

---

Alumne: Albert Serveto Adsuar

Tutora: Raquel Ballarín

---

# Aerodinàmica dels cotxes de Fórmula 1

---

## **Presentació**

He decidit fer el meu treball de recerca sobre l'aerodinàmica de la Fórmula 1 perquè abasta l'àmbit de diverses ciències com la física (en concret la branca de mecànica de fluids), les matemàtiques i fins i tot la química, juntament amb la meva competició esportiva preferida, la Fórmula 1. A més, aquest camp és molt desconegut i considero que hauria de ser important conèixer-lo, ja que el comportament aerodinàmic de la majoria de mitjans de transport, com els cotxes de carrer o els avions, es basa en aquest camp. Així doncs, vaig informar-me de diferents temes, com per exemple les lleis en les quals es basa la pròpia aerodinàmica, o bé les eines de desenvolupament de millores de peces aerodinàmiques que utilitzen els equips de la Fórmula 1 per millorar el seu monoplaça, però també vaig fer un petit estudi previ dels coneixements aerodinàmics generals que té la gent i les seves aplicacions generals, i en veure que la majoria de la gent no tenia coneixements previs d'aquest tema, vaig decidir informar-me pel meu compte i compartir els coneixements obtinguts amb la resta de persones que volien saber-ne més.

## **Metodologia**

El meu treball està dividit en dues parts: el marc teòric i la part pràctica. Primerament, en la part teòrica parlo, tal i com he dit anteriorment, sobre el fun-

---



---

cionament i el comportament aerodinàmic dels cotxes de Fórmula 1. Tot i ser una branca de la mecànica de fluids no gaire coneguda popularment, la importància que pren és molt alta.

En el treball, que en bona part està centrat en l'explicació del comportament aerodinàmic i les peces del monoplaça, faig una breu introducció sobre l'aerodinàmica per contextualitzar l'explicació en si, i també explico l'evolució aerodinàmica que han patit concretament els monoplaques de la Fórmula 1 des de la seva creació a la dècada dels 50 fins a l'actualitat, ja que és molt important fer una explicació de l'evolució que han anat patint els cotxes per entendre perquè són així en l'actualitat. Una part important del meu treball també se centra en una anàlisi de tots els circuits que conformen el calendari de la Fórmula 1, per classificar-los segons l'aerodinàmica. La segona part del treball és la meua pròpia investigació. Vaig realitzar el disseny i el desenvolupament d'una escuderia de Fórmula 1 virtual, i vaig anar desenvolupant millores aerodinàmiques fins a arribar a obtenir el millor cotxe de tota la competició. A més a més, també vaig estudiar les millores implementades a la realitat per les escuderies de Fórmula 1, amb dades reals sobre el benefici de temps obtingut per cada escuderia, i amb un petit estudi per entendre el perquè de cadascuna de les modificacions. Finalment, també vaig fer l'estudi d'una volta del circuit de Barcelona-Catalunya, explicant el pas per corba seguint la traçada ideal.

### **Cos del treball**

L'aerodinàmica en la Fórmula 1 ha estat gairebé sempre a l'ordre del dia; només durant la primera dècada de la competició el seu desenvolupament estava estancat. Durant la dècada dels setanta va viure una de les seves grans èpoques d'esplendor i d'importància, fins al punt que des d'aquell moment els equips busquen sempre innovar i ser molt eficients aerodinàmicament ja que, juntament amb el bon desenvolupament del motor, aquesta és la clau per obtenir un cotxe molt competitiu i poder competir pel mundial, tant de pilots com de constructors. De fet, el desenvolupament aerodinàmic es nota moltíssim en l'actualitat, perquè en comparació amb els cotxes dels primers anys del campionat es veu que estan molt més treballats i que estan formats per moltes més peces aerodinàmiques que abans. I, evidentment, el seu comportament en pista també s'ha vist infinitament millorat. Corbes on abans era necessari frenar i ser molt curós a l'hora de girar el volant per evitar efectes com el subviratge o el sobreviratge, a part de l'immens desgast dels frens, ara es poden fer a fons sense cap mena de problema i sense patir efectes adversos en el monoplaça. Això comporta una gran disminució dels temps per volta. De fet, els monoplaques de Fórmula 1 de l'actualitat són els més ràpids de tota la història de la competició, gràcies a les millores en les tres grans àrees: aerodinàmica, durabilitat i motor. Per això parlo del desenvolupament que han anat patint els cotxes

---

---

de Fórmula 1 al llarg del temps, per poder comprendre les transformacions que han anat patint fins a arribar a avui dia. Ara bé, el meu treball no comença aquí, sinó que primerament explico les bases de l'aerodinàmica general. És curiós perquè, tot i ser una branca bastant desconeguda o de la qual no es parla tant com d'altres, abasta un dels problemes del mil·lenni: les equacions de Navier-Stokes. Aquestes equacions intenten predir el comportament i el comportament d'un fluid envers d'un sòlid. Tot i això, la Fórmula 1 té la sort que no hi tenen gaire importància, però aconseguir re-soldre-les comportaria un gran avenç per a l'aerodinàmica en general. També he fet una explicació de les forces que actuen sobre el monoplaça i de les diverses parts del monoplaça. Relacionant aquests dos apartats, juntament amb el d'evolució aerodinàmica, s'entén perfectament el disseny actual dels monoplaços, i fins i tot alguns dels principis emprats es poden relacionar amb el disseny dels cotxes de carrer. Després de buscar tota la informació per fer la part teòrica, passem a la part pràctica: la creació i el desenvolupament d'una escuderia de Fórmula 1 virtual, l'estudi de les millores implementades a la realitat per les escuderies de la categoria i l'anàlisi d'una volta de qualificació al circuit de Montmeló.

Per fer els dos primers apartats va ser necessari posar en pràctica tota la informació buscada i explicada en la part teòrica, i fer una altra nova recerca exhaustiva d'una gran multitud de dades, com per exemple processos de fabricació de certes peces aerodinàmiques, o bé gràfiques comparatives de rendiment o de l'evolució aerodinàmica de cada monoplaça del campionat, ja siguin amb gràfiques d'acord amb el temps guanyat o amb gràfiques pròpiament de millora de rendiment. En la part de desenvolupament d'una escuderia, vaig decidir posar més èmfasi en l'apartat d'aerodinàmica que en els altres apartats de millores, i és per això que al final de tot el cotxe de la meua escuderia era el millor aerodinàmicament, per tant podia obtenir més bons resultats en circuits d'alta càrrega aerodinàmica, caracteritzats pel gran nombre de corbes de tot tipus de velocitats, on l'aerodinàmica és molt més important que el motor, però en circuits motor-dependents el nostre cotxe patia molt i no obtenia els resultats desitjats. Dins de l'apartat de l'explicació de les millores aerodinàmiques dels cotxes de la realitat, es va posar en pràctica tota la informació obtinguda de l'apartat *eines de desenvolupament de millores aerodinàmiques* (túnel de vent i simulació CFD) per poder fer l'estudi i comprendre els canvis en la trajectòria de l'aire que fan variar el comportament aerodinàmic del cotxe. Cal recalcar que el que es busca a l'hora de desenvolupar millores és augmentar tant com es pugui la càrrega aerodinàmica del monoplaça i reduir la seva resistència aerodinàmica. Així s'aconsegueix l'eficiència aerodinàmica. M'he adonat que, tot i que les millores aerodinàmiques són molt importants, estan bastant regulades pel reglament actual de la Fórmula 1, i que és molt car fer tota la sèrie d'experiments per aconseguir desenvolupar aquestes

---

---

millores. Per tant, tot i que en implementar les millores es millori molt poc, aquestes dècimes i mil·lèsimes són molt més importants i decisives del que sembla. Finalment, també vaig decidir fer l'explicació d'una volta de qualificació en un circuit perquè és quan es posa a prova el monoplaça, i es pot veure el seu comportament a la pista. Com més ràpid pugui passar per les corbes, sense que el pilot hagi de contravolantejar o fer petites correccions constantment, significarà que és més eficient aerodinàmicament i que, per tant, és més competitiu.

## **Conclusió**

Per poder fer una breu explicació sobre tot el que ha suposat per mi tot el desenvolupament del treball en si, tant la recerca d'informació per diverses pàgines web a l'hora de fer la part teòrica com de vídeos informatius de cara a la part pràctica, l'aprenentatge personal i la satisfacció d'aconseguir entendre els diversos apartats, és imprescindible parlar de diversos aspectes.

Primerament, el fet que aquest tema abasti molts àmbits alhora m'ha permès poder dedicar la meua recerca a la part específica que més m'interessava per poder desenvolupar satisfactòriament el treball. Gràcies a això, he descobert el funcionament de les parts aerodinàmiques del monoplaça i he entès el pes que té l'aerodinàmica en la categoria reina de l'automobilisme. També he vist com és de difícil i car desenvolupar millores en el monoplaça, i com gràcies a l'esforç dels enginyers al llarg de totes les temporades avui en dia aquest tipus de cotxes són senzillament espectaculars. Tot i que hi va haver diversos apartats de difícil comprensió, com tota la part de les forces que actuen sobre el monoplaça, o les eines informàtiques de desenvolupament de millores aerodinàmiques, he sigut capaç d'aconseguir tirar endavant el projecte i assolir amb escreix els objectius marcats al principi del treball.

I, a més a més, també m'ha obert les portes a una nova sortida laboral directament relacionada amb el món de l'aerodinàmica i de la Fórmula 1, que abans de fer aquest projecte no contemplava però que avui dia considero que és la millor per mi i és el que més ganes tinc de fer.

## **Bibliografia web**

- <[https://www.youtube.com/watch?v=oDRqOkHl\\_u8](https://www.youtube.com/watch?v=oDRqOkHl_u8)> - <<https://www.youtube.com/watch?v=yYpTWWpAZQ8>> - <<https://www.youtube.com/watch?v=KtrUM73qyuM>> - <<https://www.youtube.com/watch?v=izX5IQoVIYs>> - <[https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero\\_de\\_Reynolds](https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_de_Reynolds)> - <[https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Moody](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Moody)> - <[https://es.wikipedia.org/wiki/Flujo\\_laminar](https://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_laminar)> - <[https://es.wikipedia.org/wiki/Flujo\\_turbulento](https://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_turbulento)> - <<https://www.youtube.com/watch?v=CYwZPDlsxE>> - <<https://www.youtube.com/watch?v=m9PzbL6a2k0>> - <<https://es.wikipedia.org/wiki/Sustentaci%C3%B3n>> - <[https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\\_suelo](https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_suelo)> - <<https://>>

---

---

[www.aerodinamicaf1.com/2020/08/los-coeficientes-aerodinamicos-como-se-calculan/](http://www.aerodinamicaf1.com/2020/08/los-coeficientes-aerodinamicos-como-se-calculan/)> - <<https://www.fltechnical.net/features/20279>> - <<https://www.youtube.com/watch?v=K1Infn3D99aE>> - <<https://www.aerodinamicaf1.com/2020/07/aleron-delantero-2020-analisis-aerodinamico/>> - <<https://www.aerodinamicaf1.com/2019/09/las-fuerzas-sobre-el-monoplaza-drag-y-lift-o-downforce/>> - <<https://www.aerodinamicaf1.com/2019/10/los-generadores-de-vortices-en-la-formula-1/>> - <<https://www.abelcaro.com/f1/aerodinamica/simulacion-cfd/>> - <<https://flzen.com/en/f1-1950-sezon>> - <<https://www.flaldia.com/7718/6-decadas-de-f1-anos-50/>> - <<https://www.motor.es/formula-1/el-diccionario-de-la-formula-1-las-partes-de-un-f1-y-los-neumaticos-201520437.html>> - <<https://jorgelulloch.wordpress.com/2012/12/27/la-creacion-lo-coche-2/>> - <<https://dcain.etsin.upm.es/~daniel/ProyectoInvestigador/node27.html>> - <<https://www.aerodinamicaf1.com/2020/06/perfiles-aerodinamicos-como-se-disenan/>> - <<https://www.youtube.com/watch?v=JeOnL1Vr9TI>> - <<https://efe.uno/f1-trackwalk/el-trackwalk-del-bahrain-international-circuit/>> - <<https://vandal.espanol.com/guias/guia-f1-2019-trucos-y-consejos/circuitos>> - <<https://www.aerodinamicaf1.com/2019/09/historia-de-la-aerodinamica-en-la-f1/>> - <<https://www.dia-riomotor.com/competicion/circuito-de-albert-park/>> - <<https://www.formula1.com/en/information.spain-circuit-de-barcelona-catalunya-barcelona.6F5mWJGRuYkQ1X-PX48pl8.html>> - <<https://www.formula1.com/en/racing/2019.html>>

---