



Análisis aerodinámico del vehículo Peugeot Partner 2017 en diferentes condiciones de movilidad

Aerodynamic analysis of 2017 Peugeot Partner vehicle under different mobility conditions

Daniel A. Perdomo-Padilla¹, Víctor M. Mir-Labrada^{1,*}, Jorge Marciano Rodríguez-Matienzo¹, Yusdel Díaz-Hernández¹

I. Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Mecánica, Dpto. de Ingeniería Mecánica. La Habana, Cuba.

II. Universidade do Estado da Bahia, Campus II. Bahia, Brasil.

* Autor de correspondencia: vmir@mecanica.cujae.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 18 de julio de 2024

Aceptado: 20 de agosto de 2024

Resumen

Este trabajo se enfocó en el análisis numérico aerodinámico del Peugeot Partner Tepee eléctrico del 2017. El objetivo principal fue determinar los coeficientes de arrastre de este vehículo y evaluar el impacto de diferentes posiciones de las ventanillas y su comportamiento aerodinámico. Se emplearon técnicas de simulación numérica de fluidos (CFD) para modelar el flujo de aire alrededor del vehículo y analizar los vectores de velocidad, las áreas de recirculación y las fuerzas aerodinámicas resultantes. Los resultados obtenidos mostraron una diferencia del 3,057 % en el coeficiente de arrastre entre el modelo con ventanillas cerradas y el modelo

con ventanillas abiertas, destacando la importancia de la aerodinámica en la eficiencia energética de los vehículos eléctricos. Además, se realizó una validación experimental mediante la prueba Coast Down, que corroboró la precisión del modelo numérico utilizado. Este estudio contribuye al diseño y optimización aerodinámica de vehículos eléctricos, promoviendo su desarrollo sostenible y eficiente.

Palabras claves: evaluación aerodinámica, coeficiente de arrastre, simulación numérica de fluidos, vehículo eléctrico, Peugeot Partner, prueba Coast Down.

Abstract

This study presents a numerical aerodynamic analysis of the 2017 electric Peugeot Partner Tepee. The primary objective is to determine the vehicle's drag coefficient and evaluate the impact of different configurations, such as window positions, on its aerodynamic performance. Computational fluid dynamics (CFD) techniques were employed to simulate the airflow around the vehicle, analyzing velocity vectors, recirculation zones, and the resulting aerodynamic forces. The findings indicate a 3,057 % difference in the drag coefficient between the model with closed windows and the one with open windows, underscoring the importance of

aerodynamics in enhancing the energy efficiency of electric vehicles. Additionally, experimental validation was performed using the Coast Down test, confirming the accuracy of the numerical model. This study contributes to the aerodynamic design and optimization of electric vehicles, supporting their sustainable and efficient development.

Key words: aerodynamic test, drag coefficient, numerical fluid simulation, electric vehicle, Peugeot Partner, Coast Down test.

Cómo citar este artículo, norma Vancouver:

Perdomo Padilla DA, Mir Labrada VM, Rodríguez Matienzo JM, Díaz Hernández Y. Análisis aerodinámico del automóvil Peugeot Partner 2017 en diferentes condiciones de movilidad. Ingeniería Mecánica. 2024;27(3):e698.

1. Introducción

El desarrollo de vehículos eléctricos es crucial para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y para promover la sostenibilidad en el sector del transporte. Un aspecto crítico en la eficiencia de estos vehículos es su aerodinámica, que impacta directamente en la resistencia al avance, el consumo energético y, consecuentemente, en su autonomía [1,2]. Este estudio se enfoca en una evaluación de la aerodinámica del Peugeot Partner eléctrico de 2017, un modelo representativo dentro del segmento de vehículos comerciales ligeros eléctricos, que ha sido relativamente poco estudiado desde esta perspectiva.

Investigaciones previas han demostrado una relación directa entre el diseño aerodinámico y la eficiencia energética de los vehículos eléctricos. Kiyakli & Solmaz [3] analizaron cómo modificaciones en el diseño de la carrocería y características aerodinámicas pueden afectar significativamente el consumo de energía y la autonomía de estos vehículos. Ravi Kumar B, et al [4] identifican los parámetros de diseño e implementan las modificaciones geométricas adecuadas en el diseño de un automóvil, llevando cabo un análisis de flujo exhaustivo mediante el uso de ANSYS Fluent, identificando las regiones de flujo donde se produce la gran resistencia a presión. Jurco, et al [5] y Zhang, Li, et al [6] profundizaron en el análisis del flujo de aire alrededor de los vehículos utilizando dinámica de fluidos computacional (*Computational Fluid Dynamics*, CFD), identificando que la forma de la carrocería y en particular la configuración de la parte trasera puede influir considerablemente en la resistencia aerodinámica. Adicionalmente, Ferraris, et al [7] destacaron la importancia del diseño aerodinámico en el rendimiento de vehículos deportivos eléctricos de alto rendimiento, mostrando que una optimización aerodinámica cuidadosa puede resultar en mejoras significativas en velocidad y alcance.

En este contexto, este estudio aplica técnicas de CFD para investigar el efecto de tener las ventanillas abiertas versus cerradas en el Peugeot Partner eléctrico. Complementariamente, se realiza una validación experimental a través de la prueba Coast Down [8, 9], siguiendo protocolos estandarizados para evaluar la resistencia al movimiento en condiciones reales de conducción. Este enfoque dual permite no solo validar los modelos numéricos usados sino también proporcionar perspectivas prácticas sobre cómo las pequeñas modificaciones estructurales pueden afectar la eficiencia general del vehículo [10].

El objetivo principal fue determinar los coeficientes de arrastre de este vehículo y evaluar el impacto de diferentes posiciones de las ventanillas y su comportamiento aerodinámico. Todo buscando ampliar el conocimiento actual sobre la aerodinámica de los vehículos eléctricos comerciales ligeros, un área que ha sido menos explorada en comparación con los vehículos de pasajeros o deportivos. Al entender mejor cómo las características aerodinámicas afectan la eficiencia de estos vehículos, podemos contribuir a diseñar soluciones más eficientes que maximicen su rendimiento y sostenibilidad.

2. Métodos y Materiales

Se utiliza para la construcción de la geometría el software Autodesk Inventor Profesional. Se hace de la manera más simplificada posible, figura 1, intentando no afectar en exceso la forma real del vehículo. Esta simplificación en la geometría es realizada con el objetivo de que la malla se acople lo máximo posible al cuerpo del sólido y que no tenga un tamaño demasiado pequeño.

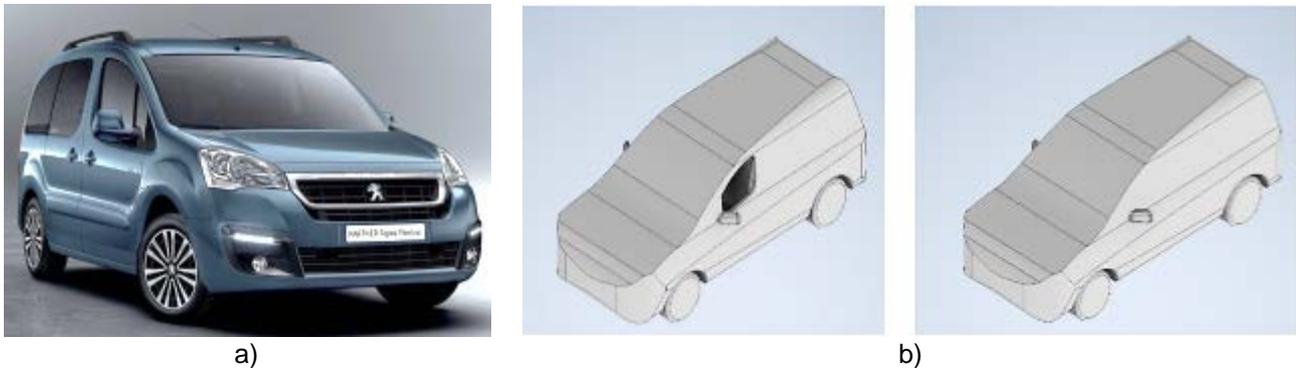


Fig.1. a) Peugeot Partner 2017, b) Modelo geométrico del Peugeot Partner, imagen izquierda con ventanillas abiertas, imagen derecha con ventanillas cerradas. Fuente: a) Coches.com b) autores

Mediante el programa de elementos y volúmenes finitos ANSYS FLUENT se analiza la influencia de las diferentes configuraciones geométricas, esta cuenta de tres pasos para finalizar la comparación, similar al análisis realizado por Devang S. Nath, et al [11] examinando los efectos de diferentes dispositivos añadidos a un vehículo para reducir la resistencia aerodinámica, empleando ANSYS™ 17.0 Fluent. Se crea la geometría final que consiste en el volumen que resta el coche a un cubo de aire, obteniendo el volumen de aire que más se acerca al vehículo, una vez obtenido el volumen se genera la malla. Teniendo el volumen correctamente mallado y las condiciones de contorno definidas se procede a simularlo y posteriormente a obtener los datos de fuerzas que el programa refleja. Por último, se utiliza el módulo dinámico creado para estudiar los datos de velocidad.

Uno de los pasos más importantes a seguir, en los problemas que requieren simulación numérica, es la creación de la malla del modelo en cuestión, un trabajo que refleja la importancia de esto, es el realizado por [12] planteando «un mayor refinamiento de la malla conduce a menores errores», figura 2. La razón por la cual es tan complicada la realización de este paso es debido a que el mallado influye en el tiempo de cómputo. Si el mallado es realizado sin el debido cuidado, el proceso de solución puede ser complejo e incluso, llegar a carecer de validez.

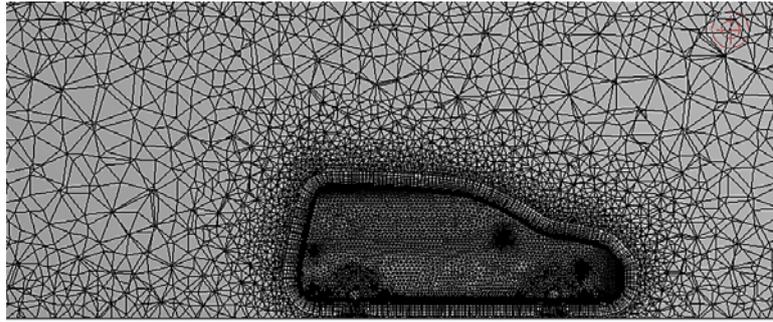


Fig. 2. Características geométricas de la malla. Fuente: autores

El modelo está compuesto por aproximadamente 2 millones de elementos. Esta cantidad de elementos está de acuerdo con el estudio de independencia de la malla que se presenta más adelante. La malla empleada en el trabajo no posee ningún elemento con volúmenes de acrecentada esbeltez (skewness), ni ningún elemento con volumen negativo o invertido, pues ambos conspirarían contra la convergencia de las iteraciones. El estudio de independencia de la malla se realizó con el objetivo de encontrar cuál debe ser la densidad de malla capaz de producir una solución que sea independiente del número de elementos empleados.

2.1. Características del flujo y ecuaciones gobernantes

La simulación se desarrolla para las siguientes características de operación:

- Presión manométrica de operación: 0kPa
- Densidad del aire: 1,2 kg/m³
- Viscosidad absoluta de aire: 1,7894·10⁻⁵ kg/ms
- Velocidad del flujo a la entrada del canal: 90 km/h

En la figura 3 se observan las condiciones de contorno empleadas en cada una de las superficies que limitan las diferentes regiones del dominio. La solución del sistema de ecuaciones se obtiene utilizando una interpolación de segundo orden del tipo Upwind para las ecuaciones de cantidad de movimiento.

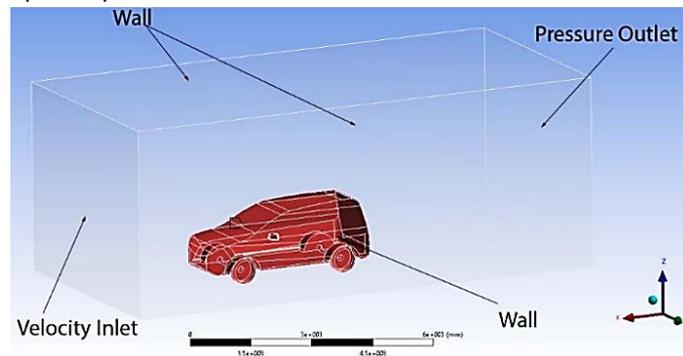


Fig. 3. Dominio computacional extendido. Fuente: autores

A la entrada del modelo se utiliza la condición de contorno tipo "velocity inlet". Las superficies laterales, superior e inferior del dominio se consideran como pared (wall). Y al igual que en la superficie del vehículo existe condición de no deslizamiento. A la salida del modelo se considera como "pressure outlet". Se considera que no existe variación de las magnitudes en la dirección principal del flujo.

Para determinar el coeficiente de arrastre C_x se realizó la simulación del vehículo eléctrico a la velocidad de 90 km/h y no se tuvo en cuenta la fricción del camino. El software empleado calculó la fuerza de arrastre para cada simulación y utilizando la ecuación (1) se dedujo el coeficiente C_x .

$$F_{ar} = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * A_f * C_x \quad (1)$$

Para validar el modelo geométrico se empleó la Prueba de Coast Down, de la manera que se describe a continuación:

1. Se seleccionó un tramo recto de una autopista que satisface los requisitos de planicidad, está en buen estado y permite hacer el recorrido en ambos sentidos en horas determinadas, sin mucho tráfico que obligue a interrupciones.
2. Se hicieron varios recorridos en ambos sentidos. Se registró la velocidad del vehículo cada 1 s con el scanner del automóvil a partir de 70 km/h hasta la detención con el motor desconectado. Luego se obtiene la aceleración (o desaceleración) durante todo el proceso utilizando dos métodos, el de 3 puntos (3p) y el de 6 puntos (6p).
3. Si la prueba se hace sobre un terreno de pendiente menor al 2 % y velocidad del viento en la dirección longitudinal menor a 3 m/s, se puede considerar llano el camino, $\alpha = 0$, y nula la velocidad del viento $w = 0$.

Para determinar importantes parámetros del automóvil. Es necesario calcular los coeficientes expresados en las ecuaciones (2), (3) y (4):

$$C_0 = [m_t g f_0 + R_{f0}] / m_{ap} \quad (2)$$

$$C_1 = [m_t g f_1 + R_{f1}] / m_{ap} \quad (3)$$

$$C_2 = \left[\frac{1}{2} \rho C_d A_f \right] / m_{ap} \quad (4)$$

Donde C_0 captura las resistencias estáticas que no varían con la velocidad, C_1 es la resistencia a la rodadura y otras fricciones mecánicas crecen linealmente con un incremento en la velocidad y C_2 se centra en la resistencia aerodinámica.

Donde:

m_t : es la masa total del vehículo.

g : representa la aceleración debido a la gravedad.

f_0 y f_1 : son coeficientes de fricción de rodadura.

R_{f0} y R_{f1} indican las resistencias por fricción estática y dinámica.

ρ : es la densidad del aire.

A_f : es el área frontal del vehículo.

m_{ap} : es la masa aparente del vehículo

C_d : es el coeficiente de arrastre aerodinámico.

Estos términos combinados en las ecuaciones permiten calcular con precisión el coeficiente de arrastre del vehículo bajo diversas condiciones, proporcionando una base sólida para evaluar su comportamiento dinámico y la eficiencia de su diseño.

2.2. Validación del modelo numérico

De las ecuaciones (2), (3) y (4) se obtienen los tres coeficientes y con C_2 se determina el coeficiente de resistencia aerodinámico, el resultado del ajuste se muestra en las figura 4.

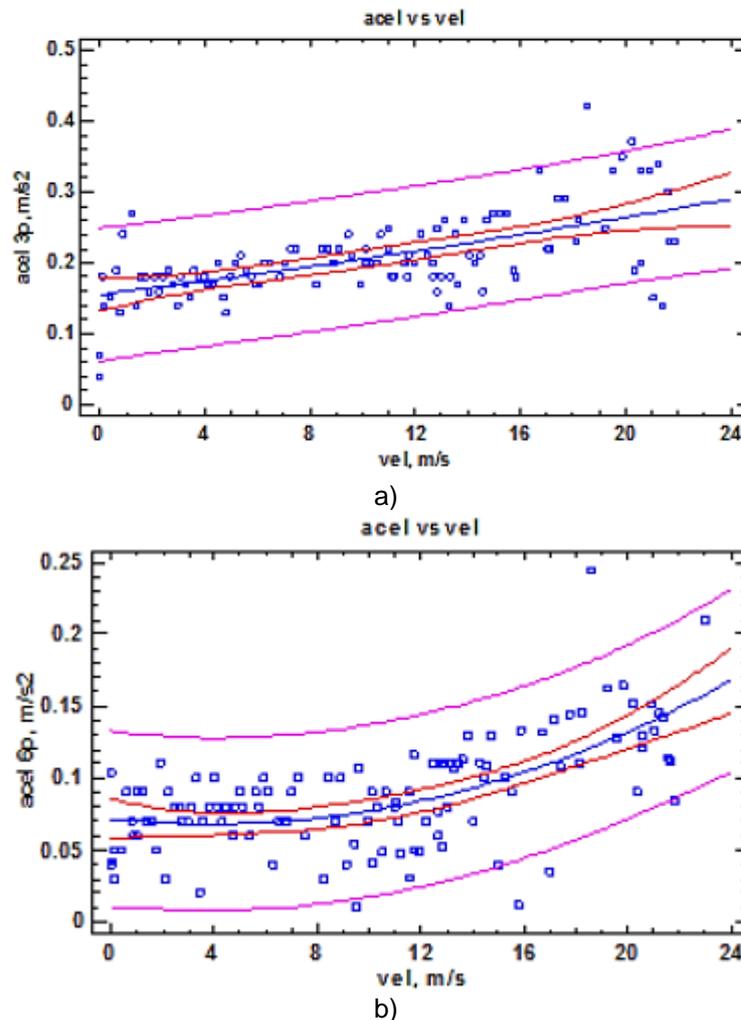


Fig. 4. Aceleración vs velocidad, a) aceleración vs velocidad, por 3 puntos, b) aceleración vs velocidad, por 6 puntos. Fuente: autores

De la figura 4 se observa que la curva ajustada refleja mejor la distribución de los puntos experimentales. La ecuación de la curva ajustada es la obtenida en la ecuación (5).

$$d = 0,0716795 - 0,00190221v + 0,000245731v^2 \quad (5)$$

A partir de las ecuaciones antes mencionadas, se obtiene que el valor de C_d es 0,387. El fabricante no ha hecho público el C_d del Peugeot Partner eléctrico, algunas fuentes lo fijan en 0,41. Se considera que este valor es bastante cercano a la realidad, una experimentación más amplia permitiría tener más seguridad en el resultado. Las diferencias entre el valor del C_d simulado y el C_d calculado utilizando pruebas experimentales puede estar dado por simplificaciones realizadas en la elaboración del modelo CAD del automóvil eléctrico.

2.3. Estudio de independencia de la malla

Los resultados del estudio de independencia de la malla se observan en la figura 5. Mostrando el resultado del coeficiente C_x calculado para el modelo de referencia, bajo las mismas condiciones, pero que poseen mallas de diferente densidad. El gráfico muestra que en la medida que la cantidad de elementos crece, la diferencia entre los valores de C_x se hace menos marcada. Sin embargo, se evidencia cómo el tiempo de cómputo va creciendo con el aumento del número de elementos.

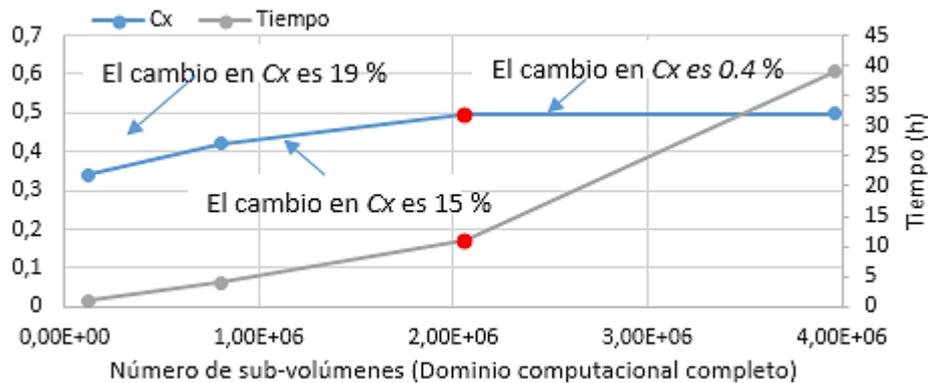


Fig. 5. Coeficiente de arrastre y tiempo de cómputo en función del número de elementos de la malla. Fuente: autores

De lo observado en la figura 5 se llega a la conclusión de que el valor de C_x en las dos últimas mallas difieren en menos de un 1%. De acuerdo con esta conclusión, se decide emplear en este trabajo mallas con tamaño de volúmenes que generen un número total de elementos de 2062828. Finalmente la malla que se emplea es la marcada con un punto rojo en la figura mencionada.

3. Resultados y Discusión

Para analizar el movimiento y las propiedades aerodinámicas de un cuerpo, en las figuras siguientes se muestran los vectores de velocidad que rodean al modelo estudiado. Los vectores fueron representados en un plano que divide en dos al automóvil. En la figura 6a se representó el automóvil con las ventanillas totalmente cerradas y en la figura 6b se muestra el vehículo con las ventanillas delanteras abiertas.

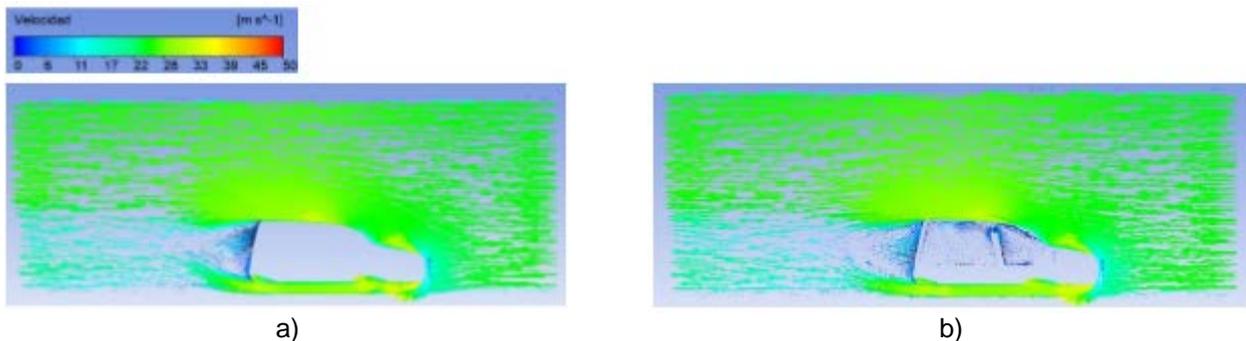


Fig. 6. Vectores de velocidad asociados al modelo numérico, a) ventanillas cerradas, b) ventanillas abiertas. Fuente: autores

En ambos modelos mostrados el flujo de entrada se encuentra a una velocidad de 90 km/h. En ambas figuras se puede observar las áreas de recirculación asociadas a las zonas de bajas presiones.

Un área de bajas presiones mayor siempre está asociada a mayor resistencia al avance del automóvil.

Se aprecia en las figuras anteriores que el modelo que tiene las ventanillas abajo muestra una gran zona de recirculación dentro del vehículo adicional a la que ambos modelos muestran en la zona opuesta a la dirección principal del flujo. También pueden afectar la eficiencia del vehículo y aumentar el consumo de energía. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estas áreas de recirculación al conducir y tomar medidas para minimizar su impacto.

Entre los componentes de mayor resistencia al avance presentes en los vehículos convencionales se encuentran los retrovisores. Los retrovisores laterales, figura 7, del vehículo son uno de los elementos que más contribuyen al ruido del viento. Según estudios realizados por Zaareer M, et al [13], los retrovisores consumen entre un 3 % y un 6 % del combustible que empleamos en hacer mover los automóviles.

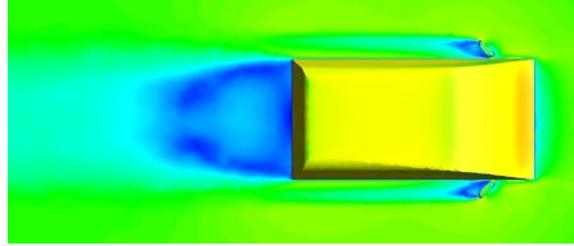


Fig. 7. contornos de velocidad, vista superior. Fuente: autores

En la figura anterior se puede observar como existen zonas de bajas presiones en la parte posterior de los retrovisores. Para lograr esta representación se creó un plano paralelo al camino a la altura de los retrovisores laterales.

3.1. Análisis del arrastre viscoso y de forma

Hay otros elementos que están presentes en el arrastre viscoso, pero en este caso se tendrá en cuenta arrastre aerodinámico, que se produce debido a la resistencia del aire al movimiento del vehículo. En este caso, el arrastre puede ser mayor o menor dependiendo, de la velocidad a la que circula. Esto hace que el rendimiento del vehículo también disminuya y la aceleración sea más lenta.

La figura 8 muestra los esfuerzos que actúan sobre la superficie del automóvil. Puede observarse que la fuerza del aire actúa principalmente sobre la superficie frontal del carro (principalmente en parabrisas y retrovisores), ya que es donde se encuentra la mayor resistencia al movimiento. Esto se debe a que el aire se mueve a altas velocidades alrededor del carro, creando una presión más alta en la parte delantera del vehículo y una presión más baja en la parte trasera, desarrollando zonas de recirculación.

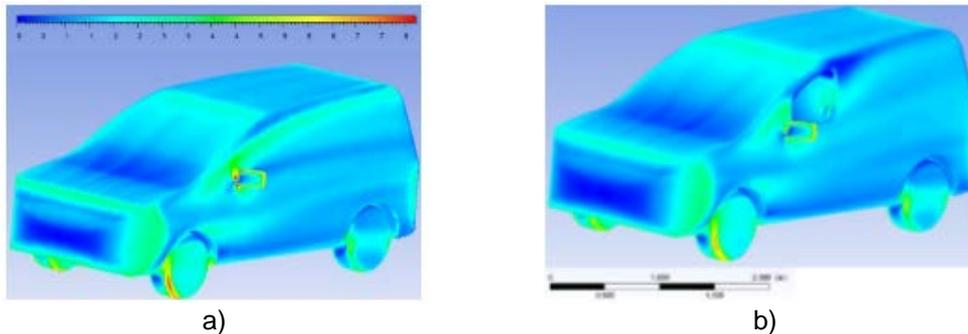


Fig. 8. Contornos de esfuerzos viscosos y de forma sobre la superficie del carro, a) ventanillas cerradas, b) ventanillas abiertas. Fuente: autores.

3.2. Determinación del coeficiente de arrastre

Es importante tener en cuenta que el coeficiente C_x no es el único factor que influye en la eficiencia energética de un vehículo eléctrico. Otros factores a considerar son el peso del vehículo, el tamaño y la forma de las ruedas, el tipo de neumáticos y el uso de dispositivos de recuperación de energía durante la frenada. En la figura 9 se muestran los resultados empleando la ecuación (4).

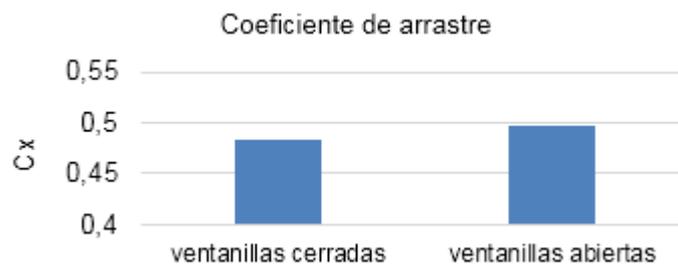


Fig. 9. Coeficientes de arrastre para ambas geometrías. Fuente: autores

En la figura 9 se puede apreciar que el modelo con las ventanillas abiertas tiene un coeficiente de arrastre 3.057% mayor que el que está completamente cerrado. Esto evidencia que un vehículo eléctrico con ventanillas abiertas es menos eficiente debido a que el aire que entra a través de ellas provoca un arrastre adicional que aumenta la resistencia del vehículo al movimiento. Esto implica que el motor tendrá que trabajar más para mover el vehículo y, por ende, consumirá más energía.

Por otro lado, cuando se cierran las ventanillas, el vehículo se vuelve más aerodinámico y reduce significativamente la resistencia al movimiento. Esto permite que el motor trabaje de manera más eficiente y consuma menos energía, lo que se traduce en una mayor autonomía del vehículo.

Conclusiones

Al simular ambos modelos a 90 km/h, se identificaron áreas de recirculación ligadas a zonas de baja presión, comúnmente formadas detrás de los vehículos en movimiento. Este fenómeno divide el aire en flujos de alta y baja presión que impacta significativamente el flujo de aire alrededor del vehículo, influenciando así la resistencia al movimiento y la sustentación. Se encontró una variación del 3,057 % en el coeficiente de resistencia aerodinámica entre el modelo con ventanillas cerradas y el de ventanillas abiertas.

El análisis experimental reveló una diferencia de aproximadamente 10 % con respecto al análisis numérico, posiblemente debido a las simplificaciones en la elaboración del modelo CAD.

Referencias

1. Wu Y, Zhang L. Can the development of electric vehicles reduce the emission of air pollutants and greenhouse gases in developing countries? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2017;51:129-45. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.12.007>
2. Zhang D, Subramanian S, Hampson R, Jackson W, Kontis K, Dobie G, et al. Automotive aerodynamics sensing using low-profile pressure sensor strip. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2023;72:1-9. DOI: [10.1109/TIM.2023.3292963](https://doi.org/10.1109/TIM.2023.3292963)
3. Kiyakli AO, Solmaz H. Modeling of an electric vehicle with MATLAB/Simulink. *International Journal of Automotive Science and Technology*. 2018;2(4):9-15. <https://doi.org/10.30939/ijastech.475477>
4. da Silva LC, Milani G. A FE-based macro-element for the assessment of masonry structures: linear static, vibration, and non-linear cyclic analyses. *Applied Sciences*. 2022;12(3):1248. <https://doi.org/10.3390/app12031248>
5. Jurco A, Borza EV, Mariasiu F, Vlad N, Morariu S, editors. *Aerodynamic Study of an Electric Vehicle Prototype*. In: *Proceedings of the 30th SIAR International Congress of Automotive and Transport Engineering*; 2020. Cluj-Napoca, Romania. Cham: Springer; 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32564-0_56
6. Zhang Y, Li J, Xu C, Zhu Z. Vehicle Aerodynamic Optimization: On a Combination of Adjoint Method and Efficient Global Optimization Algorithm. *SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems*. 2019;12(2):139-154. <https://doi.org/10.4271/06-12-02-0011>
7. Ferraris A, De Cupis D, de Carvalho Pinheiro H, Messana A, Sisca L, Airale AG, et al. *Integrated Design and Control of Active Aerodynamic Features for High Performance Electric Vehicles*. SAE Technical Paper. 2021 Mar. Report No. 2021-01-0346. <https://doi.org/10.4271/2020-36-0079>
8. Huluka A, Kim C, editors. Numerical study on aerodynamic drag reduction and energy harvest for electric vehicle: a concept to extend driving range. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Stavanger, Norway IOP Publishing Ltd; 2019. DOI <https://doi.org/10.1088/1757-899X/700/1/012009>
9. Fotso BM, Nguetack CF, Talawo R-C, Fogue M. Aerodynamic analysis of an electric vehicle equipped with horizontal axis savonius wind turbines. *Int J Recent Trends Eng Res IJRTER*. 2019;5:17-26. DOI: 10.23883/IJRTER.2019.5057.LKAXL
10. Ebrahim H, Dominy R, Martin N. Aerodynamics of electric cars in platoon. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2021;235(5):1396-1408. <https://doi.org/10.1177/0954407020965028>
11. Nath DS, Pujari PC, Jain A, Rastogi V. Drag reduction by application of aerodynamic devices in a race car. *Advances in Aerodynamics*. 2021;3:1-20. <https://doi.org/10.1186/s42774-020-00054-7>
12. Kumar BR. Aerodynamic design optimization of an automobile car using computational fluid dynamics approach. *Australian Journal of Mechanical Engineering*. 2021;19(5):495-501. <https://doi.org/10.1080/14484846.2019.1654963>
13. Zaareer M, Mourad AH. Effect of Vehicle Side Mirror Base Position on Aerodynamic Forces and Acoustics. *Alexandria Engineering Journal*. 2021;60(1):559-568. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.06.049>

Editores:

Alberto Julio Rodríguez Piñeiro, Armando Díaz Concepción.
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Daniel A. Perdomo Padilla. <https://orcid.org/0009-0007-7226-889x>

Participó en la recopilación de datos e informaciones, en el diseño teórico y de investigación, procesamiento y valoración de resultados plasmados en el artículo, además de un análisis previo del proceso de validación. También tomó acciones en el uso de los softwares mencionados en el trabajo y participó en la búsqueda de información para el mismo, así como en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Víctor M. Mir Labrada. <https://orcid.org/0000-0003-4163-2656>

Realizó contribuciones en el análisis e interpretación de los datos obtenidos, empleando los softwares en las diferentes etapas. Participó en la búsqueda de información, en el diseño teórico y de investigación, además en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Jorge Marciano Rodríguez Matienzo. <http://orcid.org/0000-0002-5015-1195>

Realizó contribuciones en el análisis e interpretación de los datos. Participó en la búsqueda de información actualizada, en el diseño teórico y de investigación, en la recolección de los datos para la validación del trabajo, así como en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Yusdel Díaz Hernández. <https://orcid.org/0000-0003-0381-3851>

Se centró en la revisión y actualización de la bibliografía referenciada del trabajo estudiado en el artículo, valorando y adaptando estas al sistema previsto en el mismo y participó en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final