

*Tecnologia, Seguretat i
Sostenibilitat al Servei de la
Transformació:
L'Evolució de la*



*Curs 2023/2024
Nom: Razvan Mazar
Tutora: Vanessa Cañizares
2n Batx. B
Institut de Sentmenat*

Abstract

Català:

Aquest treball sobre l'evolució de la tecnologia i la seguretat i la sostenibilitat a la Fórmula 1 explora tots els aspectes en relació amb aquests apartats. L'hipòtesi del treball es centra en la relació de l'augment de mesures tecnològiques i de seguretat i la disminució de consum dels motors amb la reducció d'accidents fatals al llarg de l'història de l'esport. Hi ha una part teòrica on s'exploren els diferents temes i una part pràctica on es comparen les dades.

Castellà:

Este trabajo sobre la evolución de la tecnología y la seguridad y la sostenibilidad en la Fórmula 1 explora todos los aspectos en relación a estos apartados. La hipótesis del trabajo se centra en la relación del aumento de medidas tecnológicas y de seguridad y la disminución de consumo de los motores con la reducción de accidentes fatales a lo largo de la historia del deporte. Hay una parte teórica donde se exploran los diferentes temas y una parte práctica donde se comparan los datos.

Anglès:

This project on the evolution of technology, safety and sustainability in Formula 1 explores all aspects of these realms. The hypothesis of the project focuses on the relationship between the increase of technological and safety measures and the decrease of engine consumption with the reduction of fatal accidents throughout the history of the sport. There is a theoretical part where the different topics are explored and a practical part where the data is compared.

Índex

0. Introducció.....	5
1. Història i evolució de la Fórmula 1.....	6
1.1 Context històric de la Fórmula 1.....	6
1.2 Desenvolupament de la F1 com a esport.....	8
2. Tecnologia a la Fórmula 1: Motors, Aerodinàmica i Materials.....	9
2.1 Evolució del motors de la F1.....	9
2.2.1 Ús de materials innovadors en la construcció dels cotxes.....	11
2.2.2 Materials avançats.....	13
3 Electrònica, Telemetria i Seguretat Activa.....	13
3.1 Telemetria per el seguiment en temps real.....	13
3.2 Sistemes de seguretat activa com el HANS i el HALO.....	14
3.2.1 Sistema HANS.....	14
3.2.2 El HALO.....	16
4. Sistemes de seguretat passiva i d'extinció d'incendis.....	18
4.1 El Cockpit.....	18
4.2 Sistemes d'extinció d'incendis.....	20
5. Impacte Ambiental i Seguretat.....	22
5.1 Motors híbrids i Sostenibilitat.....	22
5.1.1 La era híbrida de la Fórmula 1.....	22
5.1.2 Avantatges ambientals dels motors híbrids.....	24
5.2 Innovacions sostenibles.....	25
5.2.1 Sistemes i innovacions per reduir l'impacte ecològic a la F1.....	25
5.2.2 Tecnologia i sistemes per a la sostenibilitat.....	26
5.2.3 La Iniciativa "Net Zero Carbon" i el Futur Sostenible.....	26
5.3 Impacte de la sostenibilitat en les curses.....	28
5.3.1 Canvis en la dinàmica de curses.....	28
5.3.2 Influència en la seguretat dels pilots.....	29
6. Conclusions i perspectives de futur.....	30
6.1 Implicacions positives i reptes pendents.....	30
7. Part pràctica.....	32

Hipòtesi

La meva hipòtesi per aquest treball de recerca és la següent: L'evolució tecnològica dels cotxes de Fórmula 1, juntament amb les millores en la seguretat, ha contribuït a una disminució significativa de les lesions i incidents greus entre els pilots en les curses, alhora que impulsa iniciatives mediambientals com ara la reducció d'emissions de carboni i la sostenibilitat.

En el transcurs d'aquest treball, analitzaré l'evolució tecnològica dels cotxes de Fórmula 1, les millores en la seguretat dels pilots i les iniciatives mediambientals implementades per la Fórmula 1. També exploraré dades i estadístiques per avaluar com aquestes millores han conduït a una disminució en els incidents i lesions greus. Finalment, examinaré les perspectives de futur per comprendre com la Fórmula 1 pot continuar evolucionant en aquest entorn en constant canvi.

0.Introducció

La Fórmula 1, coneguda com el màxim exponent de l'automobilisme de competició, és molt més que una simple sèrie de carreres. Aquest esport internacional captiva l'atenció dels aficionats d'arreu del món amb la seva combinació de velocitat, destresa i intriga estratègica.

Però, més enllà de l'emoció de les curses i el rugit dels motors, la Fórmula 1 representa un autèntic laboratori tecnològic on la innovació i la seguretat s'uneixen per marcar tendència.

Aquest treball està dividit en diversos apartats que aborden diferents aspectes de la relació entre la tecnologia i la seguretat en la Fórmula 1 i de com ha ajudat als equips i pilots de l'esport però sense comprometre al medi ambient.

Comencem explorant la història d'aquest esport, el seu desenvolupament al llarg del temps i com ha esdevingut un referent tecnològic. Després, ens endinsarem en els avenços tecnològics que han transformat els cotxes de Fórmula 1 i millorat la seguretat dels pilots.

Analitzarem els avenços en els motors, l'aerodinàmica, materials, electrònica i telemetria. Continuarem amb una investigació sobre els sistemes de seguretat que protegeixen als pilots en aquest esport de risc.

També tindrem en compte la relació entre la tecnologia i sostenibilitat, ja que la Fórmula 1 busca ser més ecològica però sense comprometre la seguretat.

Finalment, explorarem el futur, les tendències emergents i les innovacions tecnològiques que continuen redefinint la Fórmula 1.

Cada secció contribuirà a la comprensió global de com la tecnologia i la seguretat han estat les forces impulsores d'aquest esport extraordinari.

1. Història i evolució de la Fórmula 1

1.1 Context històric de la Fórmula 1

La Fórmula 1, el punt àlgid de l'automobilisme esportiu, va tenir els seus inicis a la dècada dels anys 50, quan es va establir el primer Campionat Mundial de Pilots de la FIA (Federació Internacional de l'Automòbil) el 1950. En aquell moment, els cotxes eren lleugers però tecnològicament simples en comparació amb els actuals, i la seguretat dels pilots era una preocupació secundària.

Amb el temps, la Fórmula 1 ha experimentat canvis significatius. A la dècada de 1960, es va començar a incorporar tecnologia més avançada, amb motors més potents i materials com la fibra de vidre que feien els cotxes més lleugers. Tot i això, la seguretat encara era un aspecte preocupant.

A la dècada de 1970, es van introduir avenços com una aerodinàmica més sofisticada i sistemes de suspensió avançats, però encara hi havia problemes seriosos de seguretat que van provocar accidents mortals.



imatge1. Accident de Jochen Rindt 1970 (font: <https://n9.cl/l4yef>)

No va ser fins a la dècada de 1980 que es va veure una revolució tecnològica real en la Fórmula 1. S'incorporaren sistemes electrònics com la telemetria i la gestió del motor, permetent un control més gran sobre el rendiment dels cotxes. Tot i aquests avenços, la seguretat seguia sent una preocupació fonamental.

A mesura que avançava la dècada de 1980 i es traslladava cap als anys 90, la tecnologia a la Fórmula 1 va continuar evolucionant a passos agigantats. La introducció de sistemes de control de tracció, frenat antibloqueig (ABS) i transmissió semiautomàtica van millorar significativament el rendiment dels cotxes i la capacitat dels pilots per a controlar-los. La telemetria es va convertir en una eina vital per als equips, permetent-los analitzar dades en temps real i prendre decisions estratègiques.

Malgrat tots aquests avançaments tecnològics, la seguretat continuava sent un tema central. Tràgics incidents com el de Ayrton Senna el 1994 van conduir a canvis significatius en els protocols de seguretat i al desenvolupament de cotxes més segurs, amb cockpits reforçats i dispositius de protecció per al cap com l'Halo, introduït més recentment i del que parlaré més endavant.

Imatge 2. Estat del cotxe d'Ayrton Senna després de l'accident (font: <https://n9.cl/sx81i>)

1.2 Desenvolupament de la F1 com a esport

És interessant observar com, al costat de l'evolució tecnològica, la Fórmula 1 també ha experimentat un desenvolupament i creixement significatiu com a esport al llarg dels anys.

A mesura que la Fórmula 1 va guanyar popularitat a nivell mundial a partir dels dècades de 1960 i 1970, es van establir circuits i Gran Premi en diferents països, expandint la base de fans i aportant una dimensió global a l'esport. Això va portar a un augment dels patrocinadors i els ingressos publicitaris, convertint la Fórmula 1 en un esdeveniment televisiu massiu i una oportunitat de màrqueting global per a empreses. Actualment, el calendari de la Fórmula consta de 24 carreres.



imatge 3. Calendari de la F1 2023 (font: <https://n9.cl/6l49d>)

L'adopció de tecnologia de retransmissió més avançada també va contribuir al creixement de la Fórmula 1 com a esport accessible a una audiència global, amb retransmissions en directe, cobertura en línia i informació en temps real disponible per als aficionats de tot el món.

A més, la Fórmula 1 va anar més enllà de ser simplement una sèrie de curses, convertint-se en una experiència d'oci completa. Els circuits es van desenvolupar amb instal·lacions modernes, àrees d'entreteniment, zones de fans i activitats relacionades amb l'esport, com concerts i exhibicions. Tot això va contribuir a augmentar la seva atractiu per a una àmplia audiència i va fer que assistir a un Gran Premi fos una experiència completa.

El desenvolupament de l'ecosistema de la Fórmula 1 també va donar lloc a una indústria paral·lela, amb equips, constructors de cotxes, patrocinadors, proveïdors de tecnologia i molts altres actors involucrats. Això va crear oportunitats econòmiques i professionals per a moltes persones i empreses vinculades al món de la Fórmula 1.



Imatge 4. Monoplaça Lotus del 1967 patrocinat per Gold Leaf, el primer patrocinador de la història de la F1 (font: <https://n9.cl/b5h6f>)

2. Tecnologia a la Fórmula 1: Motors, Aerodinàmica i Materials

2.1 Evolució del motors de la F1

Hi han hagut varis canvis de motor en els cotxes de la Fórmula 1 al llarg d'aquests més de 70 anys, començarem parlant dels primers cotxes i els seus motors com el Bugatti Type 35B, que era un cotxe de carrer adaptat a la competició. En el cas

d'aquest chasis concret, comptava amb un motor de 8 cilindres en línia atmosfèric de 2,3 litres amb 190 cavalls de potència i que podia arribar fins als 230 km/h aproximadament, una velocitat increíble pels cotxes de l'època. El problema d'aquest tipus de motors com us podeu imaginar, era el consum.

En l'època quan competia Juan Manuel Fangio, sobre els anys 50, el motor 1.5L de 8 cilindres amb 450CV consumia al voltant de 150 litres per cada 100 km, per fer-vos una idea un cotxe normal consumeix entre set i vuit litres per cada 100 km, i un cotxe de Fórmula 1 actual consumeix entre 25 i 30 L per cada 100 km, bàsicament, era una barbaritat.

La FIA va anant canviant els motors al llarg del temps entre atmosfèrics o turboalimentats, amb més cavalls, amb menys... Però respecte al consum, a l'any 1984 es va establir un límit de consum de 220L de combustible per carrera, límit que es va anant rebaixant fins als 195L que es van imposar pocs anys després.

Amb l'aerodinàmica ja en joc, els fabricants podien deixar de posar l'èmfasi exclusivament en la potència i buscar un equilibri perfecte entre el motor i l'aerodinàmica (com es pot veure a l'exemple del MP4-4, considerat per molts com el cotxe de curses més dominant de la història).



Imatge 5. El mencionat McLaren MP4-4, el cotxe que va revolucionar la F1. (Font: <https://n9.cl/fysas>)

Cap el 1989 la F1 va prohibir els turbocompresors i fins al 1995 es van utilitzar els motors V8, V10 o V12. Finalment, a partir de l'any 2000, els motors que es podien utilitzar havien de ser, si o si, V10. Aquests motors eren molt potents, comptaven amb més de 800 cavalls de potència, i consumien al voltant de 85L per cada 100 km. Tot i que els motors eren ràpids, es podien arribar a fer més eficients.

Els anys següents van ser una època emocionant per a la Fórmula 1, amb rivalitats èpiques i batalles a la pista. Els motors V10 van ser testimoni de moments històrics, com les victòries de pilots llegendaris i les innovacions tècniques que van canviar la cara de l'esport de l'automobilisme. Aquesta era va ser una transició crucial abans de l'arribada de les unitats de potència híbrides actuals, que han continuat evolucionant la tecnologia i l'eficiència en la Fórmula 1.



Imatge 6. Motor V10 del Ferrari F1-2000 de Michael Schumacher.

(Font:<https://n9.cl/haruqr>)

2.2.1 Ús de materials innovadors en la construcció dels cotxes

La carroceria dels cotxes de la Fórmula 1 també és una cosa que ha avançat d'una manera exponencial al llarg dels anys, actualment el 90% de la carroceria d'un F1

està feta de materials compostos com la fibra de carboni, principalment. No sempre ha sigut així, obviament, és per això que ara veurem de què estaven fets els cotxes d'abans i com afectava això al rendiment i a la seguretat dels pilots.

No va ser fins els anys 80 quan es va introduir la fibra de carboni, abans els cotxes estaven plenament fabricats amb materials metàl·lics com l'acer i l'alumini, això comportava un rendiment més baix de l'esperat ja que la carrosseria pesava molt i sumant-li la càrrega del combustible i el pes del pilot feia que el cotxe anés molt lent en comparació amb la potència del motor que tenien.

Als anys 60 i 70, es va començar a utilitzar la fibra de vidre en lloc del metall. Aquest material era més lleuger i podia moldre's en formes més complexes, el que permetia dissenys aerodinàmics més avançats. També era més fàcil de reparar en cas d'accident. A partir dels anys 80, els equips de F1 van començar a fer servir materials compostos, com la fibra de carboni, que ofereixen una gran resistència i lleugeresa. La fibra de carboni es va convertir en un material estàndard per a les carrosseries. Aquest canvi va contribuir significativament a la millora de la seguretat i el rendiment dels cotxes.

El primer que va introduir aquest material a la Fórmula 1 va ser l'equip McLaren l'any 1981, després de varis problemes per obtenir el material definitiu, va presentar el monoplaça MP4-1 principalment construït amb fibra de carboni, ho va fer de la mà de l'empresa americana "Hercules Aerospace".



Imatge 7. El xassís del McLaren MP4-1, fet principalment de fibra de carboni (font: <https://n9.cl/847xux>)

2.2.2 Materials avançats

Amb el temps, s'han desenvolupat materials encara més avançats, com ara els materials compostos reforçats amb fibra de carboni, que ofereixen una resistència excepcional i una lleugeresa extrema. Aquests materials permeten als equips dissenyar carrosseries i ales amb perfils més aerodinàmics, augmentant l'eficiència i la velocitat dels cotxes.

Actualment es compta amb la resina epoxi per el fabricament dels cotxes, aquest material li dona una consistència més rígida al monoplaça però sense comprometre al pes del mateix, amb aquesta combinació de la resina i la fibra de carboni s'aconsegueix el rendiment òptim per un cotxe de F1.

Els equips estan constantment investigant i desenvolupant nous materials i tècniques per el xassís dels seus cotxes, Això inclou l'ús de materials compostos avançats, així com la incorporació de materials híbrids i impressió 3D en la fabricació de les carrosseries.

En resum, l'evolució dels materials utilitzats en la carroseria dels cotxes de F1 ha passat de l'ús de metalls pesants als materials compostos lleugers i altament resistents, com la fibra de carboni. Aquest canvi ha estat fonamental per millorar la velocitat, l'eficiència i la seguretat dels cotxes de F1, convertint-los en les màquines d'alt rendiment que veiem avui en dia a les curses de Fórmula 1.

3 Electrònica, Telemetria i Seguretat Activa

3.1 Telemetria per el seguiment en temps real

Fem un pas enrere i retrocedim en el temps fins a la primera carrera de Fórmula 1 a la dècada de 1940. En aquesta cursa, Achille Varzi, pilot italià, va guanyar amb el seu

Alfa Romeo 158. Aquest cotxe era una obra de màgia de l'enginyeria per aquell temps, però hi ha alguna cosa més notable relacionada amb ell. Era completament mecànic. No hi havia cap electrònica complicada per controlar cap aspecte. Va ser així fins als anys 1980.

Durant aquests aproximadament 40 anys, els enginyers dels equips de F1 van haver de construir i desenvolupar els seus cotxes sense ajuts digitals. Això significa que havien de posar el motor al dinamòmetre i el xassís en un túnel de vent. El resultat d'això és que aquests vehicles brillants eren propensos a avariar-se, i els enginyers no tenien ni idea de què influïa en el rendiment del seu vehicle en la pista.

Ara hi ha 300 sensors a cada vehicle que transmeten de forma constant dades, incloent una càmera de vídeo en 1080p de cada cotxe comunicada directament amb el garatge i que permet als mecànics veure que està fent el seu pilot en temps real. Els equips ara gasten centenars de milions de dòlars per posar dos vehicles a la pista. La telemetria, el control i l'anàlisi moderns s'han convertit en elements clau per obtenir resultats per a cada equip de Fórmula 1.

3.2 Sistemes de seguretat activa com el HANS i el HALO

3.2.1 Sistema HANS

Ara parlarem dels sistemes de seguretat, com bé es pot deduir, els cotxes de F1 antics no comptaven amb molts elements de seguretat per mantenir als pilots ben segurs dintre del monoplaça en cas d'un accident. És per això que a la dècada dels anys 80, concretament a l'any 1981, el doctor Robert Hubbard y el ingenier i expilot Jim Downing van tenir la idea d'implementar aquest sistema de seguretat als monoplaços com a conseqüència de l'accident mortal que va patir un pilot i amic de Hubbard que, a causa de desaccelerar ràpidament, es va fracturar els ossos cervicals.

Hubbard i Downing van considerar això un problema molt greu en el món de l'automobilisme i que estava per resoldre. En aquells anys aquell tipus d'accident causava una mitjana de 22 morts de pilots a l'any. És per això que van crear el HANS (Head And Neck Support Device), que consistia en una espècie de collarell que tenia la funció de reduir el dany que sufria un pilot al colisionar amb alguna cosa.



Imatge 8. Robert Hubbard i Jim Downing amb el HANS a les mans (font: <https://n9.cl/51kyf>)

L'any 1995, després de la tràgica pèrdua de Roland Ratzenberger i Ayrton Senna en el Gran Premi de San Marino de 1994 a Itàlia, la Federació Internacional de l'Automòbil (FIA) va sol·licitar l'assistència de Mercedes-Benz per desenvolupar sistemes de seguretat millorats per als pilots.

Mercedes es va centrar en adaptar els dispositius d'airbag als cotxes de F1, però va descobrir que el dispositiu HANS obtenia millors resultats que els airbags en les proves d'impacte. Amb la col·laboració amb Hubbard i Downing, van aconseguir desenvolupar la segona generació del HANS el 1999, amb l'avantatge que ja era un element que es podia integrar als monoplaces de Fórmula 1.

Amb el temps, aquest sistema ha anat adquirint el títol d'imprescindible i obligatori en les grans competicions automobilístiques de tot el món. El HANS va arribar a la Fórmula 1 a l'any 2003. Fernando Alonso va ser el primer pilot en provar-lo i aquell mateix any, al Gran Premi de Brasil, va xocar amb la roda del cotxe de Mark Webber,

que anteriorment havia patit un accident a 250 km/h, i després Fernando va col·lisionar amb el mur a 200 km/h. Aquest accident ferotge va deixar el cotxe d'Alonso inutilitzable i podria haver causat la mort del pilot espanyol, però gràcies al HANS només va patir contusions als genolls.



Imatge 9. Il·lustració de com actua el sistema HANS (font: <https://n9.cl/2iatz>)

3.2.2 El HALO

El HALO (High Altitude-Low Opening), també conegut com a "dispositiu de protecció del cap HALO," és una innovació important en la seguretat dels monoplaces de Fórmula 1. Consisteix en tres barres de titani ubicades davant i sobre el cap del pilot. Aquest sistema es va introduir a la F1 com a mesura de seguretat addicional per protegir el cap dels pilots davant possibles impactes i objectes que puguin entrar a la cabina del conductor.

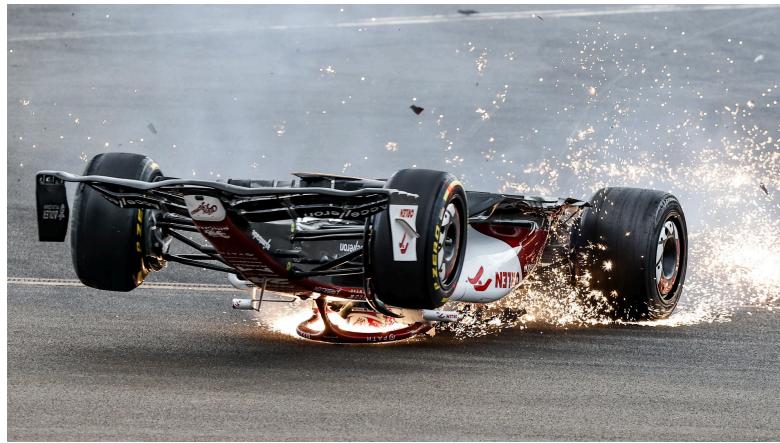
Els seus orígens es remunten a no fa gaire temps, el primer any en el qual es va implementar aquesta mesura de seguretat va ser l'any 2018 per la FIA en col·laboració amb Mercedes, que va ajudar al desenvolupament. En el moment en que es va anunciar, va haver-hi una pluja de crítiques constants per part del equips, pilots i aficionats de l'esport. Molts el van rebutjar perquè deien que afectava a la visió del pilot i perquè trencava amb l'estètica del vehicle.

Ara, tothom està d'acord amb l'utilització del HALO, ja que ens ha demostrat que és una eina molt útil per a la seguretat dels pilots en varies ocasions, una d'elles fa dos anys, al 2021. En el Gran Premi de Monza, Max Verstappen sortia del box i Lewis Hamilton venia amb molta velocitat per posar-se just al front, van arribar a la curva en paral·lel i el cotxe de Verstappen va pujar-se al piano i va rebotar per acabar a sobre del cotxe de Hamilton. Aquest accident hauria sigut mortal sinó fos per l'acció salvadora del HALO.



imatge 10. Imatge on es pot veure la roda del cotxe de Verstappen a sobre del HALO del cotxe de Hamilton, no arribant a tocar el cap del britànic. (font:<https://n9.cl/ux5z1>)

Un altre fenòmen on el HALO va ser el protagonista va ser a l'any 2022 en el Gran Premi de Silverstone, Gran Bretanya. En aquesta cursa l'afectat va ser el pilot xinès Guanyu Zhou, que va patir un dels accidents més impactants de la temporada passada quan el seu cotxe es va donar la volta completament i va recórrer una distància d'un centenar de metres boca avall, saltant per sobre de les proteccions i colisionant amb el mur de seguretat. Gràcies al HALO, Zhou no va patir cap lesió i va poder continuar la temporada sense cap tipus de problema.



Imatge 11. El monoplaça de Guanyu Zhou boca avall després de l'accident (font: <https://n9.cl/qy81d>)

En resum, els sistemes de seguretat com el HANS (Head And Neck Support Device) i el HALO (High Altitude-Low Opening) han estat innovacions essencials per millorar la seguretat dels pilots a la Fórmula 1. El HANS va ser desenvolupat com a resposta a les lesions al cap i al coll dels pilots en accidents greus, i ha demostrat ser fonamental per prevenir aquest tipus de lesions. D'altra banda, el HALO, tot i les inicials crítiques, ha estat un element de protecció vital per evitar que objectes o altres cotxes impactin amb el cap del pilot en accidents com el de Max Verstappen a Monza i el de Guanyu Zhou a Silverstone. Aquests sistemes han estat fonamentals per fer de la Fórmula 1 un esport més segur i han salvat vides en situacions perilloses.

4. Sistemes de seguretat passiva i d'extinció d'incendis

4.1 El Cockpit

En el món de la Fórmula 1, la seguretat passiva i els sistemes d'extinció d'incendis són components crucials per garantir la integritat dels pilots en situacions d'emergència. Un dels elements de seguretat més importants en els monoplaces moderns és el cockpit, que ha estat dissenyat per resistir impactes i col·lisions de manera efectiva.

Aquesta característica proporciona als pilots una protecció addicional en cas d'accidents violents.

Consisteix en una estructura feta principalment de fibra de carboni i altres materials compostos que està situada al voltant del cos del pilot i el protegeix de qualsevol impacte, es va introduir a la F1 a finals dels anys 90 per l'escuderia McLaren.



imatge 12. Cockpit d'un Formula 1 (font: <https://n9.cl/9qtv3>)

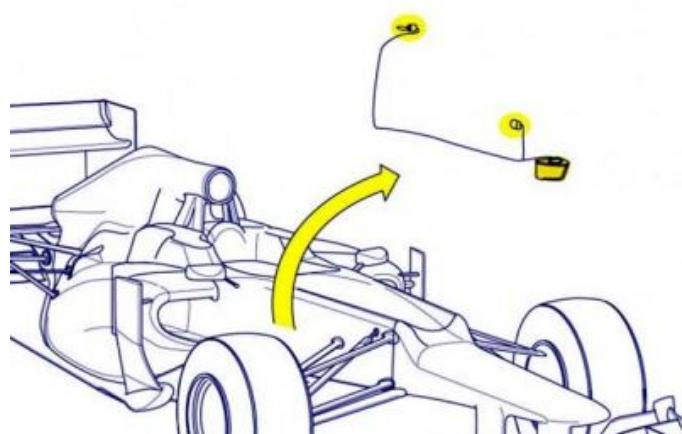
Gràcies a aquesta estructura Robert Kubica, pilot polac, es va salvar de la mort a l'any 2007, quan al Gran Premi de Canadá va xocar a 280 km/h contra el mur. El seu cotxe va quedar totalment destrossat, menys el *cockpit*. Va sortir sense cap tipus d'ajuda de la cabina i només va tenir un simple esquinç al turmell. Sense el *cockpit*, hauria estat un accident fatal sense cap tipus de dubte.



imatge 13. Cotxe de Robert Kubica després de l'accident (font: <https://n9.cl/f8d7m>)

4.2 Sistemes d'extinció d'incendis

Els sistemes d'extinció d'incendis també són crítics en aquest esport de gran velocitat. Donada la quantitat d'elements inflamables i combustibles presents en els monoplaces, és essencial tenir un sistema d'extinció d'incendis eficaç. Començarem amb l'extintor, cada monoplaca ha d'estar equipat amb un sistema extintor al *cockpit* que va col·locat a sota dels genolls del pilot i que només pot aprovar la FIA. En cas d'incendi, el sistema es pot activar des de fora del vehicle amb un interruptor que fa que el cotxe s'ompli d'escuma al voltant del xassís i del motor.



imatge 14. Sistema d'extinció d'incendis, indicat amb una fletxa (font: <https://n9.cl/l4rbmt>)

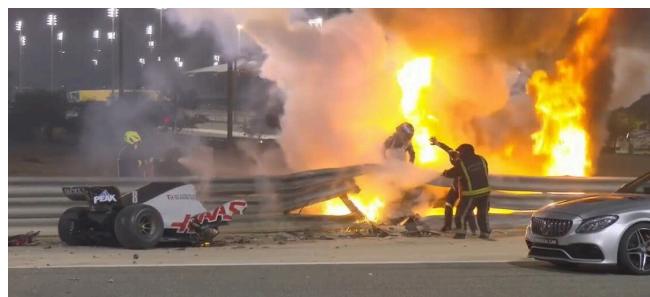
La balaclava es un altre element present a la F1 i que es imprescindible per als pilots, consisteix en una màscara feta de Nomex, una fibra molt lleugera i que protegeix als pilots de cremades. La balaclava cobreix el cap dels pilots deixant a la vista només els ulls i el nas. Apart d'això, els guants i les botes dels pilots estan fetes del mateix material, que pot suportar temperatures de fins a 800 graus durant un petit període de temps.



imatge 15. Fernando Alonso amb la balaclava posada (font: <https://n9.cl/hwwi6p>)

Un altre peça molt important per evitar lesions per incendis és el mono dels pilots, està fet per fibres tractades químicament, que aguanten fins a 11 segons sota temperatures superiors als 800 graus. Els 11 segons són el temps que considera la FIA òptims per sortir d'un vehicle en flames.

Un esdeveniment recent que destaca la importància d'aquests sistemes de seguretat és l'accident de Romain Grosjean al Gran Premi de Bahrein del 2020. En aquest incident, el cotxe de Grosjean va impactar violentament contra les barreres de protecció i es va incendiar. Malgrat la gravetat de l'accident, Grosjean va sortir sa i estalvi gràcies als protocols de seguretat passiva i al sistema d'extinció d'incendis que van funcionar com calia.



imatge 16. Romain Grosjean sortint de les barreres de protecció després d'impactar amb elles (font: <https://n9.cl/h9bu1>)

5. Impacte Ambiental i Seguretat

La Fórmula 1, un esport conegut per les seves innovacions tecnològiques i la recerca constant de la velocitat i l'eficiència, també ha estat objecte de canvis significatius en la seva aproximació a la sostenibilitat i l'impacte ambiental. En aquest apartat, explorarem com la tecnologia i la innovació han conduït a canvis que busquen reduir l'empremta ecològica d'aquest esport d'elit. A mesura que el món es consciència cada vegada més de la importància de la sostenibilitat, la Fórmula 1 ha hagut d'adaptar-se i evolucionar per mantenir-se rellevant i responsabilitzar-se amb el medi ambient.

5.1 Motors híbrids i Sostenibilitat

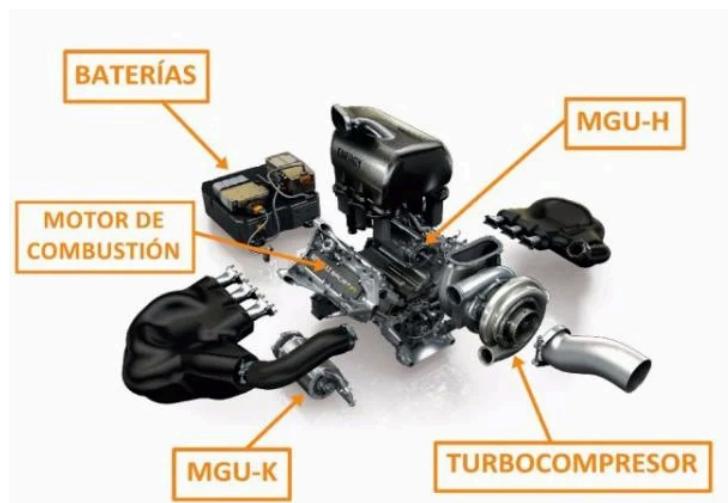
5.1.1 La era híbrida de la Fórmula 1

A finals de la dècada de 2000, la Fórmula 1 es va enfocar al repte de ser més ecològica i sostenible, sense perdre la seva essència de competició de màxima velocitat. Aquesta crida a la sostenibilitat va portar a la introducció dels motors híbrids a la F1 a partir de la temporada 2014. Aquesta nova era va veure la sortida dels motors V8 i la incorporació dels motors V6 Turbo Híbrids, que van marcar un canvi transcendent.

Els motors híbrids van portar avantatges significatius per als cotxes d'F1. La combinació de motors de combustió interna amb sistemes d'eficiència energètica com els motors elèctrics va permetre als cotxes obtenir més potència amb menys consum de combustible. Aquesta millora de l'eficiència va tenir un impacte directe en el rendiment general dels cotxes, oferint una acceleració més ràpida i una major velocitat màxima.

Parlant del consum, els motors de combustió antics arribaven a consumir una mitjana de 80-100 litres per cada 100 km, amb la introducció dels motors híbrids es va reduir fins als 34 litres per cada 100 km que tenim actualment, una xifra rècord tenint en compte les velocitats i les forces a les que son sotmesos aquests cotxes.

El motor V6 consta de varíes parts, ens fixarem concretament en les parts elèctriques com pot ser el MGU-K (Motor Generator Unit-Kinetic), que consisteix en un recuperador d'energia cinética que transforma l'energia perduda quan frena el cotxe, en energia cinética. La bateria es on s'emmagatzema l'energia recuperada per el MGU-K i dona una acceleració molt gran al pilot. Continuem amb el MGU-H, o Motor Generator Unit-Heat, que és un generador de calor del motor que genera potència elèctrica amb l'excés de calor del tub d'escap. Finalment, tenim el ECU (unitat de control electrònic o centralita electrònica), és una part imprescindible del motor, és com un ordinador petit que connecta i transmet dades (pressió d'oli, temperatura...) als ingeniers que estan al box.



Imatge 17. Parts del motor V6 híbrid indicades amb fletxes (font: <https://n9.cl/6b8po>)

Les unitats de potència de la Fórmula 1 van superar el 50% d'eficiència energètica el 2017 i actualment es mouen en xifres properes al 53%. Això vol dir que més de la meitat de l'energia generada per la combustió del combustible s'aprofita en forma de potència. Aquesta fita no té precedents a la indústria, ja que els motors de gasolina convencionals rarament superen el 30% d'eficiència, mentre que els motors dièsel i híbrids disponibles al mercat generalment no arriben al 45% d'eficiència.

Des de la seva introducció, els motors híbrids a la Fórmula 1 han continuat evolucionant, amb desenvolupaments constants en la tecnologia i les prestacions dels

vehicles. Aquesta era ha estat un camp d'investigació i desenvolupament per a la indústria de l'automobilisme, amb moltes de les innovacions que s'han provat a la F1 que s'han traslladat a vehicles de producció.

Aquesta transformació significativa en la Fórmula 1 ha reforçat la seva posició com a líder en tecnologia i innovació en l'automobilisme, alhora que s'ha adaptat als reptes actuals de la sostenibilitat i l'eficiència energètica.

5.1.2 Avantatges ambientals dels motors híbrids

Els motors híbrids de la Fórmula 1 també ofereixen diversos avantatges ambientals, que esdevenen crucials en l'era moderna de la consciència ecològica i la sostenibilitat. Un dels avantatges més destacats és la reducció d'emissions contaminants. Diferent dels motors de combustió pura, els motors híbrids combinen l'ús d'un motor de combustió interna amb sistemes elèctrics i bateries. Aquesta combinació permet una major eficiència energètica i, per tant, menys emissions de gasos contaminants com el diòxid de carboni (CO₂) i les partícules tòxiques.

A més, els motors híbrids de la F1 poden operar en modes elèctrics purs en determinades situacions, com durant les zones de seguretat del cotxe de seguretat o en les parades als pits. Això redueix encara més les emissions i el soroll ambiental, fet que és especialment important en circuits urbans o altres ubicacions sensibles al medi ambient.

Finalment, aquests motors també serveixen com a plataforma de desenvolupament per a la tecnologia que pot ser aplicada als cotxes de carrer en un futur. Aquesta transferència de coneixement i tecnologia pot accelerar els avenços en la indústria automobilística i contribuir a la creació de vehicles més eficients i ecològics per al consumidor mitjà.

Així, els motors híbrids han estat una fita en la Fórmula 1, no només pel seu rendiment a les pistes sinó també pels beneficis que aporten des del punt de vista mediambiental i tecnològic.

5.2 Innovacions sostenibles

5.2.1 Sistemes i innovacions per reduir l'impacte ecològic a la F1

L'esport de la F1 ha estat sotmès a una creixent pressió per ser més ecològic i sostenible, i molts dels seus actors han pres mesures per abordar aquesta qüestió de cara.

Un dels canvis més significatius ha estat la transició cap a fonts d'energia més netes i eficients. Els motors híbrids ja esmentats, que combinen un motor de combustió interna amb components elèctrics, han estat un pas important en aquesta direcció. Aquests motors són més eficients en la utilització de combustible i emeten menys contaminants, el que contribueix a reduir l'impacte ambiental.

A més, la FIA i els equips han pres mesures per minimitzar les emissions de carboni associades als desplaçaments dels equips i les curses. Això inclou l'ús de biocombustibles, l'optimització dels trajectes de viatge i la millora de l'eficiència logística en general. També s'han impulsat pràctiques més sostenibles als circuits, com la gestió de residus i l'ús de fonts d'energia renovable.

La Fórmula 1 també ha promogut la consciència mediambiental i la sostenibilitat a través de campanyes i iniciatives. Aquests esforços inclouen la iniciativa "Net Zero Carbon" per a l'any 2030, que pretén fer que la F1 sigui neutral en emissions de carboni i l'ús de tecnologies i materials més sostenibles per a la fabricació de cotxes i altres components.

5.2.2 Tecnologia i sistemes per a la sostenibilitat

Recentment, l'esport s'ha orientat cap a la recerca de solucions tecnològiques que redueixin l'impacte ambiental.

Un exemple és la utilització de biocombustibles més amigables amb el medi ambient i menys contaminants que els utilitzats prèviament. Els equips de la F1 han estat experimentant amb biocombustibles derivats de fonts renovables, com l'oli de ricí i altres biocombustibles avançats, que podrien substituir els carburants fòssils convencionals. Aquesta tecnologia no només redueix les emissions de carboni, sinó que també pot contribuir a la independència energètica i la sostenibilitat.

A més, l'ús de materials més lleugers i sostenibles en la construcció dels cotxes és una altra àrea d'interès. Els materials compostos, com la fibra de carboni esmentada anteriorment, s'han utilitzat de manera extensa per reduir el pes dels vehicles, augmentant l'eficiència dels cotxes i reduint les emissions. Així mateix, la recerca en bateries i motors elèctrics ha obert la porta a futurs desenvolupaments que podrien portar a vehicles de Fórmula 1 més sostenibles i eficients.

També hem de tenir en compte les estratègies que els equips de la F1 han implementat per minimitzar l'impacte ambiental en els circuits i les instal·lacions de l'equip. Aquestes inclouen la reciclatge de residus, l'ús d'energia renovable en les instal·lacions i altres pràctiques sostenibles.

5.2.3 La Iniciativa "Net Zero Carbon" i el Futur Sostenible

Un dels punts més destacats en el compromís de la Fórmula 1 amb la sostenibilitat és la seva iniciativa "Net Zero Carbon," que pretén fer de l'esport automobilístic un model de referència per a la reducció d'emissions de carboni. Aquesta iniciativa va ser anunciada amb l'objectiu de convertir la Fórmula 1 en una competició neutra en carboni per a l'any 2030.



imatge 18. Poster de la Fórmula 1 en relació a la seva campanya “Net Zero 2030”
(font: <https://n9.cl/fln93>)

Aquest compromís inclou una sèrie de mesures importants. En primer lloc, es busca reduir les emissions de carboni associades a les activitats de la F1, incloent les emissions provinents dels cotxes de carrera, les instal·lacions dels equips i els desplaçaments. Això implica la utilització de biocombustibles més sostenibles, l'ús d'energia renovable en els circuits i l'optimització de la logística per reduir les emissions de transport.

A més, la iniciativa "Net Zero Carbon" inclou programes de compensació d'emissions per aquelles emissions que no es puguin evitar. Aquesta compensació es realitza mitjançant la inversió en projectes de captura de carboni o altres iniciatives sostenibles. La Fórmula 1 va emetre un comunicat en el que va assegurar estar “desarrollando un combustible 100% sostenible que se utilizará en las unidades de potencia a partir de 2026, en línea con la introducción de los motores híbridos de nueva generación”.

L'objectiu final és que la Fórmula 1 sigui una competició amb un impacte net zero en les emissions de carboni. Aquest compromís no només té implicacions importants per a la sostenibilitat de l'esport, sinó que també pot tenir un efecte d'arrossegament en altres indústries i en la consciència mediambiental de la societat. Per intentar assolir aquest objectiu, una mesura que ha pres la F1 ha sigut reorganitzar el calendari de curses.

En resum, la iniciativa "Net Zero Carbon" de la Fórmula 1 és un exemple fantàstic de com l'esport automobilístic pot liderar el camí cap a un futur més sostenible, influir en altres sectors i contribuir a la lluita global contra el canvi climàtic, tot això, sense perdre la potència i velocitat dels motors i l'espectacle que ens ofereix aquest esport.

5.3 Impacte de la sostenibilitat en les curses

5.3.1 Canvis en la dinàmica de curses

Amb les restriccions de combustible, els equips han de gestionar més eficaçment el seu ús de combustible. Això ha donat lloc a una dinàmica de carreres diferent, amb pilots que han de ser més conscients del seu estil de conducció per assegurar-se que no es quedin sense combustible abans de l'arribada. Aquest factor ha creat un element d'estratègia addicional a les curses.

Amb la utilització de motors híbrids, els equips han de gestionar la potència elèctrica i de combustió. Això implica decidir quan utilitzar la potència elèctrica emmagatzemada i quan utilitzar la potència del motor de combustió interna. Aquesta gestió de la potència pot canviar el curs de la cursa i influir en les estratègies de carrera dels equips.

Els motors híbrids poden recarregar les bateries utilitzant energia regenerativa, com la frenada regenerativa. Això significa que els pilots han de ser estratègics en com i quan frenen per aprofitar al màxim aquesta recàrrega, cosa que afecta la seva estratègia de carrera.

Tot aquest enfocament en la gestió de recursos ha canviat la forma en què es desenvolupen les carreres i les tàctiques dels equips. La importància de conservar combustible i utilitzar l'energia elèctrica de manera eficient s'ha convertit en un element crucial per aconseguir bons resultats.

La tecnologia híbrida també ha influït en les estratègies de pits. Els equips poden decidir quan carregar les bateries o canviar-ne les bateries, la qual cosa pot afectar la durada de la cursa i les oportunitats d'avançar als rivals.

5.3.2 Influència en la seguretat dels pilots

La tecnologia híbrida també ha tingut un impacte en la seguretat dels pilots. Si bé els motors híbrids poden ser més eficients i fiables, també introduceixen nous reptes en termes de seguretat elèctrica i maneig dels components híbrids.

En primer lloc, els motors híbrids han introduït canvis significatius en la forma com els cotxes de F1 es dissenyen i es construeixen. La integració dels motors elèctrics i de combustió en les unitats de potència ha portat a una redistribució del pes del cotxe, col·locant les bateries i els components elèctrics en ubicacions estratègiques per millorar la seva estabilitat. Aquest canvi en la distribució del pes ha contribuït a fer que els monoplaces siguin més previsibles i manejables, cosa que redueix els riscos d'accidents incontrolables.

Un altre aspecte rellevant és l'ús de sistemes híbrids per proporcionar energia adicional al motor elèctric, especialment durant les frenades. Això no només millora l'eficiència energètica sinó que també ajuda a reduir la velocitat del cotxe de manera més controlada i segura. En situacions d'emergència, aquests motors elèctrics poden actuar com a generadors per a sistemes de seguretat addicionals, com l'activació dels sistemes d'extinció d'incendis o l'alliberament dels ganxos de remolc.

D'altra banda, els motors híbrids han afegit una capa addicional de seguretat gràcies a la seva funcionalitat de baix nivell de soroll quan funcionen en mode totalment elèctric. Això permet als pilots i al personal de pista sentir ràpida i clarament els avisos acústics o els senyals d'emergència, ja que no estan envoltats pel soroll ensordidor del motor de combustió interna. En situacions d'evacuació, aquest silenci proporciona una comunicació més efectiva i ràpida entre els pilots i els equips de seguretat.

En resum, la transició cap als motors híbrids a la Fórmula 1 no només ha millorat l'eficiència i la sostenibilitat dels cotxes, sinó que també ha contribuït a fer que aquests siguin més segurs per als pilots. La integració de tecnologies elèctriques i de baix impacte ambiental ha augmentat la previsibilitat, la maniobrabilitat i la comunicació en situacions crítiques, la qual cosa reforça el compromís de la Fórmula 1 amb la seguretat dels seus participants.

6. Conclusions i perspectives de futur

6.1 Implicacions positives i reptes pendents

Les implicacions positives de la Fórmula 1 i les seves innovacions han sigut varietat:

- Desenvolupament Tecnològic: La Fórmula 1 ha estat un laboratori d'innovació per a la indústria de l'automòbil. Els avenços tecnològics en aerodinàmica, materials i motors han tingut una influència significativa en el desenvolupament de cotxes de carretera més segurs i eficients.
- Seguretat: La investigació en seguretat a la F1 ha ajudat a millorar la seguretat dels cotxes de curses i, en última instància, dels cotxes de carretera. Innovacions com el HANS i el HALO han estat adoptades per altres categories de curses i fins i tot per a vehicles de consum. Inclòs els sistemes d'extinció d'incendis han estat adoptats per varietat marques de cotxes convencionals.

- Responsabilitat Ambiental: La iniciativa "Net zero 2030" de la F1 mostra un compromís amb la reducció de l'impacte ambiental. Això pot inspirar altres esports i empreses a prendre mesures per reduir les seves emissions i adoptar tecnologies més netes.

Per la part dels reptes pendents, encara hi han varies coses a tenir en compte per a que aquest esport aconsegueixi ser gairebé perfecte, entre elles trobem:

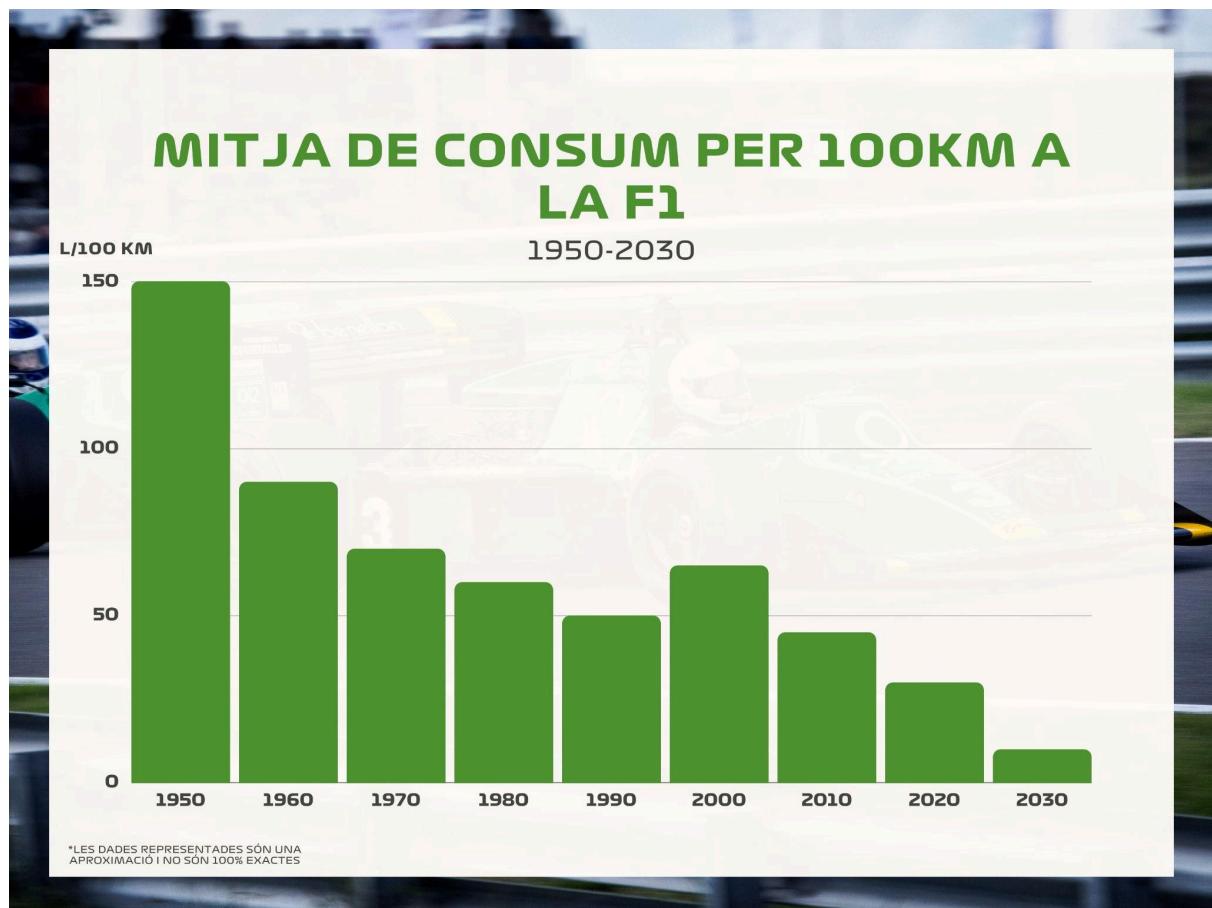
- Costos Elevats: La inversió en tecnologia, seguretat i sostenibilitat a la F1 és massiva. Això pot crear desigualtats entre els equips petits i grans i augmentar la barrera d'entrada per a nous competidors.
- Impacte Ambiental de les Carreres: Tot i els esforços per ser més sostenibles, les curses de F1 encara tenen un impacte ambiental significatiu, com el consum de combustible i les emissions de carboni. Reduir aquest impacte és un repte continu. Recordem que estem encara al 2023, i falten 7 anys per intentar assolir l'objectiu proposat per la F1.
- Equilibri Tecnològic: Assegurar un equilibri entre la tecnologia i les habilitats del pilot és essencial per mantenir la competitivitat i l'emoció a la F1. L'automatització excessiva podria disminuir l'atractiu de les curses.

En conclusió, la Fórmula 1 ha abordat amb èxit molts dels reptes relacionats amb la tecnologia, la seguretat i la sostenibilitat, i ha generat un impacte positiu en la indústria de l'automòbil i la consciència ambiental. Tanmateix, encara hi ha reptes i obstacles per superar, com els costos elevats i la necessitat de minimitzar l'impacte ambiental. La F1 continuarà sent un terreny fèrtil per la innovació i una plataforma per a la investigació en aquests àmbits.

Així doncs, podem afirmar que la recerca constant de evolucionar els cotxes, instalacions i la seguretat del pilots, alhora que s'investiguen maneres de fer l'esport més sostenible no ha tingut cap inconvenient i s'ha pogut mantenir l'espectacle de sempre amb una reducció important d'accidents i de consum.

7. Part pràctica

En aquest apartat, compararé l'avenç tecnològic i les diferents mesures de seguretat que s'han anat implementant amb el consum dels motors i el nombre d'accidents fatals que hi ha hagut al llarg de l'història d'aquest esport. Al final, podrem observar si, efectivament, aquests dos factors han tingut una relació directe amb la disminució de les morts en carrera a la Fórmula 1.



Imatge 19. Gràfic de consum dels motors al llarg de l'història de la F1

Començarem amb el consum, com podem veure a la gràfica el consum dels motors ha anat baixant cada vegada més al llarg dels anys, això és gràcies en part a les mesures tecnològiques implantades i als coneixements adquirits per els enginyers, apart dels nous materials. A la dècada dels anys 50 el consum dels motors era exagerat, arribant als 150 L per 100 km com podem veure a la gràfica. Aquells motors comptaven amb 350 cavalls de potència i 1.5L, però els feien treballar massa durant les curses i això

provocava un consum molt elevat. Als anys 60 es va poder reduir fins als 85 L aproximadament baixant la potència als 200CV i augmentant la cilindrada a 8, el consum es va continuar reduint fins als 25-30 L que consumeixen els cotxes de F1 actuals. Cal recalcar l'any 2000, on el consum va augmentar una mica a conseqüència dels nous motors imposats, els V10. Cap a la dècada dels anys 2010, es van introduir els motors V8 de 2.4L, que encara consumien bastant degut al poc coneixement de la tecnologia de recuperació d'energia, pràcticament inexistent en aquells anys.

A partir de la temporada 2014, la F1 va fer la transició als motors V6 turbo carregats elèctricament (coneguts com a motors híbrids). Aquest canvi va ser impulsat per la necessitat de millorar l'eficiència i reduir les emissions de carboni. Aquests nous motors eren més petits, menys contaminants i més eficients en consum de combustible gràcies a la recuperació d'energia dels sistemes d'ERS (Energy Recovery System). Finalment, a l'any 2030 es preveu una disminució fins als 10-15 L i unes emissions de 0%.

Els equips de Fórmula 1 han après a gestionar la potència i l'ús dels components de la PU (Unitat de potència) per optimitzar el consum de combustible al llarg d'una cursa. Això implica estratègies d'estalvi de combustible i ús eficient de l'energia emmagatzemada. A més, les regulacions de la Fórmula 1 han canviat per afavorir l'eficiència energètica i reduir el consum. Això inclou límits de flux de combustible i la introducció de combustibles més sostenibles.

Tot aquest avanç s'ha aconseguit gràcies a la evolució tecnològica al llarg dels anys i, sobretot, gràcies als nous descobriments de fòrmules per fer que els motors consumeixin menys per part dels enginyers. Mesures de seguretat com cobrir els tancs de gasolina o moure el motor a la part posterior del cotxe també han ajudat amb la reducció del consum i les emissions, ja que han fet que el motor hagi hagut de canviar i fer-se més petit o d'una altra forma per no consumir tant.



Imatge 20. Gràfic d'accidents mortals des de 1953 a 2023

Com podem observar en aquest gràfic, els accidents mortals han anat disminuint exponencialment al llarg de l'història. A l'any 1953, començaments de la F1, el nombre d'accidents per carrera era una exageració comparat amb avui en dia, i el nombre d'accidents que acabaven d'una manera fatal era molt alt, en concret 23. Per què succeia això? Doncs molt fàcil, perquè no hi havia cap mesura de seguretat per els pilots més que el sistema de frens, ni tan sols el gruix dels pneumàtics era l'òptim per a oferir una major superfície de contacte, la qual cosa feia que els cotxes perdessin adherència i els xocs fossin una cosa habitual. Tampoc existia el cinturó ni el casc, que van ser introduïts més endavant.

Córrer en aquelles condicions era inviable, i per el final dels anys 50 el casc va passar a ser d'ús obligatori, es va canviar el sistema de frens de tambor a disc i es va colocar el motor a la part posterior del cotxe, aconseguint així una major estabilitat. Cap al

1961, es van introduir les barres antibolcada, però els organitzadors es van adonar que molts dels accidents es devien al fet que els pilots no podien saber quan algun competidor que els avançava, xocava, per la qual cosa en 1963 es va implementar l'ús de les banderes en diferents parts de la pista. Tot això va provocar una disminució molt gran dels accidents fatals, com podem veure al gràfic es va passar dels 23 morts al 1953 als 4 morts de 1963.

Els incendis en els cotxes no van disminuir, per la qual cosa en 1969 es va incorporar un sistema de doble extintor en el monoplaça, ja que en molts casos l'extintor principal no es podia accionar. Un dels anys més importants en matèria de seguretat va ser 1972. Es va integrar un suport per el cap (en la part posterior del casc, sobre el cotxe) perquè no tinguessin tant de moviment; i en la part posterior de l'acte es va instal·lar una llum vermella, perquè pogués veure's en les carreres sota pluja. Finalment es va fer obligatori el cinturó seguretat de 6 punts i els tancs de gasolina es cobrien per a evitar fugides.

Va ser en 2003 quan es va instaurar l'ús obligatori de l'HANS (suport de coll i cap); millors en els cascós; proteccions laterals al cockpit, l'arribada de l'HALO (2018) i fins i tot enginyeria aplicada perquè el tanc de gasolina no produueixi incendis com el que es va presentar en l'accident de Romain Grosjean.

Excepte l'any 1994 i 2014, on van tenir lloc dos accidents puntuals on desgraciadament van morir dos pilots, des de l'any 1983 fins a l'actualitat no ha mort cap més pilot. Pilots, equips i organitzadors, treballen cada any en les millores, que van des de retirar les "bananes" (elements amb relleu en la pista) en algunes corbes, fins al disseny del cotxe. Les comissions de seguretat no descansen, i encara que les mesures no siguin visibles per als espectadors, cada cap de setmana s'implementen noves reglamentacions per a evitar lesions o accidents en la màxima categoria.

En conclusió, podem veure com clarament l'avanç tecnològic i sostenible ha reduït significativament els accidents fatals a la Fórmula 1 al llarg dels anys, i que s'ha pogut augmentar la potència i la rapidesa dels cotxes sense deixar de banda el consum i, a més, sense perjudicar als pilots.

Webgrafía:

Requejo Rodríguez, P. (2015). *La transformación de la Fórmula 1 a través de la tecnología y la seguridad*. ThinkBig.

<https://blogthinkbig.com/la-transformacion-de-la-formula-1-a-traves-de-la-tecnologia-y-la-seguridad> [20/09/2023]

García Vita, R. (2017, 02 08). *La Fórmula 1 desde 1950 hasta 1980: evolución e innovación exponencial*. TopGear.

<https://www.topgear.es/noticias/motorsport/evolucion-coches-f1-1950-hoy-89062>
[24/09/2023]

El Busto Suárez, J. (2020, 08 15). *Los motores y consumos en la Fórmula 1: ¿Podrá ser un deporte sostenible?*. MomentoGP.

<https://www.momentogp.com/los-motores-y-consumos-en-la-formula-1-podra-ser-un-deporte-sostenible/> [30/09/2023]

HUB México. (2018, 10 27). *Así ha sido la evolución del diseño de los autos de Fórmula 1*. AD México.

<https://www.admagazine.com/gran-diseno/conoce-la-evolucion-diseno-de-los-autos-formula-uno-20181027-4757-articulos> [01/10/2023]

Lorenzo, S. (2013, 06 06). *Fibra de carbono: guía básica para conocer uno de los materiales más importantes de la F1 actual*. CarAndDriver.

<https://www.caranddriver.com/es/formula-1/a28944/fibra-de-carbono-guia-basica-para-conocer-uno-de-los-materiales-mas-importante/> [01/10/2023]

Cadence. (2022, 09 21). *Formula 1:How F1 Teams Use Telemetry, Control, and analytics to Go Faster*. Cadence.

https://community.cadence.com/cadence_blogs_8/b/corporate/posts/formula-1-how-f1-teams-use-telemetry-control-analytics-to-go-faster#:~:text=internal%20combustion%20engine.-,The%20importance%20of%20telemetry%2C%20control%20and%20analytics%20to%20F1%20teams,in%20the%20race%20and%20season. [02/10/2023]

Goodyear. (2020, 10 07). *Sistema HANS: ¿qué es? Uso en competición, ventajas y actualidad*. Goodyear.

<https://kilometrosquecuentan.goodyear.eu/sistema-hans/#:~:text=El%20cuerpo%20del%20HANS%20es,conductor%2C%20el%20llamado%20latigazo%20vertical>.
[02/10/2023]

RTVE Noticias. (2022, 07 04). *¿Qué es el HALO?*. RTVE.

 F1: ¿QUÉ es el HALO, el SISTEMA de SEGURIDAD que EVITÓ la MUERT...
[03/10/2023]

Marañón, M. (2022, 07 28). *¿Qué es el halo? El sistema de seguridad de F1 que salvó la vida a Lewis Hamilton en su accidente con Max Verstappen*. DAZN.

<https://www.dazn.com/es-ES/news/motor/que-es-el-halo-el-sistema-de-seguridad-de-f1-que-salvo-la-vida-a-lewis-hamilton-en-su-accidente-con-max-verstappen/1j0hd2vtf2jhk1bs5rbynubdyq> [03/10/2023]

Torralba, J.M. (2023, 01 03). *Los materiales que convierten un coche de Fórmula 1 en la máquina más rápida y segura*. The Conversation.

<https://theconversation.com/los-materiales-que-convierten-un-coche-de-formula-1-en-la-maquina-mas-rapida-y-segura-194672#:~:text=El%20cockpit%20como%20chaleco%20salvavidas&text=La%20escudería%20Mc%20Laren%20fue,las%20de%20un%20buen%20acero>. [04/10/2023]

Grupo Philadelphia. *Protección contra incendios en la Fórmula 1. Grupo Philadelphia.*

<https://grupophiladelphia.com.mx/proteccion-contra-incendios-en-la-formula-1/>

[05/10/2023]

Alanís, F. (2014, 12 02). *¿Qué llevan puesto los pilotos de Fórmula Uno y por qué es tan importante?.* Sopitas.com

<https://www.sopitas.com/noticias/que-llevan-puesto-los-pilotos-de-formula-uno-y-por-que-es-tan-importante/> [05/10/2023]

Serrano Aparicio, A. (2017, 09 10). *Análisis técnico: ¿Cómo funciona un motor V6 turbo-híbrido de F1?.* Vavel.

<https://www.vavel.com/es/motor/2017/09/10/formula1/826225-analisis-tecnico-como-funciona-un-motor-v6-turbo-hibrido-de-f1.html> [09/10/2023]

Plaza, D. (2021, 11 11). *7 años después, la F1 se da cuenta de que tiene el motor más sofisticado del mundo.* Motor.es

<https://www.motor.es/formula-1/f1-promocion-logo-motor-hibrido-202182596.html>

[09/10/2023]

Palco23. (2022, 12 09). *La Fórmula 1, sin emisiones en 2030.* Palco23.

<https://www.palco23.com/fuera-de-juego/la-formula-1-sin-emisiones-en-2030>

[10/10/2023]

Racing Atmosphere. (2020): *Los motores en la Fórmula 1: Los motores híbridos.* Amazon Kindle.

<https://www.amazon.es/Los-motores-Formula-hibridos-ebook/dp/B084D1MBCQ>

[10/10/2023]

López, J.M. (2023, 04). *Combustibles sostenibles: qué son y cómo funcionan los combustibles sintéticos que llegan a la Fórmula 1 y a los coches de calle.* BlogThinking.

<https://blogthinkbig.com/combustibles-sostenibles-formula-1> [28/10/2023]

F1 Fansite. *Lista de pilotos de Fórmula 1 que murieron en las carreras.* F1 Fansite.

<https://www.f1-fansite.com/es/f1-drivers/list-of-formula-1-drivers-that-died-racing/>
[28/10/2023]

Carlos. (2012, 08 13). *¿Cuánto consume un coche de fórmula 1?* Negriza.

<https://negriza.com/cuanto-consume-un-coche-de-formula-1/> [29/10/2023]

Coronel, D. (2019 04 14). *Cómo evolucionaron los autos de Fórmula 1 a lo largo de las 1000 carreras.* Infobae.

<https://www.infobae.com/america/deportes/2019/04/14/como-fue-la-evolucion-de-los-autos-de-formula-1/> [29/10/2023]