892> {consultat: 13 de juliol del 2019}
- DPA (2016) *Liberty Media compra la Fórmula 1 y Ecclestone sigue como jefe ejecutivo* <https://www.elmundo.es/deportes/2016/09/08/57d08fa7e2704eef648b45ad.html> {consultat: 16 de juliol del 2019}
- RevistaCar (2017) *La evolución de la Fórmula 1: La fuerza está en los motores* <https://revistacar.es/formula1-evolucion-motores/> {consultat: 28 d'agost del 2019}
- (2013) *Motores F1 (Evolución)* [https://www.ecured.cu/Motores_F1_\(Evolucion\)](https://www.ecured.cu/Motores_F1_(Evolucion)) {consultat: 28 d'agost del 2019}
- Ayala, David (2009) *La evolución de los motores de F1* <https://motorgiga.com/la-evolucion-de-los-motores-de-f1-formula-1> {consultat: 28 d'agost del 2019}
- Plaza, David (2016) *El turbo en la Fórmula 1: historia y fundamentos técnicos* <https://www.motor.es/formula-1/el-turbo-en-la-formula-1-historia-y-fundamentos-tecnicos-201626775.html> {consultat: 28 d'agost del 2019}
- Marcus (2008) *El sistema de recuperación de energía cinética (KERS)* <https://www.motorpasion.com/formula1/el-sistema-de-recuperacion-de-energia-cinetica-kers> {consultat: 28 d'agost del 2019}

- Moya Notario, Borja (2015) *Qué es el freno motor y cómo se utiliza* <https://noticias.coches.com/consejos/que-es-el-freno-motor-y-como-se-utiliza/159437> {consultat: 28 d'agost del 2019}
- Moreno, David (2017) *¿Qué es la carga aerodinámica?* <https://www.youtube.com/watch?v=cFEtcVtqoFs> {consultat: 22 de setembre del 2019}
- Benjumea, Christian (2018) *¿Qué es exactamente el “rebufo”?* <https://noticias.coches.com/consejos/que-es-el-rebufo/289832> {consultat: 22 de setembre del 2019}
- (2016) *Principio de Bernoulli – Enunciado y Ejemplos* <https://www.experimentoscientificos.es/principio-de-bernoulli/> {consultat: 22 de setembre del 2019}
- Oriol (2018) *El fondo plano en la Fórmula 1* <https://www.formula1atmosphere.com/aerodinamica/fondo-plano/> {consultat: 22 de setembre del 2019}
- Plaza, David (2015) *El diccionario de la Fórmula 1: conceptos básicos y herramientas* <https://www.motor.es/formula-1/el-diccionario-de-la-formula-1-201520360.html> {consultat: 22 de setembre del 2019}
- Plaza, David (2015) *El diccionario de la Fórmula 1: Las partes de un F1 y los neumáticos* <https://www.motor.es/formula-1/el-diccionario-de-la-formula-1-las-partes-de-un-f1-y-los-neumaticos-201520437.html> {consultat: 22 de setembre del 2019}
- Oriol (2018) *Carga Aerodinámica/ Downforce* <https://www.formula1atmosphere.com/aerodinamica/carga-aerodinamica-downforce/> {consultat: 22 de setembre del 2019}
- (2013) *Evolution of the F1 Car* <https://www.youtube.com/watch?v=nn9InDQ2pDE> {consultat: 6 d'octubre del 2019}
- Prieto, Javier (2017) *La evolución de los coches de F1 desde 1950 hasta hoy* <https://www.topgear.es/noticias/motorsport/evolucion-coches-f1-1950-hoy-89062> {consultat: 6 d'octubre del 2019}
- Rubio, Javier (2014) *Brasil 89: cuando Ferrari mató el cambio de mano, y Joan Villadelprat se rajo la suya.*

- https://www.elconfidencial.com/deportes/formula-1/2014-11-07/brasil-89-cuando-ferrari-mato-el-cambiar-con-la-mano-y-villadelprat-se-rajo-la-suya_436908/ {consultat: 13 d'octubre del 2019}
- Saldivar, Alex (2014) *Evolución de los volantes McLaren en la Fórmula 1* <https://autoproyecto.com/2019/noticias/evolucion-volantes-mclaren-formula-1.html/7> {consultat: 13 d'octubre del 2019}
 - (2013) *Evolución de los volantes de F1 desde 1993* <https://www.dailymotion.com/video/x11ewse> {consultat: 13 d'octubre del 2019}
 - Valero, Jorge (2016) *¿Cuándo dejaron de ser los volantes de Fórmula 1 redondos?* <https://hipertextual.com/2016/11/evolucion-volantes-formula-1> {consultat: 13 d'octubre del 2019}
 - Sancho, Fernando (2016) *La evolución de los volantes de F1 a lo largo de la historia* <https://www.motor.es/formula-1/video-evolucion-volantes-f1-historia-201632330.html> {consultat: 13 d'octubre del 2019}
 - (2018) *Todo lo que tienes que saber sobre el filament PLA para impresión 3D* https://www.3dfils.com/es/blog/21_todopla {consultat: 24 de novembre del 2019}
 - (2018) *Prusa i3 MK3* <https://lamejorimpresora3d.com/impresoras-3d/prusa-i3-mk3> {consultat: 24 de novembre del 2019}
 - Pérez Porto, Julián i Merino, María (2009) *Definición de Bluetooth* <https://definicion.de/bluetooth/> {consultat: 24 de novembre del 2019}
 - FIA World Rally Championship (2017) *WRC 2017: TECH SPECIAL Steering Wheel* <https://www.youtube.com/watch?v=L-gFkNx8FLA> {consultat: 1 de desembre del 2019}
 - DS TECHEETAH Formula E Team (2019) *How does a Formula E steering Wheel work? | Pedro de la Rosa explainis.* <https://www.youtube.com/watch?v=F8sEoobFrj0> {consultat: 1 de desembre del 2019}
 - Indycar (2019) *The cockpit* <https://www.indycar.com/Fan-Info/INDYCAR-101/The-Car-Dallara/The-Cockpit> {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - Motorsport on NBC (2019) *Danica Patrick explainis complexities of Indycar steering Wheel | Indy 500 | Motorsport on NBC*

- <https://www.youtube.com/watch?v=3ecJ11eSZeE> {consultat: 15 de desembre del 2019}
- NTT Indycar Series (2019) *Thrilling lap 1 onboards from indycar Toronto* <https://www.youtube.com/watch?v=YQgd5f-W2hk> {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - Pocketmags (2017) *Pat Symonds explains the science behind steering wheels* <https://pocketmags.com/f1-racing-magazine/february-2017/articles/457544/steering-wheels> {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - Nugnes, Franco (2019) *Las diferencias entre Kubica y Russell, mucho más que el volante.* <https://es.motorsport.com/f1/news/volante-especial-kubica-diferencia-russell/4482778/> {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - Mamen *El volante de un Fórmula 1* <https://www.manuales.com/manual-de/el-volante-de-un-formula-1> {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - (2014) *Steering Wheel* http://formula1-dictionary.net/steering_wheel.html {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - De Groot, Stevens (2006) *Steering Wheel* <https://www.f1technical.net/articles/30> {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - Plaza, David (2019) *Así funciona un volante de Fórmula 1* <https://www.motor.es/formula-1/como-funciona-volante-f1-201955426.html> {consultat: 15 de desembre del 2019}
 - D'Alessandro, Gianluca (2019) *F1 | Técnica in pillole: il volante di Max Verstappen* <https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-max-verstappen/> {consultat: 15 de juny del 2019}
 - D'Alessandro, Gianluca (2018) *F1 | Técnica in pillole: il volante di Lewis Hamilton* <https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-lewis-hamilton/> {consultat: 15 de juny del 2019}
 - D'Alessandro, Gianluca (2018) *F1 | Técnica in pillole: il volante di Sebastian Vettel* <https://f1grandprix.motorionline.com/f1-tecnica-in-pillole-il-volante-di-sebastian-vettel/> {consultat: 15 de juny del 2019}
 - Enciclopèdia.cat (2019) *Contraplacat* <https://www.encyclopedia.cat/ec-gec-0093610.xml> {consultat: 4 de gener de 2020}

