

Análisis de las propiedades aerodinámicas, efecto suelo y su aplicación en vehículos convencionales específicamente en el Chevrolet Aveo sedán como forma para aumentar la seguridad activa

Jeef Santamaría Bermeo¹ Jannio Calero Venegas²

¹ Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador. Email: newchenko2487@hotmail.com

² Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador. Email: c_paul974@hotmail.com

RESUMEN

Este proyecto consta de una investigación de la historia aerodinámica en el sector automotriz, sus principios, el interés de los competidores, y con los años los implementos, que cambiaron a la historia de los automotores. Dichos implementos o modificaciones en la carrocería, tomaron uno de los primeros lugares en el desarrollo de las casas comerciales de manera que permitían seguridad y mayor vida útil al motor.

La falta o inexistencia del estudio de propiedades aerodinámicas en vehículos comerciales nos indago en desarrollarlo tanto físico como virtualmente. Físicamente se adaptaron implementos ocupados en los vehículos de competencia que son faldón delantero, laterales, y un alerón trasero, que fueron implementados al vehículo estándar. Que también fue diseñando y analizando en software, que accedió a que el análisis muestre sus resultados virtualmente.

A estas propiedades aerodinámicas se les conoce como (sustentación y arrastre), teniendo en cuenta que proporcionan ventajas y desventajas, al entenderlas se ampliara los conocimientos, que fueron a partir de la investigación a automotores de competencia, de manera que se comparo el modelo original con la versión del modificado, llevando a cabo una tabulación de resultados y verificando por porcentajes de los beneficios o pérdidas,

que nos otorga la aerodinámica en los vehículos.

ABSTRACT

This project consists of a history research in automotive aerodynamics, its principles, the interests of competitors, and implements the years that changed the history of the automobile. These attachments or modifications to the bodywork, took one of the first places in the development of Commercial houses so that security and allow the engine service life.

The lack or absence of study in aerodynamic properties I explore commercial vehicles we develop both physically and virtually. Physically implements adapted busy competition vehicles are front apron, side, and rear spoiler that were implemented to standard vehicle. That was also designing and analyzing software, which agreed that the analysis results show virtually.

These properties are known as aerodynamic (lift and drag), taking into account that provide advantages and disadvantages, to understand knowledge is expanded, which were from the automotive research competition, so as to compare the original with the modified version, holding a tabulation of results and checking by percentage of profits or losses, which gives us the aerodynamics on vehicles.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo atrás a venido desarrollándose de una manera increíble la aerodinámica en vehículos de competencia mas no aplicar estos estudios a vehículos convencionales de una manera consciente con la finalidad de alguna manera brindar seguridad a sus ocupantes.

Al tener un avance tecnológico considerado en estos días, existe un gran porcentaje de demanda, por vehículos que proporcionen altas velocidades y reacción de aceleración. Nuestro enfoque son las propiedades aerodinámicas en vehículos convencionales, para otorgar eficazmente seguridad activa en los mismos.

Estudiar el aire y los efectos que producen en el cuerpo, que se mueven. Ese es el objetivo de la aerodinámica, una ciencia que, al servicio de los automóviles, se utiliza a la hora de diseñar la carrocería, puesto de que su forma depende la estabilidad y la mayor o la menor facilidad con la que el vehículo se mueve en una corriente de aire. También invierte en el confort de los pasajeros: una buena aerodinámica.

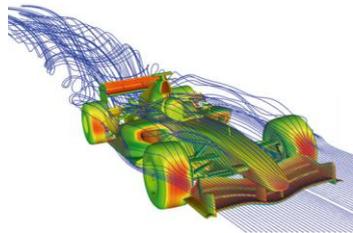


Figura 1. Flujo de aire a través de un F1

1.1 Principios de la Aerodinámica

Aerodinámica: Es una rama de la mecánica de fluidos que estudia el comportamiento de los cuerpos sólidos cuando se mueven por un fluido que los rodea.

En la Aerodinámica el fluido en cuestión es un gas, más precisamente, el aire.

1.1.1 Efecto venturi / principio de bernouilli

La cantidad total de energía ha de permanecer constante.

Este principio nos dice que, si la presión aumenta la velocidad ha de disminuir y si la presión disminuye la velocidad aumenta. En conclusión la presión es inversa a la velocidad.

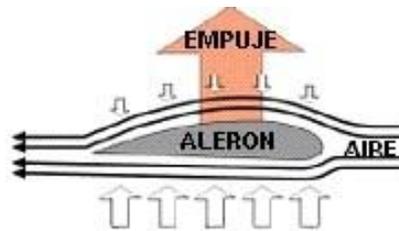


Figura 2. Efecto Venturi en un perfil Aerodinámico

1.1.2 Efecto Capa Límite

En la evolución del aire alrededor de un cuerpo cualquiera, pega sobre el cuerpo, creando una capa muy fina de moléculas en principio. Al tener esta fina capa, más moléculas del mismo aire, y debido a la viscosidad principalmente, éstas últimas mantienen su velocidad, debido a que fluyen sobre otras moléculas, así capa tras capa, se forma una capa de moléculas de aire.

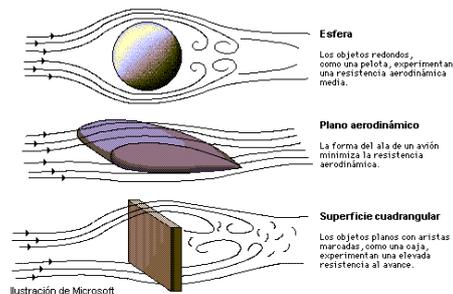


Figura 3. Efecto Capa Límite

1.1.3 Flujo Laminar y Flujo Turbulento

El flujo laminar o corriente laminar, es el movimiento de un fluido cuando éste es ordenado. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin mezclarse entre ellas y cada partícula de fluido sigue una trayectoria tranquila y definida, llamada línea de corriente.

El flujo turbulento es el movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos.

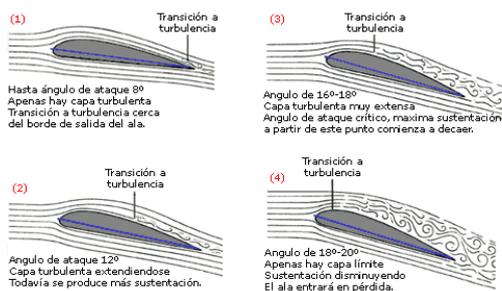


Figura 4. Flujo laminar y turbulento en un perfil aerodinámico

II. FUERZAS IMPLICADAS EN LA AERODINÁMICA

Estas son 2 fuerzas ejercidas, en el momento que el fluido pasa por el automóvil. Una fuerza vertical y otra horizontal. Downforce o carga aerodinámica que empuje al monoplaza contra el suelo y de esa manera lograr un mejor agarre en altas velocidades y minimizar el “drag” o resistencia al avance causada por las turbulencias que frenan al monoplaza.

2.1 Resistencia al Avance

Dentro de las fuerzas que actúan en la aerodinámica tenemos la resistencia aerodinámica, o también llamada

resistencia al avance, la misma que dependerá del coeficiente de resistencia (C_z), producto del diseño del vehículo, específicamente el área frontal (vista de frente del vehículo) y la velocidad que afecta esta resistencia de forma exponencial y no proporcional. Es decir que a mayor velocidad mucho mayor será la fuerza que se opone al avance.

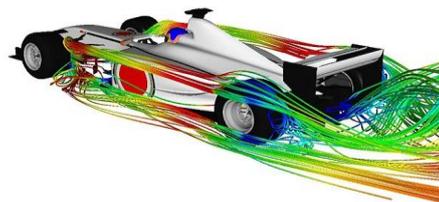


Figura 5. Resistencia al avance

2.2 Sustentación

La mayoría de los autos producen sustentación, a medida que la velocidad aumenta, la fuerza de sustentación aumenta y esto hace que el auto se vuelva inestable.

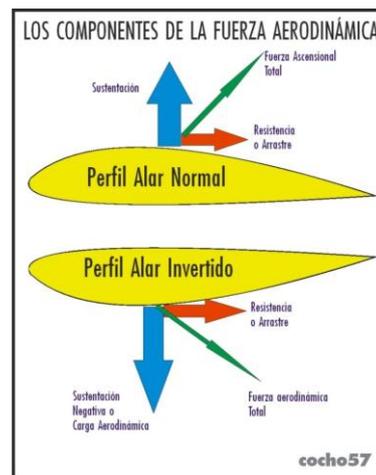


Figura 5. Fuerzas Aerodinámicas

2.3 Efecto Suelo

Se aplica en una zona de alta presión por encima del vehículo y una de baja presión por debajo. La diferencia de presiones

provoca una succión que "aplasta" al vehículo contra el suelo, mejorando el agarre, lo que se traduce en la posibilidad de trazar curvas a mayor velocidad.



Figura 6. Efecto Suelo en un F1

2.4 Potencia

Es la potencia necesaria para mover el vehículo debe ser mayor a la fuerza que se opone

Los combustibles que se generan a partir de fósiles, la electricidad y las energías renovables deben ser tratados de manera integral, estableciendo políticas que determinen su uso eficiente y que al mismo tiempo establezcan los niveles de ahorro de acuerdo a las condiciones de desempeño del país [1].

III. PROCEDIMIENTO

3.1 Modelado Vehículo Estándar y Modificado

El vehículo se modeló en un programa de diseño, el cual es Autodesk 3d Max. Gracias a los planos denominados Blueprints, que son planos a escala de esta manera se facilitó el diseño del vehículo.

Se empezó con el modelado del vehículo estándar, con medidas reales en las 3 dimensiones, cogiendo curvas características del vehículo, así como también se modeló sus líneas aerodinámicas.

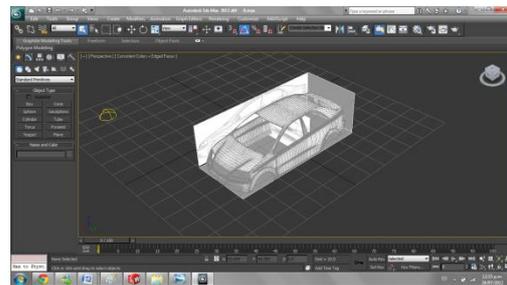


Figura 7. Modelado Vehículo Estándar

Para el modelo del vehículo modificado, se rediseñó la carrocería por cuanto al faldón, los estribos laterales y alerón se diseñaron fuera del vehículo.



Figura 8. Modelado Vehículo Modificado

3.2 Análisis Vehículo Estándar y Modificado

De manera que se modeló a estos implementos, posteriormente se los analizó virtualmente, en el programa de análisis de elementos finitos SolidWorks. Al proporcionar datos favorables para esta investigación, como: mejorar la sustentación, creando un efecto suelo en el vehículo, dando mayor estabilidad al vehículo en rectas y en curvas.



Figura 9. Análisis Vehículo Modificado

3.3 Fabricación Aditamentos Aerodinámicos

La fabricación de estos aditamentos aerodinámicos, se realizaron en la ciudad

de Quito en la escuela Tuning Konzept. La base de estos componentes es la fibra de vidrio por resistencia y costo.

Uno de los componentes primordiales en la fabricación de una moldura es la resina de poliéster, esta resina es un líquido viscoso, que lo mezclamos con su catalizador. Esto es para la resistencia de la fibra, al no tener una buena mezcla produce daños como grietas o poca dureza.

El siguiente material es la manta de fibra de vidrio, se encuentran en varios grosores, hay de hilo de vidrio trenzado, ocupamos fibra de vidrio fina para moldear las curvas aerodinámicas, que también se hará en base a la rigidez y la facilidad de trabajarlo.



Figura 10. Fibra de vidrio Faldón delantero

Mientras se vaya a trabajar con las resinas, se recomienda utilizar algún filtro tapabocas, ya que los olores son altamente tóxicos, así como utilizar guantes o gel especial para las manos, ya que la fibra provoca picazón en la piel. Una vez que ya tenemos los materiales, cortamos pequeños trozos de fibra, y los vamos colocando en el lugar o molde donde vayamos a trabajar, y sobre ellos aplicamos la mezcla de la resina con el catalizador. Se repite este procedimiento en varias capas, hasta lograr el grosor requerido. Es importante mencionar, que al aplicar cada capa, hay que esperar a que seque bien la anterior. Una vez que ya se aplican todas las capas necesarias, se procede a quitar todas las imperfecciones de la fibra y darle una leve lijada para dejar algo parejo. Ya una vez que tenemos esto listo, podemos forrar en vinil,

ela, o algún otro material, o podemos dejar el acabado listo para pintarse.



Figura 11. Fibra de vidrio estribo izquierdo

Una vez que tengamos lista la pasta (Pasta para resanar + endurecedor), procedemos a untarla en toda el área de la fibra de vidrio con una espátula, hasta cubrirla por completo, y dejar una capa de unos 2 o 3 mm. Una vez que está aplicada y seca toda la pasta, se procede a lijarla para lograr una textura lisa y plana, y pareja de acuerdo a nuestro diseño. Ya una vez que tenemos la forma deseada, procedemos a aplicar el plaste, el cual nos servirá para lograr una textura muy fina y pareja, y poder aplicar la pintura. Ya una vez que se seque la capa de plaste, procedemos a alisar toda el área, y dejarla lo más fina posible, esto se logra con lijas de agua de la # 200 en delante. Ya una vez que tenemos nuestro trabajo terminado, procedemos a pintarlo.



Figura 12. Molde Alerón #1

3.4 INSTALACIÓN IMPLEMENTOS AERODINÁMICOS

La instalación se realizó en la ciudad de Latacunga, conservando las líneas del

faldón original, se utilizó los mismos espacios de sujeción para el montaje del faldón.



Figura 13. Instalación Faldón Delantero

Los estribos laterales fueron con la medida exacta con el piso del automóvil, con las medidas reales del vehículo, conservando la misma altura del faldón delantero modificado.



Figura 14. Instalación Estribos Laterales

La instalación del alerón se basó en un manual facilitado en GM en La posición o ubicación fue guiada por el manual, de acuerdo a la disposición de orificios, en los transversales de la cajuela.



Figura 15. Instalación Alerón



Figura 16. Vehículo Modificado

IV. Análisis de resultados

Para lograr un mejor análisis, se comparo los resultados de los 2 vehículos. Considerando las ventajas y desventajas, que son proporcionadas por las fuerzas aerodinámicas.

4.1 Análisis de presiones

Se genera un mayor campo de presión en la parte frontal del vehículo modificado, por tener una mayor área perpendicular al avance del fluido. También se observa en la parte superior del alerón, y del techo del vehículo, mayor presión a comparación del modelo estándar, la velocidad por ende sería menor haciendo q el vehículo se adhiera mas a la superficie horizontal.

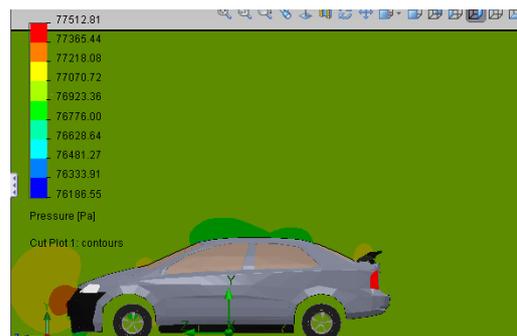


Figura 17. Análisis de presiones Vehículo Modificado

4.2 Análisis de Velocidades

Se analiza la velocidad en que el aire se mueve a través del vehículo, en la parte superior del vehículo (techo y alerón), se identifica que la velocidad es menor que la

del estándar, esto quiere decir que existe mayor presión hacia abajo. En el sector inferior la velocidad es similar en los dos vehículos modelados, de manera que se crea efecto suelo al tener mayor presión negativa.

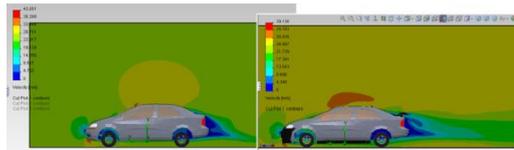


Figura 18. Análisis de Velocidades

4.3 Análisis de Turbulencia

El fluido se mueve caóticamente en la parte final, al comparar con el modelo original se observa puntos fundamentales, el primer sector se encuentra en la parte delantera, al tener las superficies huecas, entra el fluido y produce remolinos o flujo turbulento el mismo que produce resistencia al avance. El segundo punto es el alerón, el espacio entre él y la cajuela, por tener espacios temporales genera gradientes de presión-velocidad produciendo mayor turbulencia.

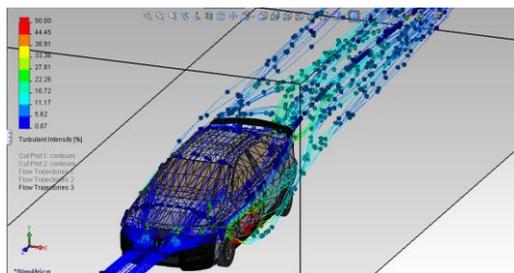


Figura 19. Análisis de Turbulencia

4.4 Análisis de fuerza de Sustentación

De acuerdo a las modificaciones dadas al vehículo, se ha mejorado la fuerza de sustentación es decir hemos obtenido un valor más bajo a la que nos proporcionaba la estándar, de esta manera tendrá más adherencia hacia el piso.

Los cambios realizados permitió obtener una optimización del 49.06% en la sustentación.

Fuerza de Sustentación [N]	
Estándar	Modificado
148.7242275	75.75060966

Tabla 1. Fuerzas de Sustentación

Reduciendo de tal forma el coeficiente de sustentación en el vehículo modificado.

Coeficiente de Sustentación	
Estándar	Modificado
0.2442780911	0.119523675

Tabla 2. Coeficientes de Sustentación

4.5 Análisis de Fuerza de Arrastre

El arrastre se ve afectado por la ganancia de sustentación esto se debe al alerón que se implementó al vehículo. Se pierde un 20 % de eficacia, está perdida o aumento de arrastre que tiene el automotor no afecta en ninguna manera al piloto ni a los pasajeros. Solo incrementa el trabajo del tren motriz en un porcentaje mínimo.

Fuerza de Sustentación [N]	
Estándar	Modificado
212.2663849	253.3602462

Tabla 3. Fuerzas de Arrastre

Aumentando de tal forma su coeficiente

Coeficiente de Sustentación	
Estándar	Modificado
0.3486442164	0.3997663893

Tabla 4. Coeficientes de Arrastre

4.6 Análisis de Potencia

La diferencia es de 1.53 caballos de fuerza adicionales [Hp], que necesita el vehículo

modificado para moverse a esa velocidad de 27.77 m/s (100km/h) a través del fluido.

Potencia [Hp]	
Estándar	Modificado
7,906985398	9,437743843

Tabla 5. Potencia

4.7 Análisis de Turbulencia

De acuerdo al análisis del número de Reynolds, la turbulencia incrementó en el vehículo modificado, esto se debe al alerón implementado, por que el flujo de aire choca en dicho alerón, y como también el espacio entre él y la cajuela forma turbulencia, de manera que este fluido pierde la línea de corriente siendo caótico, de acuerdo a este análisis se determinó que los dos vehículos generan turbulencia.

Turbulencia	
Estándar	Modificado
3041580.558692	3173769.692774

Tabla 6. Turbulencia

4.8 Análisis de Efecto Suelo

El vehículo modificado incrementó su ganancia de la bondad del efecto suelo, al aumentar la velocidad del fluido en la parte baja del vehículo modificado, consiguiendo con esto la disminución de presión en la parte baja.

Al tener mayor presión en la parte superior del vehículo modificado se genera el efecto suelo en el estudio virtual.

4.9 Distancia de frenado

En las pruebas de distancia de frenado se obtuvo una optimización favorable por cada prueba de velocidad, al tener una distancia menor a la del original.

PRUEBAS	Estándar	Modificado	Porcentaje Optimización
50 km/h	19.06m	18.035 m	5.37%
70 km/h	37.02m	36.425 m	1.60%
100 km/h	77.265m	76.95 m	0.40%

Tabla 7. Distancia de frenado

4.10 Tiempo de frenado

De forma que la distancia de frenado bajo en un porcentaje, con lleva de la mano a una disminución del tiempo de frenado llegando a tener datos favorables para el vehículo modificado.

PRUEBAS	Estándar	Modificado	Porcentaje Optimización
50 km/h	3s	2.7s	10%
70 km/h	5.2s	4.87s	6.34%
100 km/h	9.6s	8.85s	7.81%

Tabla 8. Tiempo de frenado

4.11 Temperatura de frenado

Esta prueba se realizó con un laser infrarrojo medidor de temperatura, se obtuvo de igual manera resultados positivos, que son temperaturas menores a la del original.

PRUEBAS	Estándar	Modificado	Porcentaje Optimización
50 km/h	66°C	64°C	3%
70 km/h	70°C	69°C	1.42%
100 km/h	75°C	73°C	2.66%

Tabla 9. Temperatura de frenado

V. CONCLUSIONES

- El análisis de las fuerzas aerodinámicas cumplió con la investigación física y virtual, de manera que la sustentación y el arrastre conllevan una eficiencia aerodinámica en el vehículo estándar y modificado.
- El alerón es de gran importancia para la sustentación, gracias a su

perfil y ángulo en que se lo posiciona, aumenta la estabilidad y control del automotor, hacia el conductor, siendo de mayor maniobrabilidad al estar con mayor contacto a la calzada.

- Al colocar el alerón en la parte trasera del vehículo sobre la cajuela existe una distancia libre esto genera gradientes de presión y velocidad, lo cual genera turbulencia. la cual aumenta la resistencia al avance.
- Se obtuvo un gran porcentaje de optimización en la fuerza de sustentación en el vehículo modificado del 49.06%, de manera que se sacrificó el avance, cumpliendo con las leyes aerodinámicas.
- La resistencia al avance fue afectado por la ganancia de sustentación, el aumento de trabajo o esfuerzo incremento en un 20%, de manera que el motor debe generar mayor potencia, que la del vehículo estándar para vencer esta resistencia.

4 AERODINÁMICA DEL AUTOMÓVIL DE COMPETICIÓN, Simon mc beath

5 ROBERT L. MOTT, Resistencia de materiales aplicada, tercera edición, México.

6 La aerodinámica en el equipo deportivo, el entretenimiento y las máquinas - autos de carreras, 2002.

7 Tratado sobre automóviles. Tomo iv. La dinámica del automóvil

VI. REFERENCIAS

- 1 Proyecto de diseño F1 in Schools™ con el software SolidWorks® 2011
- 2 Tratado sobre automóviles tomo IV "LA DINÁMICA DEL AUTOMÓVIL"; Jose Font Mesquita; Juan francisco Dols Ruiz
- 3 JOSEPH E, SHIGLEY – CHARLES R. MISCHKE, Diseño en ingeniería mecánica, sexta edición, McGraw - Hill.