



Aerodynamic Properties Influencing a "Formula 1" Vehicle by Means of CFD

Stalin Daniel Diaz Guayllas

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

August 14, 2021

Propiedades aerodinámicas que influyen en un vehículo de "Formula 1" a través de CFD

Aerodynamic properties influencing a "Formula 1" vehicle by means of CFD

Resumen — Uno de los fluidos que mayor impacto tiene en un vehículo de "Formula 1" es el aire, por lo que es muy importante estudiar las fuerzas que actúan sobre la carrocería del vehículo a través de la aerodinámica. Aunque a primera vista podemos darnos cuenta que un vehículo ordinario es diferente a un vehículo de "Formula 1" su análisis cuantitativo es muy importante para comprender la resistencia que tiene el monoplaza en presencia del aire. La siguiente investigación comenzará con el modelo de una carrocería de "Formula 1" obtenido de la página GrabCAD (Roy, 2019) y se utilizará el CFD que nos brinda el software SolidWorks 2020 (Corporation, 2020) para calcular parámetros sobre el coeficiente de arrastre, líneas de fluido del aire y presión que actúan directamente en la carrocería del automóvil que serán presentados en los resultados de esta investigación.

Palabras Clave – *Aerodinámica, CFD, Formula 1, Coeficiente de arrastre.*

Abstract — One of the fluids that most affects a Formula 1 vehicle is air, so it is very important to study the forces acting on the body of the vehicle through aerodynamics. Although at first glance we can realize that an ordinary vehicle is different from a Formula 1 vehicle, its quantitative analysis is very important to understand the resistance that the car has in the presence of air. The following research will start from the model of a "Formula 1" car body obtained from GrabCAD [1] and the CFD provided by the SolidWorks 2020 software [2] will be used to calculate the parameters about the drag coefficient, the air fluid lines and the pressure acting directly on the car body that will be presented in the results of this research.

Keywords - *Aerodynamics, CFD, Formula 1, Drag coefficient*

I. INTRODUCCIÓN

Desde la creación del primer auto a lo largo de la historia, los ingenieros han buscado crear vehículos que posean una mayor velocidad, apoyándose desde los conceptos básicos de la mecánica y física del auto.

Aunque en el siglo XIX estos estudios aerodinámicos eran más de intuición que de ciencia, fue con la competencia conocida hoy en día como Formula 1 donde se pudo adaptar y comprobar estudios aerodinámicos en la fabricación de vehículos en serie.

Durante los años de 1875 a 1920 el progreso en el estudio de análisis y técnicas analíticas auxiliares al análisis de elementos finitos fueron pocas, esto debido a las limitaciones existentes para solucionar el sistema de ecuaciones algebraicas. Con el uso de softwares de simulación computacional junto con el estudio de fluidos, se logra entender el objetivo principal que cumple la aerodinámica en las diferentes concepciones de modelo o fabricación de un nuevo auto.

Por lo tanto, el conocimiento de este método puede ser aplicado en una amplia gama de ingenierías, tal es el caso en la ingeniería automotriz que han permitido crear nuevas concepciones innovadoras físicas y técnicas para lograr obtener un gran rendimiento del auto con el medio en el que se ve afectado.

A. Aerodinámica y efecto suelo.

1. **Aerodinámica:** Es aquella ciencia que estudia la relación que existe entre los fluidos del aire y otros gases con respecto a un cuerpo que generalmente se encuentra en movimiento
2. **Efecto suelo:** Ocurre cuando hay una diferencia entre la presión aplicada por encima del vehículo y la presión que existe por debajo de él (Fernández, 2011). Esta desigualdad de presiones tiene como resultado una mejor “tracción” del vehículo hacia el suelo, mejorando las capacidades de agarre de las ruedas para obtener un mayor rendimiento de la potencia del auto.

B. Dinámica de fluidos computacional.

Conocido por su nombre en inglés como Computational Fluid Dynamics, tiene objetivo aportar soluciones eficaces y eficientes en el diseño de productos (Ojeda Escoto Pedro, 2009). Todos los programas de CFD se estructuran en torno a algoritmos numéricos que pueden abordar problemas de flujo de fluidos (Malalasekera, 2007). Además, cada software incluye una interfaz de interacción con la persona que permite ingresar valores de parámetros para posterior analizar estos resultados.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Simulación del modelado

El modelo utilizado para esta investigación fue importado de GraBCAD (Roy, 2019), cabe recalcar que se consideró aspectos de medidas en relación con la carrocería real de un auto de F1. Para el inicio del análisis de esta carrocería se usa el software SolidWorks (Corporation, 2020) en donde se generará la interfaz de manejo del cuerpo en 3D.

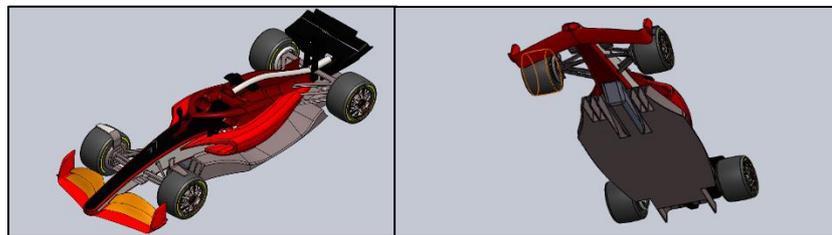


Fig. 1. Vista isométrica y planta del modelo en 3D

B. Diseño de placa base

Se genera un modelado de una placa que tendrá la función de simular las condiciones del suelo en la vida real. Seguidamente se crean restricciones de coincidencia y movimientos entre esta placa y las ruedas de la carrocería.

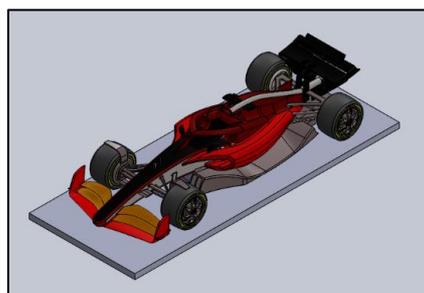


Fig. 2. Creación de placa base con restricciones de movimiento

C. Computational Domain

Para este punto se utilizará el software SolidWorks (Corporation, 2020) mediante su opción presente en su interfaz llamada Flow Simulation.

Antes de crear el respectivo Computational Domain es necesario inspeccionar minuciosamente el modelo importado, con el objetivo de identificar si existen posibles errores. Una vez comprobado que todo el modelado de la carrocería en 3D no posee fallas se genera el respectivo estudio de análisis. En este cálculo y simulación aerodinámica se considera como fluido principal al aire, que tendrá una dirección en el eje z negativo debido a que nuestro modelo de estudio se encuentra en relación a estos ejes. Es indispensable analizar la dirección que va tener el aire frente a la carrocería ya que de esto va depender nuestra exactitud en nuestros resultados. La creación del área del computational domain tiene que ser de una dimensión apropiada que no interfiera con el cuerpo a ser estudiado, para ello se han considerado las siguientes medidas: una altura (eje y) de 2.08m, largo (eje z) 4.8m, ancho (eje x) 1.9m.

TABLA I. UNIDADES USADAS PARA EL ESTUDIO AERODINÁMICO

Temperatura	$^{\circ}K$
Velocidad en el eje Z	m/s
Densidad	Kg/m^3
Presión	Pa
Área	m^2

III. RESULTADOS

Los resultados más influyentes en la aerodinámica del automóvil del F1 son el coeficiente de arrastre, líneas de velocidad del fluido y la presión que se ejerce en la carrocería.

Los datos que se consideraron para la simulación se muestran a continuación:

TABLA II. DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO AERODINÁMICO

Velocidad	250km/h o 69.44m/s
Densidad del fluido a 20°C	1.204kg/m³
Fluido a actuar con la carrocería	Aire
Área de referencia del automóvil	1.26 m²

A. Coeficiente de arrastre

Para calcular el coeficiente de arrastre se usa la siguiente formula

$$Cd = (Fd) / ((1/2)(\rho V^2) / (2)) \quad (1)$$

Donde:

Cd: Coeficiente de arrastre

Fd: Fuerza de arrastre

A: Área frontal del cuerpo

ρ : Densidad del fluido

V: Velocidad relativa entre el cuerpo y fluido

Siguiendo la ecuación 1, se introducen los datos correspondientes y se procede a su cálculo.

$$C_d = (2628.4N) / ((1.26m^2) (1.204kg/m^3) (69.44m/s)^2 / 2)$$

$$C_d = 0.72$$

B. Líneas de velocidad del fluido

Las líneas de velocidad de flujo nos dan información muy importante para saber el comportamiento que tiene el fluido en interacción con la carrocería del F1. Estas líneas van a tener varios colores según sea su velocidad.

En la Fig.3. se muestran las líneas de velocidad con una vista de forma lateral que posee el fluido con respecto al automóvil. Además, dentro de este análisis se logra observar que debido a la velocidad de estas líneas del flujo el aire se crea vórtices en la parte central del asiento del conductor, tal como se muestra en la Fig.5.

Es por ello que el diseño del casco del piloto de F1 además de cumplir con su función principal de seguridad, también se ven inmersos dentro de la aerodinámica del monoplaza. Hoy en la actualidad están fabricados de compuestos en los que destacan varios polímeros (Javier, 2016) realizando una mezcla equitativa entre resistencia y seguridad en caso de impacto.

Aunque el vehículo posee una abertura o separación debajo de la toma de admisión que tiene la función principal de absorber las turbulencias que pueda generar el casco, está claro que en el análisis aerodinámico de un vehículo de Fórmula 1 se debe incluir diversas características que el conductor posee al momento de conducir, realizando un estudio completo sobre posturas de conducción y diseños de cascos que logren maximizar el grado aerodinámico en conjunto con la carrocería del F1.

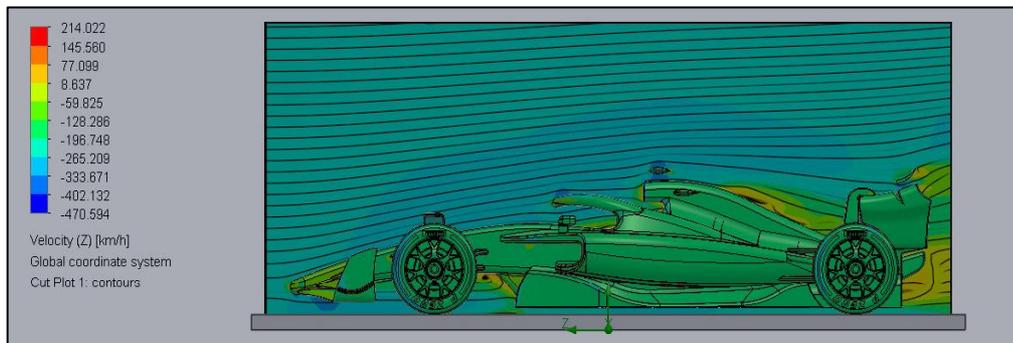


Fig. 3. Vista lateral de líneas del fluido

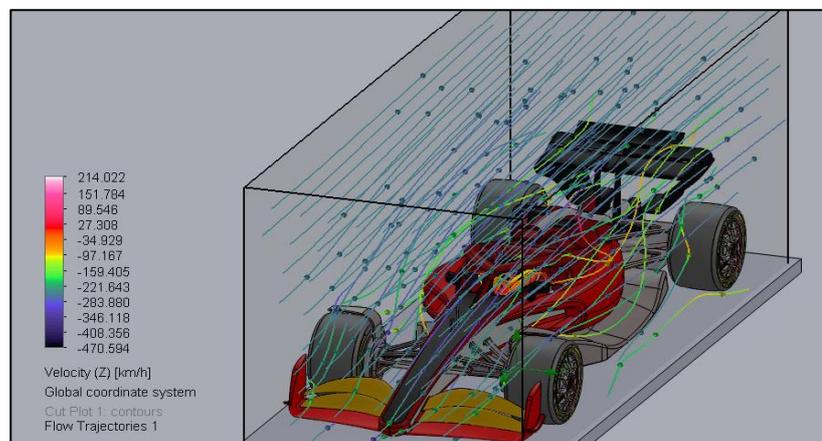


Fig. 4. Vista dimétrica

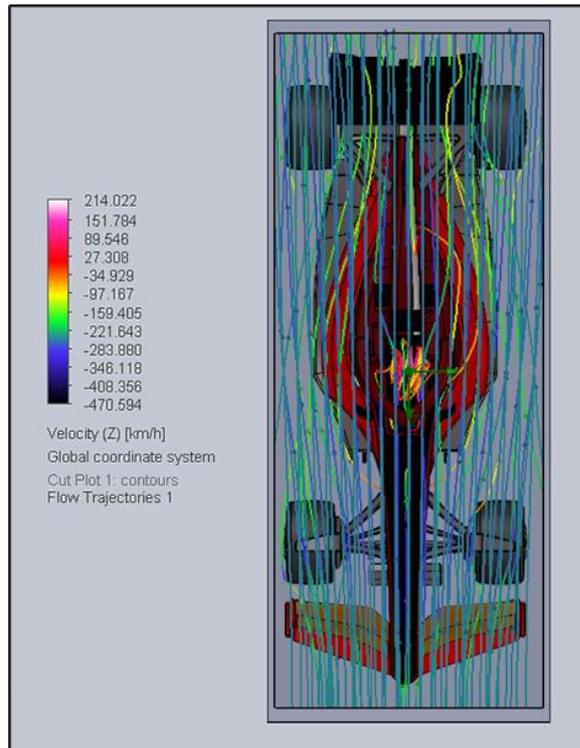


Fig. 5. Vista de planta, vórtice formado en el asiento del conductor

C. Presión de contorno

La presión de contornos nos permite analizar la infraestructura del monoplaza para lograr adaptar el diseño a características específicas de la aerodinámica que nos permitan obtener un mayor rendimiento en las rectas y curvas.

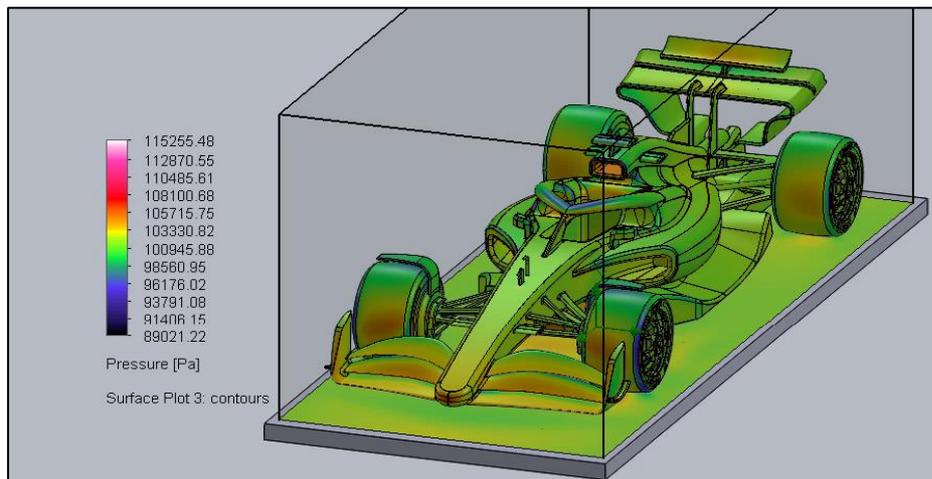


Fig. 6. Presión en el monoplaza

En la Fig.7. se puede ver que las zonas donde existe una presión mayor son en la parte frontal del monoplaza, específicamente en los alerones delanteros, alerones traseros, difusor y una pequeña sección del perfil de las ruedas.

Se puede decir que de manera general el automóvil de F1 posee una presión intermedia (Verde) con valores que van desde los 98560.95 Pa hasta un valor de 100945.88 Pa.

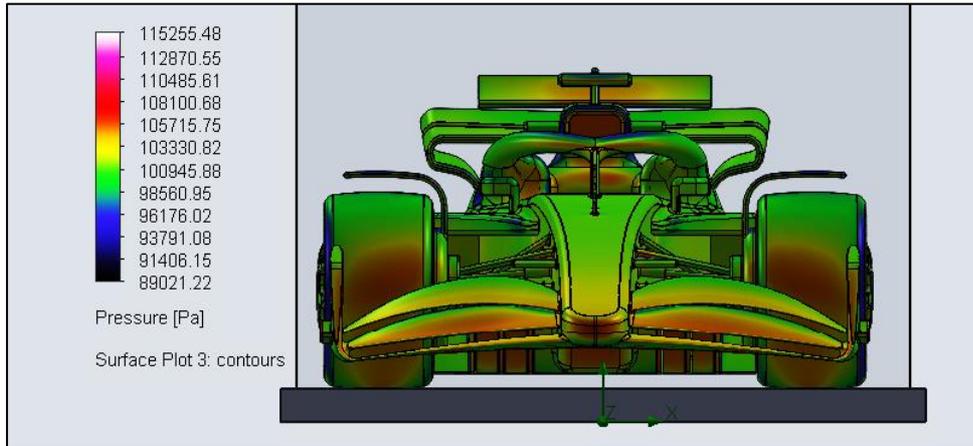


Fig. 7. Presión en la parte delantera del monoplaza

Si nos enfocamos precisamente en el alerón delantero podemos observar que las partes donde se presenta una mayor presión son en las aristas del alerón (Rojo) que se encargan de distribuir las líneas del fluido de manera adecuada, para así lograr obtener una mayor carga aerodinámica en el F1. Además, una parte que no pasa desapercibida es la toma de admisión (Naranja) que según el análisis por medio del software podemos hacer referencia que se encuentra realizando eficiente su trabajo para reducir la turbulencia provocada en la zona del piloto.

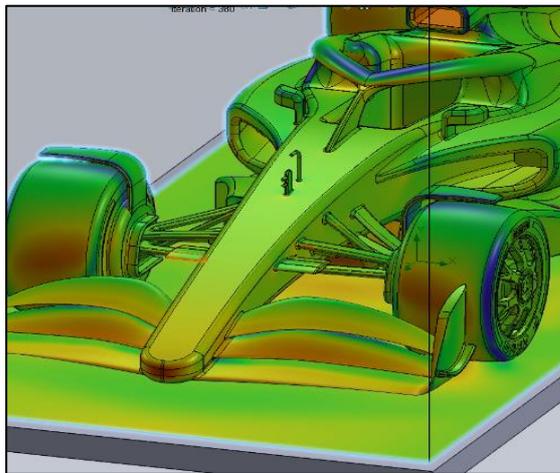


Fig. 7. Presión presente en el alerón delantero y la toma de admisión

IV. DISCUSIÓN

En la siguiente investigación se puede contrastar que la aerodinámica del vehículo siempre será el pilar fundamental para la creación de nuevas ideas representadas de manera técnica a través del diseño mecánico, independientemente si es de Fórmula 1 o un auto convencional.

Las partes como el difusor, alerón delantero, alerón trasero, toma de admisión, aleta de tiburón y neumáticos, se pueden modificar para lograr una mejor carga aerodinámica. Sin embargo, en una simulación de gran importancia es importante recalcar lo mencionado por Umberto Ravelli en su libro “Aerodynamics of a 2017 Formula 1 car: Numerical Analysis of A Baseline Vehicle and Design Improvements” que dentro de la misma pista pueden estar presentes diferentes cargas aerodinámicas, lo que dificulta encontrar la mejor configuración de compromiso.

A la vez, se puede constatar que la dirección de las líneas del fluido que actúan en el monoplaza va a variar dependiendo de los principios aerodinámicos previamente estudiados. Según BBC deportes, si se analiza los principios de las escuderías de Ferrari y Mercedes serán totalmente distintas. Mercedes crea una succión fuera de borda provocando que el aire tenga un recorrido de interior a exterior, mientras que Ferrari tratara que el aire tenga un recorrido contrario.

Sin embargo, no se trata de acumular tanta carga aerodinámica como sea posible. Un coche de F1 tiene que funcionar en distintas condiciones y nunca es un escenario perfecto (Sport, 2019).

V. CONCLUSIONES

El CFD es una tecnología muy floreciente en el mundo actual, que simula el movimiento de fluidos a través de elementos finitos. Es por ello que su importancia se destaca en la rama aeroespacial y automotriz, permitiendo a grandes ingenieros modificar diseños estéticos y estructurales del vehículo. A la vez, permiten obtener un mejor rendimiento en la aerodinámica en el vehículo y así mismo, disminuir el gasto de combustible.

Basándonos en el cálculo del coeficiente de arrastre realizado en el apartado de resultados, el valor de 0.72 concuerda con valores expuestos por diferentes artículos investigativos, obteniendo confiabilidad en la presente investigación.

En valores obtenidos sobre la presión del monoplaza, se puede recalcar que el alerón delantero, alerón trasero, difusor y ruedas, son elementos que contribuyen con la mayor carga aerodinámica del monoplaza. Además, es necesario mencionar que el tipo de ruedas usadas en el monoplaza contribuyen a que exista un mayor efecto suelo, por ende, mayor contacto entre las ruedas y la carretera.

La geometría del alerón delantero del monoplaza influye directamente en la distribución de las líneas del fluido sobre las diferentes partes del F1, ya que se puede obtener un recorrido del fluido “fuera de borda” o al contrario un flujo del aire tipo “lavado”.

La resistencia que posee el monoplaza frente al avance, es producido por factores condicionados a su geometría, es por ello que los componentes externos que ayudan a mejorar la aerodinámica del vehículo van a variar según sea el circuito a disputarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Corporation, D. S. (2020). *SolidWorks*. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://www.solidworks.com/es>
- Fernández, J. A. (8 de Diciembre de 2011). *TÉCNICA FÓRMULA 1*. Recuperado el 29 de Junio de 2021, de <https://tecnicaf1.wordpress.com/2011/12/08/elementos-aerodinamicos-de-un-formula-1/>
- Javier, P. (21 de Julio de 2016). *BBC Top Gear*. (BBC Top Gear) Recuperado el 5 de Julio de 2021, de <https://www.topgear.es/noticias/motorsport/cascos-f1-asi-ha-sido-su-evolucion-historica-61766>
- Malalasekera, H. K. (2007). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*. England: Pearsi Education Limited 1995, 2007.
- Ojeda Escoto Pedro, L. P. (2009). CFD COMO UNA HERRAMIENTA PARA DISEÑO DE PRODUCTOS. *MEMORIAS DEL XV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM 23 AL 25 DE SEPTIEMBRE, 2009 CD. OBREGÓN, SONORA. MÉXICO*. Obregón.
- Roy, S. (29 de Noviembre de 2019). *GrabCAD*. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://grabcad.com/library/formula-1-car-concept-2021-1>
- Sport, B. (15 de Marzo de 2019). *BBC DEPORTE*. (BBC) Recuperado el 4 de Julio de 2021, de <https://www.bbc.com/sport/formula1/47527705>