

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL CARROZADO DE LOS CAMIONES EN LAS EMISIONES DE CO₂

Ariza Buzon, Carlos

Trabajo Final de Grado de Ingeniería Mecánica,

Departamento de Mecánica de Fluidos. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Vilanova i la Geltrú (UPC)

Resumen

Este proyecto se basa en obtener un análisis completo de las emisiones de CO₂ producidas por los camiones con diferentes carrozados, así se podrán comparar los resultados y ver cómo afecta la carrocería en las emisiones de CO₂.

Se ha montado cuatro carrozados distintos en el camión Iveco S-WAY. Primero se ha montado una caja cerrada, todo seguido, se ha eliminado dejando el chasis cabina, a continuación, se ha montado una caja abierta y finalmente se ha montado una cisterna.

Para el análisis, primero se ha calculado el coeficiente aerodinámico de cada modelo a través del software Siemens NX12.0. Una vez obtenido, a través de VECTO (v3.3.11.2675), que es la nueva herramienta de simulación desarrollada por la Comisión Europea para determinar las emisiones de CO₂, se han introducido los valores aerodinámicos para conseguir los resultados de las emisiones de CO₂ de cada modelo. Las simulaciones se han hecho en tres recorridos distintos, primero en un recorrido regional, segundo en un recorrido urbano y finalmente en un recorrido de larga distancia.

En los resultados aerodinámicos se generan diferencias significativas entre los modelos, el coeficiente de resistencia más bajo es 0,59 y lo genera el camión cisterna, el siguiente es 0,63 y lo produce el camión con caja cerrada, el camión con caja abierta tiene un coeficiente de 0,66 y el chasis cabina origina un coeficiente de 0,67. En el cálculo de emisiones, el camión cisterna es el que menos CO₂ expulsa, y el camión con caja abierta el que más, debido a que la caja abierta sobresale por los lados y por lo tanto tiene un área frontal mayor que el chasis cabina.

Se concluye, como cabía esperar, que contra mayor es el coeficiente aerodinámico, más emisiones de CO₂ se expulsan al exterior.

1. Introducción

El proyecto final de carrera que se presenta a continuación en cooperación con la empresa Applus IDIADA, estudia la importancia del carrozado en las emisiones de CO₂ de los camiones rígidos. Se comprueba la diferencia aerodinámica de un camión montando diferentes carrocerías, para posteriormente ver si la diferencia afecta en las emisiones de CO₂ que se expulsan al exterior.

Con este proyecto se podrá verificar, gracias a la reglamentación vigente y a los análisis realizados, que los datos ofrecidos por los fabricantes de segunda fase concuerdan con la realidad. Inicialmente se ha estudiado el

marco reglamentario actual para después, con la metodología adecuada, hacer las simulaciones aerodinámicas y así obtener las emisiones de CO₂. El proyecto se ha finalizado con las conclusiones pertinentes.

El proyecto se basa en el análisis aerodinámico del camión y el cálculo de las emisiones. Empleando los criterios de simulación y el cumplimiento de la normativa, se ha decidido utilizar el software Siemens NX12.0 para hacer la simulación de fluidos y la herramienta de simulación VECTO (v3.3.11.2675) creada por la Comisión Europea para determinar las emisiones de CO₂.

2. Homologación en vehículos comerciales

Se define Homologación como “el proceso técnico y administrativo (se da una aprobación por parte de un órgano legal) mediante el cual, tras superar unas pruebas técnicas en un servicio técnico, permite a este emitir una serie de informes con los resultados que llevarán a la obtención del certificado de homologación integral del vehículo”. Este certificado que emite el servicio técnico, y que firma el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a continuación, es el certificado de homologación de tipo vehículo completo que permite al fabricante matricular y vender el vehículo. En el caso del estado español esto significa expedir la tarjeta de inspección técnica del vehículo que permite ponerlo en circulación.

Para conseguir que un vehículo se homologue, es necesario que este vehículo cumpla con unos requisitos técnicos exigibles. Estos requisitos técnicos exigibles tienen que ver con tres ámbitos distintos que son: la seguridad activa, la seguridad pasiva y el medio ambiente. La seguridad activa es aquella que trata de intentar que el accidente o perjuicio no se llegue a producir, la seguridad pasiva es aquella que trata de, una vez el accidente o perjuicio en el vehículo se ha producido, minimizar los daños que se pueden producir en el mismo y en sus ocupantes. En el ámbito del medio ambiente se procura que la presencia y la utilización del vehículo no afecte a la salud de aquellos que cohabitan con el mismo sin ser usuarios que lo utilicen ni interactúen con él.

3. Clasificación de vehículos y carrocerías de categoría N

El Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la homologación y la vigilancia del mercado de los vehículos de motor y sus remolques y de los sistemas, los componentes y las unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, aplica sobre las siguientes categorías de vehículos M, N y O. [1]

La categoría M comprende los vehículos de motor diseñados y fabricados principalmente para el transporte de pasajeros y su equipaje, se dividida en M1, M2 y M3.

La categoría N comprende los vehículos de motor diseñados y fabricados principalmente para el transporte de mercancías, los vehículos se dividen en N1, N2 y N3.

La categoría O comprende los remolques divididos en O1, O2, O3 y O4

En el Anexo 1 del Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo, exactamente en la parte C se encuentran las definiciones de los tipos de carrocerías.

Para los vehículos de motor de categoría N1, N2 o N3 se dispone de la Tabla 1 dónde se distingue mediante códigos los diferentes tipos de carrocerías.

Ref.	Código	Nombre
4.1.	BA	Camión
4.2.	BB	Furgoneta
4.3.	BC	Tractocamión
4.4.	BD	Vehículo tractor de carretera
4.5.	BE	Furgoneta de plataforma descubierta
4.6.	BX	Bastidor con cabina o bastidor con cubierta

Tabla 1. Códigos de las diferentes carrocerías que aplican a N1, N2 Y N3 del Reglamento (UE) 2018/858. [1]

4. Vehículos multifase

Cuando se habla de un vehículo multifase se hace referencia a un vehículo que ha pasado por varias fases de completado. En el ámbito de vehículo industrial, los fabricantes de primera fase serían los encargados de fabricar la cabina y el chasis del camión en la figura 1 se puede observar un ejemplo. Posteriormente, el mismo vehículo es comprado por otro fabricante que modifica el camión inicial montando una carrocería.



Fig. 1. Ejemplo de vehículo chasis cabina

5. Reglamentación sobre emisiones de CO₂

En lo relativo a las emisiones de CO₂ se detallarán los tres reglamentos que aplican a este proyecto.

Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2009, relativo a la homologación de los vehículos de motor y los motores en lo concerniente a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y al acceso a la información sobre reparación y mantenimiento de vehículos, establece requisitos técnicos para la homologación de los vehículos de motor, los motores y las piezas por lo que se refiere a sus emisiones. El presente Reglamento establece normas sobre la conformidad del vehículo o el motor en servicio, la durabilidad de los dispositivos de control de la contaminación, la medición del consumo de carburante y de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). [2]

Reglamento (UE) n.º 582/2011 de la Comisión, de 25 de mayo de 2011, por el que se aplica y modifica el Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI), detalla los procedimientos de ensayos que se han de seguir para cumplir con el Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo. [3]

Reglamento (UE) 2017/2400 de la Comisión, de 12 de diciembre de 2017, por el que se aplica el Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la determinación de las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible de los vehículos pesados, fija las normas para la expedición de licencias que permitan utilizar una herramienta de simulación con vistas a la determinación de las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible de los vehículos nuevos que vayan a venderse, matricularse o ponerse en servicio, así como para la utilización de dicha herramienta de simulación y la declaración de los valores de emisiones de CO₂ y consumo de combustible así determinados. [4]

Haciendo referencia a los párrafos anteriores, el Reglamento (CE) n.º 595/2009 fija las normas que deben cumplir todos los vehículos, el Reglamento (UE) n.º 582/2011 detalla cómo deben de hacerse los ensayos para calcular los valores de las emisiones y el Reglamento (UE) 2017/2400 hace referencia a la herramienta de simulación llamada VECTO con la que se declaran los valores de emisiones de CO₂ y consumo de combustible.

6. Camiones estudiados

En el proyecto se analiza un mismo camión con 4 tipos diferente de carrocería, la primera de ellas es un camión con caja cerrada como se puede observar en la figura 2.

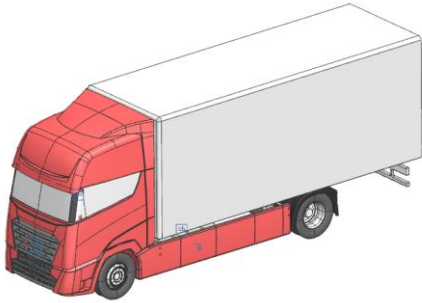


Fig. 2. Camión con caja cerrada

A continuación, en la figura 3 se muestra el modelo chasis cabina.

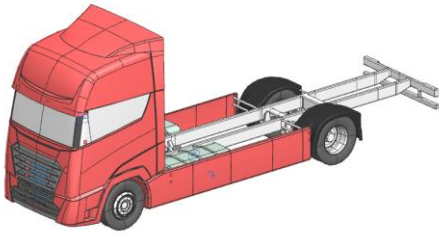


Fig. 3. Camión chasis cabina

Posteriormente, se le añade una caja abierta al modelo anterior como se ve en la figura 4.

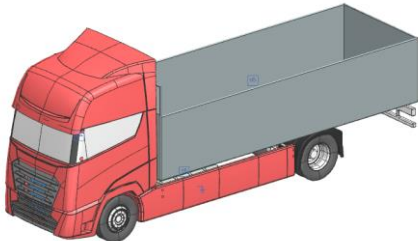


Fig. 4. Camión caja abierta

Finalmente, se cambia el carrozado añadiendo una cisterna como se puede observar en la figura 5.

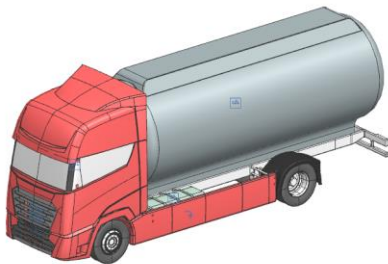


Fig. 5. Camión cisterna

7. Coeficiente aerodinámico

El coeficiente aerodinámico es un valor adimensional utilizado en el mundo de la automoción, con el que se calcula la resistencia de un vehículo al desplazarse en un fluido, normalmente aire. A través de la siguiente fórmula se obtiene el valor C_d de un vehículo.

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A}$$

F_d : fuerza de resistencia al avance [N]

A : área frontal (m^2)

ρ = densidad del fluido (kg/m^3)

V = Velocidad del objeto (m/s)

Por tanto, el coeficiente de resistencia, C_d , es la relación entre la fuerza de resistencia al movimiento que sufre el vehículo al moverse en el aire, respecto a la fuerza generada por la presión dinámica del fluido.

8. Condiciones para la simulación

El camión proporcionado para las simulaciones dispone de las características mostradas en la Tabla 2.

Marca	IVECO
Tipo	S-WAY
Camión rígido	4x2
Categoría	N2
Grupo de vehículo	2
Distancia entre ejes	5600 mm
Longitud	9900 mm
Altura	3800 mm
Anchura	2500 mm
Voladizo trasero	2700 mm

Tabla 2. Características IVECO S-WAY

Para las condiciones externas se han utilizado los valores indicados en la Tabla 3.

Temperatura ambiente	20 °C
Velocidad del aire	25 m/s
Velocidad del camión	0 m/s
Densidad del aire	1,207 kg/m^3
Presión atmosférica	101325 Pa
Gravedad	9,81 m/s^2

Tabla 3. Condiciones externas

9. Simulaciones Siemens NX12.0

Alrededor del camión se ha creado un dominio fluido de 10 metros de ancho, 10 metros de alto y 50 metros de largo, en el que se obtendrán los resultados de velocidad, presión y vorticidad. El camión está centrado respecto a la anchura del dominio, tocando el suelo y a 5 metros del inicio del mismo, como muestra la figura 6.

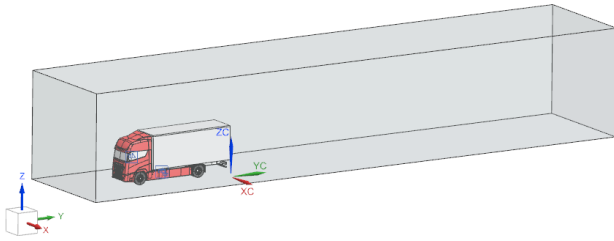


Fig. 6. Dominio fluido

El software Siemens NX12.0 ofrece varios tipos de modelo de turbulencia, eligiendo para el proyecto el modelo k-Omega debido a su capacidad de resolver parámetros de turbulencias muy cercanos a la región límite o de pared logrando una mayor precisión en las capas límites con gradiente de presión adverso.

Al camión se le asigna un material metálico, y al dominio fluido se le asigna un material que en este caso es aire, y a través de un mallado 2D se crea para el camión una malla de revestimiento de 50mm de tipo QUAD8 Thin Shell, se elige este mallado para obtener unos valores precisos conforme el fluido se acerca al camión. Se puede observar el mallado en la figura 7.

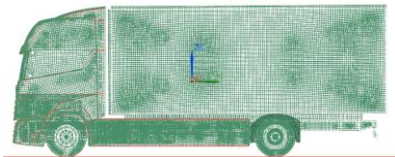


Fig. 7. Mallado camión

Para ajustar el mallado del dominio fluido visualizado en la figura 8, se ha ido incrementando el número de elementos en la malla exterior consiguiendo una mayor precisión de los valores tanto de velocidad como de presión y vorticidad cercanos al camión.

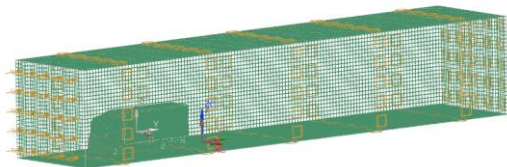
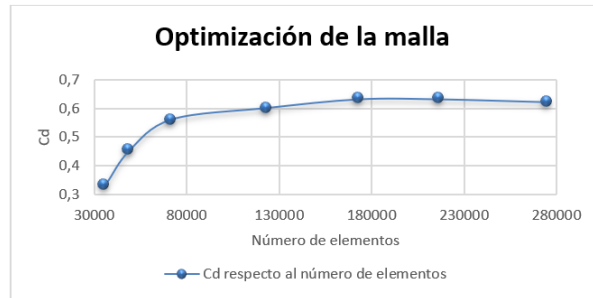


Fig. 8. Condiciones externas

Como se puede observar en la gráfica 1, el valor del Cd crece con rapidez a medida que se incrementan los números de elementos en los tres primeros casos si se compara con el incremento de Cd que se ve reflejado entre el cuarto y el último valor. Si se continuará incrementando el número de elementos, el valor de Cd no se vería prácticamente

alterado, sin embargo, el tiempo de solución se vería incrementado debido al mayor número de elementos por resolver.

El número de elementos elegido para las simulaciones haciendo la optimización, ha sido de 216216 elementos lo que supone una malla de 275 mm.



Gráfica 1. Optimización de la malla

El software dispone de una herramienta que genera automáticamente un informe a través de un report con los valores del coeficiente aerodinámico, sin embargo, no se ha podido utilizar ya que al importar un modelo de camión 3D modelado a través de otro software, toda la información no se copia correctamente y ha generado problemas a la hora de utilizar algunas herramientas concretas de Siemens NX12.0.

Considerando que la fuerza de resistencia al movimiento es debida fundamentalmente a la distribución de presión generada en el camión, siendo poco significativa la fuerza de fricción, se han calculado los valores del coeficiente aerodinámico analíticamente.

9.1. Resultados de las simulaciones

En las figuras de la 9 a la 16, se muestran los resultados de las simulaciones realizadas en cada tipo de carrozado.

➤ Caja cerrada

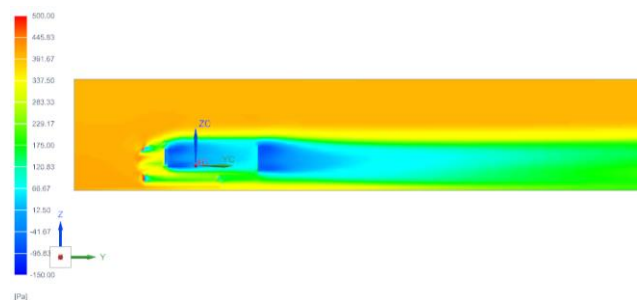


Fig.9. Presión total camión caja cerrada vista lateral

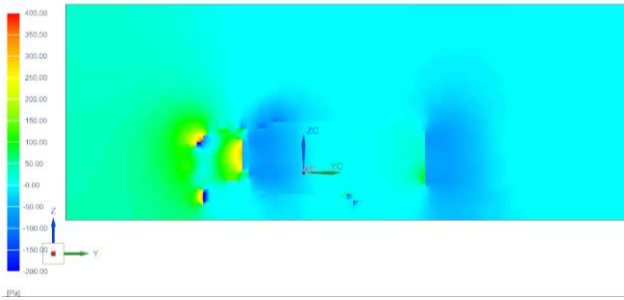


Fig.10. Presión estática camión caja cerrada vista lateral



Fig.14. Presión estática camión caja abierta vista lateral

➤ Chasis Cabina

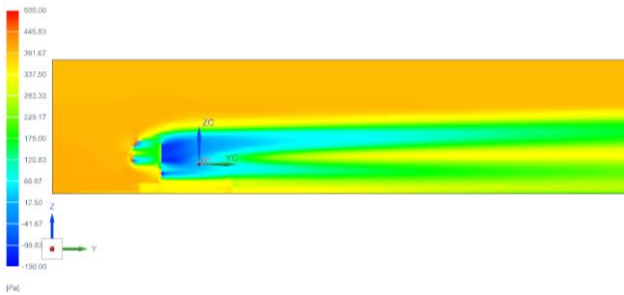


Fig.11. Presión total camión chasis cabina vista lateral

➤ Cisterna

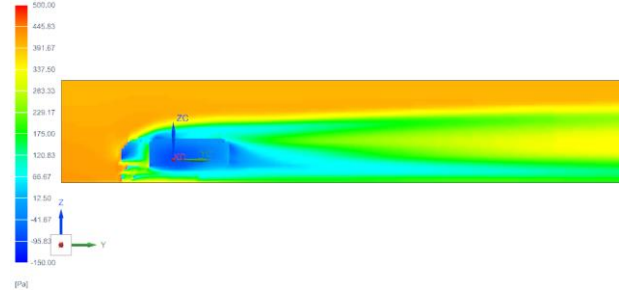


Fig.15. Presión total camión cisterna vista lateral



Fig.12. Presión estática camión chasis cabina vista lateral



Fig.16. Presión estática camión cisterna vista lateral

➤ Caja abierta

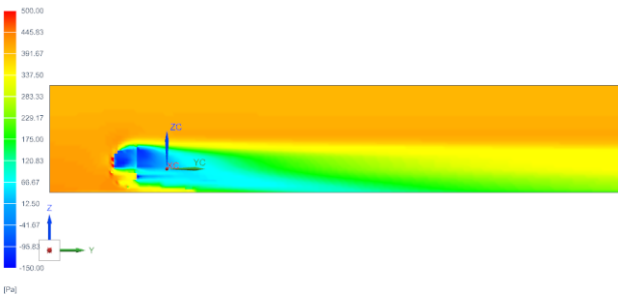


Fig.13. Presión total camión caja abierta vista lateral

10. Simulaciones VECTO

Para la simulación de VECTO, el software dispone de unos valores predeterminados del vehículo, motor y caja de cambios. Los valores en el campo de motor y caja de cambios no se modifican ya que siempre será el mismo vehículo base con las mismas características, en cambio, sí que se modifica el $C_d \times A$, la altura del vehículo, la masa en orden de marcha extra de la carrocería y la carga dentro de la carrocería que se pueden visualizar en la figura 17.

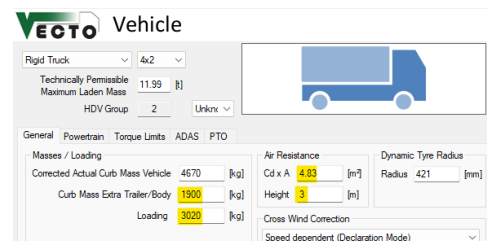


Fig. 17. VECTO Vehicle

Se realizan cuatro simulaciones en total, una para cada tipo de carrocería, obteniendo así el consumo de cada tipo de vehículo y las emisiones de CO₂. Dentro de cada simulación se calcula el consumo y las emisiones con tres mapas de recorrido diferente, se simula en un recorrido regional, urbano y finalmente de larga distancia.

12. Análisis de los resultados y diferencias

Los primeros valores que se analizan son los coeficientes aerodinámicos, en la Tabla 4 se muestran los cuatro resultados obtenidos.

Caja Cerrada	0,63
Chasis Cabina	0,67
Caja Abierta	0,66
Cisterna	0,59

Tabla 4. Resultados de los coeficientes aerodinámicos

El coeficiente aerodinámico del modelo proporcionado por VECTO es 0,63. Si se compara con el coeficiente aerodinámico obtenido en la simulación realizada del camión con caja cerrada, se observa como el valor es el mismo. De esta manera, se verifica que ambos modelos son equivalentes y que los resultados de los modelos modificados son correctos.

Tanto en el modelo de caja cerrada como de cisterna, el flujo una vez choca frontalmente con la cabina se desplaza hacia la zona superior, encontrándose la ayuda aerodinámica que proporciona el spoiler y la caja cerrada o la cisterna dando continuidad al spoiler. Así se consigue que el flujo se vaya adaptando a la forma del camión a nivel que va pasando por la carrocería proporcionando al término del vehículo una menor turbulencia. La diferencia de coeficiente, aerodinámico que se encuentra entre la cisterna y la caja cerrada se debe principalmente a la forma de ambos modelos, la cisterna es un cilindro redondeado por ambas caras y la caja cerrada es un rectángulo. También influye el tamaño de la cisterna que no sobresale de la cabina a diferencia de la caja cerrada que sobrepasa la anchura del vehículo 50 mm.

En el lado opuesto, se encuentran la caja abierta y el chasis cabina donde el flujo no encuentra continuidad una vez supera el spoiler y se producen turbulencias provocadas por un desprendimiento directo de la capa límite.

Cabe destacar que los valores que se utilizan para el análisis de consumo y emisiones de CO₂ del Chasis Cabina son con carga, consiguiendo que el único aspecto que modifique los valores de consumo y emisiones sea el coeficiente aerodinámico.

Los resultados de consumo y emisiones son proporcionales. La diferencia que se encuentra entre los consumos y las emisiones de los modelos tienen el mismo porcentaje.

El primer recorrido que se analiza sobre los resultados obtenidos en consumo y emisiones de CO₂ es el regional. En la Tabla 5 se muestran los resultados de las cuatro

carrocerías en este recorrido. Los valores más elevados se encuentran en el camión con caja abierta coincidiendo con que es el modelo con un CdxA mayor. El mismo resultado ocurre a la inversa, el camión cisterna que es el modelo con un CdxA menor es el que ofrece los menores valores. Entre ambos modelos se encuentra una diferencia de consumo de 1,2494 [l/100km] y 32.6929 [g/km] en emisiones de CO₂. En ambos casos se disminuye un 5,66% los valores.

Modelo	Consumo [l/100km]	Emisiones CO₂ [g/km]
Caja Cerrada	21,6089	565,4345
Chasis Cabina	22,0228	576,2663
Caja Abierta	22,0705	577,514
Cisterna	20,8211	544,8212

Tabla 5. Resultados de consumo y emisiones de CO₂ para recorrido regional.

El recorrido que se analiza en la Tabla 6 es el urbano. Igual que en el caso anterior, los valores más elevados se encuentran en el camión con caja abierta y los menores en el camión cisterna. Entre ambos modelos se encuentra una diferencia de consumo de 0,6003 [l/100km] y 15.7088 [g/km] en emisiones de CO₂ lo que supone una disminución del 2,71%.

Modelo	Consumo [l/100km]	Emisiones CO₂ [g/km]
Caja Cerrada	21,9185	573,5363
Chasis Cabina	22,1167	578,7221
Caja Abierta	22,1385	579,2946
Cisterna	21,5382	563,5858

Tabla 6. Resultados de consumo y emisiones de CO₂ para recorrido urbano.

Por último, se analiza el recorrido de larga distancia con los resultados indicados en la Tabla 7. Continuando la tendencia, los valores más elevados se encuentran en el camión con caja abierta y los menores en el camión cisterna. Entre ambos modelos se encuentra una diferencia de consumo de 1,5421 [l/100km] y 40,354 [g/km] en emisiones de CO₂ lo que supone una disminución del 6,8%.

Modelo	Consumo [l/100km]	Emisiones CO₂ [g/km]
Caja Cerrada	22,1162	578,7115
Chasis Cabina	22,6257	592,043
Caja Abierta	22,6845	593,582
Cisterna	21,1424	553,228

Tabla 7. Resultados de consumo y emisiones de CO₂ para recorrido de larga distancia.

En los tres recorridos se observa la misma tendencia, que contra mayor es el CdxA mayor es el consumo y las emisiones. Sin embargo, en el recorrido de larga distancia es donde se ve mayor diferencia, mientras que en el recorrido urbano los valores son más similares entre ellos. Esto se debe a que cuanto mayor velocidad, más afectación tiene la aerodinámica.

13. Estudio medioambiental

El sector del transporte es el responsable del 22,3% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) de la UE, el 5,6% pertenece a los camiones y autobuses. Por lo tanto, el transporte es un enfoque clave y un impulsor de las medidas de protección climática. [5]

La Asociación de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA) recoge que 6,6 millones de camiones circulan por la Unión Europea. El 4,7% de las emisiones pertenecen a los camiones rígidos de grupo 4 en un recorrido regional. La diferencia que marca si un vehículo rígido es grupo 4 o grupo 2, como sucede en el caso estudiado en este proyecto, es la capacidad de carga que tiene el vehículo.

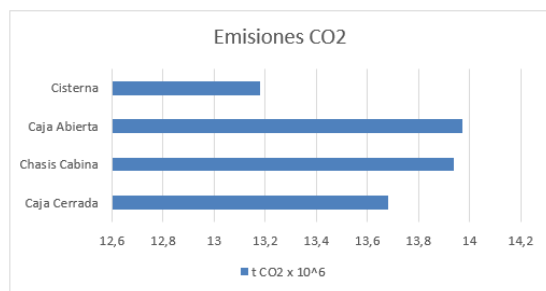
Por lo tanto, se ha realizado el estudio medioambiental basado en los datos proporcionados por ACEA. De los 6.600.000 camiones que circulan por la UE, se estudian 310.200 que equivaldría al grupo 2 simulado en el proyecto. Cada vehículo de este grupo hace un kilometraje anual de 78.000 km en un recorrido regional.

Para analizar la importancia que tiene el carrozado en el medioambiente, se realiza el mismo estudio para cada tipo de carrocería. Se analiza la flota de 310.200 camiones en los cuatro modelos estudiados, con un kilometraje individual de 78.000 km para cada modelo con los resultados obtenidos en el recorrido regional (Tabla 8).

Modelo	Emisiones CO ₂ [g/km]
Caja Cerrada	565,4345
Chasis Cabina	576,2663
Caja Abierta	577,514
Cisterna	544,8212

Tabla 8. Resultados de emisiones de CO₂ para recorrido regional.

La gráfica 2 muestra las emisiones de CO₂ para cada tipo de carrocería.



Gráfica 2. Emisiones de CO₂

Entre ambos extremos se encuentra una diferencia de 0,79 millones de toneladas de CO₂ en tan solo un año, donde la única diferencia es el coeficiente aerodinámico. Queda reflejada la importancia que tiene la aerodinámica en el ahorro en emisiones de CO₂.

La UE ha puesto 2 objetivos de reducción sobre las emisiones para las flotas de cada fabricante, deben reducir un 15% las emisiones para el 2025 y un 30% para el 2030. Si los fabricantes se exceden en los límites marcados por la UE, serán penalizados con 4250€ por cada gCO₂/tkm que sobrepasen en 2025 y con 6800 € por gCO₂/tkm en 2030.

Por lo tanto, deberán esforzarse en minimizar el valor de las emisiones, con tal de reducir el impuesto asociado. De esta manera, se conseguirá reducir las emisiones totales.

14. Estudio económico

Hace 1 año el valor del diésel estaba en 1,23 €/l, actualmente se encuentra rondando los 2 €/l lo que supone un incremento del 38,5% en tan solo un año. Dentro de los sectores más afectados se encuentran los transportistas, quienes han visto como sus beneficios se reducían considerablemente llegando a perder dinero al aceptar algunos encargos.

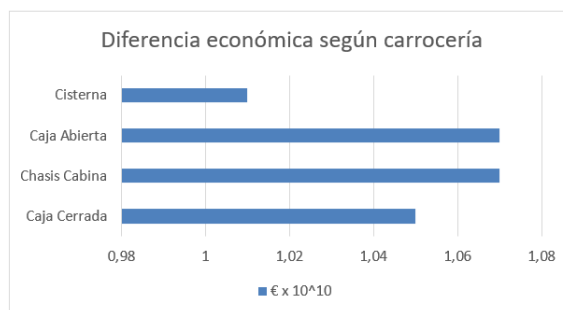
Se ha realizado un estudio económico a través de los datos proporcionados por la ACEA comentados en el apartado anterior, donde se analizan 310.200 camiones con una media de 78.000 km por camión en un recorrido regional.

Para analizar la importancia que tiene la aerodinámica de un vehículo en el consumo, se han utilizado los valores del recorrido regional (Tabla 9).

Modelo	Consumo [l/100km]
Caja Cerrada	21,6089
Chasis Cabina	22,0228
Caja Abierta	22,0705
Cisterna	20,8211

Tabla 9. Resultados de consumo para recorrido regional

La gráfica 3 visualiza la diferencia económica según el tipo de carrocería.



Gráfica 3. Diferencia económica según carrocería

Disponer de un coeficiente aerodinámico menor, produce un ahorro económico de 600 millones de euros, los resultados obtenidos son a nivel europeo

Si se analiza una empresa con una flota de 1000 camiones y se aplican los cambios, en los resultados con máximo consumo y con mínimo para ver lo que supondría a nivel de empresa tener camiones con una aerodinámica mejorada, la empresa obtendría un ahorro de 1,94 millones de euros.

Con el estudio realizado queda reflejada la importancia de la aerodinámica en los vehículos ya que puede llegar a suponer una gran diferencia económica.

15. Conclusiones

El objetivo principal del proyecto, el cual era obtener un análisis completo de las emisiones de CO₂ producidas por los camiones con diferentes carrozados, se ha logrado satisfactoriamente. A la hora de calcular los coeficientes aerodinámicos, no se ha podido utilizar la herramienta de cálculo directo del coeficiente de resistencia disponible en el software Siemens NX12.0, debido a los factores externos mencionados en la memoria. Por lo que se ha calculado a partir de la distribución de presiones en el camión. Sin embargo, es cierto que los resultados obtenidos con la metodología empleada han sido satisfactorios.

Para verificar los valores proporcionados por las empresas de carrocerías con los resultados obtenidos en el proyecto, primero deberá entrar en vigor el nuevo reglamento el cual aún se encuentra en desarrollo, que obliga a las empresas a aportar los nuevos valores de emisiones.

Para crear una metodología de trabajo adecuada era necesaria una base de conocimiento en homologación de la que no disponía. La primera parte del proyecto, se basó en adquirir un conocimiento sólido sobre la reglamentación, lo que me ha permitido aprender y profundizar en este campo.

Este proyecto ha supuesto un cambio considerable en mi forma de ver el mundo del vehículo comercial. No era consciente de la cantidad de camiones que se homologan cada día y posteriormente circulan por las calles, lo que supone un gran impacto medioambiental, que se está combatiendo creando una reglamentación más estricta en cuanto a emisiones.

A nivel personal, uno de los objetivos era aprovechar la oportunidad de realizar el trabajo final de grado conjunto a IDIADA. Estos meses de trabajo en el departamento de homologación, me han proporcionado una nueva perspectiva sobre el mundo de la automoción que me ha generado nuevos retos. Poder realizar las prácticas y el proyecto final de grado en una empresa internacional como es Applus IDIADA, conociendo el mundo de la automoción desde dentro y trabajando mano a mano con un grupo de ingenieros, ha sido una de las causas por la que me he decidido a enfocar mi futuro en este campo de la ingeniería y realizar el Máster de Automoción.

16. Agradecimientos

Una vez finalizado el proyecto, me gustaría agradecer a todas las personas que me han permitido llegar hasta aquí y que han hecho posible la realización del proyecto.

Lo primero, agradecer a mis tutores Montserrat Carbonell e Ignacio Lafuente por dedicar horas a resolver mis dudas en el campo de la aerodinámica y homologación, orientándome siempre por el buen camino.

Por otro lado, me gustaría agradecer al departamento de carroceros y emisiones de Applus IDIADA, en especial a Martí Mariné, Alejandro García y Xavier Font por asesorarme en aspectos que no dominaba.

Referencias

[1] Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre la homologación y la vigilancia del mercado de los vehículos de motor y sus remolques y de los sistemas, los componentes y las unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, por el

que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 715/2007 y (CE) n.º 595/2009 y por el que se deroga la Directiva 2007/46/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L151/1, de 14 de junio de 2018.

- [2] Reglamento (CE) 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2009, relativo a la homologación de los vehículos de motor y los motores en lo concerniente a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 715/2007 y la Directiva 2007/46/CE y se derogan las Directivas 80/1269/CEE, 2005/55/CE y 2005/78/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L188, de 18 de julio de 2009.
- [3] Reglamento (UE) 582/2011 de la Comisión, de 25 de mayo de 2011, por el que se aplica y se modifica el Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y por el que se modifican los anexos I y III de la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L167, de 25 de junio de 2011.
- [4] Reglamento (UE) 2017/2400 de la Comisión, de 12 de diciembre de 2017, por el que se desarrolla el Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a la determinación de las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible de los vehículos pesados, y por el que se modifican la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (UE) n.º 582/2011 de la Comisión. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L349, de 29 de diciembre de 2017.
- [5] European Automobile Manufacturers Association. (2020, marzo). *CO₂ emissions from heavy-duty vehicles*.