



## ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a  
la obtención del título de Ingeniero en  
Automotriz.**

### **AUTORES:**

Luis David Heredia Castillo

Erick Oswaldo Chuquín Serrano

### **TUTOR:**

Ing. José Edgar Cajas Espinoza

**ANÁLISIS AERODINÁMICO DE UN  
DEFLECTOR PARA DETERMINAR LA  
INFLUENCIA EN EL CONSUMO DE  
COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO N2**



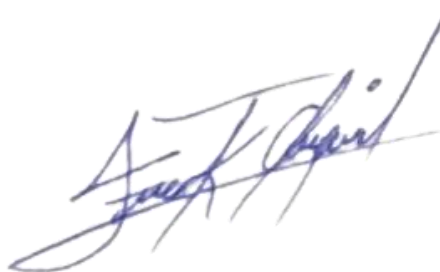
### Certificación o Acuerdo de confidencialidad

Nosotros, **Luis David Heredia Castillo** y **Erick Oswaldo Chuquín Serrano**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Luis David Heredia Castillo



Erick Oswaldo Chuquín Serrano

Yo, **José Edgar Cajas Espinoza**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma profesor

ING. José Edgar Cajas Espinoza

## **Dedicatoria**

Este trabajo de titulación está dedicado a:

A nuestros padres quienes con su cariño, paciencia y esfuerzo nos han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcarnos el ejemplo de esfuerzo y dedicación, y no temer a las adversidades que se puedan presentar en el día a día.

A nuestros hermanos (as) por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar pendiente en todo momento de nuestra formación académica. A todos nuestros familiares porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de nosotros mejores personas.

Luis David Heredia Castillo

Erick Oswaldo Chuquín Serrano

## Agradecimiento

Antes que nada, agradecemos a Dios por sus bendiciones, por guiarnos a lo largo de nuestra carrera académica, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a nuestro tutor el Ing. José Edgar Cajas Espinoza, al igual que al resto de ingenieros de la escuela de ingeniería automotriz, por brindar sus conocimientos y apoyarnos cuando lo hemos pedido. Asimismo, a la Universidad Internacional del Ecuador, que nos abrió sus puertas y nos ha permitido a

Asimismo, nos gustaría agradecer la entrega incondicional de nuestros padres y hermanos quienes nos han ayudado a superar todos los obstáculos, grandes y pequeños, y nos han animado a persistir hasta lograr el objetivo de formarnos como buenos profesionales y saber aprovechar todo el esfuerzo durante nuestra vida estudiantil.

Luis David Heredia Castillo

Erick Oswaldo Chuquín Serrano

## Índice de Contenido

Certificación o Acuerdo de confidencialidad .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
<b>ANÁLISIS AERODINÁMICO DE UN DEFLECTOR PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA EN CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN VEHÍCULOS N2.</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	2
<b>2.1.Aerodinámica</b> .....	2
<b>2.1.1.Flujo de aire sobre el vehículo</b> .....	4
<b>2.1.2.Flujo de aire sobre el interior del vehículo</b> .....	4
<b>2.2.Fuerzas aerodinámicas que actúan sobre el vehículo</b> .....	4
<b>2.2.1.Fuerza de arrastre</b> .....	5
<b>2.2.2.Fuerza de sustentación</b> .....	5
<b>2.3.Dinámica de fluidos computacional</b> .....	6
<b>2.4.Definiciones y propiedades del aire</b> .....	6
<b>2.5.Dispositivos aerodinámicos</b> .....	7
<b>2.6.Clasificación de los vehículos categoría N</b> .....	7
<b>3.MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	8
<b>3.1.Vehículo utilizado</b> .....	8
<b>3.2.Diseño 3D de la Carrocería del Camión</b> .....	8
<b>3.3.Diseño del alerón</b> .....	9
<b>3.4.Metodología</b> .....	9
<b>3.4.1.Descripción del método</b> .....	9
<b>3.4.2.Simulación</b> .....	10
<b>3.4.3.Simulación Alerones</b> .....	10
<b>4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	11
<b>4.1.Deflectores</b> .....	11
<b>4.2.Resultados de la Simulación camión sin deflector</b> .....	12
<b>4.3.Resultados de la Simulación camión con deflector</b> .....	13
<b>4.4. Análisis consumo de combustible</b> .....	14
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	15
<b>6.REFERENCIAS</b> .....	15

<b>ANEXOS</b> .....	17
<b>Anexo 1. Flujograma del proceso</b> .....	17
<b>Anexo 2. Propiedades del aire a 1 atm</b> .....	18
<b>Anexo 3. Comparación fuerza de arrastre</b> .....	19
<b>Anexo 4. Coeficiente de arrastre <math>C_D</math> y sustentación <math>C_L</math> sin deflector</b> .....	21
<b>Anexo 5. Coeficiente de arrastre <math>C_D</math> y sustentación <math>C_L</math> con deflector</b> .....	25
<b>Anexo 6. Convergencia de la respuesta</b> .....	26
<b>Anexo 7. Estabilidad de la respuesta del coeficiente de arrastre</b> .....	27
<b>Anexo 8. Estabilidad de la respuesta del coeficiente de sustentación</b> .....	28
<b>Anexo 9. Valores comunes de <math>C_D</math></b> .....	29
<b>Anexo 10. Diseño de experimento en ANSYS Workbench</b> .....	29

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Balance de potencia del motor. ....	6
<b>Tabla 2</b>	Clasificación de los vehículos de categoría N.....	7
<b>Tabla 3</b>	Condiciones y Parámetros de borde para la simulación. ....	11
<b>Tabla 4</b>	Resultado de Reynolds para los deflectores modelados. ....	12
<b>Tabla 5</b>	Datos obtenidos después de la simulación sin deflector. ....	12
<b>Tabla 6</b>	Datos obtenidos después de la simulación con deflector. ....	13

### Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Porcentaje de consumo de combustible por pérdidas aerodinámicas.</i> .....	3
<b>Figura 2</b>	<i>Comportamiento del flujo de aire en un camión.</i> .....	4
<b>Figura 3</b>	<i>Flujo de aire sobre el interior del vehículo.</i> .....	4

<b>Figura 4</b>	<i>Área frontal proyectada</i> .....	5
<b>Figura 5</b>	<i>Fuerzas aerodinámicas actuando sobre un camión</i> .....	5
<b>Figura 6</b>	<i>Dispositivos aerodinámicos</i> .....	7
<b>Figura 7</b>	<i>Diseño del vehículo. Izq. Original, Der. Diseño CAD</i> .....	8
<b>Figura 8</b>	<i>Diseño CAD de la propuesta del alerón 45° y 30°</i> .....	9
<b>Figura 9</b>	<i>Esquema de trabajo en ANSYS Workbench</i> .....	10
<b>Figura 10</b>	<i>Resultados Deflector con menor Turbulencia</i> .....	11



## **ANÁLISIS AERODINÁMICO DE UN DEFLECTOR PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO N2.**

[1] Ing. José Edgar Cajas Espinoza, [jcajas@uide.edu.ec](mailto:jcajas@uide.edu.ec), Quito – Ecuador

[2] Luis David Heredia Castillo, [luherediaca@uide.edu.ec](mailto:luherediaca@uide.edu.ec), Quito – Ecuador

[3] Erick Oswaldo Chuquin Serrano, [erchuquinse@uide.edu.ec](mailto:erchuquinse@uide.edu.ec), Quito - Ecuador

### **Resumen**

En este trabajo de investigación se genera una propuesta sobre la eficiencia aerodinámica para vehículos de carga semi pesada o también llamados comerciales, se analizará la relación con el consumo de combustible. Para el inicio de este proyecto se realizó una toma de medidas y comprobación con ficha técnica del camión Chevrolet NQR 1015 mediante la investigación de campo y bibliográfica, donde se obtuvo el modelo de la cabina y furgón del camión; con esto se desarrolló la geometría en un software CAD para después ser analizado en el software ANSYS Workbench y sus diferentes módulos como "SpaceClaim" y "CFX", donde se simuló las condiciones de flujo de aire a diferentes velocidades para la obtención de la fuerza de arrastre y diferentes valores que ayudaron a determinar la potencia y el consumo de combustible. A continuación, se realizó el diseño CAD de dos prototipos de deflector, con pequeñas modificaciones en el ángulo de inclinación ( $30^\circ - 45^\circ$ ), determinando el más óptimo mediante el análisis del comportamiento del flujo de aire y su turbulencia; con lo cual se procedió a la simulación instalado sobre el vehículo con su furgón estándar y así determinar la fuerza de arrastre y con esto se pudo calcular el índice de consumo de combustible. Con esto se verificó en cuanto al consumo de combustible teórico, y se encontró que si hubo un ahorro de combustible.

**Palabras clave: Simulación, CFD, NQR, Alerón, consumo combustible**

### **Abstract**

In this research work, a proposal is generated on the aerodynamic efficiency for commercial or semi-heavy load vehicles, specifically the relationship with fuel consumption is analyzed. For the beginning of this project, measurements were taken and verification was carried out with the technical sheet of the Chevrolet NQR 1015 truck through field and bibliographic research, where the model of the truck's cabin and van was obtained; With this, the geometry was developed in a CAD software to later be analyzed in the ANSYS Workbench software and its different modules such as "SpaceClaim" and "CFX", where the air flow conditions were simulated at different speeds to obtain the force drag and different values that helped determine the power and fuel consumption. Next, the CAD design of two deflector prototypes was carried out, with small modifications in the angle of inclination ( $30^\circ - 45^\circ$ ), determining the most optimal by analyzing the behavior of the air flow and its turbulence; with which we proceeded to the simulation installed on the vehicle with its standard van and thus determine the drag force and with this it was possible to calculate the fuel consumption index. With this, the theoretical fuel consumption was verified, and it was found that there was a fuel saving.

**Keywords: Simulation, CFD, NQR, Spoiler, fuel consumption**

## **1. Introducción**

El aumento de los precios del combustible y la necesidad disminuir los gastos de operación en vehículos comerciales hace que sea necesario explorar formas que ayuden a minimizar el consumo de combustible. Una de esas oportunidades es la eficiencia aerodinámica, la cual para el transporte comercial de alta velocidad y de larga distancia es cada vez más importante, sin embargo, los fabricantes tanto de la carrocería como de los furgones no presentan soluciones a este tipo de problemas ya que priorizan la dimensión de las cargas a llevar antes que la aerodinámica.

En esta investigación se enfocó en los vehículos de carga N2, estos vehículos se caracterizan por estar en constante desplazamiento por diferentes lugares del País y por ende requieren de mayor cantidad de combustible para cumplir todo su trayecto, por esta razón es de vital importancia proponer alternativas de mejora que permitan reducir el consumo de combustible (diésel) para contribuir en la economía y rentabilidad de los vehículos de transporte de carga o comerciales. De acuerdo con (Fraija, 2006) se realiza un análisis con el fin de identificar los factores que intervienen al momento de implementar un deflector de aire en el vehículo, determinando factores físicos y se determinan las ecuaciones que gobiernan la aerodinámica y los diferentes ensayos que se realizan sobre túneles de viento.

El ahorro de combustible a través del mejoramiento aerodinámico debe analizarse de forma general en relación a la energía necesaria para superar cada elemento de resistencia al que está sujeto un camión, como la resistencia a la rodadura, la resistencia aerodinámica (fuerza de arrastre), resistencia por inercia (parte del reposo) y la resistencia a la pendiente (peso propio y de la carga). Tomando en cuenta el análisis de la forma aerodinámica de un camión con semirremolque, donde (Tomás Tatay, 2016) da a conocer el análisis que está basado en la cabina de un Mercedes – Benz Actros y un semirremolque de tres ejes, los cuáles han sido adaptados para su estudio, donde se obtuvo resultados del 40% de reducción en cuanto a la fuerza de arrastre y en un 70% de reducción en la fuerza de sustentación de acuerdo con los valores del modelo propuesto.

Para cumplir los objetivos de esta investigación se planteó realizar un análisis aerodinámico de la influencia de un deflector de aire (alerón) en la cabina de un vehículo de carga, categoría N2 y determinar la influencia que tiene en el consumo de combustible, en cuanto a los objetivos específicos se estableció analizar un diseño o modelo de un deflector de aire de acuerdo a la geometría de la cabina a utilizar, como segundo punto tenemos realizar las diferentes pruebas y simulaciones en condiciones a las cuales está sometido el vehículo al momento de estar en marcha y por último determinar el porcentaje de reducción que se presenta en el consumo de combustible al momento de implementar un deflector de aire en la cabina del vehículo.

## **2. Fundamentación Teórica**

### **2.1. Aerodinámica**

Al moverse cualquier objeto sobre la carretera, traslada un volumen de aire a su alrededor generando un vacío tras de él, que luego es ocupado por la corriente de aire desplazada como indican (Ayala Zuluga & Martínez Castañeda, 2017), las fuerzas ocasionadas por este efecto aumentan exponencialmente con la velocidad, provocando que el Drag aerodinámico sea la principal fuerza de resistencia que debe vencer un cuerpo.

Como indica (Viteri Cerda, Cumbe Fárez, & Rockwood Iglesias, 2009), el flujo de aire actúa con el desprendimiento de la capa límite, la cual se produce sobre todo el vehículo incluyendo los accesorios como espejos retrovisores, manijas de las puertas, antenas, etc. Las propiedades aerodinámicas del vehículo afectarán las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Al considerar un vehículo, esto afectará la fuerza total necesaria para impulsar el vehículo, que se escribe como:

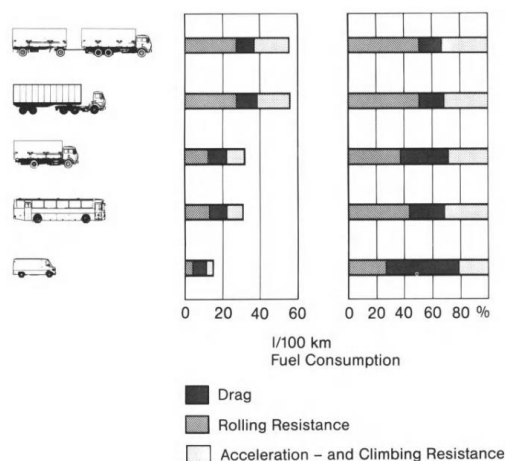
$$F = F_A + F_G + F_R + F_D = (1 + \epsilon)m \frac{\partial v}{\partial t} + mg \sin \alpha + f_R mg \cos \alpha + \frac{C_D \rho A \vartheta^2}{2} \text{ Ec. (1)}$$

Donde:

$F_A =$ Fuerza necesaria para acelerar	$(1 + \epsilon) =$ factor de corrección de la masa
$F_G =$ Fuerza para vencer la inclinación	$C_D =$ coeficiente de arrastre
$F_R =$ Fuerza para vencer la fricción rod	$\rho =$ densidad del aire
$F_D =$ Fuerza de arrastre aerodinámica	$\vartheta =$ velocidad del vehículo

**Figura 1**

*Porcentaje de consumo de combustible por pérdidas aerodinámicas.*



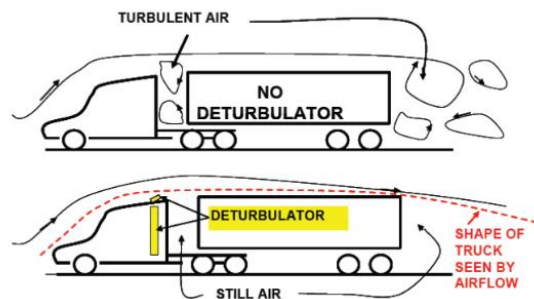
*Nota: recuperado de (Hucho, 1987)*

El flujo de aire que se ejerce sobre el cuerpo de un automóvil está comandado por la relación que existe entre la velocidad y la presión del fluido. (Viteri Cerda, Cumbe Fárez, & Rockwood Iglesias, 2009). El estudio de la aerodinámica siempre busca dos cosas, la predicción de fuerzas, momentos y la transferencia de calor a los cuerpos que se mueven a

través de un fluido y la determinación de flujos que se mueven internamente a través de conductos. En un vehículo la fuerza que ejerce la aerodinámica aparece cuando una corriente de aire fluye tanto sobre como debajo del vehículo.

**Figura 2**

*Comportamiento del flujo de aire en un camión.*



*Nota: Fraija, (2006)*

### 2.1.1. Flujo de aire sobre el vehículo

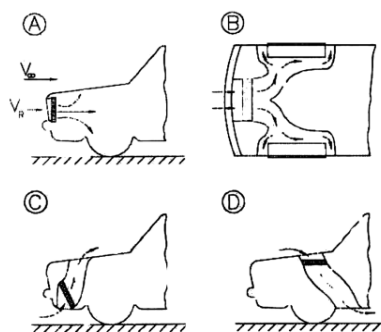
Actúa sobre la superficie exterior del vehículo produciendo sobre él, depresión y rozamiento, lo cual influye en el avance del vehículo por la resistencia aerodinámica emergente de tales esfuerzos.

### 2.1.2. Flujo de aire sobre el interior del vehículo

Surge principalmente como respuesta al calentamiento del motor, ese flujo de aire actúa como refrigerante para mantener una temperatura óptima de trabajo.

**Figura 3**

*Flujo de aire sobre el interior del vehículo.*



*Fuente: (Fraija, 2006)*

## 2.2. Fuerzas aerodinámicas que actúan sobre el vehículo

El vehículo para alcanzar la velocidad deseada debe generar una potencia con el motor de combustión interna, el cual debe vencer las fuerzas generadas por la interacción con el aire

al desplazarse. Estas fuerzas son: la fuerza de sustentación (2) y la fuerza de arrastre (3). Estas acciones pueden representarse por una fuerza resultante general.

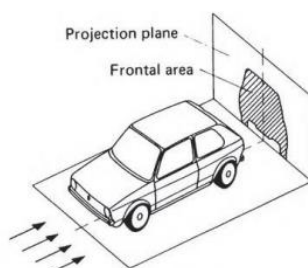
$$F_L = \frac{1}{2} \rho C_L A v^2 \quad \text{Ec. (2)}$$

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2 \quad \text{Ec. (3)}$$

### 2.2.1. Fuerza de arrastre

La fuerza de arrastre (Ec. 2) aparece cuando el camión incrementa su velocidad, desplazando una gran cantidad de aire, que fluye tanto exteriormente como interiormente las cavidades del camión, ocasionando fenómenos de turbulencia que generan inestabilidad, se lo representa con  $D$  o  $F_D$ , para el cálculo se requiere el área frontal proyectada (figura 4). El coeficiente de arrastre va de la mano con la forma del cuerpo, aunque también depende de las condiciones del flujo. Utiliza con frecuencia el índice de calidad aerodinámica de un automóvil. Cuanto menor sea el coeficiente, menor será la resistencia que deba vencer el vehículo. (Sarkar, Thummar, Shah, & Vagreacha, 2019)

**Figura 4**



*Área frontal proyectada*

*Fuente: (Fraija, 2006)*

### 2.2.2. Fuerza de sustentación

Es la fuerza la cual se encarga de empujar al vehículo. Si esta fuerza tiende a despegar al vehículo del suelo la denominaremos sustentación positiva y si por caso contrario el vehículo tiende a fijarse al suelo este efecto lo denominaremos sustentación negativa.

**Figura 5**

*Fuerzas aerodinámicas actuando sobre un camión*



Fuente: (Tomás Tatay, 2016)

### 2.3. Dinámica de fluidos computacional

Cuando se utiliza el análisis de fluidos computacional (CFD) para estimar lo que ocurre con el aire al momento de circular por la superficie del camión, se requieren varias etapas de análisis. (Lazăr, 2021). Para este documento se ha utilizado el simulador ANSYS que realiza la discretización mediante el método de elementos finitos (FEM) y volúmenes finitos (FVM) aplicada a una malla, para este estudio y su comprobación se contrastará con los dos módulos el uno el Fluid Fluent y el CFX. Según el estudio realizado por Belzile (2012), los factores trascendentales que inciden en el consumo de los vehículos pesados durante su tránsito en carretera son:

**Tabla 1**

*Balance de potencia del motor.*

Fuente	Balance de potencia del motor
Tren de potencia	5-10%
Inercia, frenado, pendiente	0-5%
Resistencia de rodadura	30-40%
Cargas auxiliares	2-10%
Pérdidas aerodinámicas	35-55%

Fuente: Belzile, (2012).

El principio de balance de potencia indica que la potencia entregada por el motor siempre será igual a la potencia consumida por los elementos resistivos al movimiento del vehículo.

### 2.4. Definiciones y propiedades del aire

“El aire es un conjunto de gases que constituye la atmósfera, la misma que es un fluido que raramente se encuentra en reposo. Debido a la distribución irregular de la temperatura, las masas de aire se mueven en todas direcciones y sentidos.” (Mott, 2006)

Este fenómeno tan particular se conoce como viento y se encuentra presente en todos los rincones del planeta. Para los cálculos de este trabajo se utilizó la tabla que se muestra en el Anexo 1.

**Figura 6**

*Dispositivos aerodinámicos*



(Villalobos, Salazar, Gavilan, & Rojas, 2012)

## 2.5. Dispositivos aerodinámicos

Se trata de los accesorios que se instalan en diferentes ubicaciones del vehículo para mejorar su desempeño mientras se desplaza en medio de un fluido que en este caso sería el aire.

De acuerdo a (Villalobos, Salazar, Gavilan, & Rojas, 2012) hay varios elementos que mejoran el desempeño aerodinámico (Figura 6), sin embargo, en este trabajo se estudiará la influencia que tiene el Spoiler de cabina o también conocido como deflector de aire el cual está ubicado en la parte superior de la cabina de tal forma que ayuda a la circulación del aire que choca directamente contra el furgón y la carrocería.

## 2.6. Clasificación de los vehículos categoría N

Las categorías de los vehículos se definen con arreglo a la clasificación siguiente, según Directiva 70/156/CEE y 92/61/CEE o el real decreto 2140/85 de España:

**Tabla 2**

*Clasificación de los vehículos de categoría N.*

Categoría	Descripción
N	Vehículos de motor destinados al transporte de mercancías que tengan por lo menos cuatro ruedas
N1	Vehículos destinados al transporte de mercancías con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas

---

N2	Vehículos destinados al transporte de mercancías y con una masa máxima superior a 3,5 toneladas, pero inferior o igual a 12 toneladas
N3	Vehículos destinados al transporte de mercancías y con una masa máxima superior a 12 toneladas

---

*Fuente: (Rodriguez)*

### 3. Materiales Y Métodos

Este proyecto tomará en cuenta el método experimental para lo cual se hará una recopilación de datos basados en simulaciones y mediciones en un túnel de viento, previo a este proceso se iniciará con la fase de diseño computacional 3D de la estructura del vehículo en cuestión

#### 3.1. Vehículo utilizado

Para este análisis se optó por utilizar un camión de marca Chevrolet NQR 1015, considerado como uno de los modelos más recientes en el mercado y el más grande de la familia N, denominado como un camión liviano que carga 6.5 toneladas y frenos 100% aire, adicionando un motor Isuzu de 148HP @2600rpm y un torque de 404Nm @1600 rpm brindando potencia y eficiencia; posee un peso bruto de 8500 kg. (Chevrolet, 2022). Además, está dentro de la categoría N2 de acuerdo a la tabla 2. Para la comprensión del proceso que se va a realizar, se ha generado un flujograma con el cual se detallarán los pasos a seguir y este se adjunta en el anexo 1.

#### 3.2. Diseño 3D de la Carrocería del Camión

##### Figura 7

*Diseño del vehículo. Izq. Original, Der. Diseño CAD*



*Fuente: Autores*



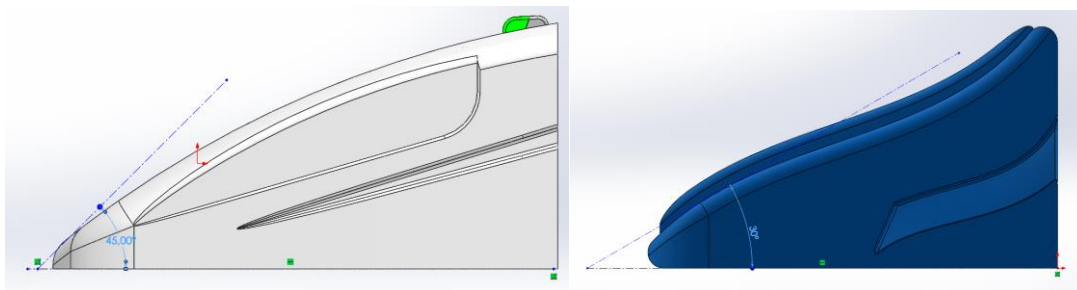
Se tomó en cuenta el vehículo seleccionado para la realización del modelo en software CAD como se muestra en la figura 7, esta presenta una complejidad geométrica, por lo cual, para resolver el problema aerodinámico descrito, se realizará el análisis del camión por elementos finitos. Sin embargo, al tener muchos detalles, se procede a la simplificación de la geometría para cálculo y así disminuir la necesidad computacional llegando a encontrar la solución a las ecuaciones que se plantean.

### 3.3. Diseño del alerón

En el proceso de diseño se presenta dos alternativas de alerón para el vehículo, las cuales se diseñaron de acuerdo a la investigación de campo (de acuerdo a modelos similares), éstas han sido diseñados con diferentes ángulos, con la cual se verificará cual es que presenta una mayor eficiencia y una menor turbulencia. Después de esto y con este valor se procederá a montarle en el vehículo y analizar el consumo de combustible.

**Figura 8**

*Diseño CAD de la propuesta del alerón 45° y 30°*



*Fuente: Autores*

El material con el cual es fabricado según la investigación, suele ser de plástico policarbonato (PC) y fibra de vidrio de entre 8 a 10 mm, pero para este estudio aerodinámico solo se toma en cuenta la forma para determinar el dominio computacional y poder verificar el comportamiento del fluido a las determinadas condiciones de experimentación.

### 3.4. Metodología

Se desarrolla el método de simulación computacional para determinar el porcentaje de ahorro de combustible en un camión con uso de deflector de aire.

#### 3.4.1. Descripción del método

Después del diseño de la geometría, se procede a la importación y mallado haciendo uso del programa ANSYS Workbench en su versión de estudiante. Terminado el mallado se continua con la simulación de acuerdo a los parámetros de los escenarios planteados con el módulo Fluid Flow (Fluent). Una vez que se obtengan los resultados del vehículo, se analiza de los diagramas de velocidades del aire y de presiones alrededor de la geometría, con esto se obtienen los valores de validación de los mismos.

Se ha establecido dos fases principales para el estudio de la influencia de deflector delantero, de modo que se pueda apreciar la diferencia entre, llevar o no este aditamento sobre el camión. En la primera fase se analizará la geometría de dos deflectores, el uno a  $30^\circ$  y el otro a  $45^\circ$  de los que se encuentran en el mercado; seguido de esto se selecciona el modelo que presente menor turbulencia y con este se proseguirá a la segunda fase.

En la segunda fase se determina la fuerza de arrastre y sustentación con sus diferentes coeficientes con el deflector montado en el vehículo. Con estos valores se podrá establecer el consumo de combustible.

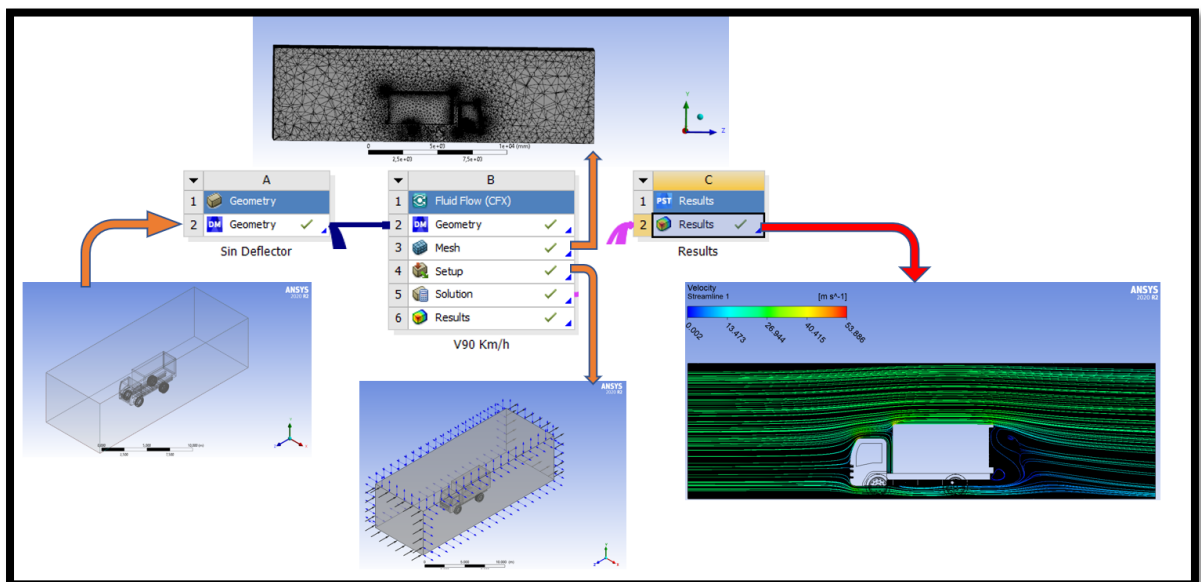
### 3.4.2. Simulación

Se llevó a cabo un análisis de dinámica de fluidos computacional utilizando el paquete computacional CFX de ANSYS. Este software resuelve las ecuaciones tridimensionales de Navier-Stokes con Reynolds-Averaged para modelar el campo de flujo. Se tendrá muy presente los siguientes parámetros bajo los cuales el programa va a calcular la efectividad de dicha carrocería, estos parámetros son:

- El Coeficiente de Sustentación ( $C_L$ ).
- La Fuerza de Arrastre ( $F_D$ )

**Figura 9**

*Esquema de trabajo en ANSYS Workbench*





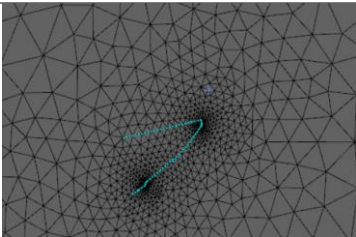
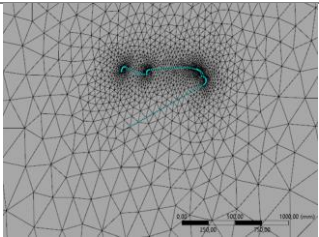
*Fuente: Autores*

### 3.4.3. Simulación Alerones

En esta sección se obtendrá el comportamiento aerodinámico de los deflectores propuestos. Las condiciones de frontera para este análisis se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 3

*Condiciones y Parámetros de borde para la simulación.*

	<b>Deflector 45°</b>	<b>Deflector 30°</b>
<b>CAD</b>		
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	0,6486	0,5636867
<b>Densidad aire a 15°C [kg/m<sup>3</sup>]</b>	1,225	1,225
<b>viscosidad dinámica aire a 15°C [kg/m*s]</b>	1,81E-05	1,81E-05
<b>Velocidad [m/s]</b>	25	25
<b>Mallado</b>		
<b>Nodos</b>	46696	77658
<b>Elementos</b>	248521	411568
<b>Max size [mm]</b>	1869.4	1869.4
<b>Minimum Edge Legth [mm]</b>	3	0.65483

*Fuente: Autores*

A partir de esto se genera el mallado en las fronteras donde se va a realizar el análisis.

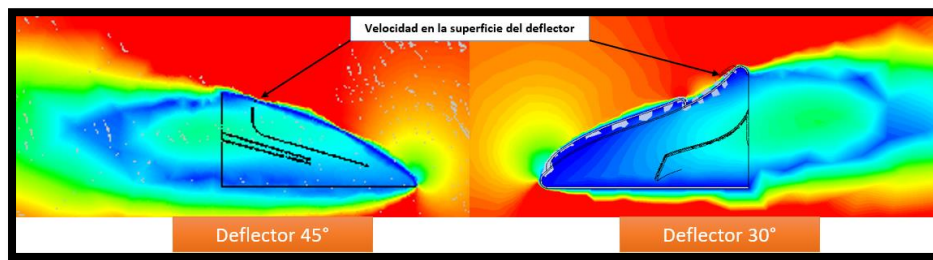
## 4. Resultados Y Discusión

### 4.1. Deflectores

Los resultados de la primera fase, arrojaron que el deflector de 30° genera menos turbulencia en la parte superior del mismo como se muestran en la figura

**Figura 10**

*Resultados Deflector con menor Turbulencia*



*Fuente: Autores*

De acuerdo a las velocidades resultantes sobre la superficie de ambos alerones se realizó el cálculo del número de Reynolds en la parte superior del alerón y resultó que ambos están dentro del flujo laminar pero el de menor número Re es el deflector de 30°, siendo este como el seleccionado para realizar las pruebas con el camión.

**Tabla 4**

*Resultado de Reynolds para los deflectores modelados.*

	<b>Deflector 45°</b>	<b>Deflector 30°</b>
<b>Re</b>	1,10E+06	9,58E+05

*Fuente: Autores*

#### **4.2. Resultados de la Simulación camión sin deflector**

Para la segunda fase, la geometría utilizada es la de un camión Chevrolet NQR cuya área frontal proyectada es de 6,358 m<sup>2</sup>, la velocidad máxima que puede alcanzar es de 160 km/h según datos del catálogo de la marca, para nuestro estudio se utilizó una velocidad de 90 Km/h, 75 Km/h y 50 Km/h y se verifica el valor de la fuerza de arrastre y sustentación para cada caso.

**Tabla 5**

*Datos obtenidos después de la simulación sin deflector.*

[km/h]	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>Fuerza arrastre [N]</b>	432,23	613,95	836,96	1095,77	1385,53	1708,66	2066,36	2457,91
<b>Fuerza sustentación [N]</b>	105,75	152,40	211,21	267,52	358,44	443,79	533,508	630,139
<b>Cd [--]</b>	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
<b>Cl [--]</b>	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
<b>Fuerza Normal FN [N]</b>	83405,7 5	83452,4 0	83511,2 1	83567,5 2	83658,44	83743,79	83833,51	83930,14

<b>Resistencia por rodadura [N]</b>	3336,23	3338,10	3340,45	3342,70	3346,34	3349,75	3353,34	3357,21
<b>Resistencia total [N]</b>	3768,46	3952,05	4177,41	4438,47	4731,87	5058,41	5419,70	5815,12
<b>Potencia requerida [W]</b>	52339,6 5	65867,4 3	81227,3 8	98632,6 8	118296,6 9	140511,4 3	165601,9 5	193837,1 9
<b>Potencia de arrastre [W]</b>	6003,13	10232,5 0	16274,2 2	24350,4 4	34638,25	47462,78	63138,78	81930,33

*Fuente: Autores*

Los datos computacionales obtenidos de la simulación se encuentran en la tabla 5, donde se puede observar como el Coeficiente de Drag ( $C_D$ ) se mantiene constante y dentro de los valores referidos para vehículos de esta capacidad como se muestra en la gráfica del anexo 2. Con lo cual se valida los valores obtenidos en la simulación.

### 4.3. Resultados de la Simulación camión con deflector

Ahora se procede a analizar los datos obtenidos a varias velocidades con el deflector seleccionado, como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 5**

Datos obtenidos después de la simulación con deflector.

[km/h]	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>Fuerza arrastre [N]</b>	400,14	575,81	787,59	1032,05	1311,03	1615,74	1984,83	2320,83
<b>Fuerza sustentación [N]</b>	60,20	78,26	109,16	146,37	187,37	230,81	254,18	327,81
<b>Cd [--]</b>	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,47
<b>CL[--]</b>	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07
<b>Fuerza Normal FN [N]</b>	83360,2 0	83378,2 6	83409,1 6	83446,3 7	83487,37	83530,81	83554,18	83627,81
<b>Resistencia por rodadura [N]</b>	3334,41	3335,13	3336,37	3337,85	3339,49	3341,23	3342,17	3345,11
<b>Resistencia total [N]</b>	3734,55	3910,94	4123,95	4369,90	4650,52	4956,97	5327,00	5665,94
<b>Potencia requerida [W]</b>	51868,7 1	65182,2 7	80187,9 4	97108,9 9	116263,1 2	137693,6 8	162769,3 6	188864,7 5
<b>Potencia de arrastre [W]</b>	5557,49	9596,77	15314,1 5	22934,4 4	32775,75	44881,67	60647,58	77361,00

*Fuente: Autores*

Con los datos obtenido en la simulación podemos verificar que el Cd no presenta una variación significativa durante los experimentos a diferentes velocidades con lo que tiene una pendiente de  $1.09e-4$  (figura 12) relacionado con la velocidad a la que se analizan los datos.

Este valor se ha reducido con respecto al de la tabla 5 si comparamos un promedio de ambos valores, en el primer caso se tiene un coeficiente de 0.57 y con deflector, el coeficiente baja a 0.47 y de acuerdo a lo que menciona (Hucho, 1987) a medida que se disminuya este coeficiente mejorará el consumo de combustible. Ahora si analizamos la fuerza de arrastre (figura 13) se puede apreciar una disminución en sus valores llegando a un 7.4% lo que se puede traducir a una disminución en la potencia necesaria para el desplazamiento del vehículo y por ende a una disminución del consumo de combustible. Dentro del análisis se observa que es aparente la reducción en el consumo y esto ayudará en el rendimiento propio del motor, debido a que en la altura de Quito (2850 msnm) la potencia se ve mermada ya que la presión atmosférica (0.71 atm) a la que se encuentra la ciudad no es la misma al nivel del mar para el cual fueron diseñados la mayoría de motores.

#### 4.4. Análisis consumo de combustible

De acuerdo con (Mendler, 1993) Se puede estimar el consumo de combustible con la formula y es que se obtiene:

$$P_r' = P_a' + P_b' + P_d'$$

Donde:

$P_r'$  = energía entregada

$P_a'$  = Energía para la aceleración

$P_b'$  = Energía de fricción de los neumáticos

$P_d'$  = Energía de arrastre aerodinámica

Consumo sin deflector
$P_r' = 13320.62 + 5395.22 + 23226.28$
$P_r' = 41942.13 \text{ wats}$
$MPG = 15.97$
$Km \text{ por galón} = 25.71$
$\text{Costo por Km: } 0.074$

Consumo con deflector
$P_r' = 13320.62 + 5395.22 + 22424.76$
$P_r' = 41140.61 \text{ wats}$
$MPG = 16.28$
$Km \text{ por galón} = 26.21$
$\text{Costo por Km: } 0.072$

## 5. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de los deflectores propuestos para la cabina del camión y se determinó que el diseño a 30° fue la mejor opción ya que presentó menor turbulencia sobre la superficie del cuerpo. Se generó experimentos a diferentes velocidades (50 – 60 – 70 – 80 – 90 – 100 – 110 – 120 km/h) con y sin deflector, con lo que se determinó la fuerza de arrastre para cada caso y se encontró una reducción de alrededor de un 5.5%.

- En la comparación de los resultados del coeficiente de arrastre con y sin deflector, se concluye que el camión con el deflector garantiza buenos resultados aerodinámicos con un CD promedio en un rango de 0.5- 0,51. Los resultados del CI tienen un promedio de 0.07, un coeficiente que garantiza la estabilidad del camión.

- Se cumplió con el objetivo de evaluar el consumo de combustible en el camión NQR con y sin deflector de aire, donde se obtiene un ahorro de un 2% en un tramo evaluado de 100 Km que equivale a 0.2808 litros (0.07 gal).

## 6. Referencias

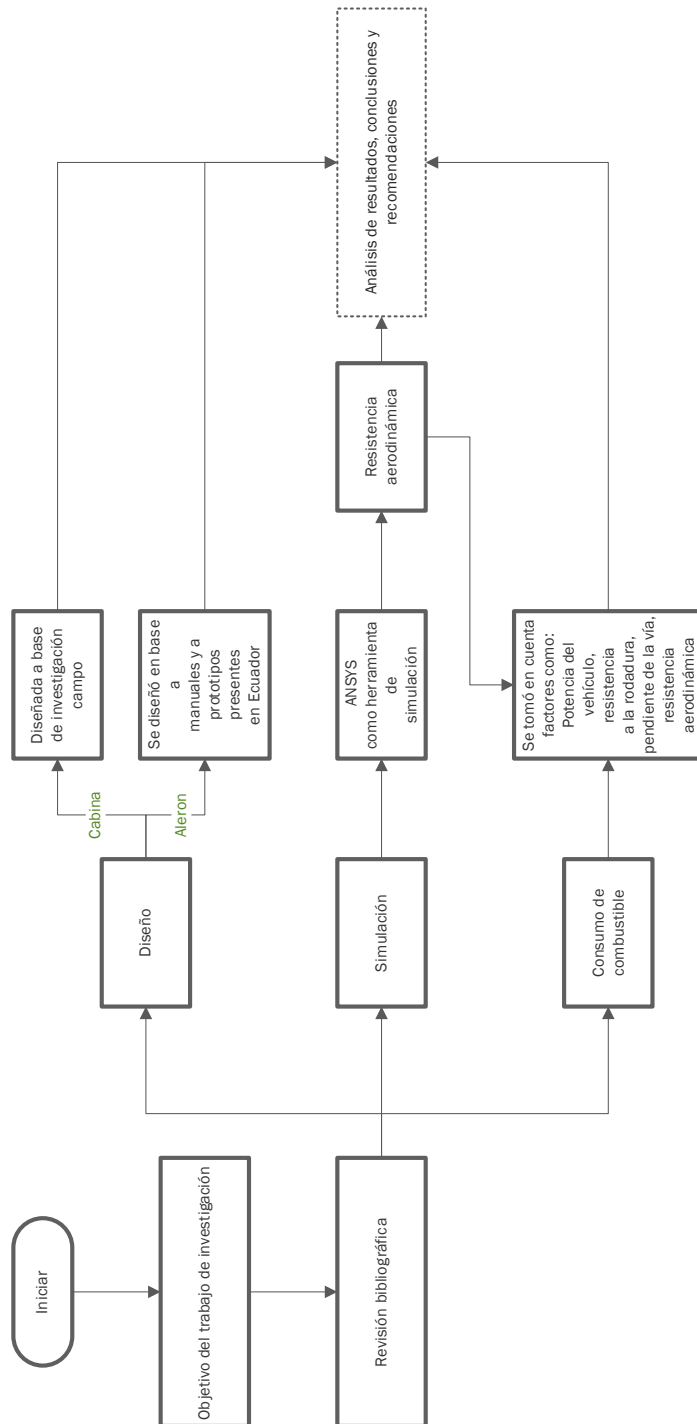
- Ayala Zuluga, J., & Martínez Castañeda, V. A. (2017). *DISEÑO DE UN DISPOSITIVO REDUCTOR DE LA RESISTENCIA AERODINÁMICA EN UN BUS INTERMUNICIPAL*. Bogotá: PROGRAMA DE INGENIERÍA AERONÁUTICA.
- Chevrolet. (2022, Febrero 07). *Tecnología Isuzu*. From Nueva Serie N Euro 3 y Euro 4: <https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/trucks/2019-nqr-1015/02-pdf/chevrolet-ecuador-camiones-serie-n.pdf>
- Correa, P. (2012). *¿Cuál es la importancia de la aerodinámica en la aplicación automotriz? : Proyecto de Grado*. Retrieved June 1, 2022 from DSpace Home: <https://dspace.marymount.edu.co/handle/4444/286>
- Fraija, I. (2006). *Estudio de la aerodinámica en los vehículos*. Retrieved June 1, 2022 from Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251108011.pdf>
- Hucho, W.-H. (1987). *Aerodynamics of Road Vehicles: From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering*.
- Lazăr, S. (2021). Computerized dynamic fluid simulation (CFD) for measuring the influence of the cab deflector on the aerodynamics of trucks. *Journal of Research and Innovation for Sustainable Society* , 11-17.
- Lima, B., & Gálvez, E. (2016). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de los ciclos de ...* Retrieved June 1, 2022 from Repositorio UPS: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12167>

- Mendler, C. (1993). Equations for Estimating and Optimizing the Fuel Economy of Future Automobiles. *SAE Transactions* 102, 2367–2373.
- Rodriguez, H. (n.d.). *Clasificación de Vehículos*. Retrieved June 1, 2022 from ingemecánica: <https://ingemecanica.com/tutoriales/CategoriasdeVehiculos.html>
- Sarkar, S., Thummar, K., Shah, N., & Vagreacha, V. (2019). Review Paper on Aerodynamic Drag Reduction and CFD Analysis of Vehicles. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 231-235.
- Tomás Tatay, Á. (2016). *ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA AERODINÁMICA DE LA FORMA ESTRUCTURAL DE LOS CAMIONES MEDIANTE TÉCNICAS CFD*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Vega, A. (2018, abril 18). *Maneras de obtener mejoras aerodinámicas*. From ONTRUCK: <https://www.ontruck.com/es/blog/5-formas-de-mejorar-la-aerodinamica-de-un-trailer-de-mercancias>
- Villalobos, J., Salazar, C., Gavilan, C., & Rojas, C. (2012). *Impacto del diseño de cabinas en el consumo de combustible*. Chile: ACHEE.
- Viteri Cerda, H. A., Cumbe Fárez, E. S., & Rockwood Iglesias, R. E. (2009). *Simulación aerodinámica de un vehículo Toyota Corolla 2005 en un programa de dinámica de fluidos computacional -CFD-*.
- Viteri, H., Cumbe, E., & Rockwood, R. (2009). *Simulación aerodinámica de un vehículo Toyota Corolla 2005 en un programa de dinámica de fluidos computacional -CFD-*. Retrieved June 1, 2022 from Dspace de la Universidad del Azuay: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4103>



ANEXOS

Anexo 1. Flujograma del proceso

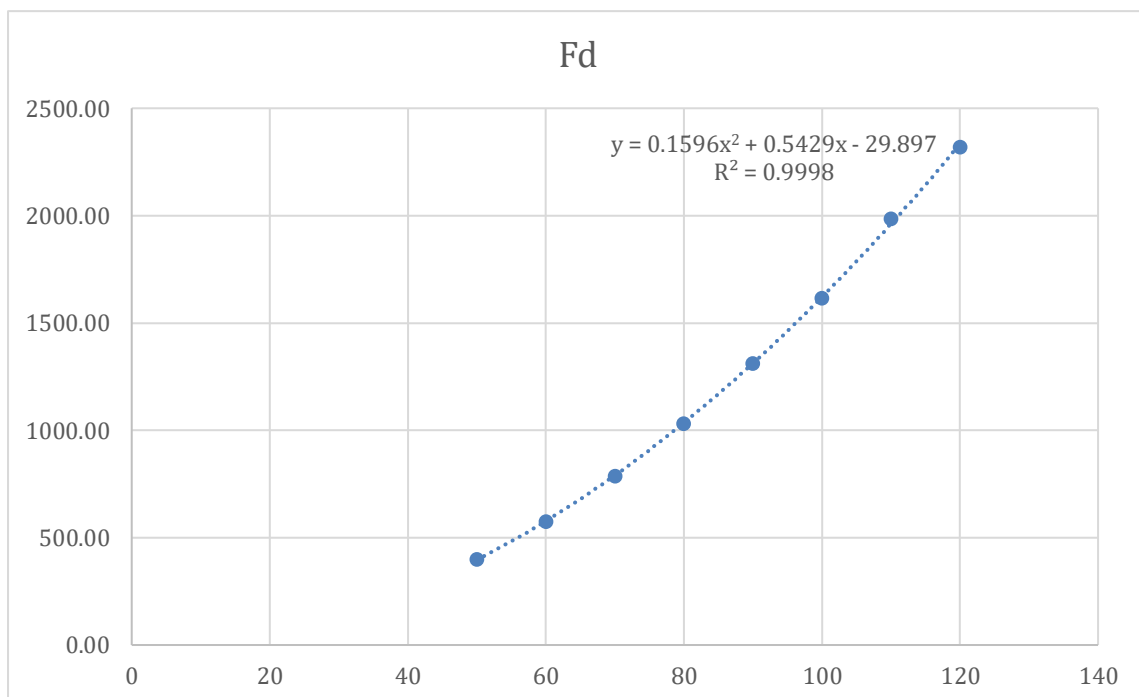
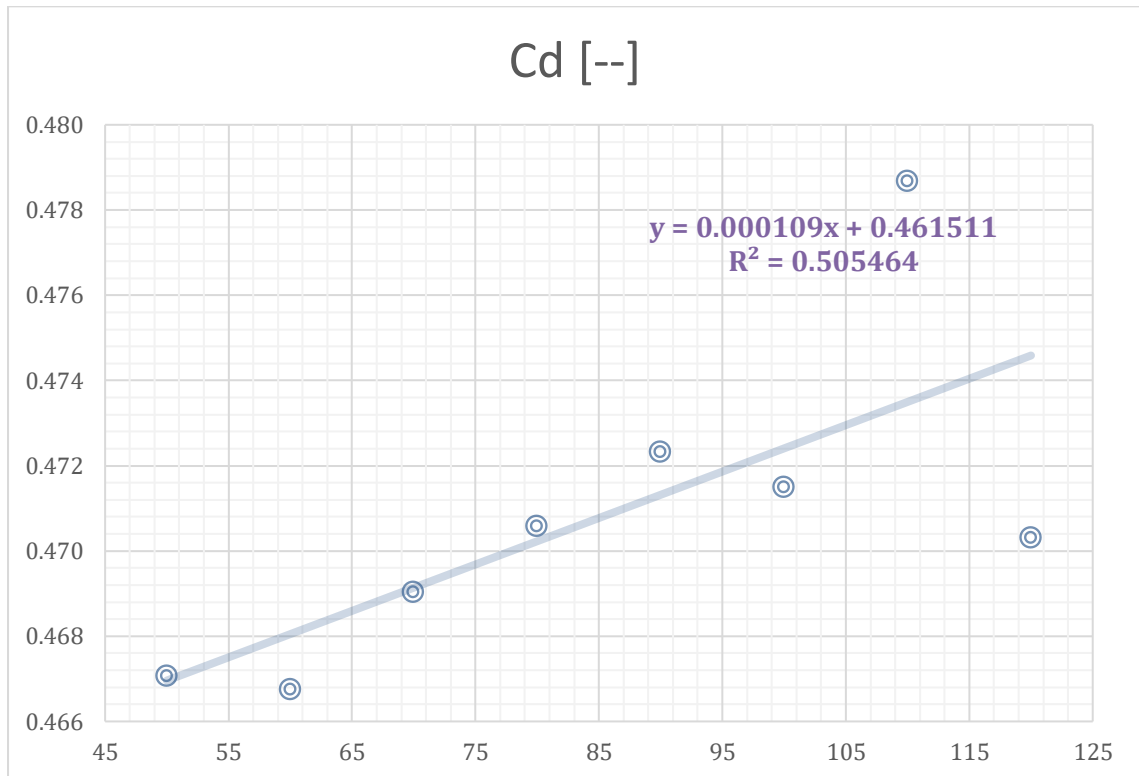


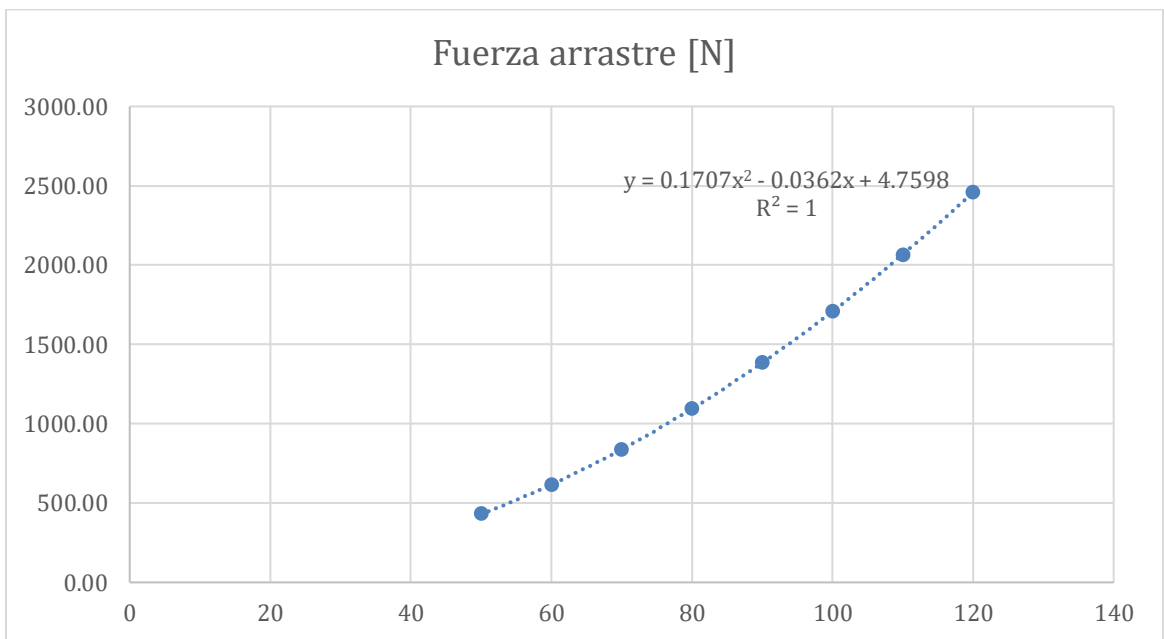
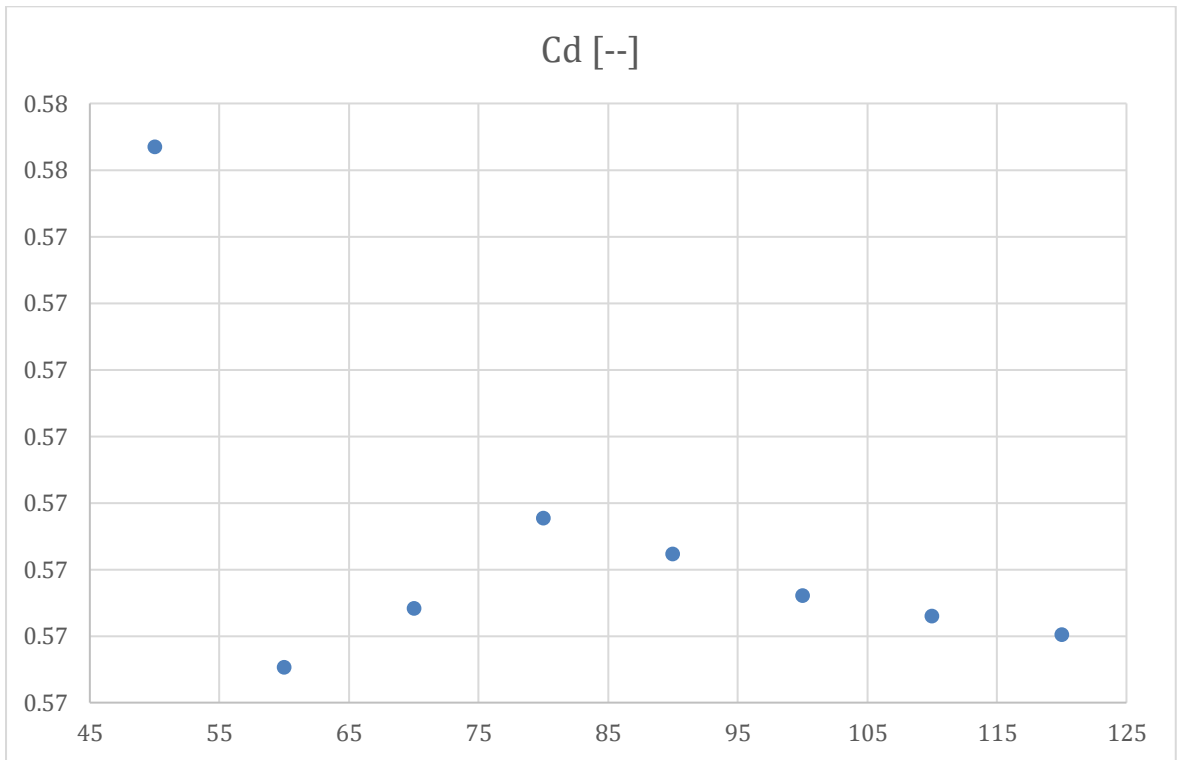
## Anexo 2. Propiedades del aire a 1 atm

**TABLA A-15**

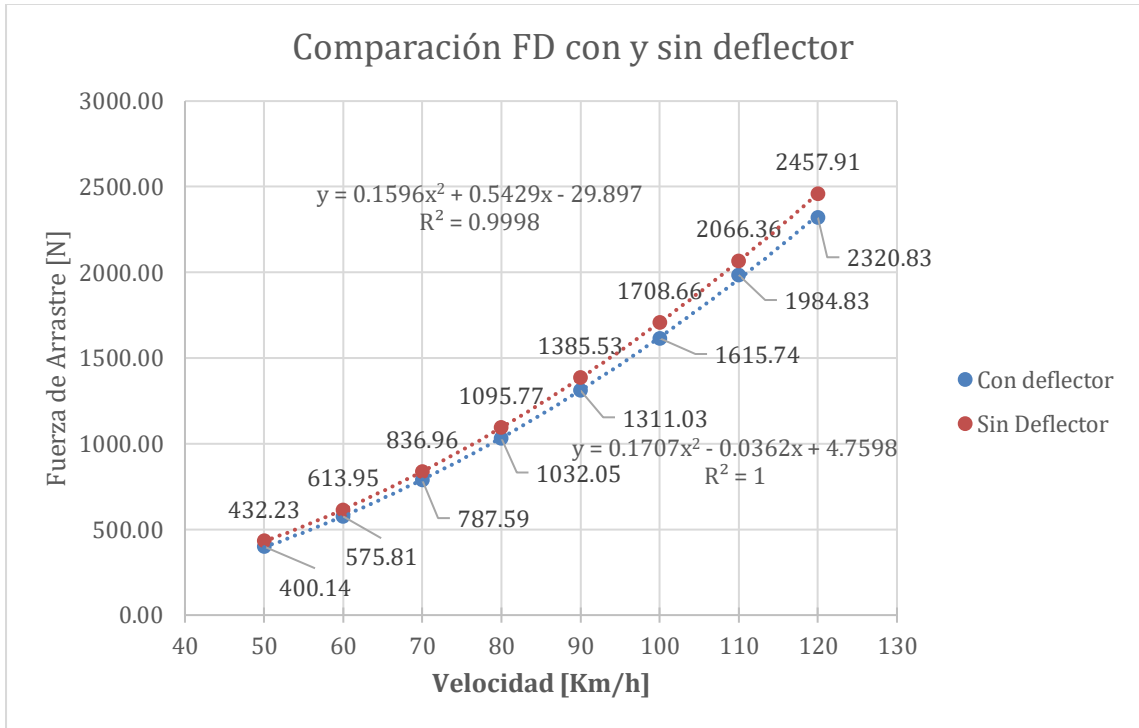
Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., $T$ , °C	Densidad, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico, $c_p$ , J/kg · K	Conductividad térmica, $k$ , W/m · K	Difusividad térmica, $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Viscosidad dinámica, $\mu$ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-6}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2 000	0.1552	1 264	0.11112	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7520

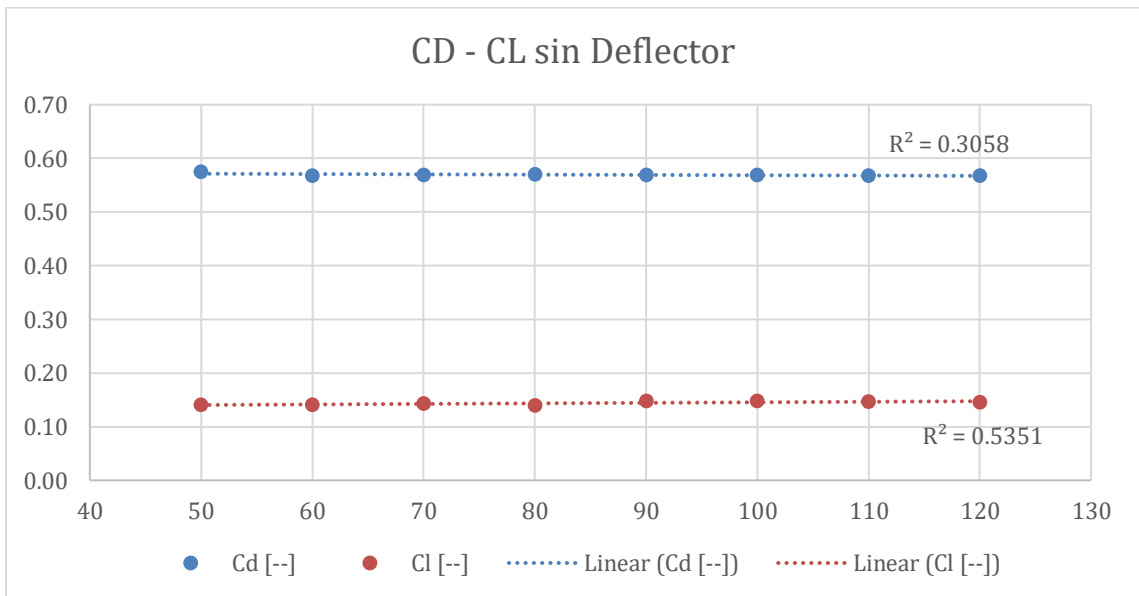
**Anexo 3. Cd con deflector**

**Anexo. Con deflector**

**Anexo 3. Comparación fuerza de arrastre**



**Anexo 4. Coeficiente de arrastre  $C_D$  y sustentación  $C_L$  sin deflector**



**Coefficiente de resistencia a la rodadura en diferentes tipos de suelo.**

Naturaleza y estado del suelo	Coefficiente de resistencia a la rodadura (k) <sup>1</sup>	Índice de cono (CI)[kPa]	Numero característico (B <sub>n</sub> )
Carretera en buen estado	0.02 a 0.04	-	
Camino de tierra afirmado	0.03 a 0.05	-	
Camino de tierra	0.04 a 0.06	-	
Suelo baldío	0.06 a 0.10	1800	80
Rastrojo seco	0.8 a 0.10	1200	55
Tierra labrada	0.10 a 0.20	900	40
Arena y suelo muy suelto	0.15 a 0.30	450 - 250	20

### Comparación del número de Reynolds

	Aleron 45°	Aleron 30°
Área m2	0.6486	0.5636867
Densidad Kg/m3	1.225	1.225
viscosidad dinamica	1.802E-05	1.802E-05
Velocidad m/s	25	25
viscosidad	1.78E+07	0.01179683
FD	14291886.00	91.267062
CD	0.57560759	0.42301617
CL		0.66351199
Re	1.10E+06	9.58E+05
interior-enclosure_fluid_domain		1122.4511
Fuerza en la superficie del deflector N		91,2614

### Fórmulas para calcular el consumo de combustible en ciudad

---

Potencia entregada	$Pr' = Pa' + Pb' + Pd'$
Aceleración	$Pa' = (lb_{test}) * 715.373$
Fricción de los neumáticos	$Pb' = (Cb)(lb_{test}) * 38.871$
Pendiente	$Pc' = 0$
Arrastre aerodinámico	$Pd' = (Cd)(A) * 1128.109$

---

### Formulas para calcular el consumo de combustible en carretera

---

Potencia entregada	$Pr' = Pa' + Pb' + Pd'$
Aceleración	$Pa' = (lb_{test}) * 710.840$
Fricción de los neumáticos	$Pb' = (Cb)(lb_{test}) * 95.970$
Pendiente	$Pc' = 0$
Arrastre aerodinámico	$Pd' = (Cd)(A) * 6569.298$

---



$$Pa = \frac{M(\Delta^2)}{2t}$$

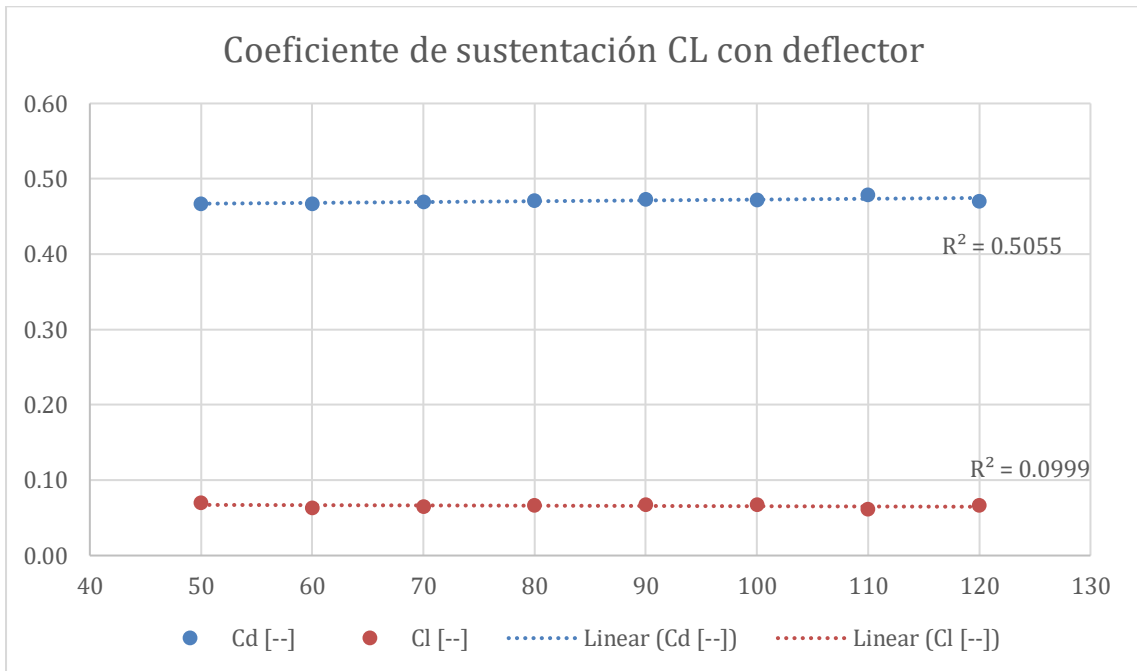
$$Pb = MgV\mu$$

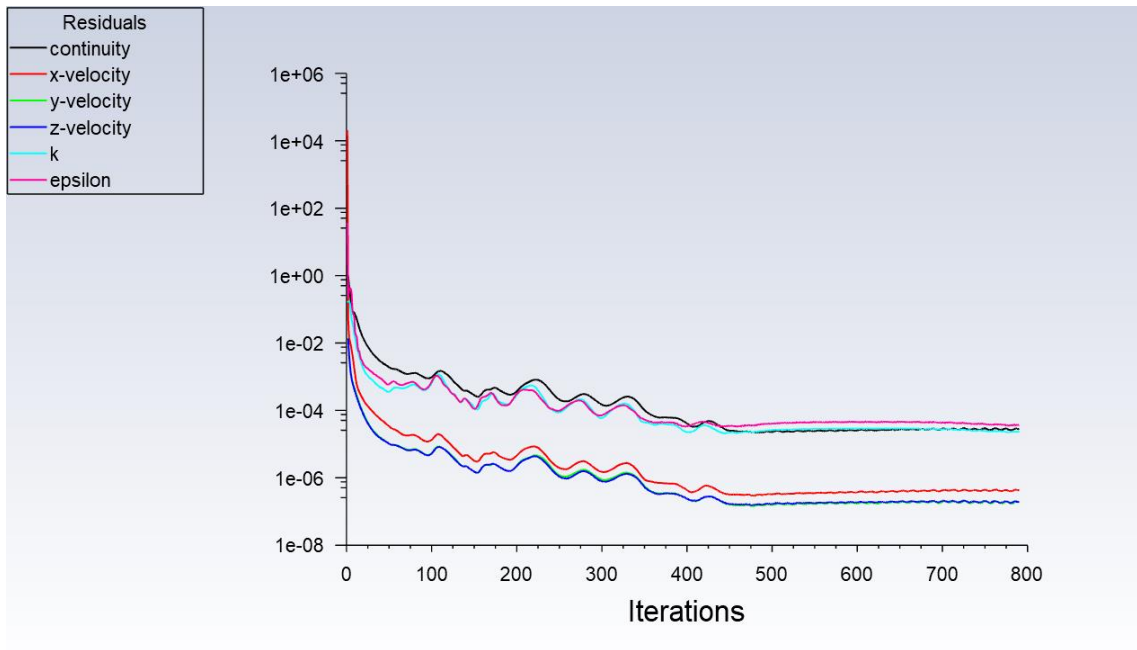
$$Pc = \frac{MgV}{\cos\theta}$$

$$Pd = \frac{CdA\rho V^3}{2}$$

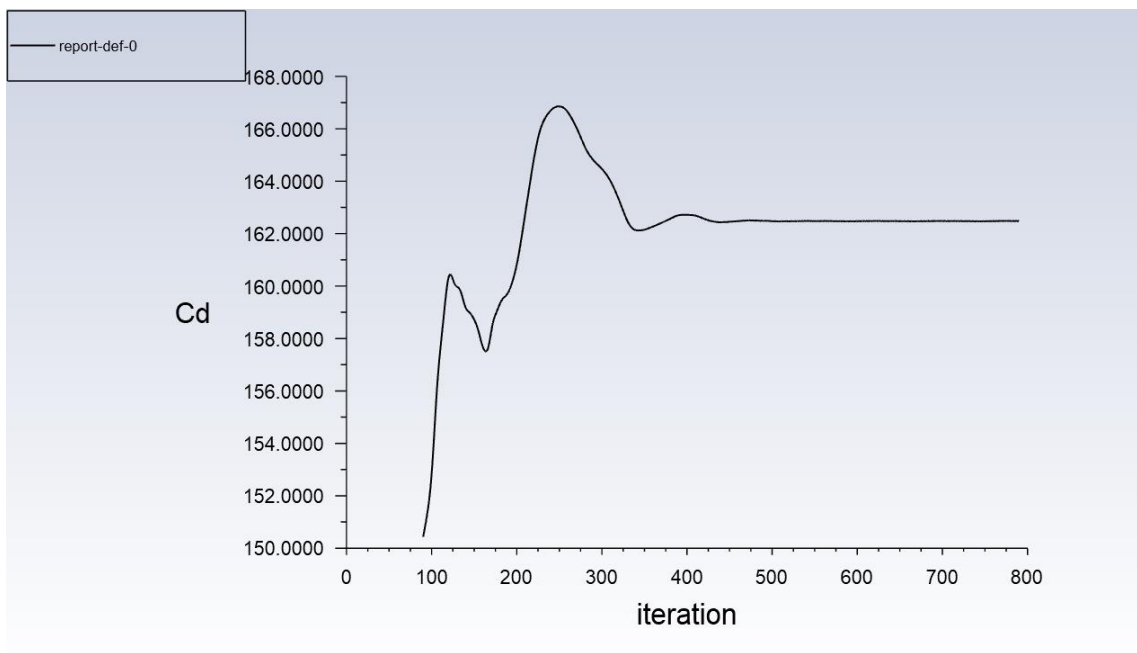
**Consumo de combustible en ciudad y carretera (sin deflector y con deflector)**

Da	8500	Kg	Cb=u	0.003
	18739.27	Lb	A	6.35830832
Cd	0.569766298	Cr	0.4	
Pa'	13405.5678		Pa'	13320.6227
Pb'	2185.242493		Pb'	5395.22323
Pd'	4086.85665		Pd'	23798.923
Pr'	<b>19677.66694</b>		Pr'	<b>42514.7689</b>
MPG	13.79		MPG	15.75
KPG	22.20		KPG	25.37

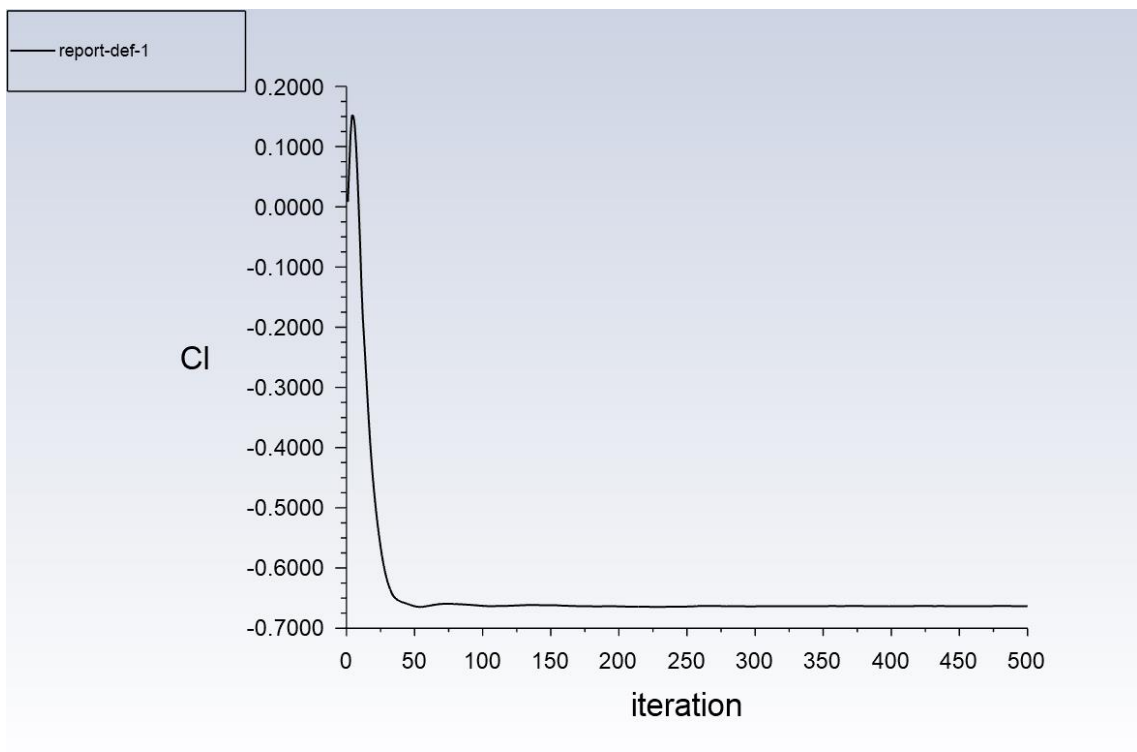
**Anexo 5. Coeficiente de arrastre CD y sustentación CL con deflector****Anexo 6. Convergencia de la respuesta**



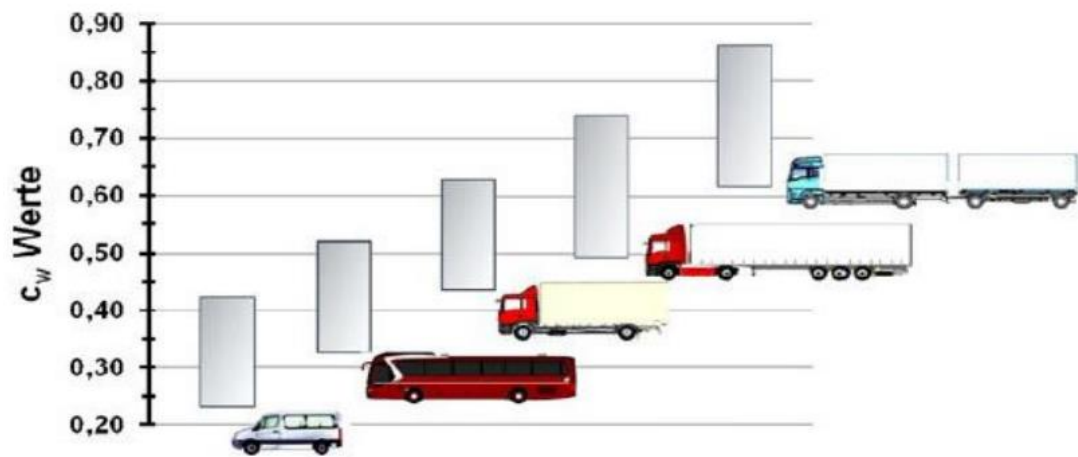
## Anexo 7. Estabilidad de la respuesta del coeficiente de arrastre



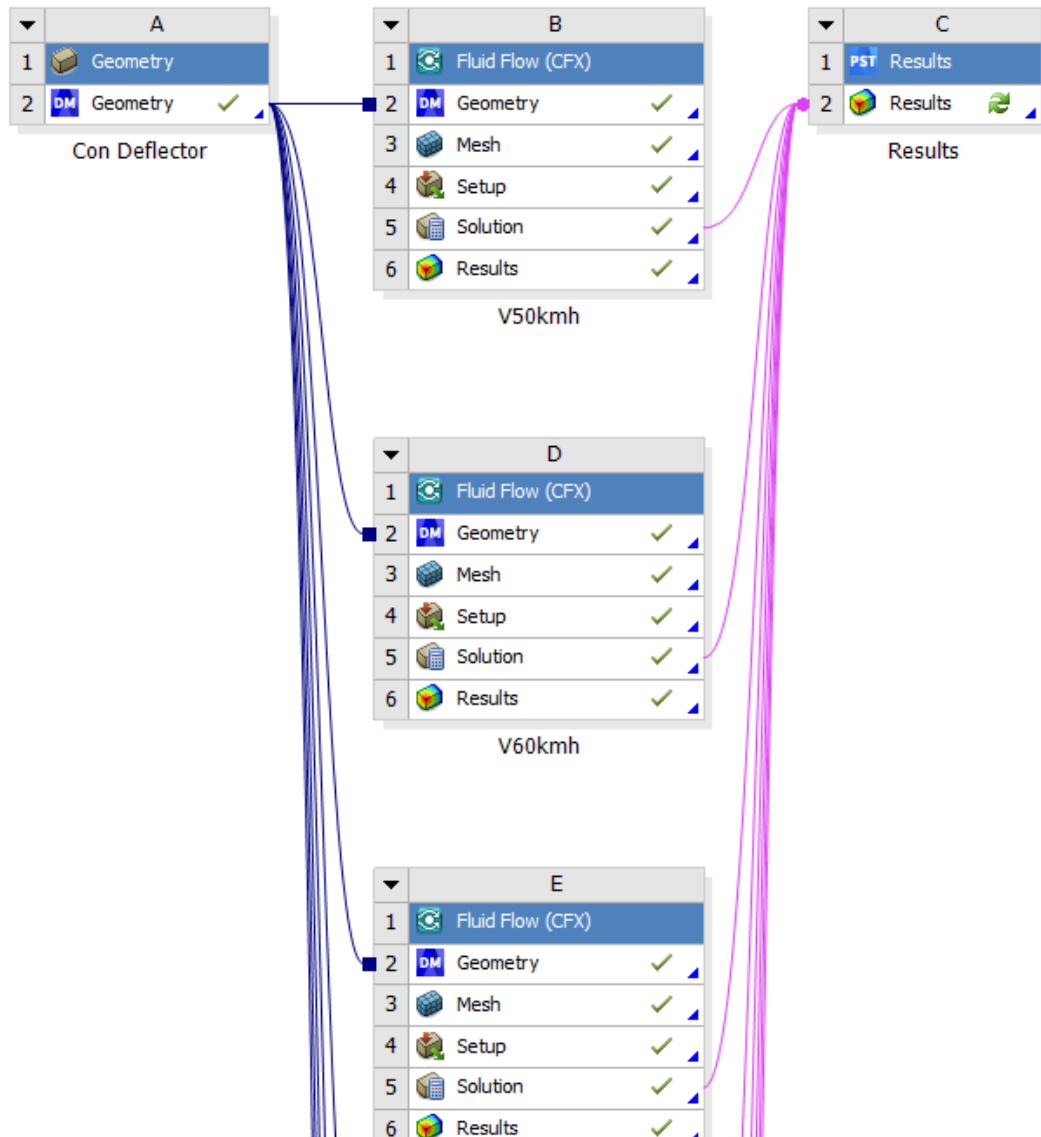
### Anexo 8. Estabilidad de la respuesta del coeficiente de sustentación



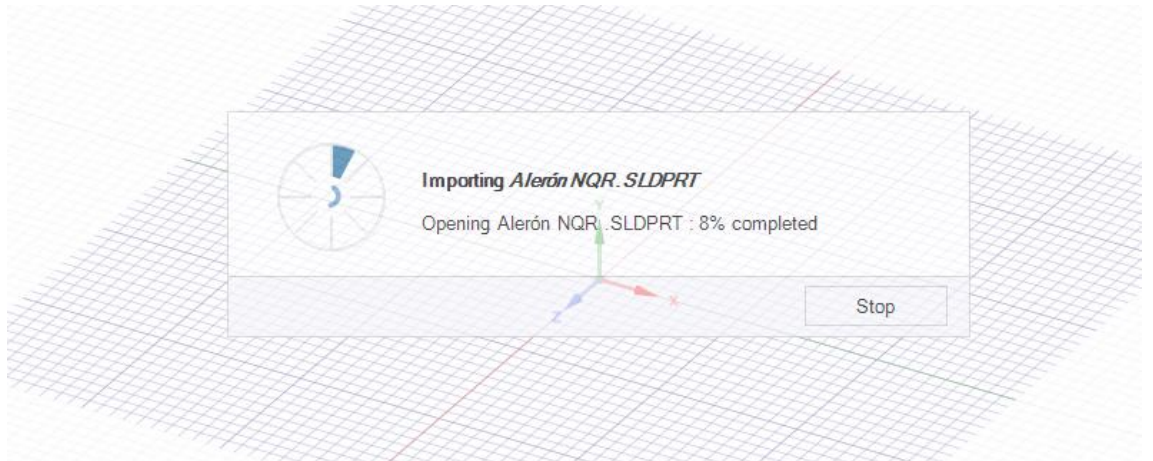
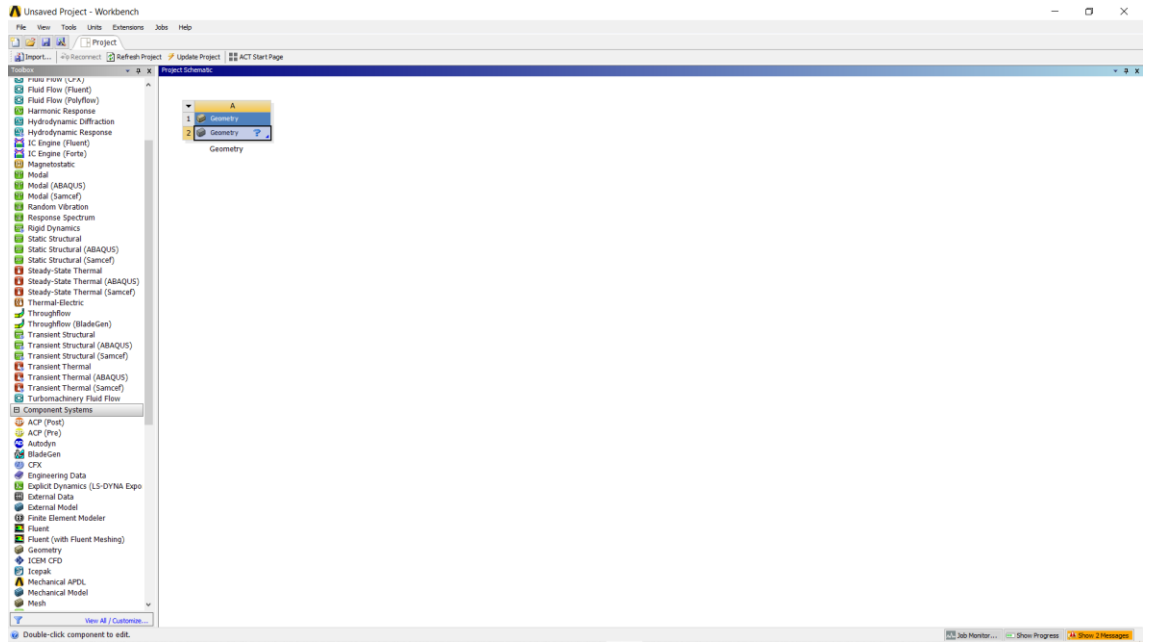
### Anexo 9. Valores comunes de $C_D$

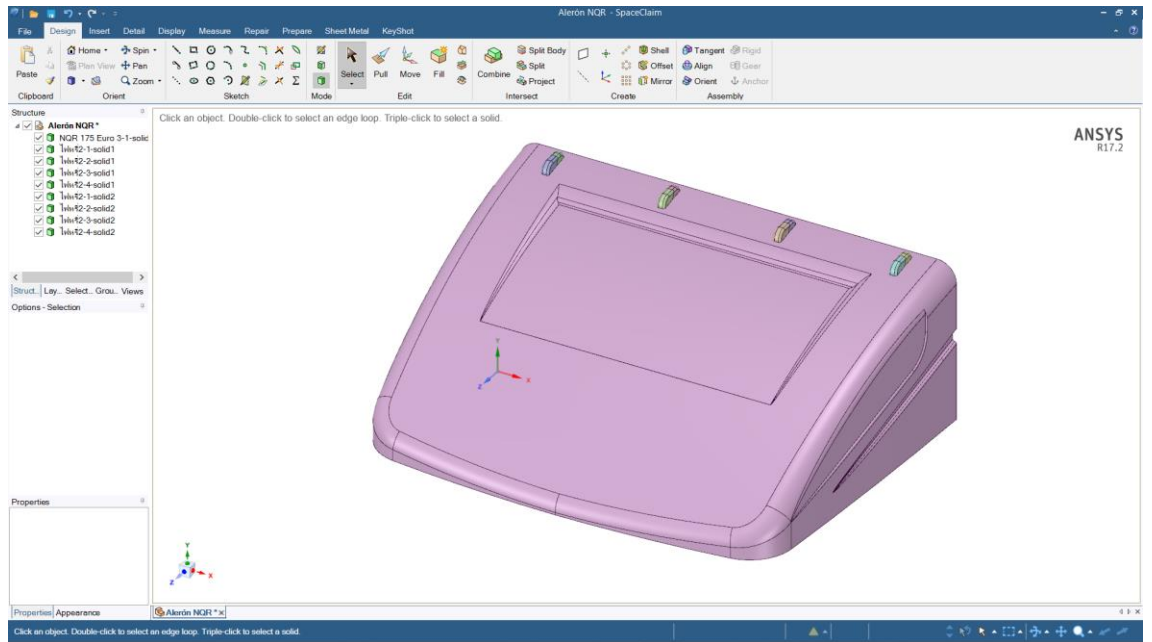


### Anexo 10. Diseño de experimento en ANSYS Workbench

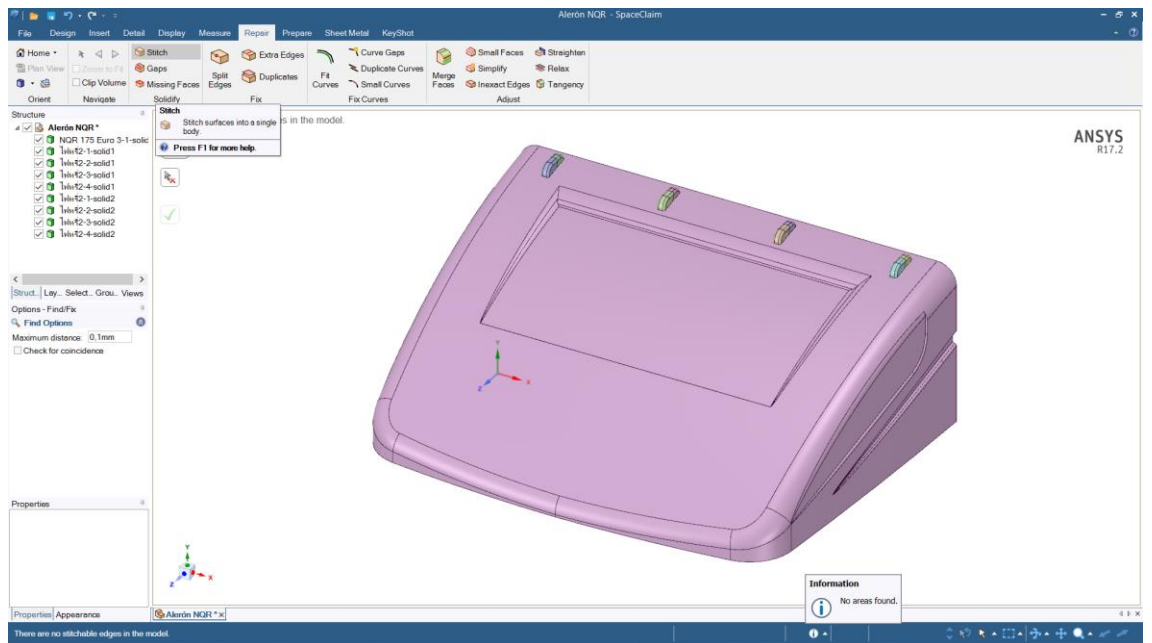


## Capturas proceso

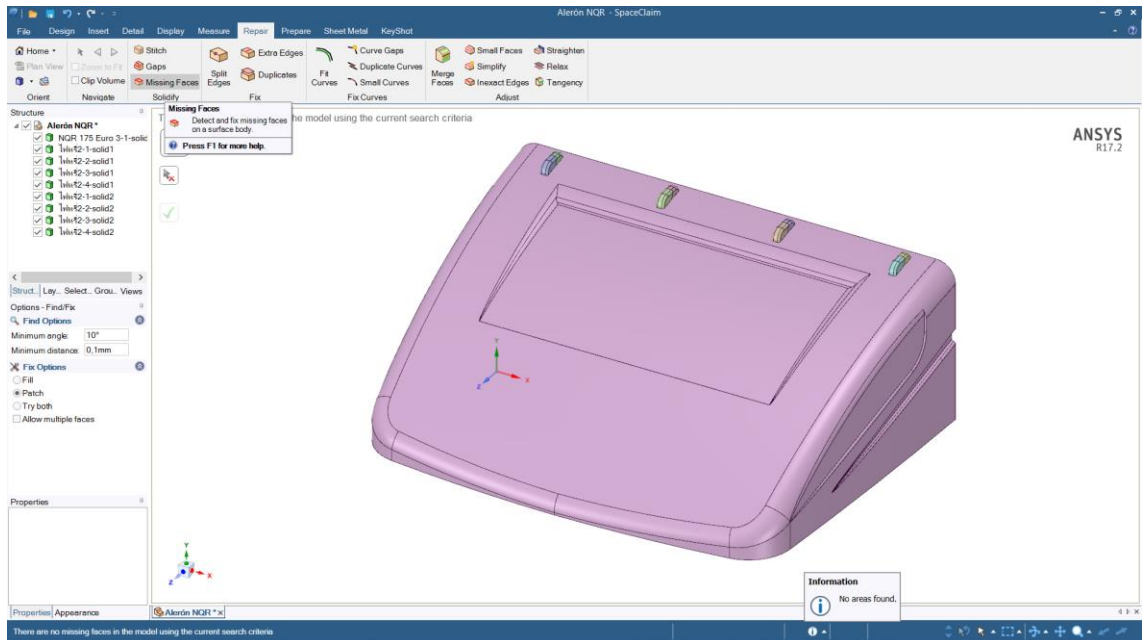
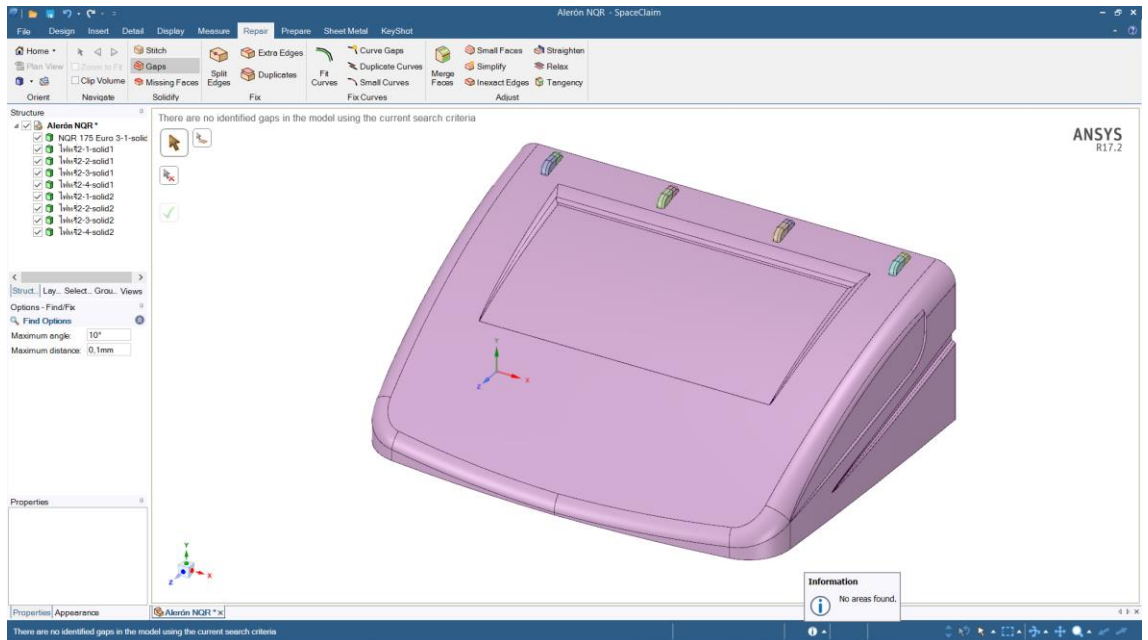


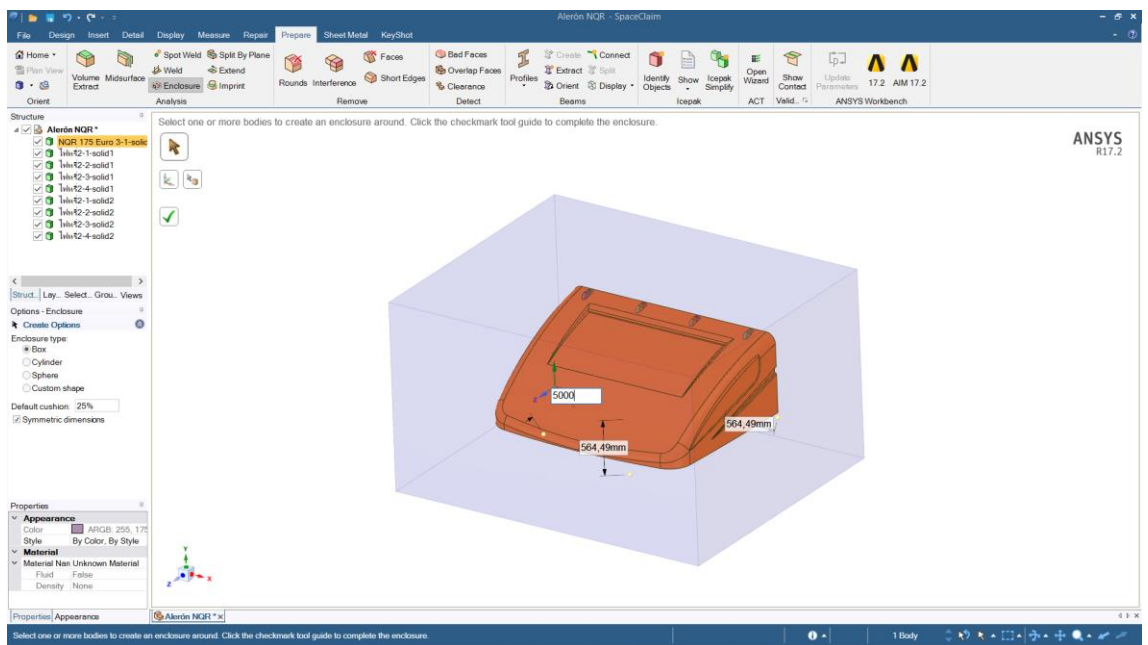
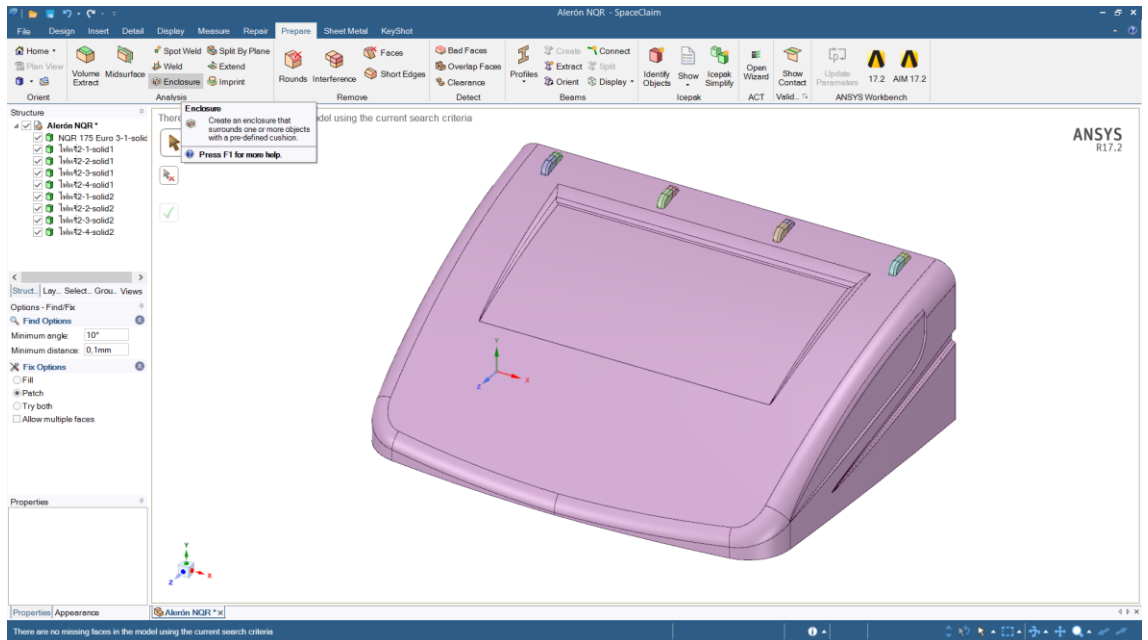


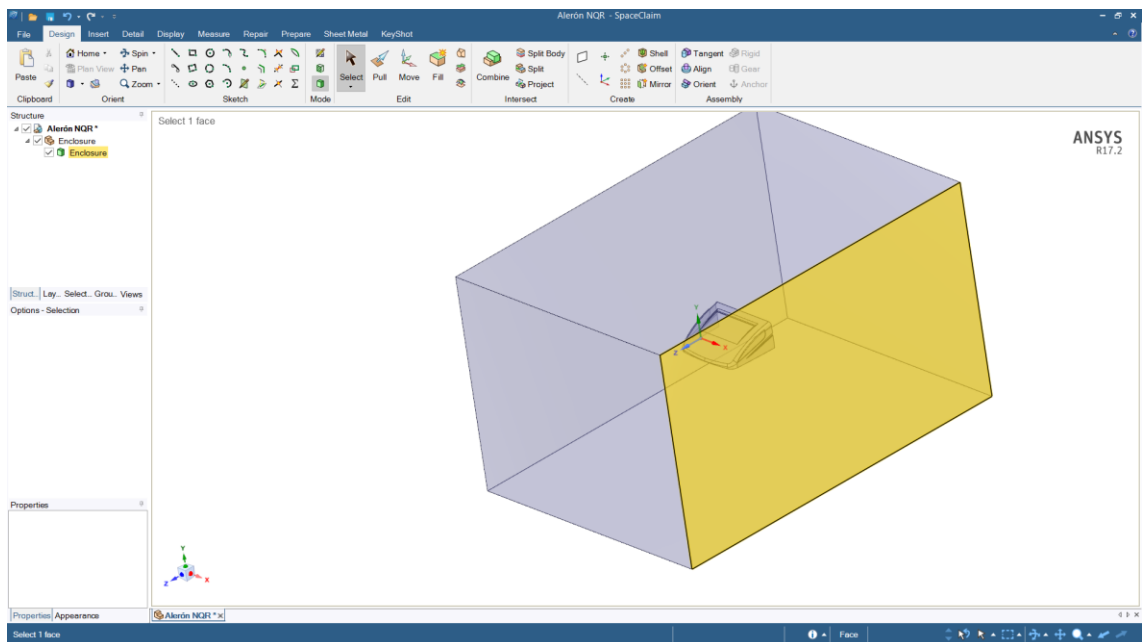
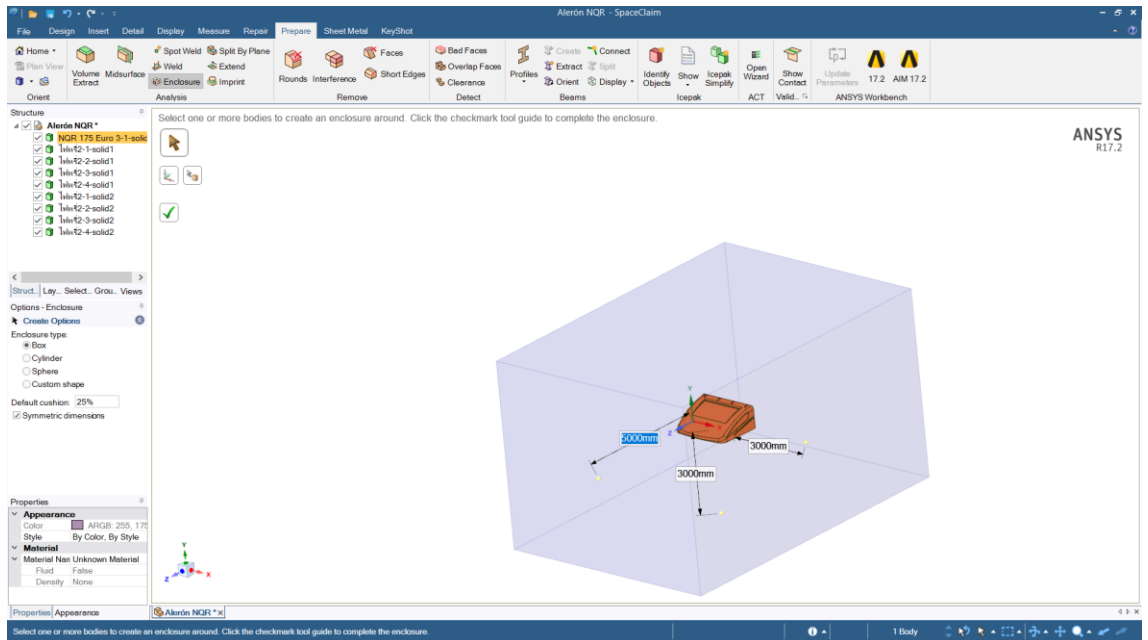
## reparacion

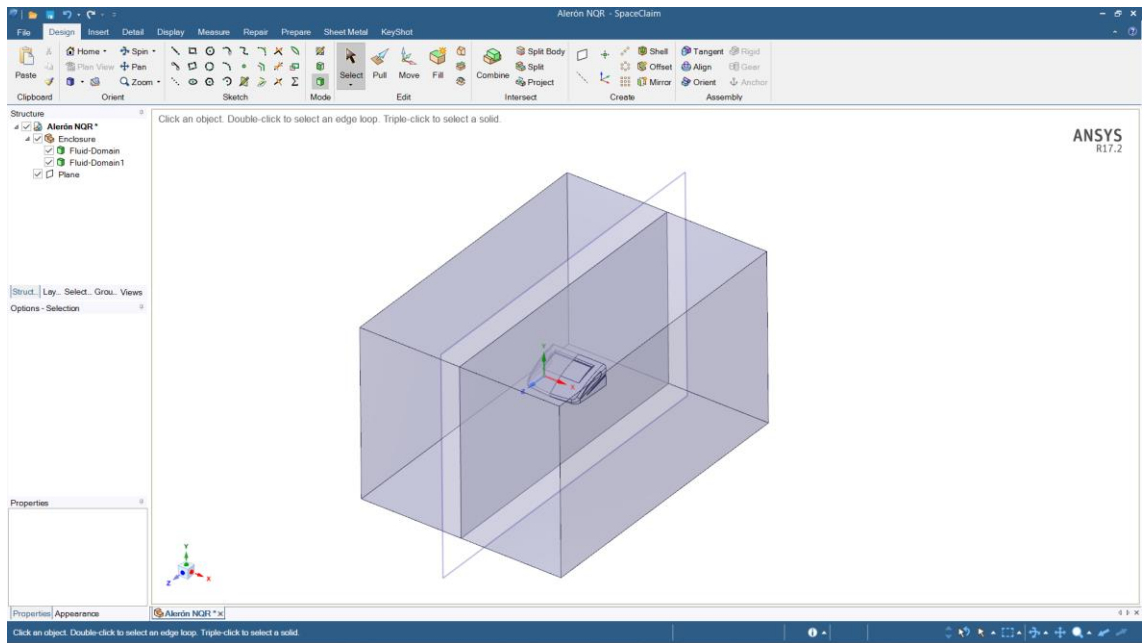
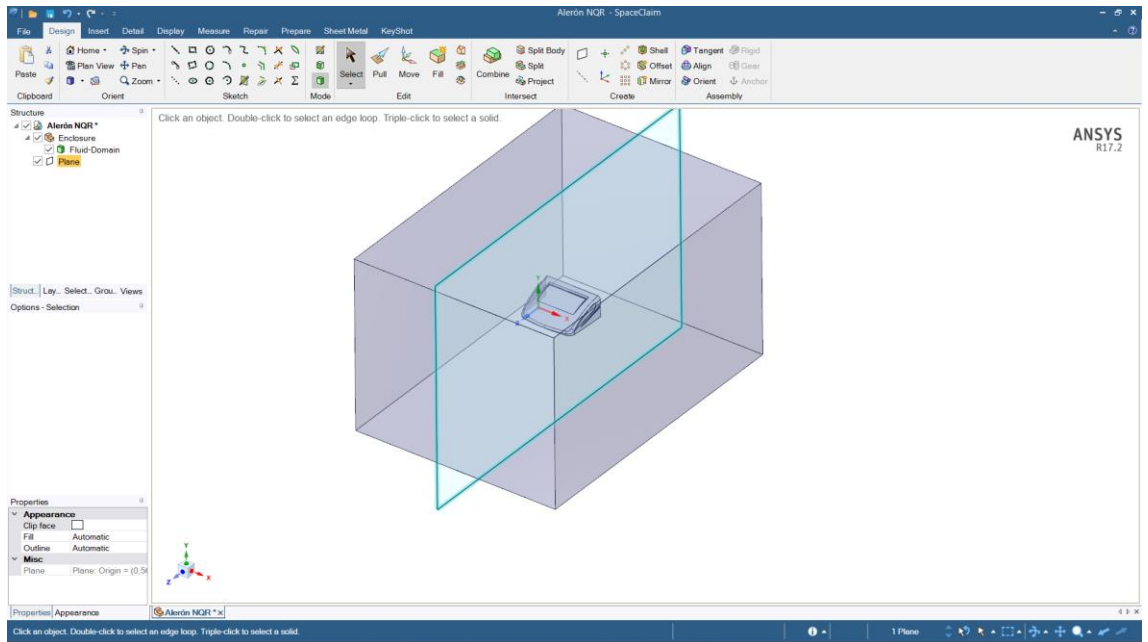


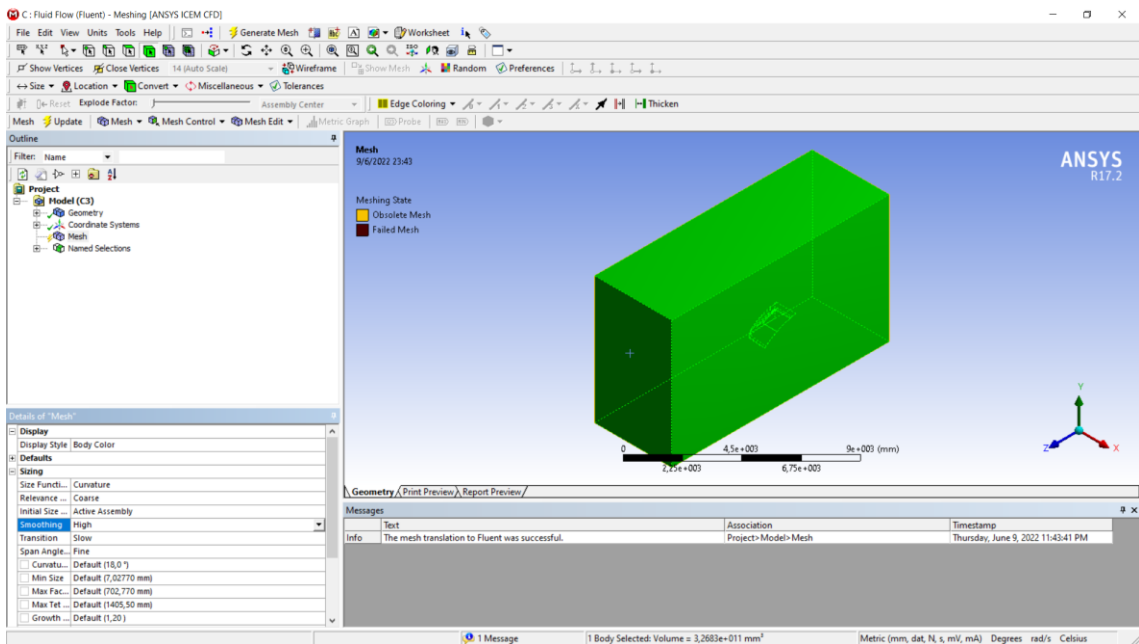
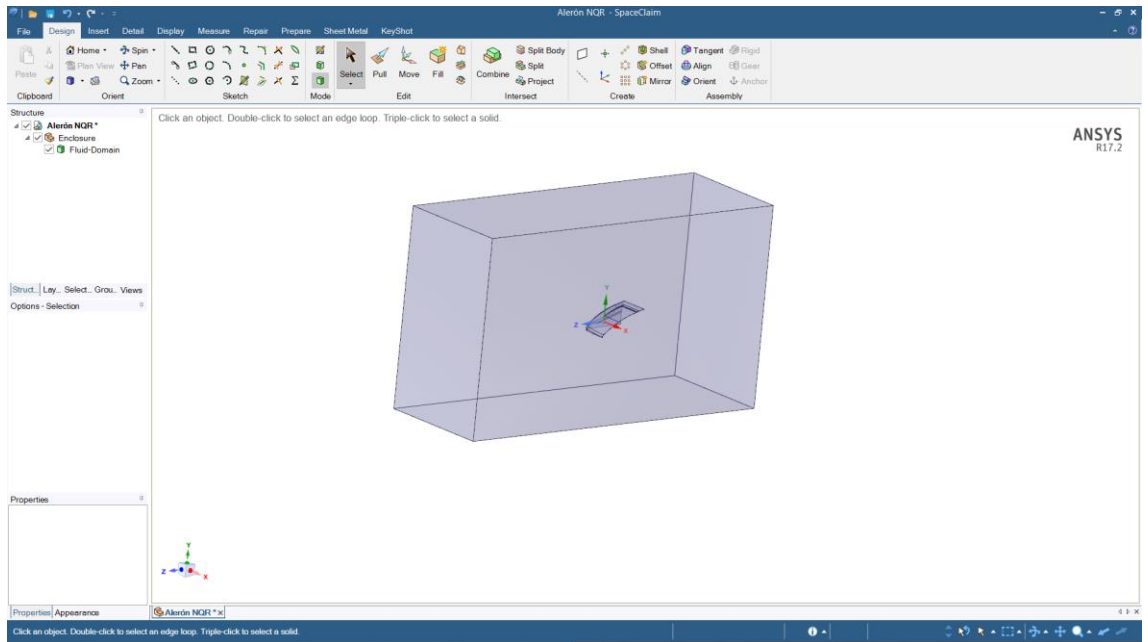


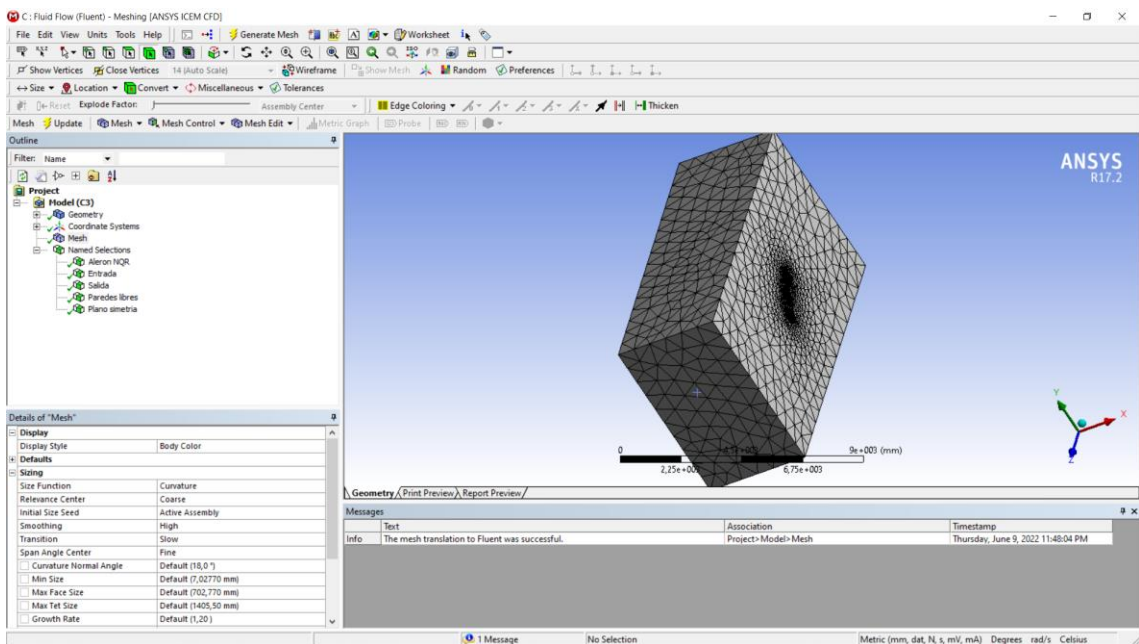
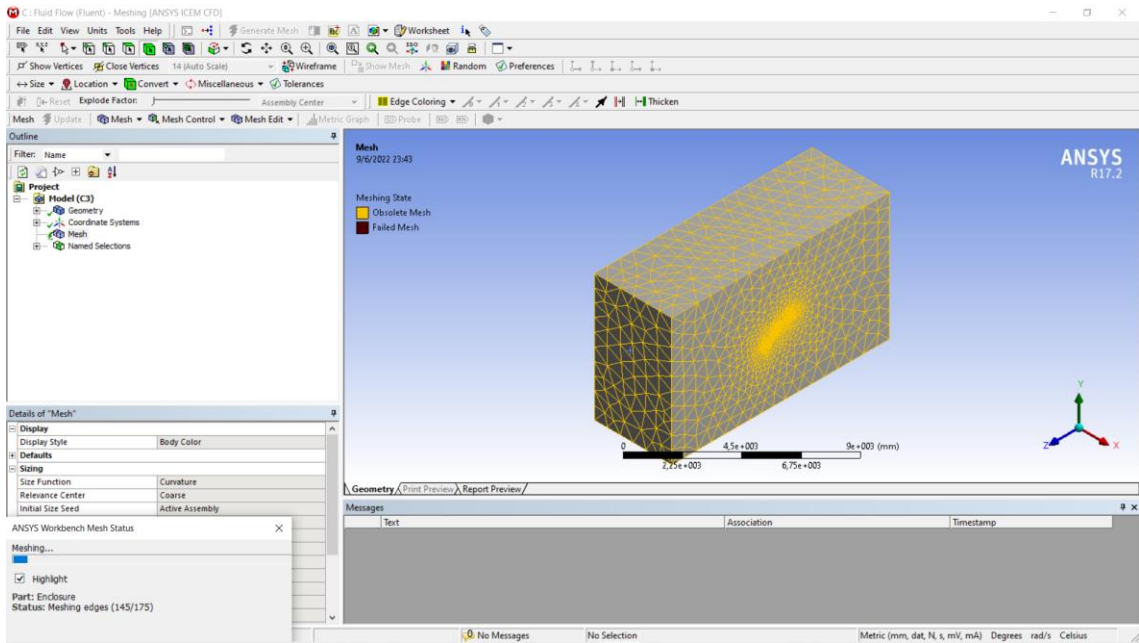










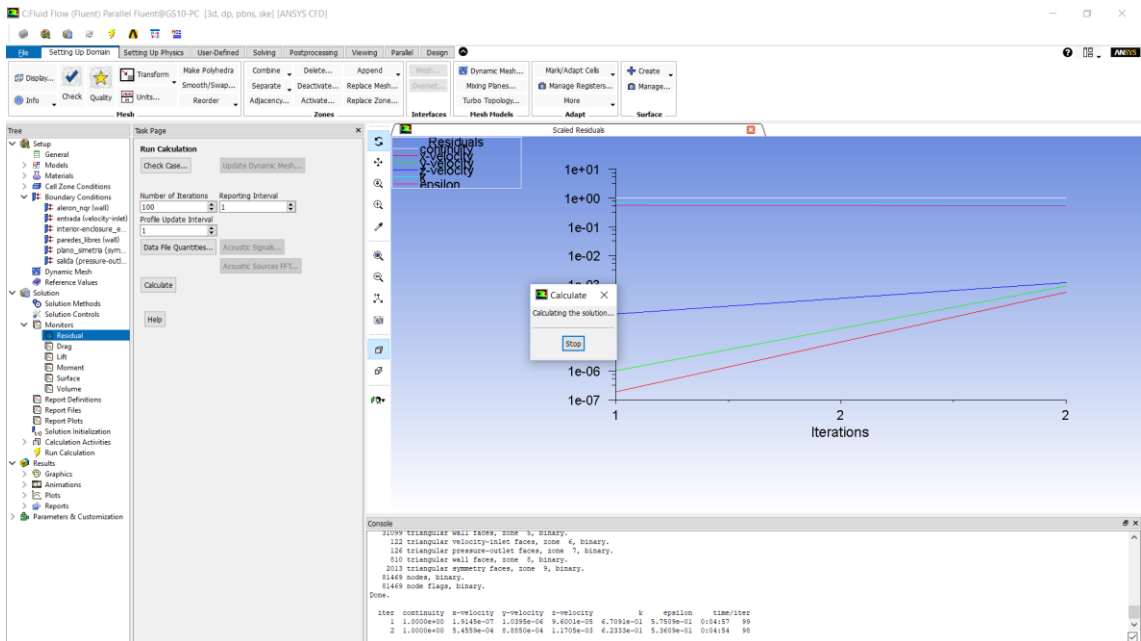
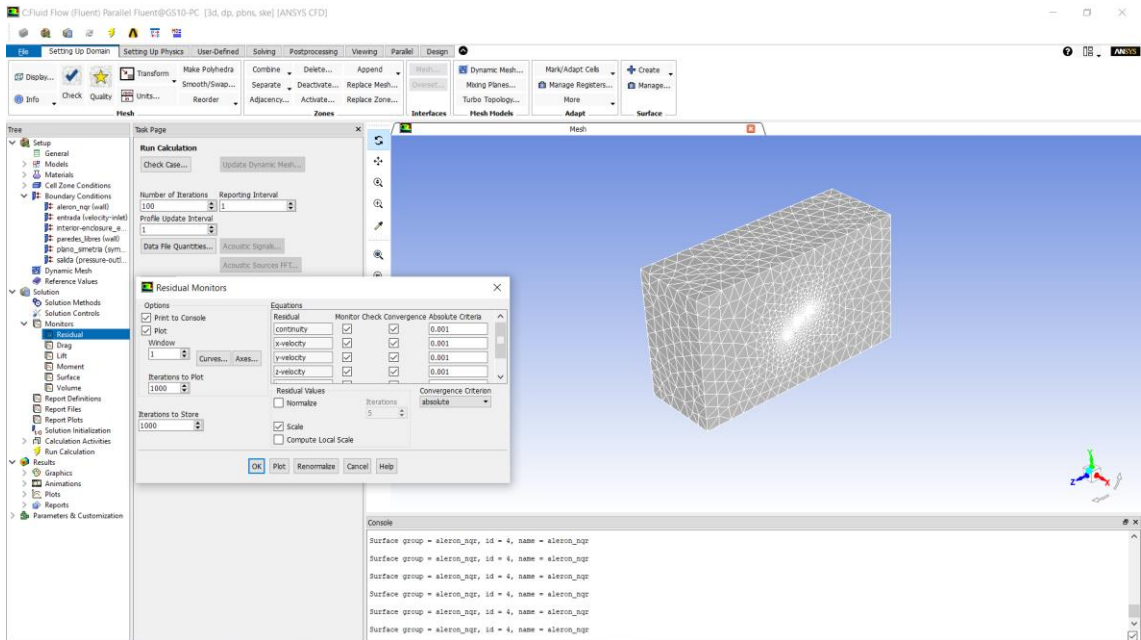


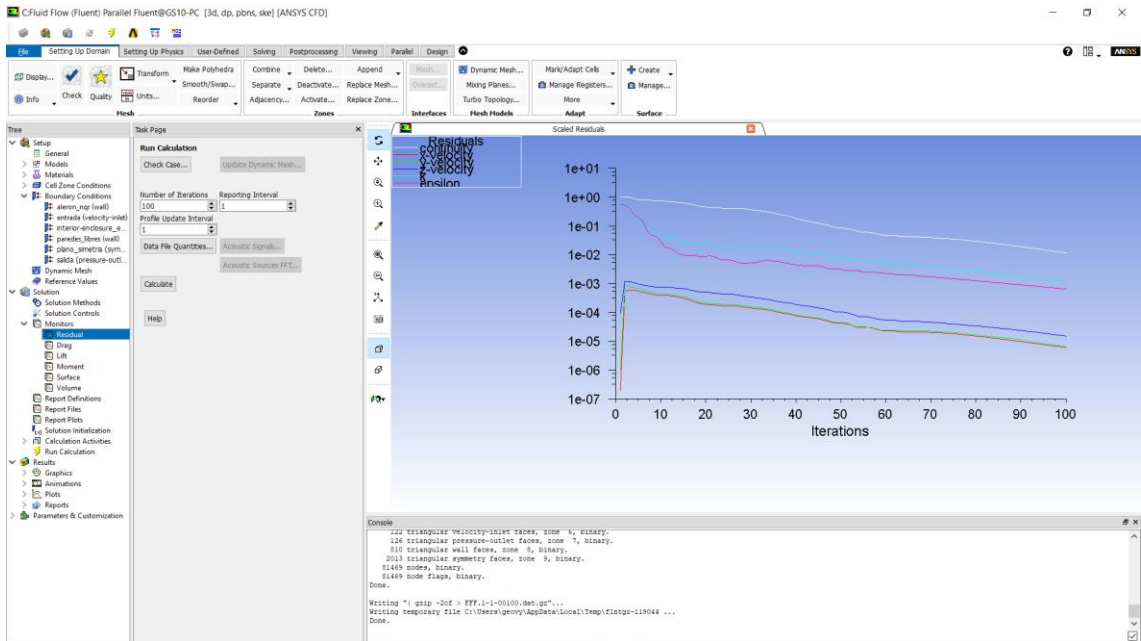
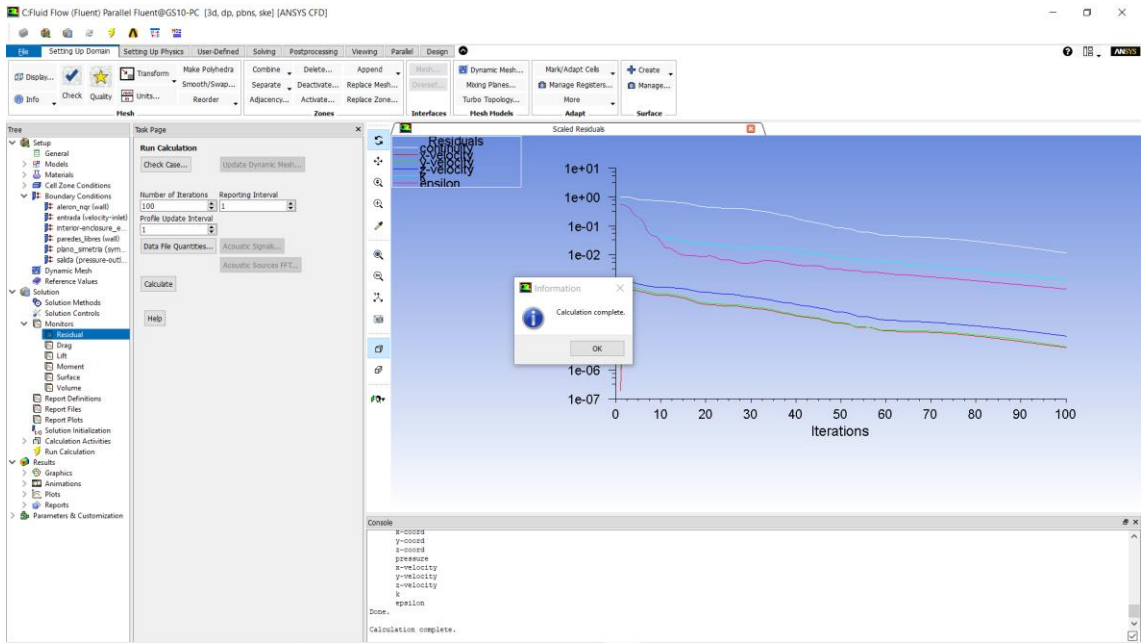


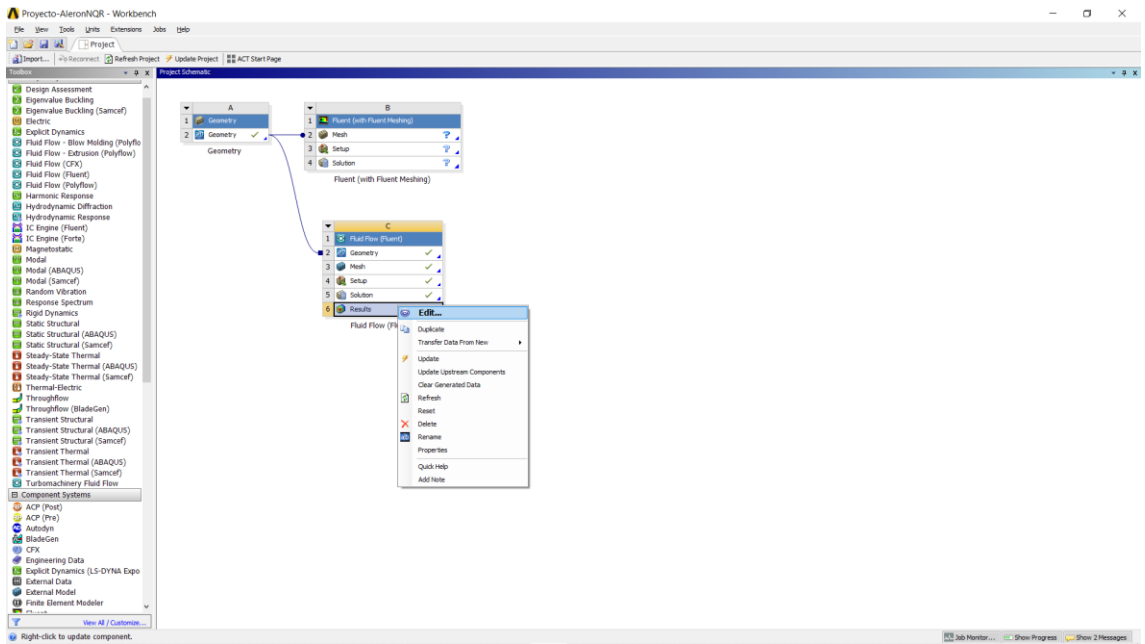
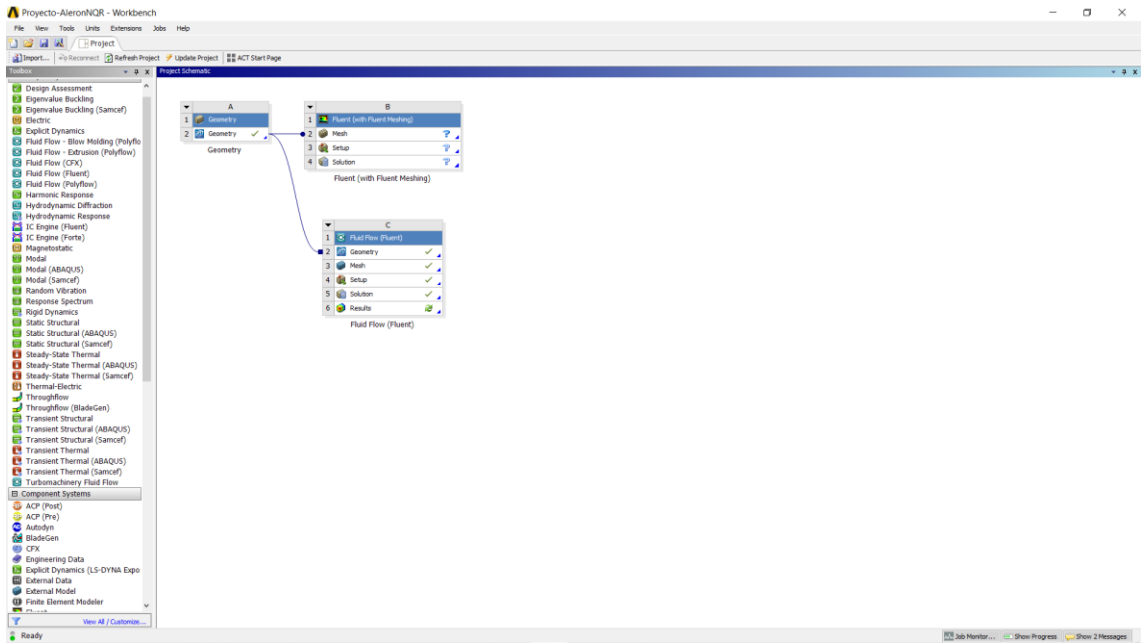


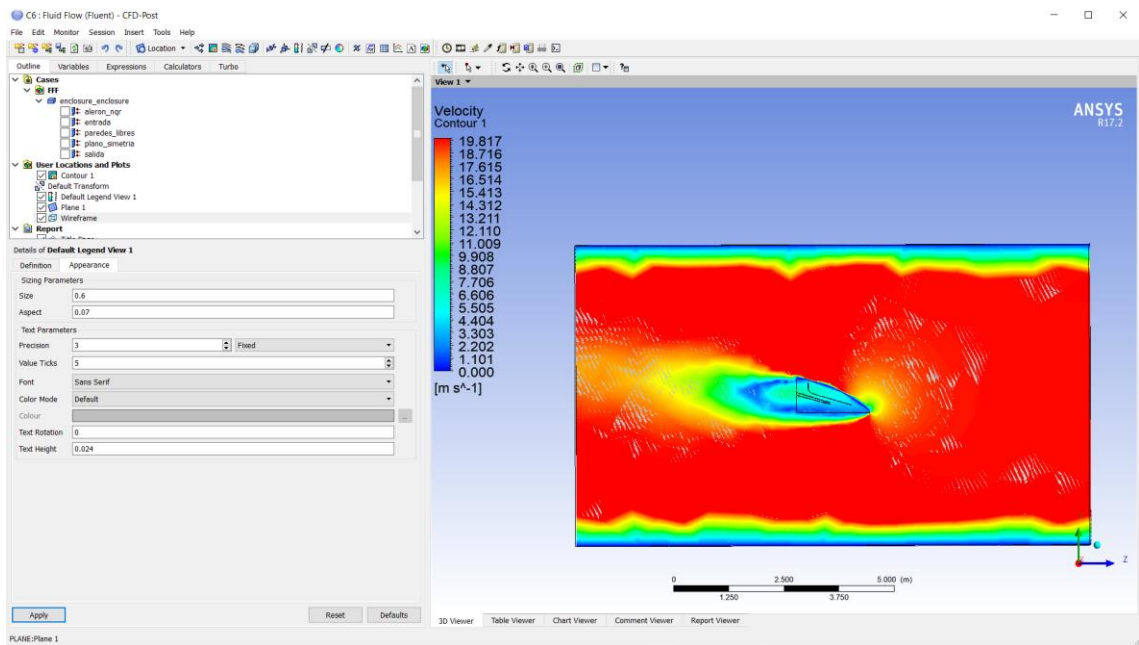
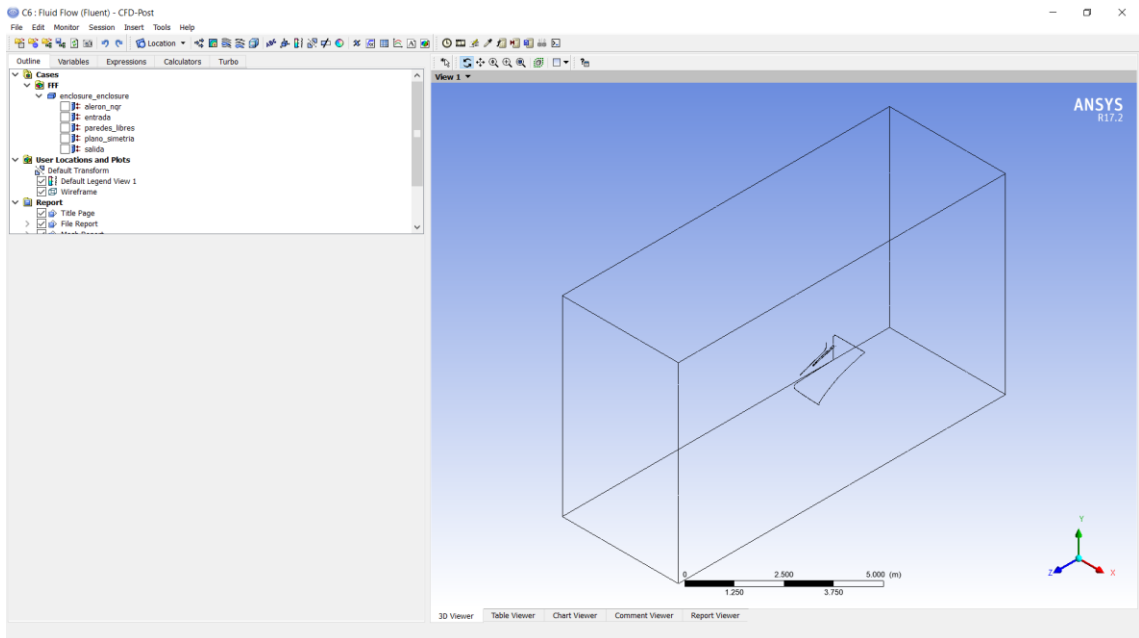




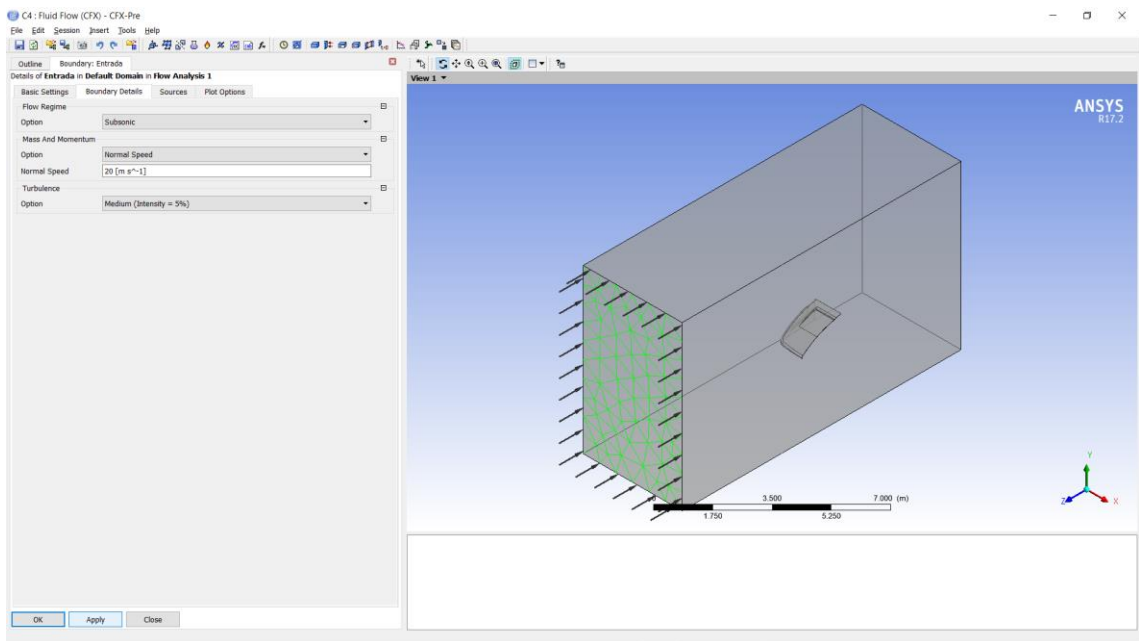
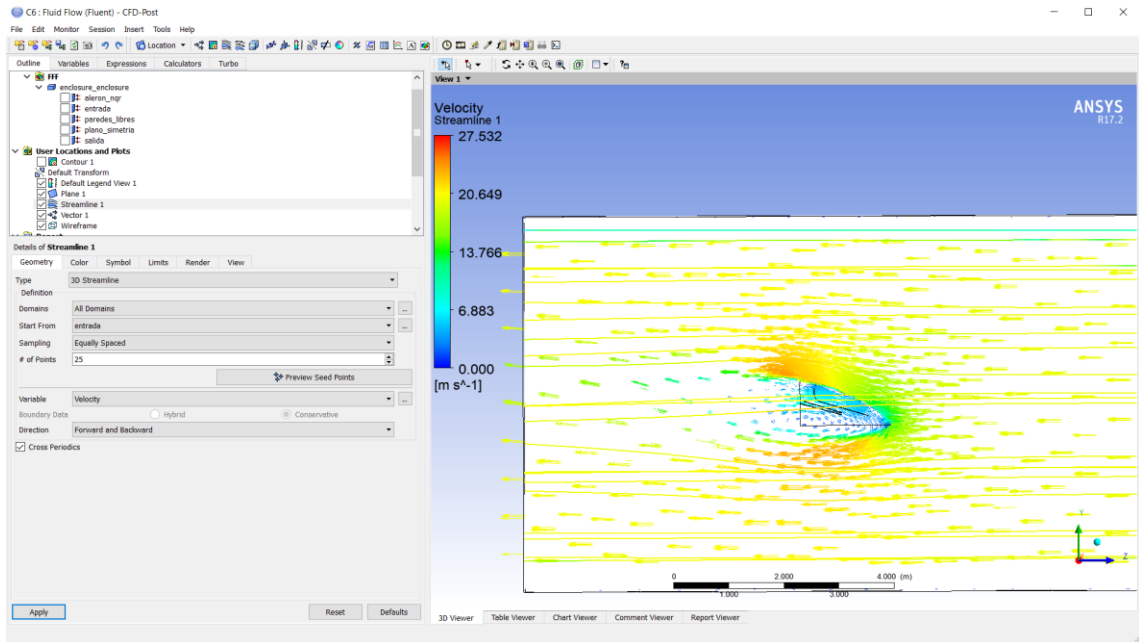


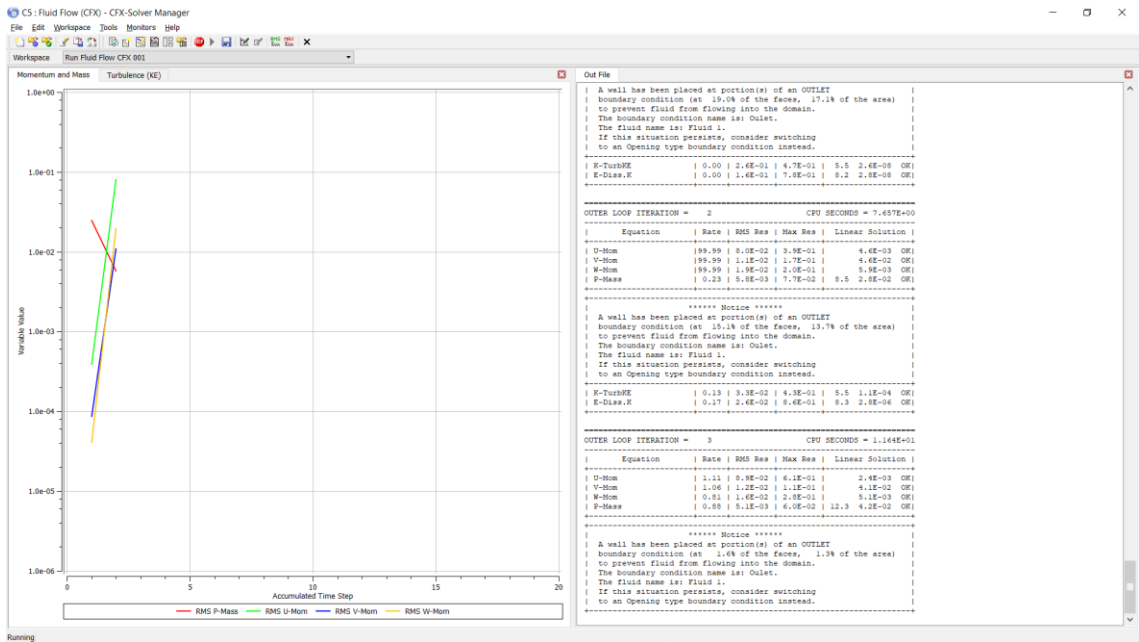
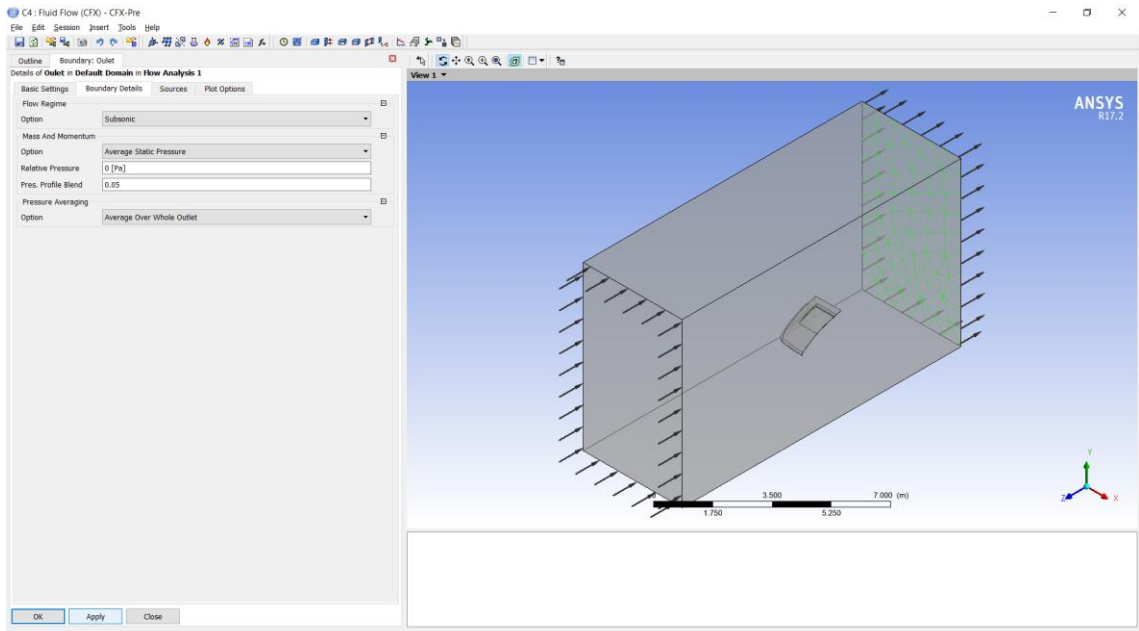


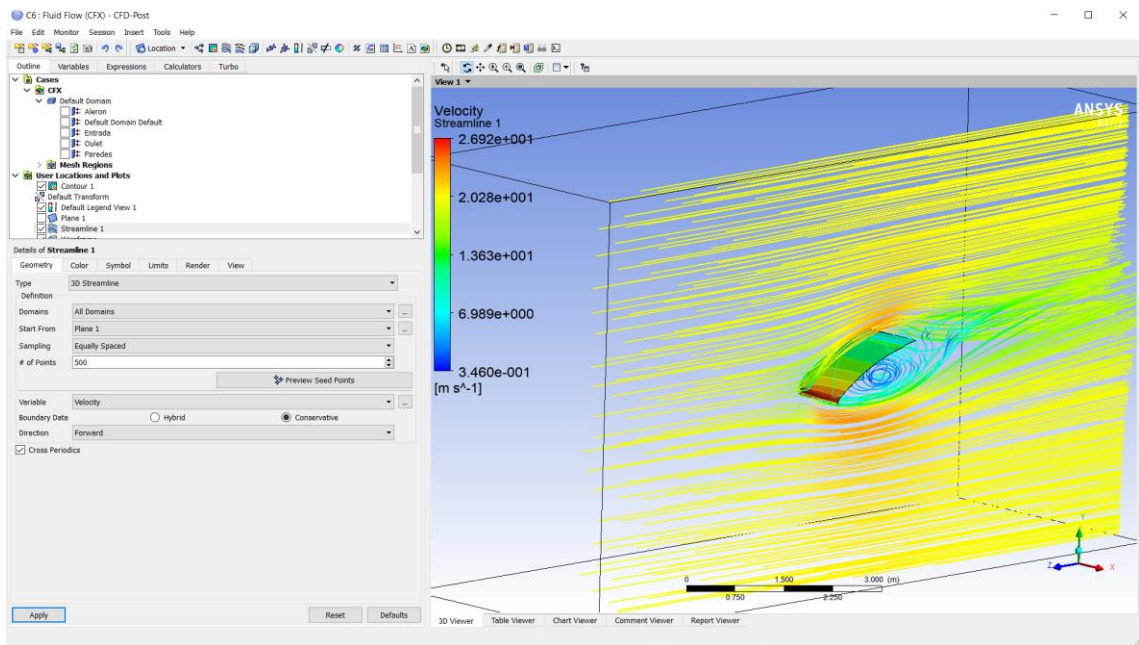
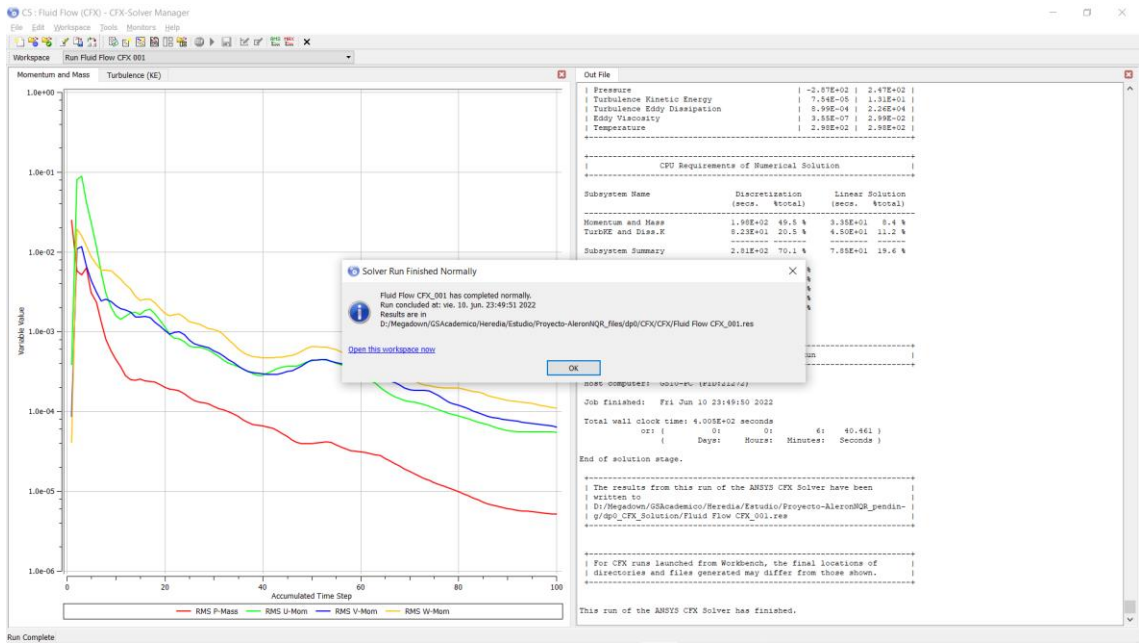




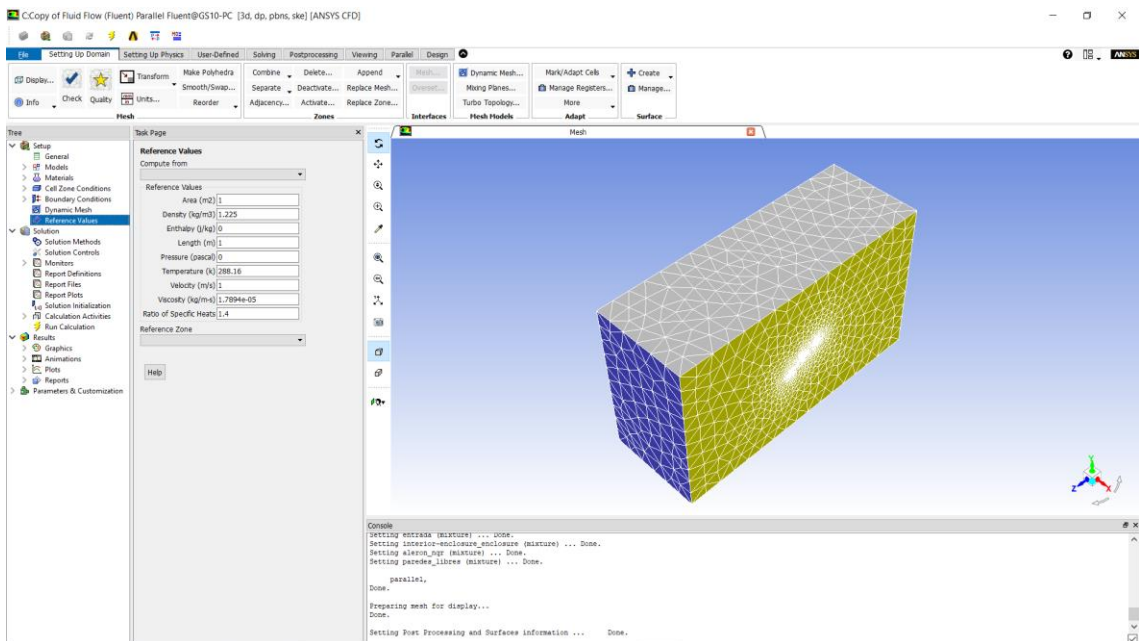
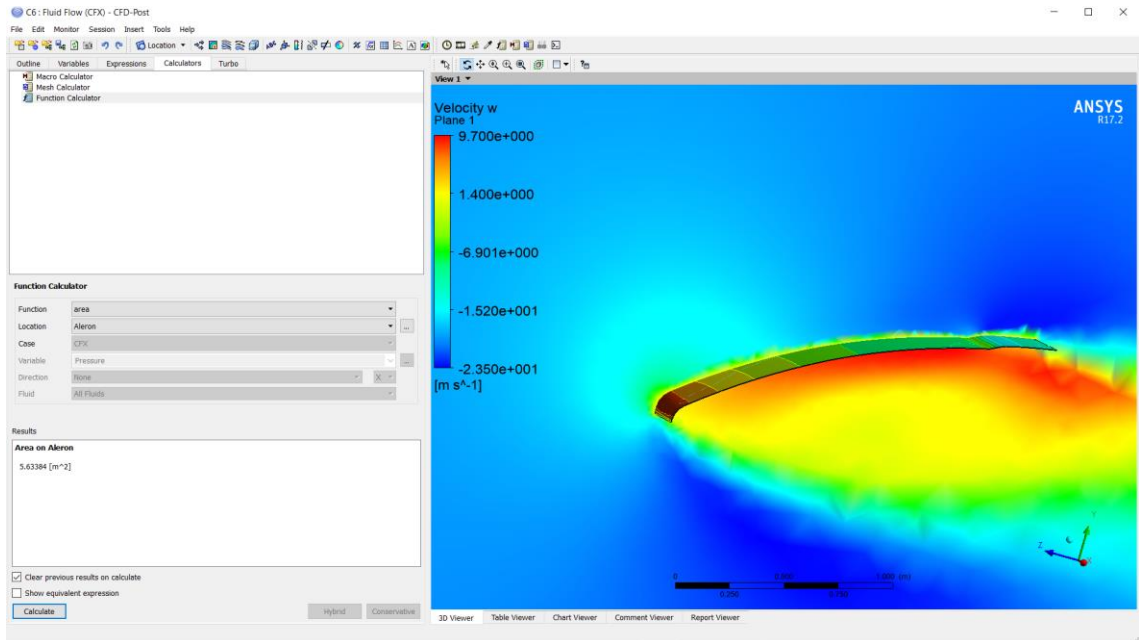
PLANE:Plane 1

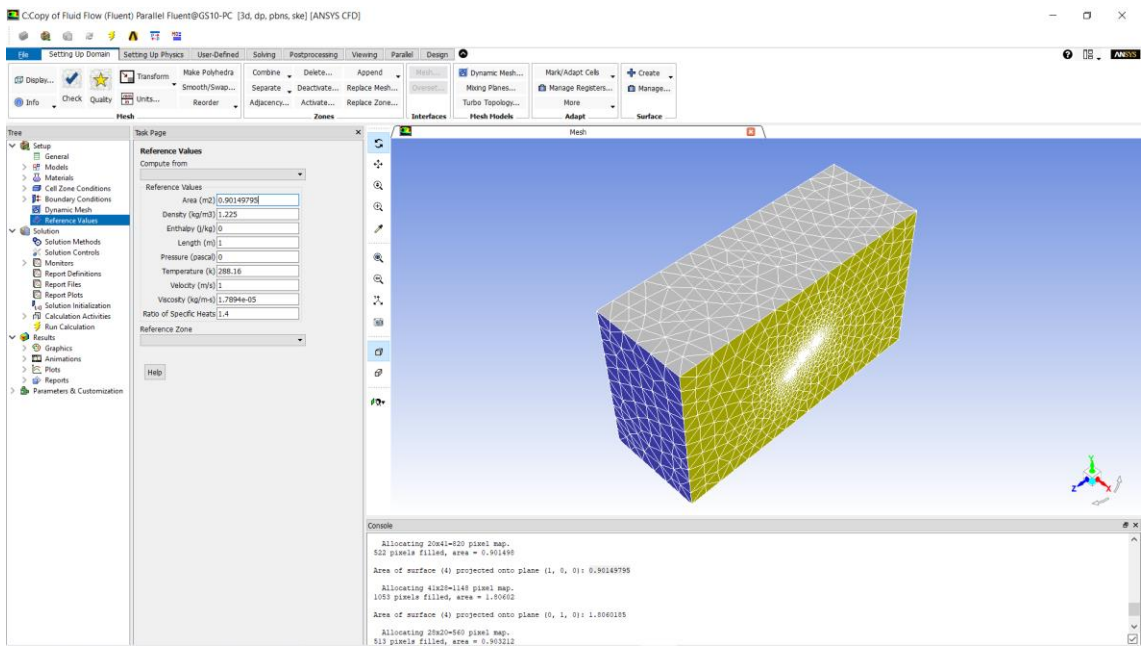
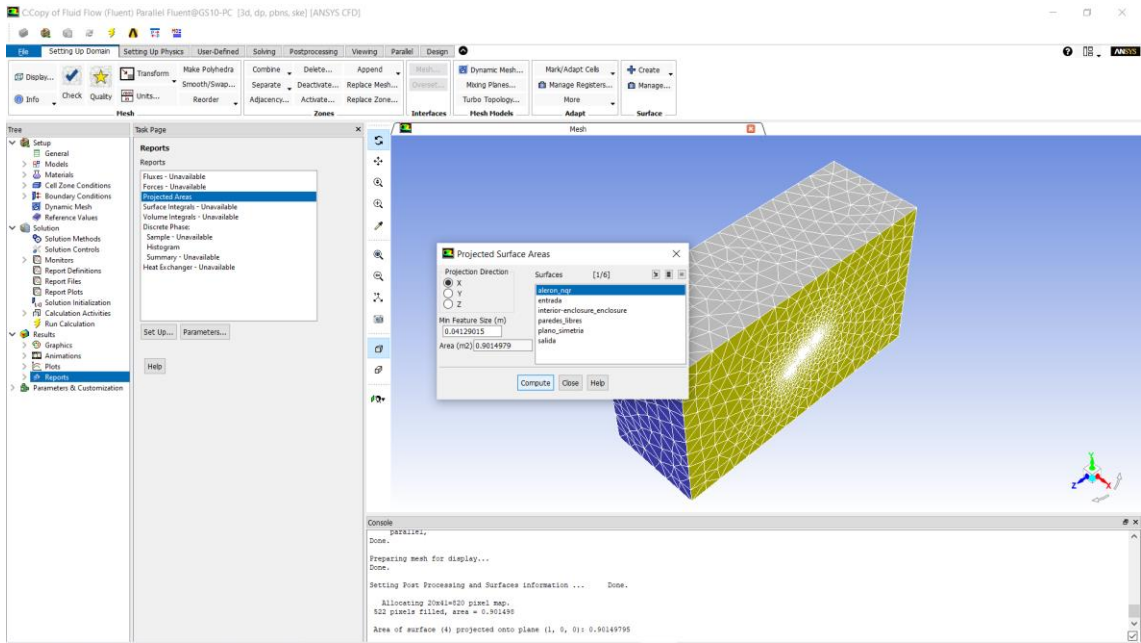


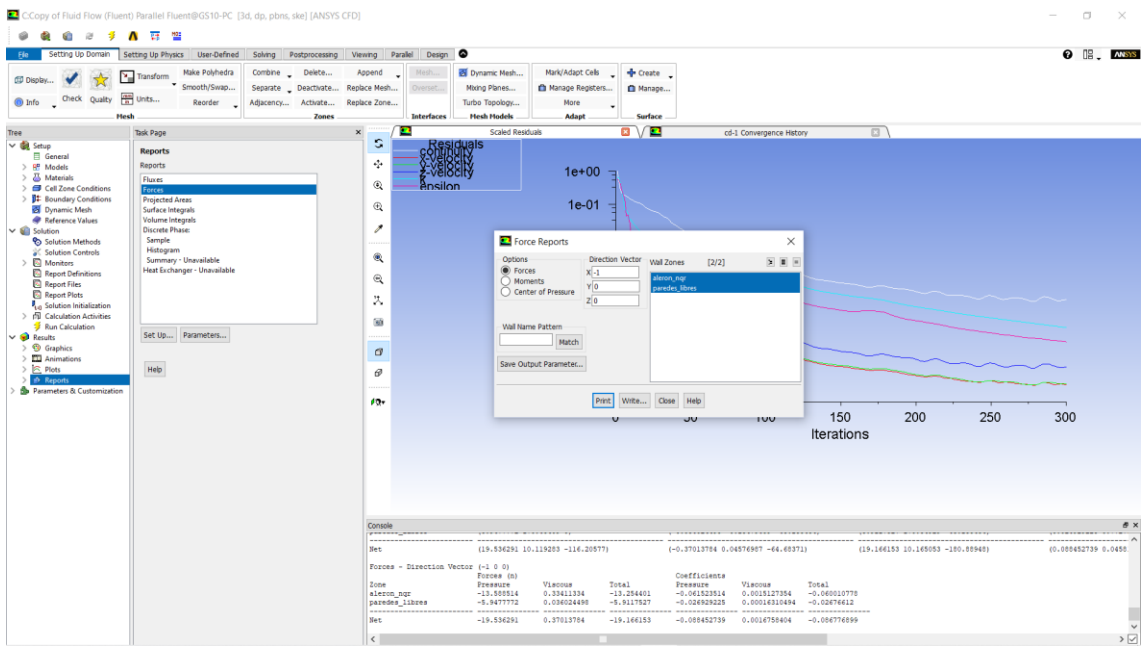
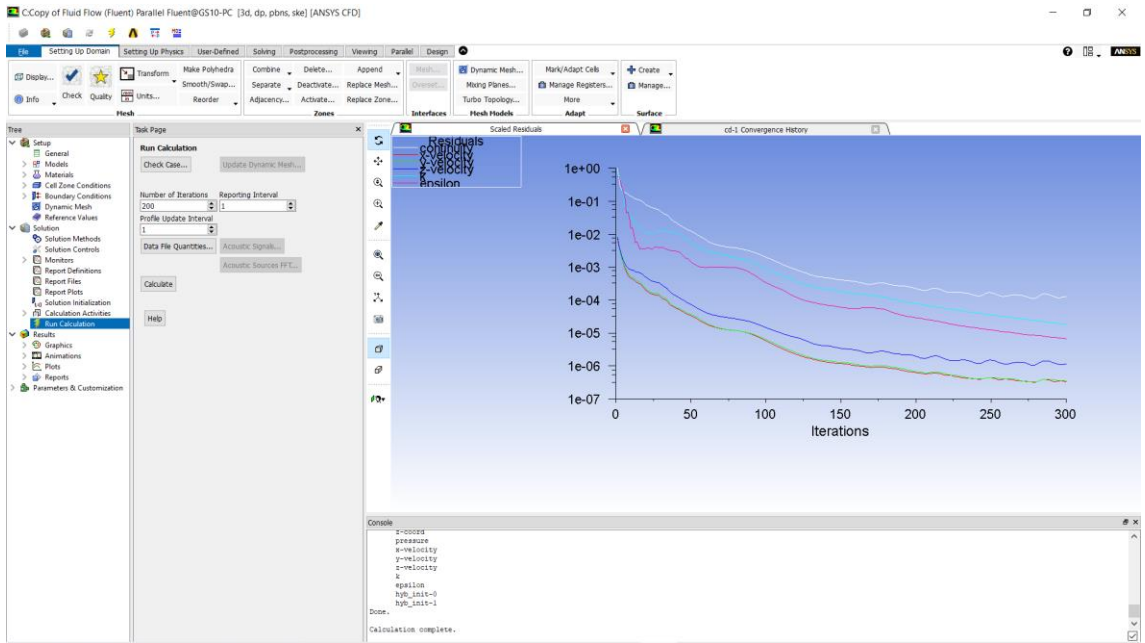


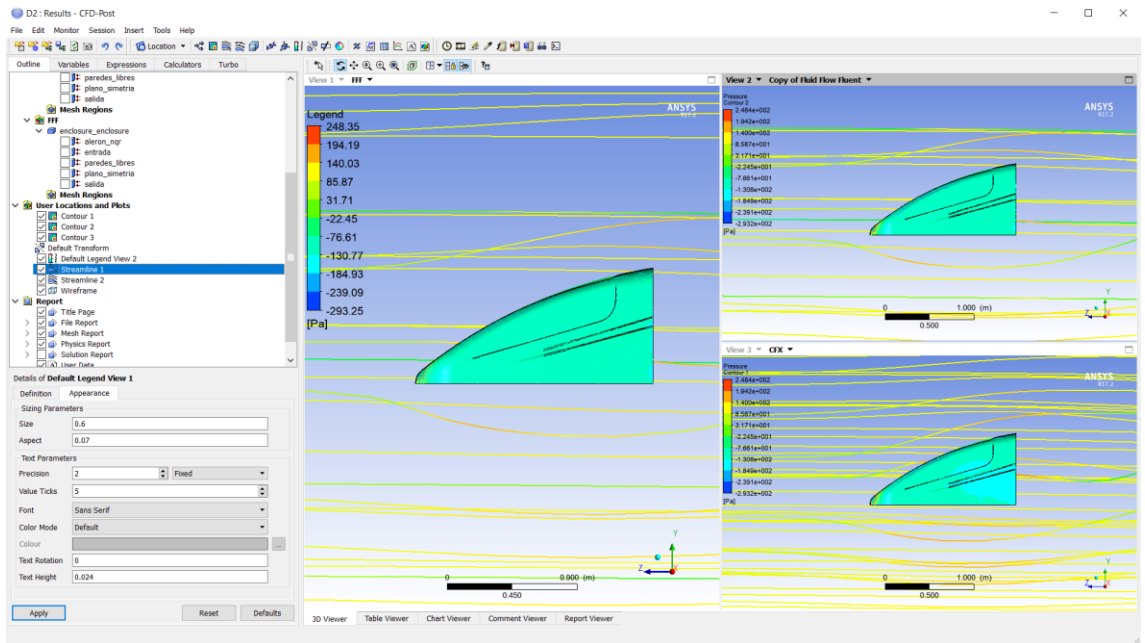
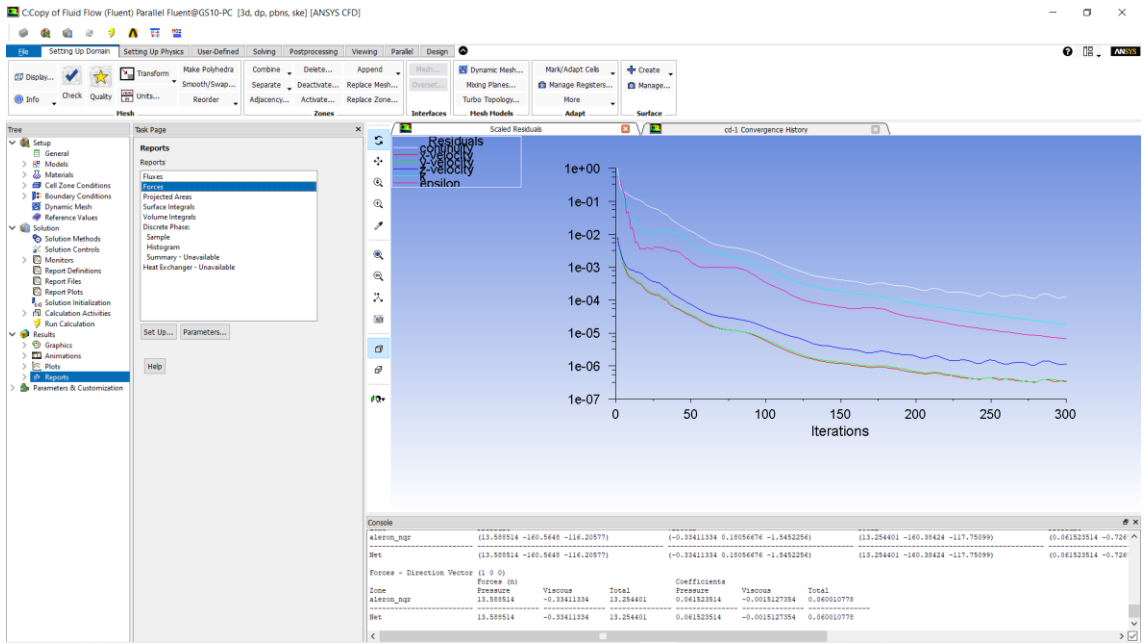




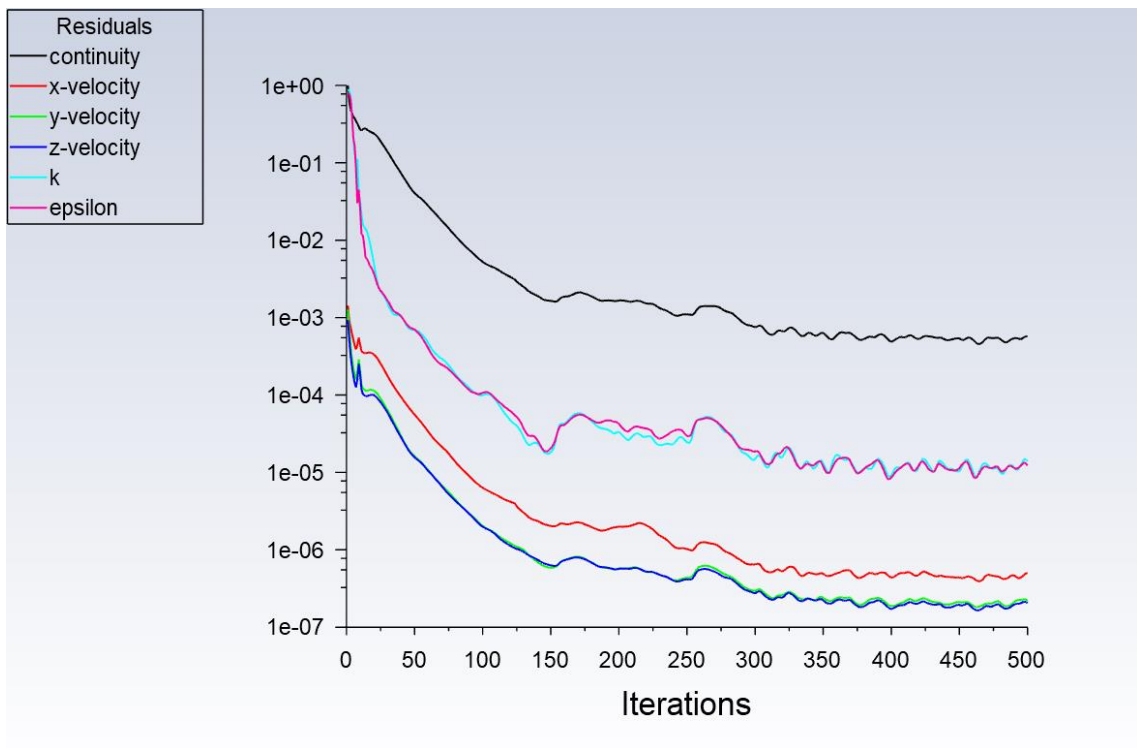
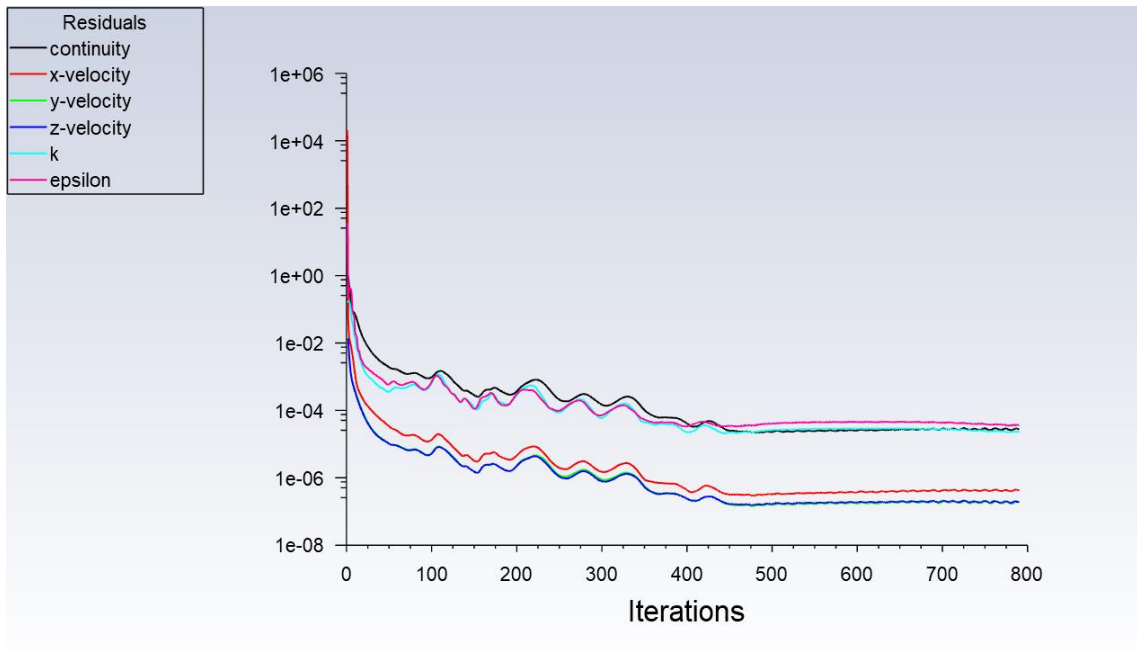


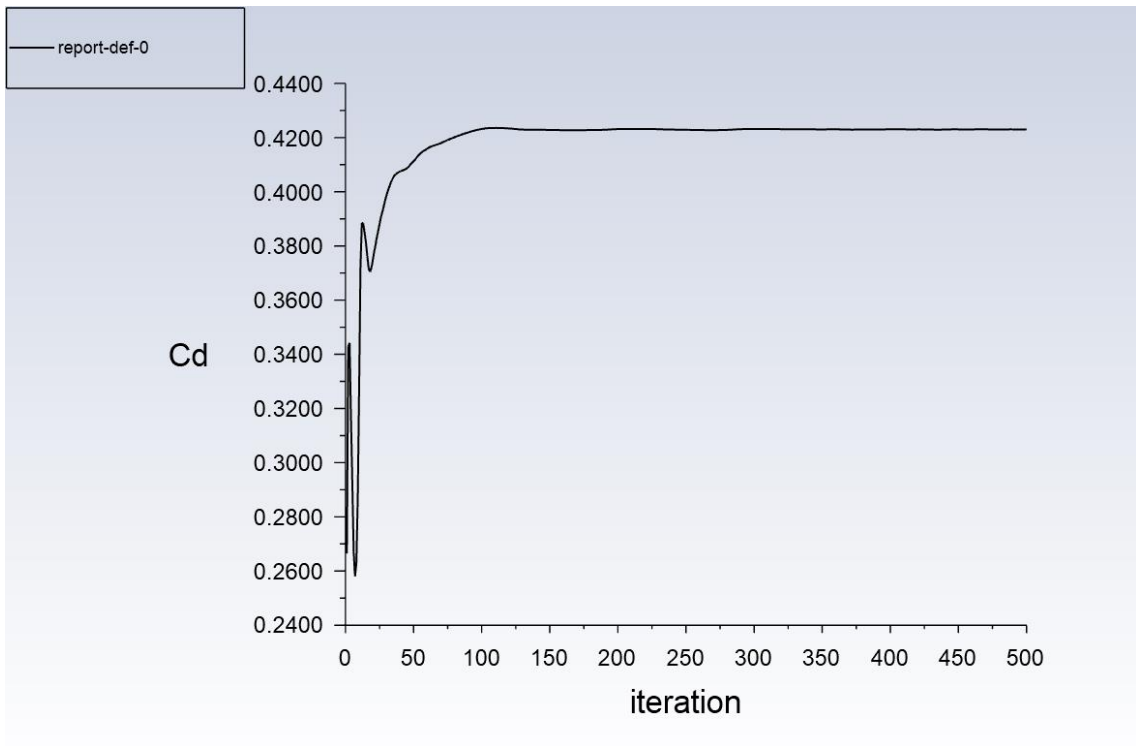
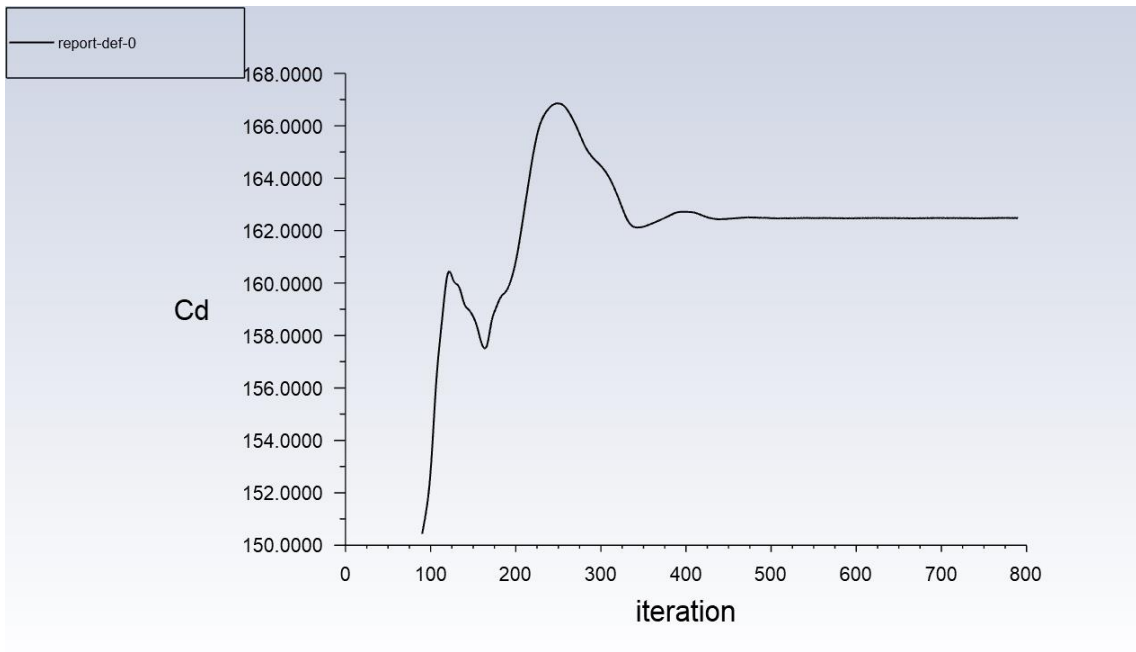


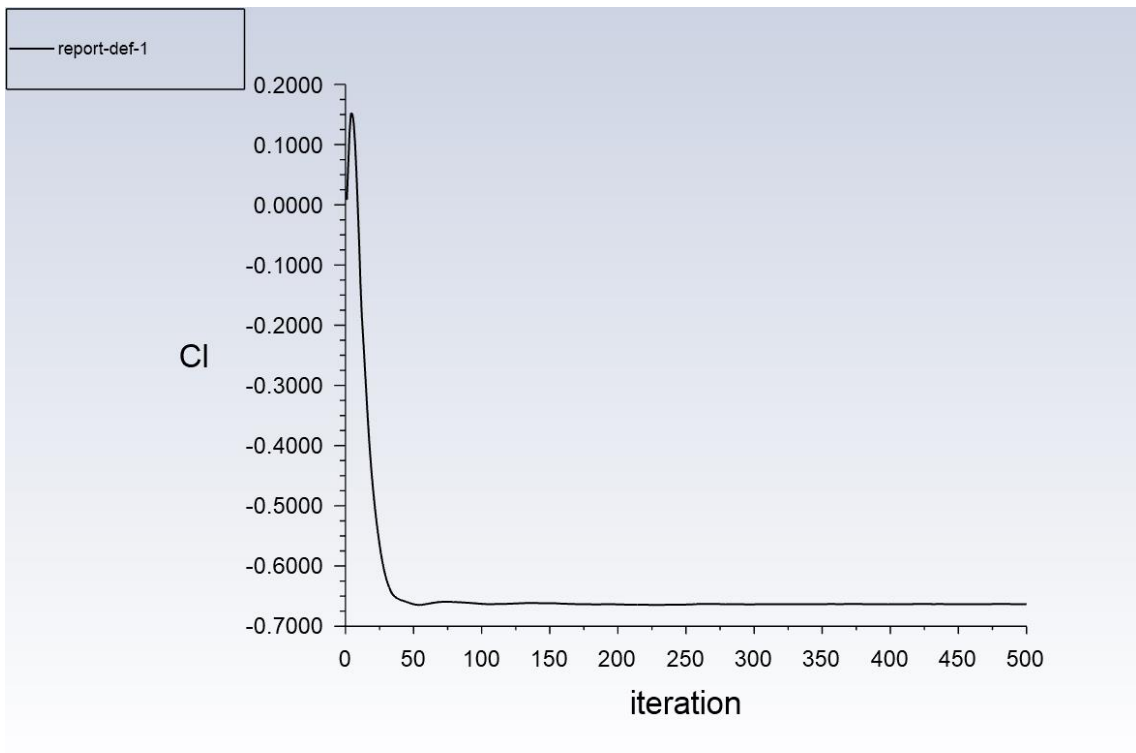
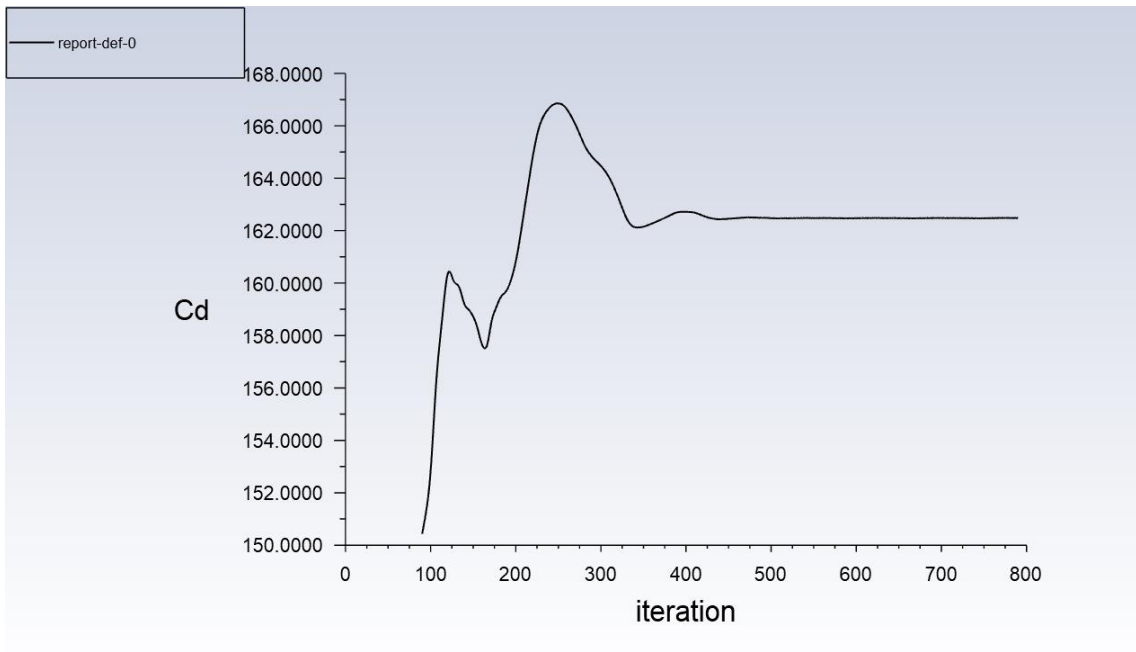


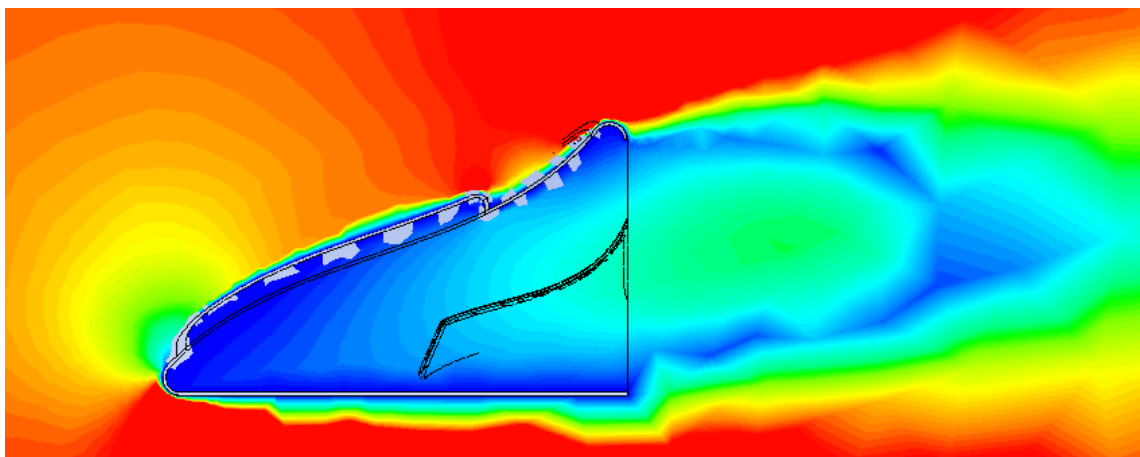
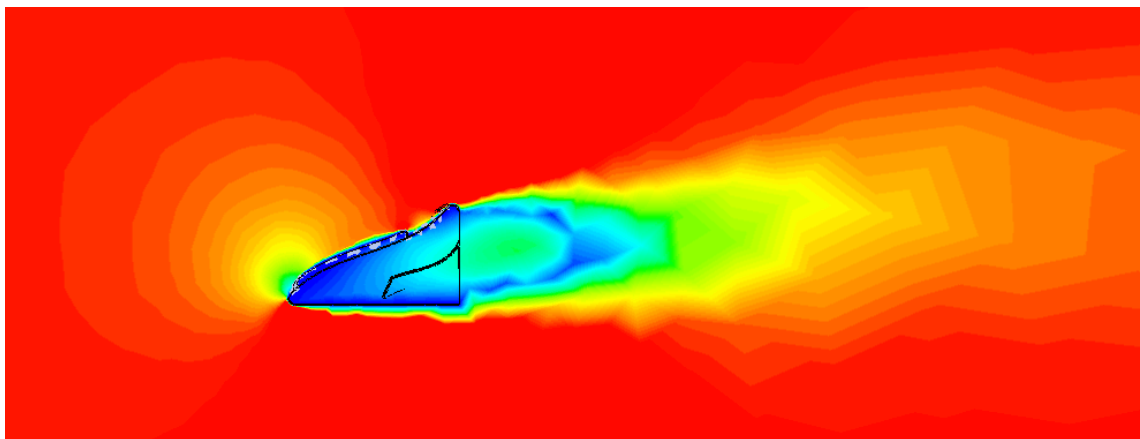
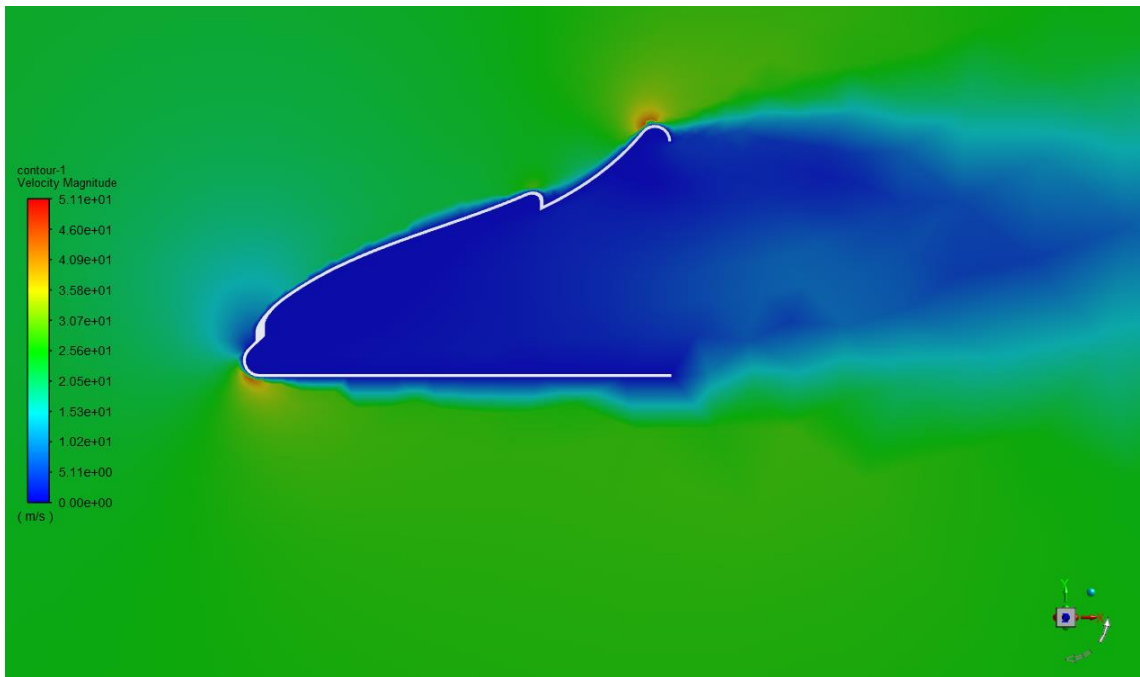


## Comportamiento de la solución

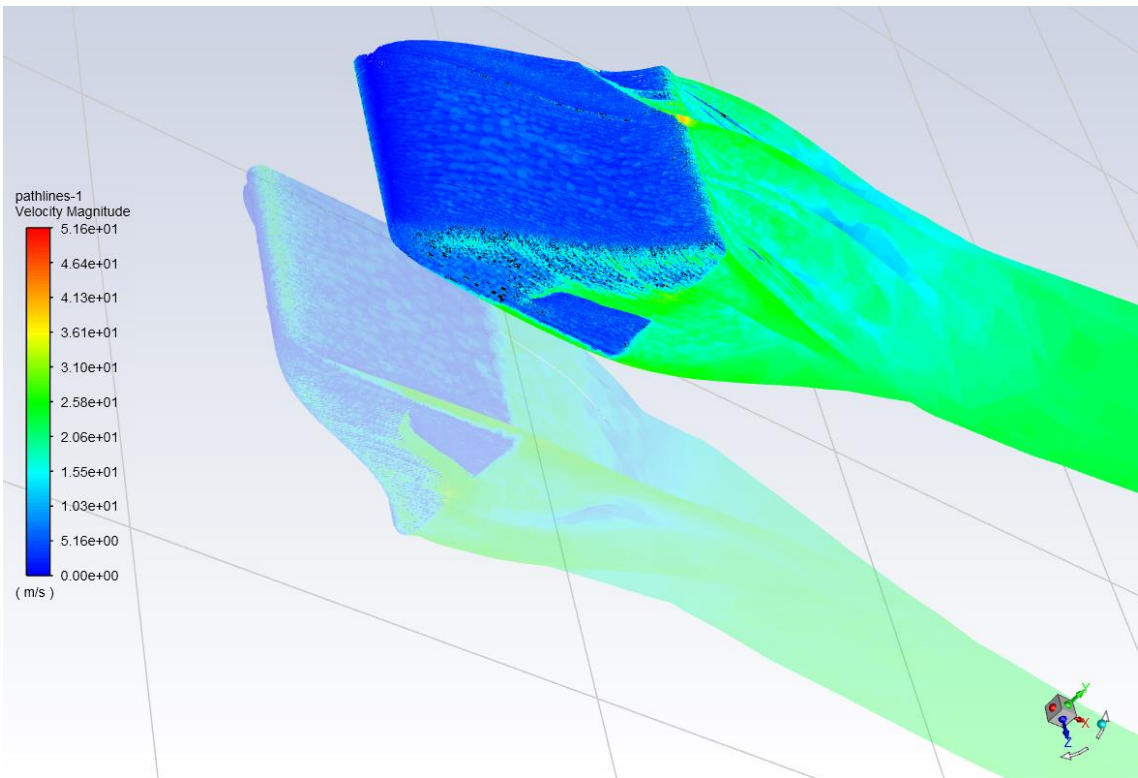
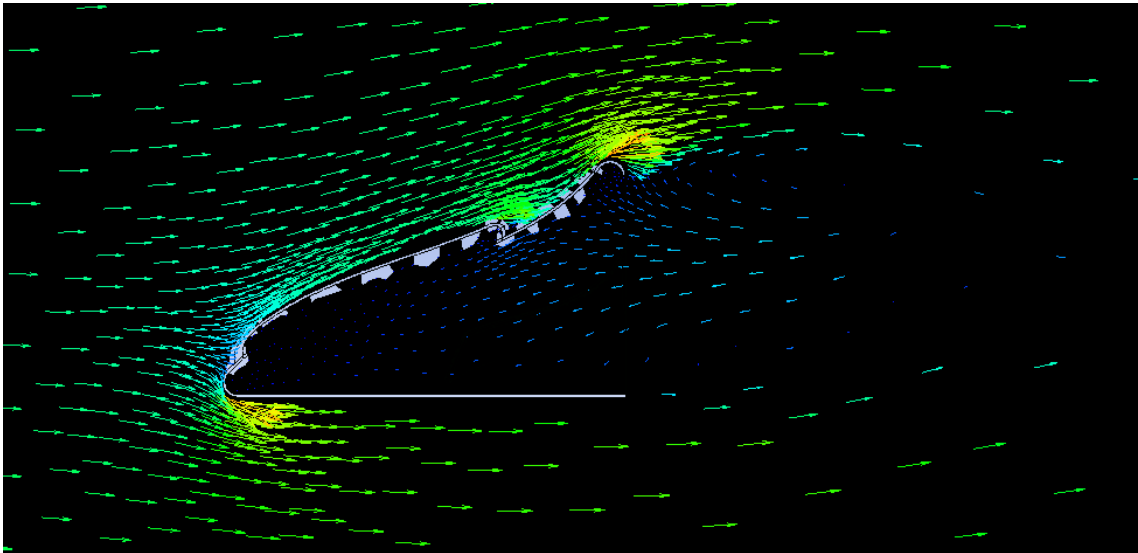


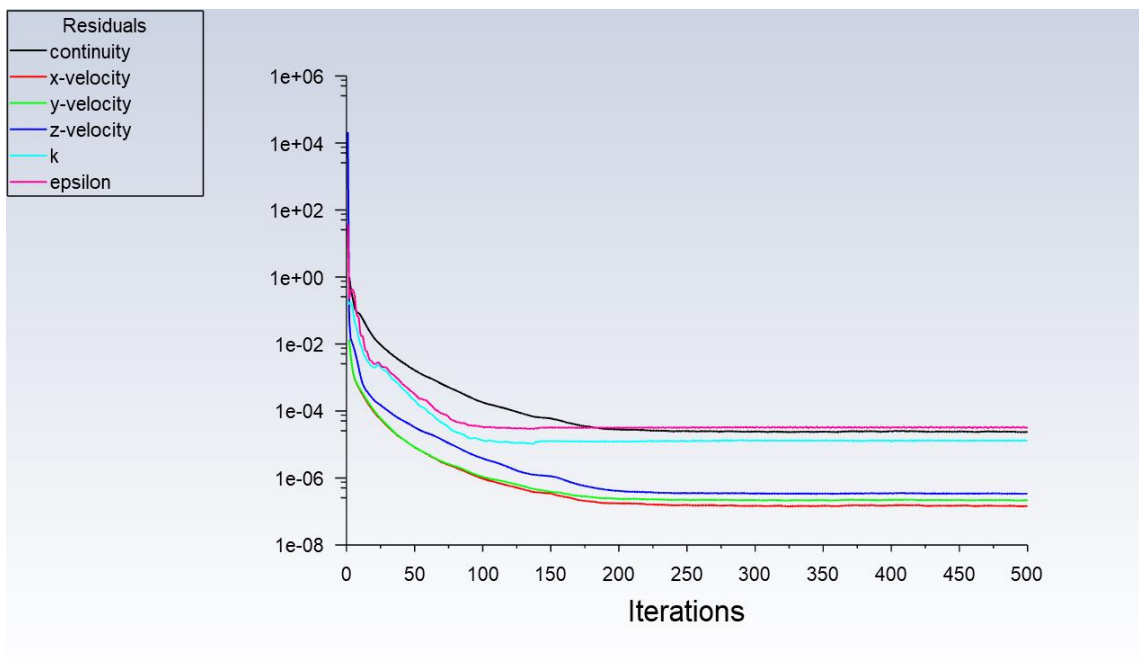
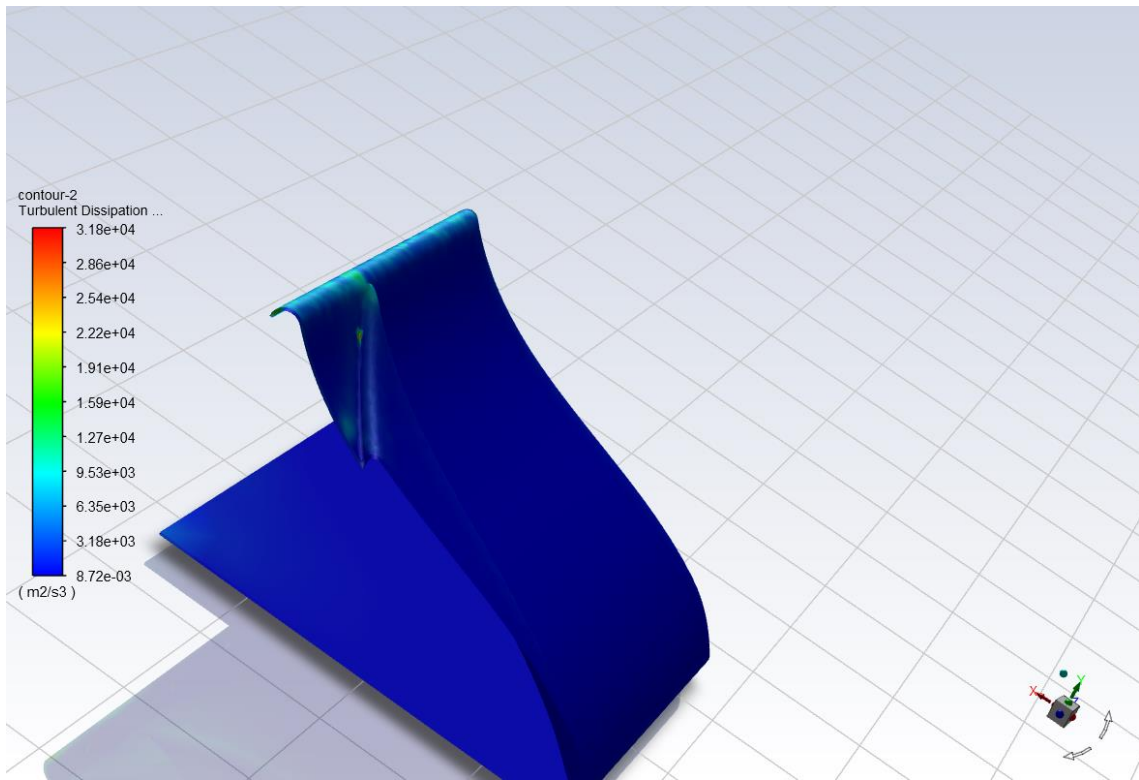


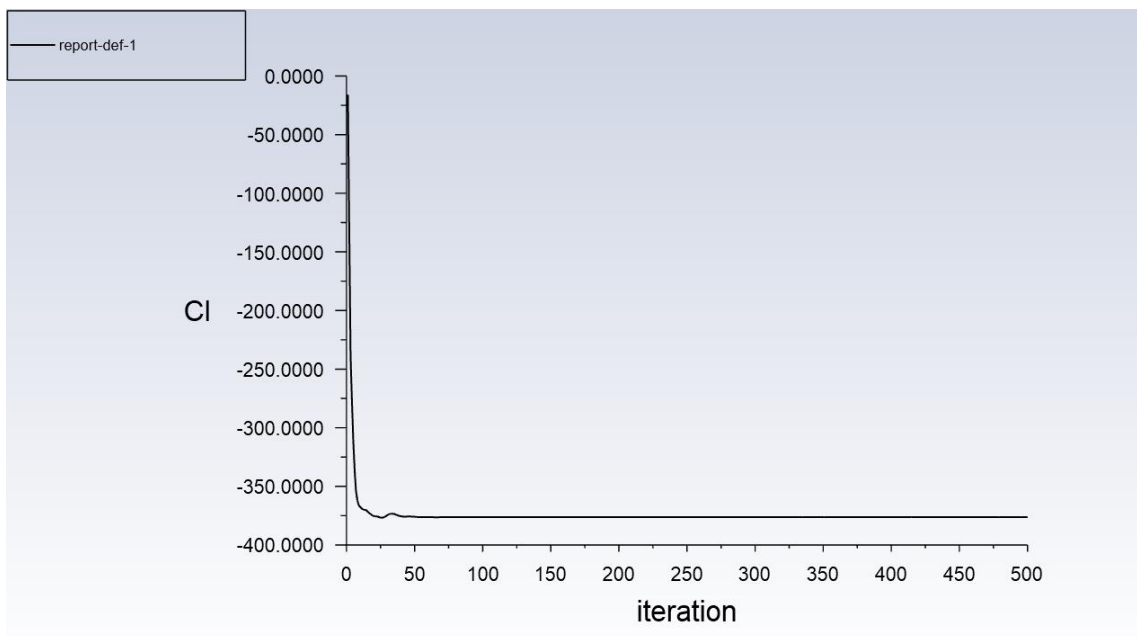
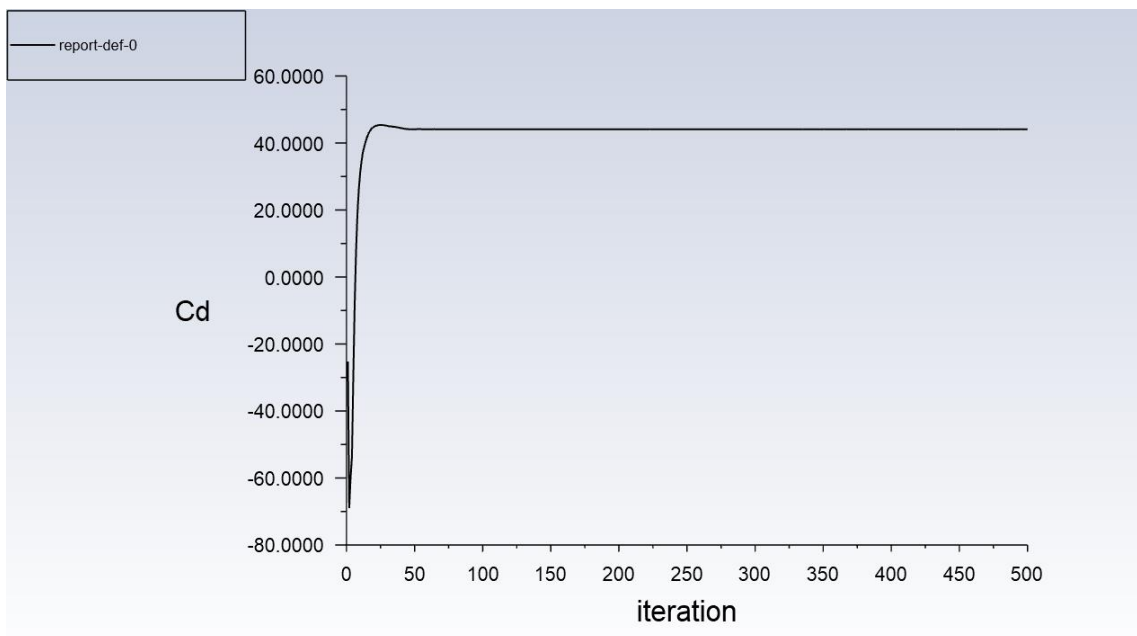




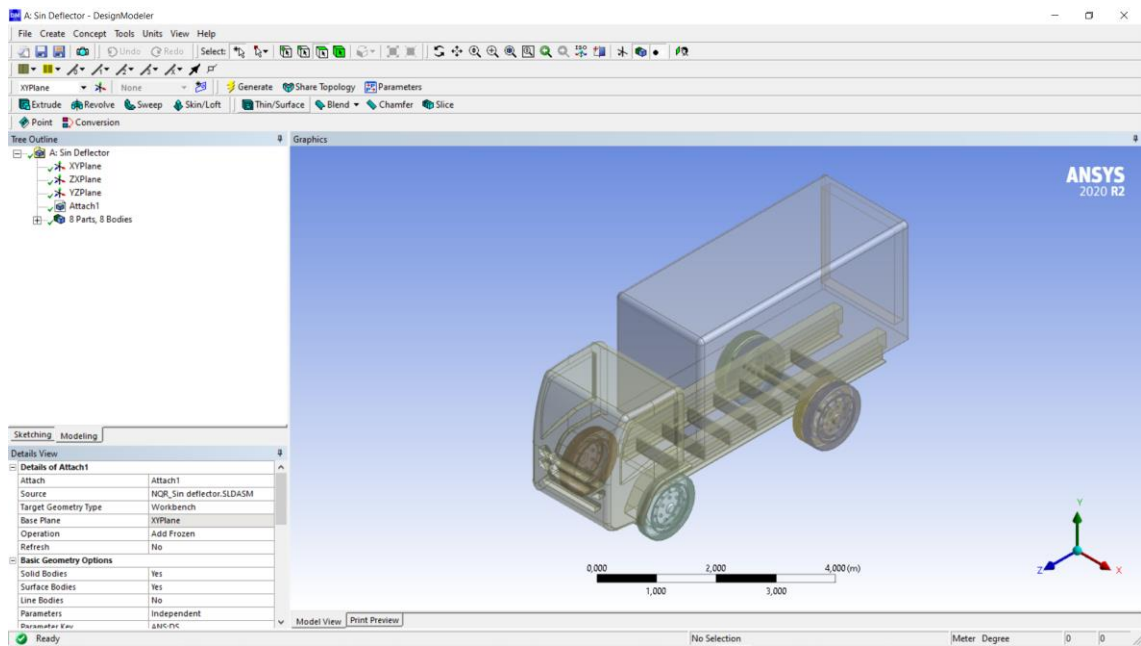


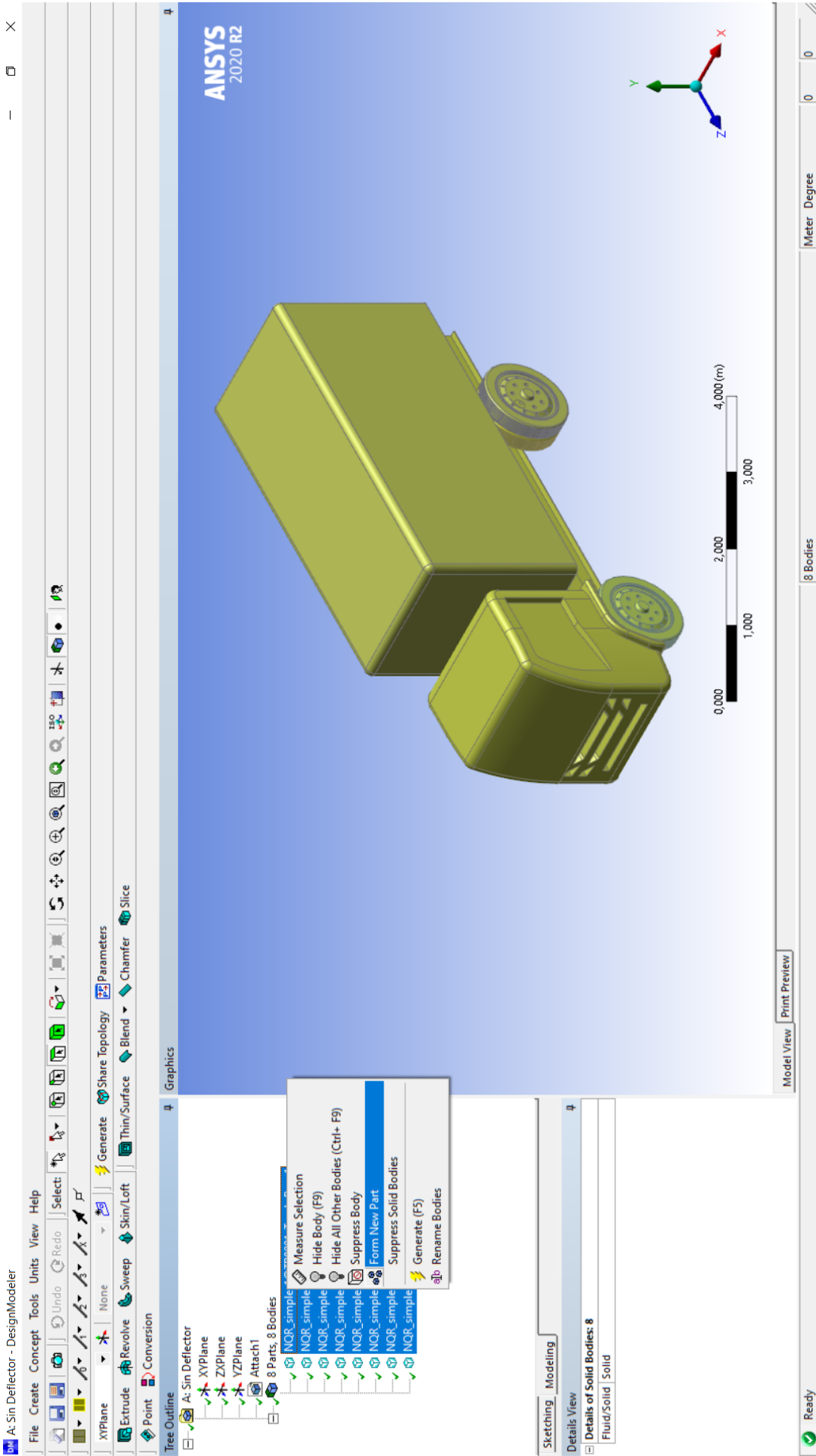


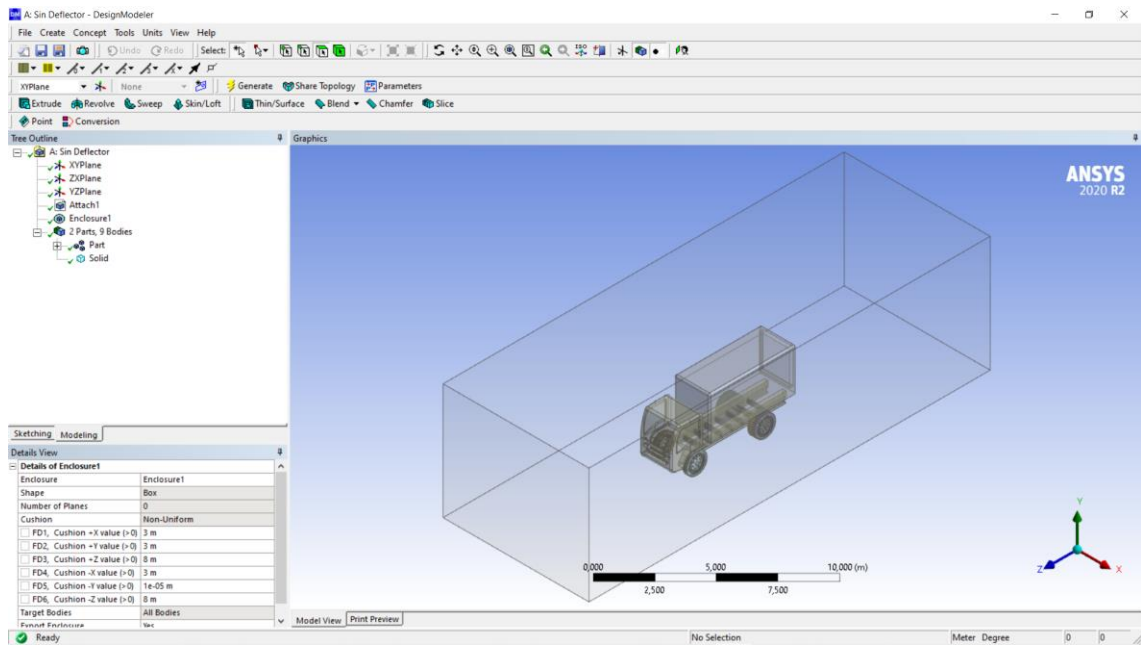


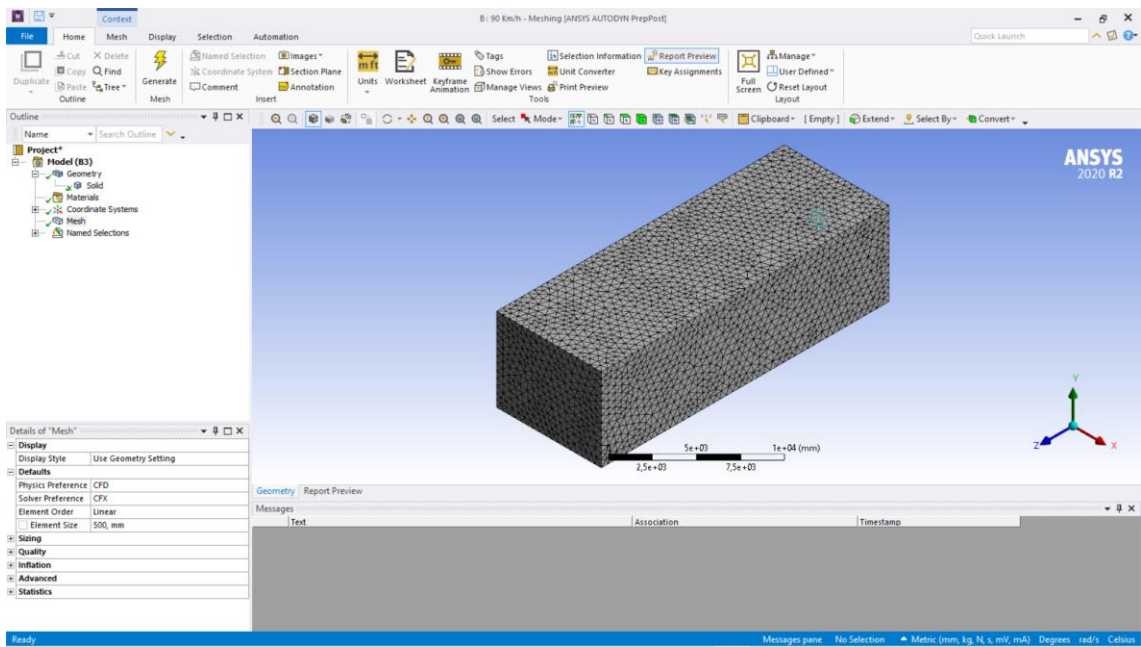
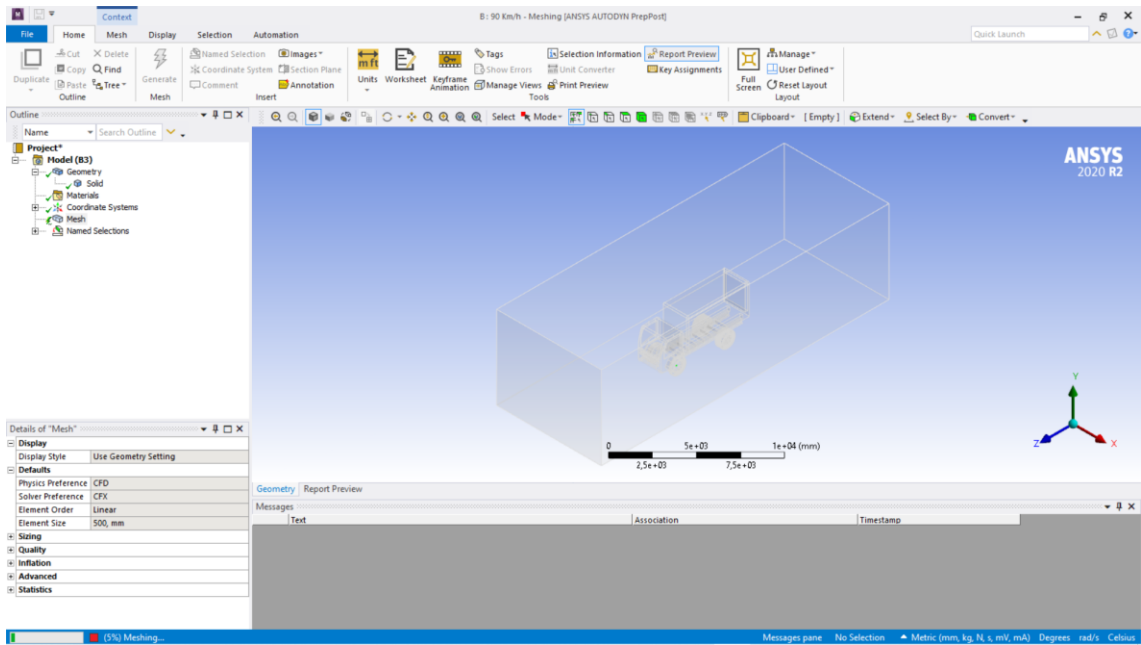


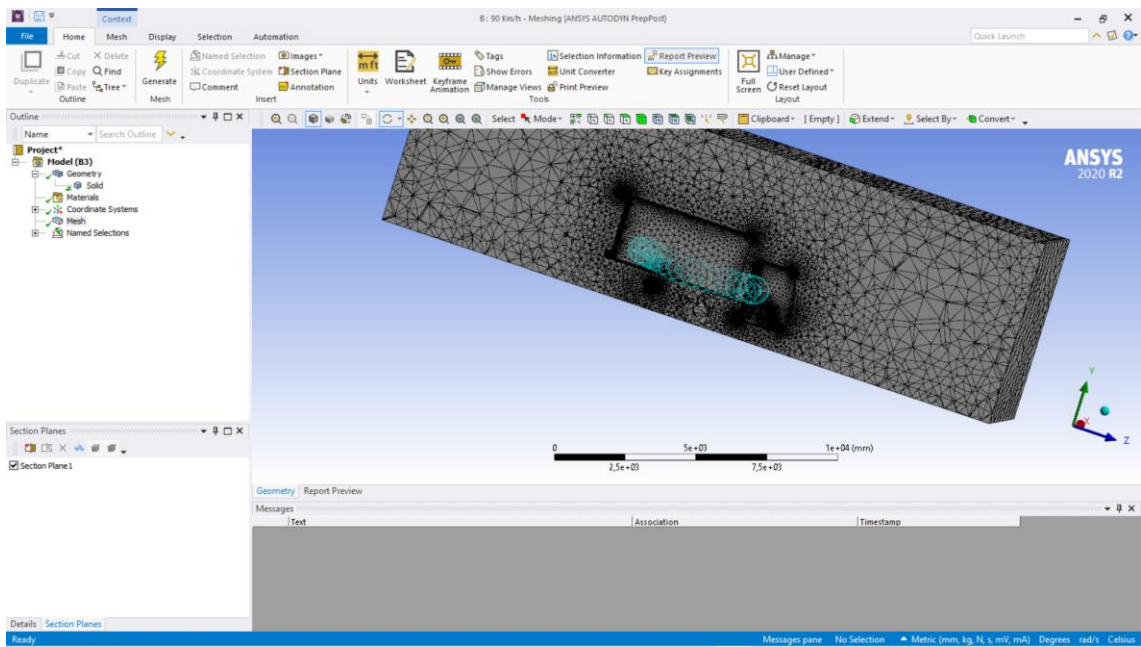
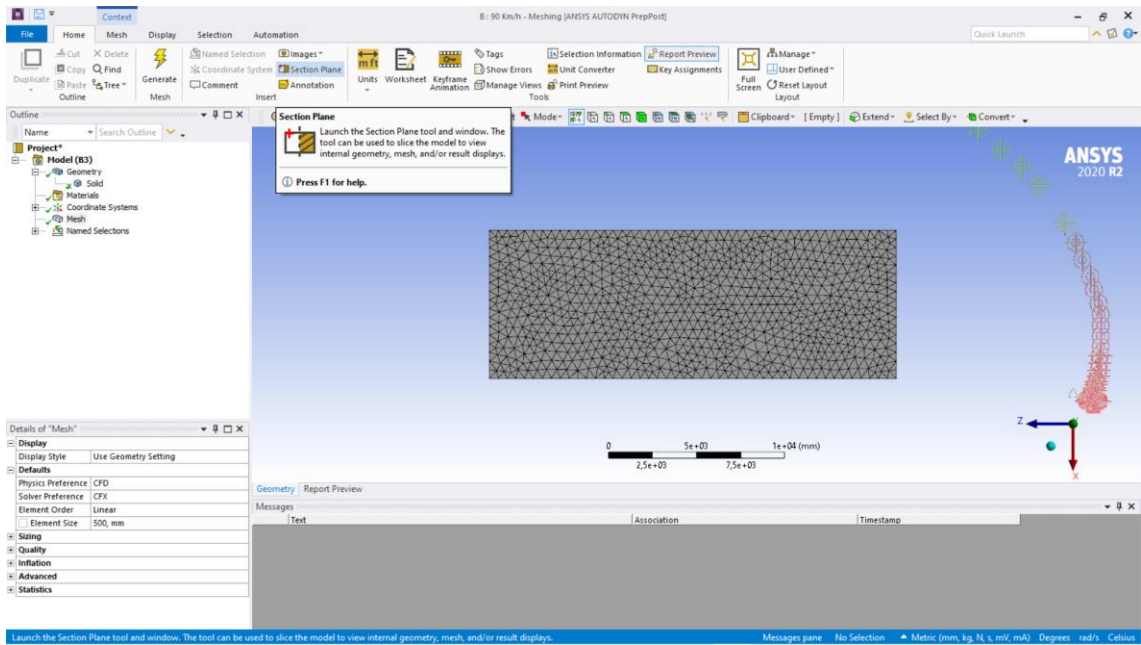
## Analisis sin deflector



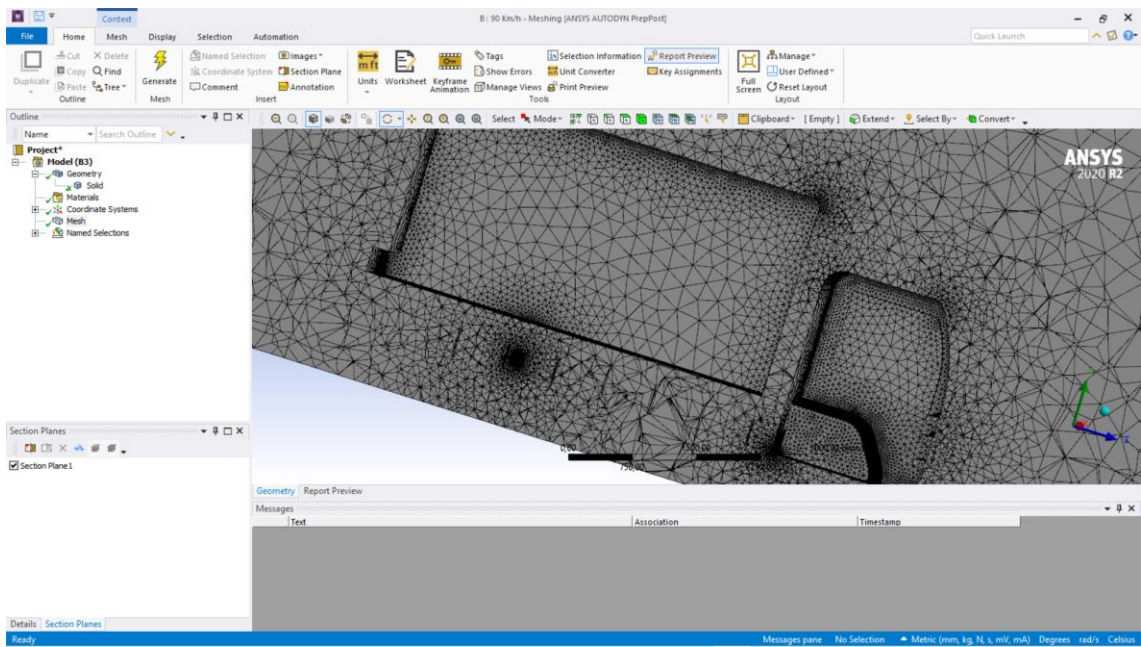
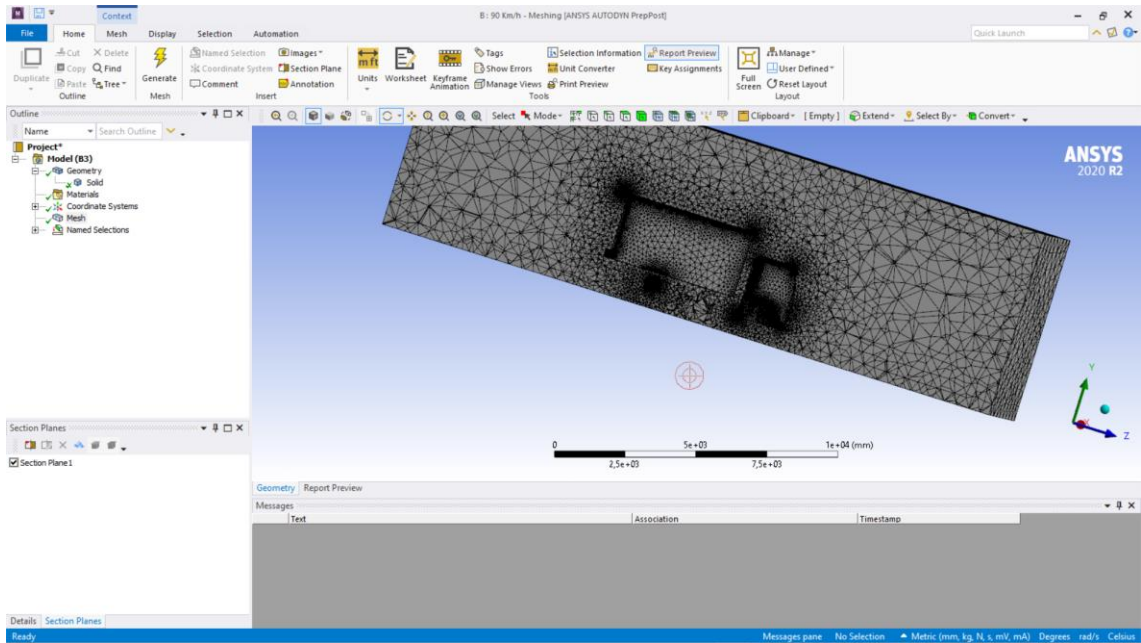


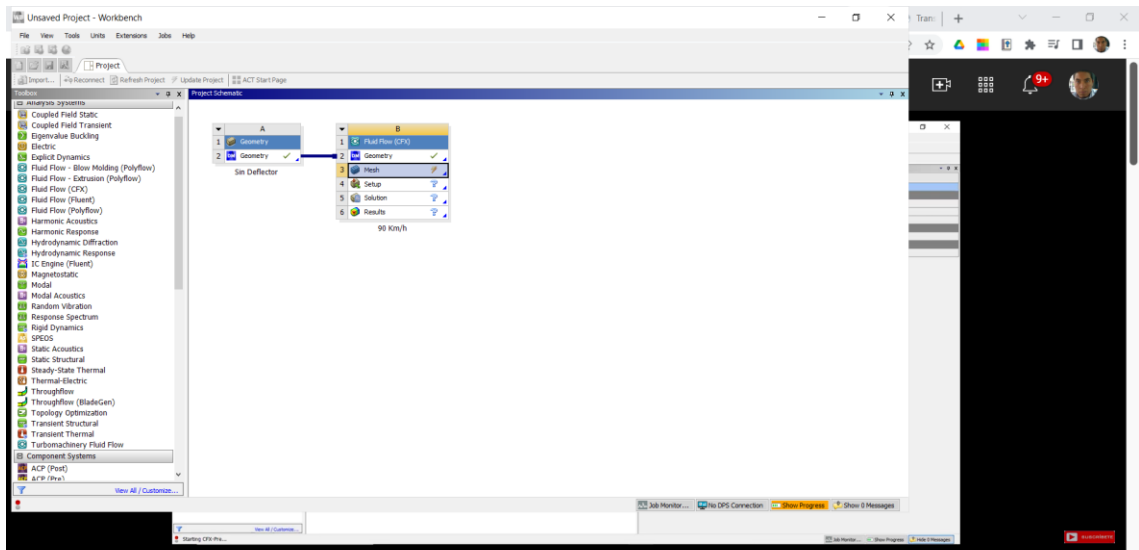










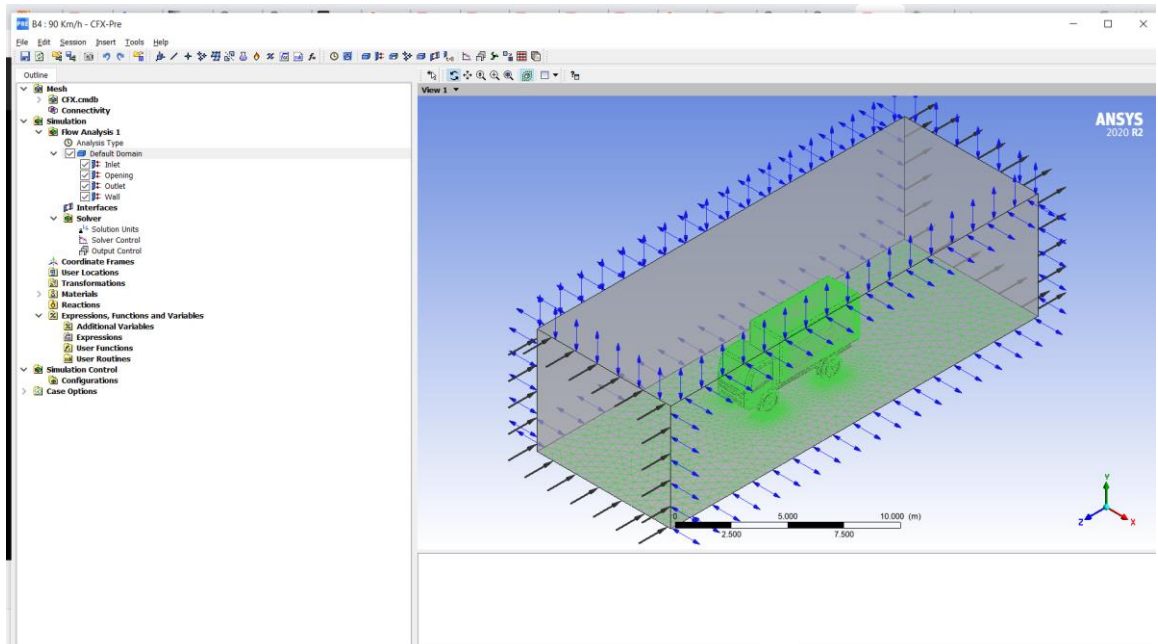


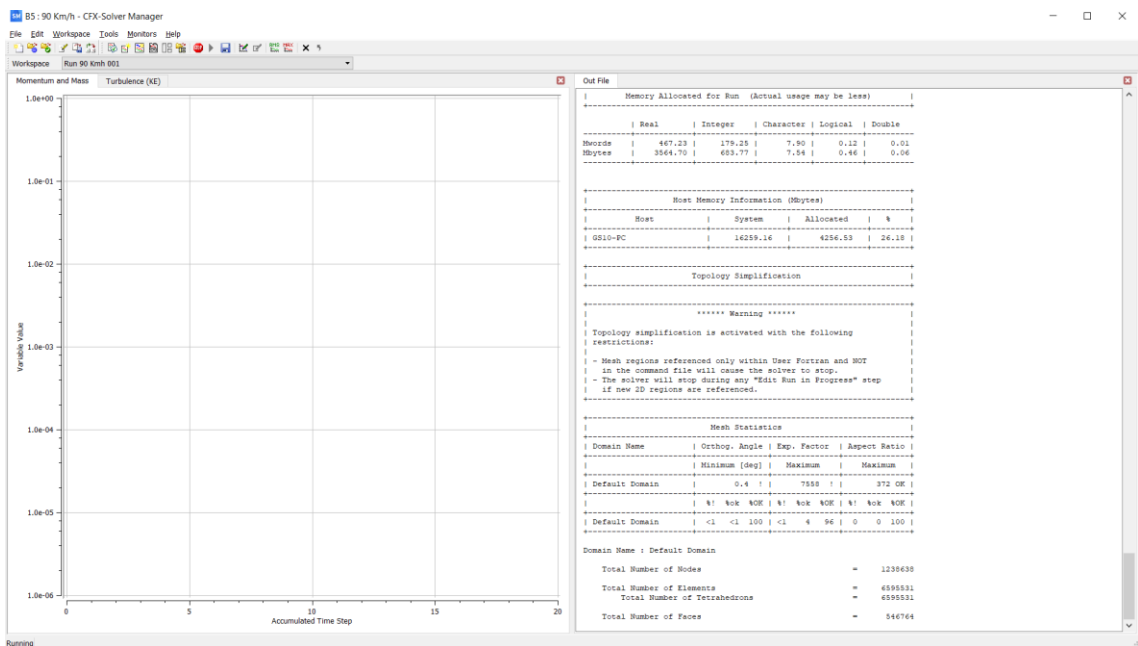
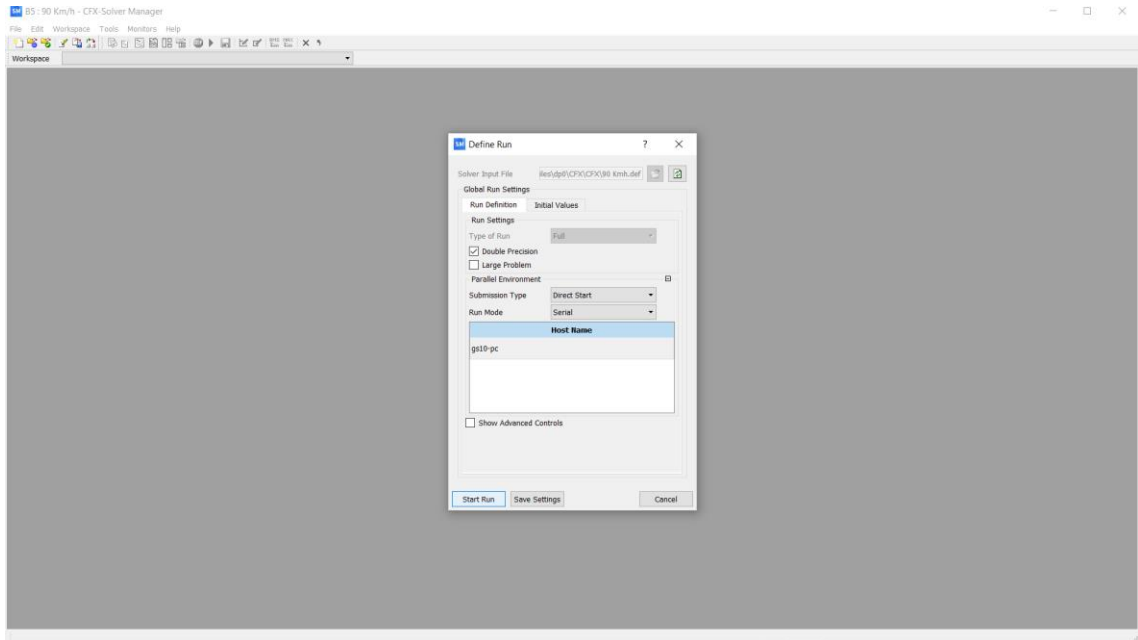
Simulación aerodinámica | Fuerza y coeficiente de arrastre | Ansys CFX

Todos ANSYS Aerodinámica SolidWorks

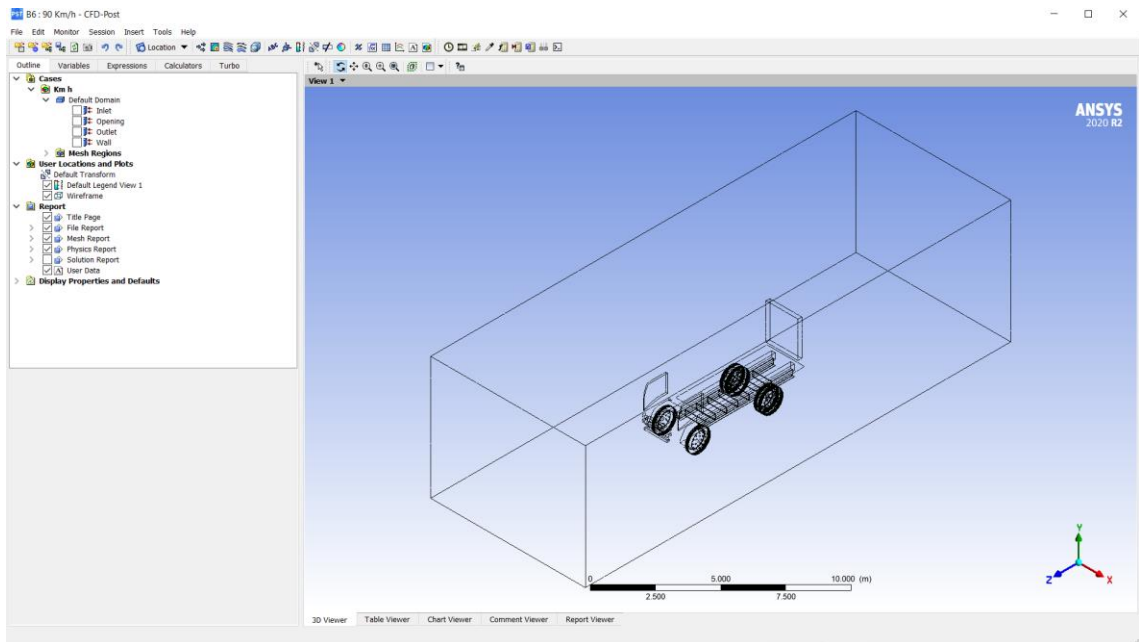
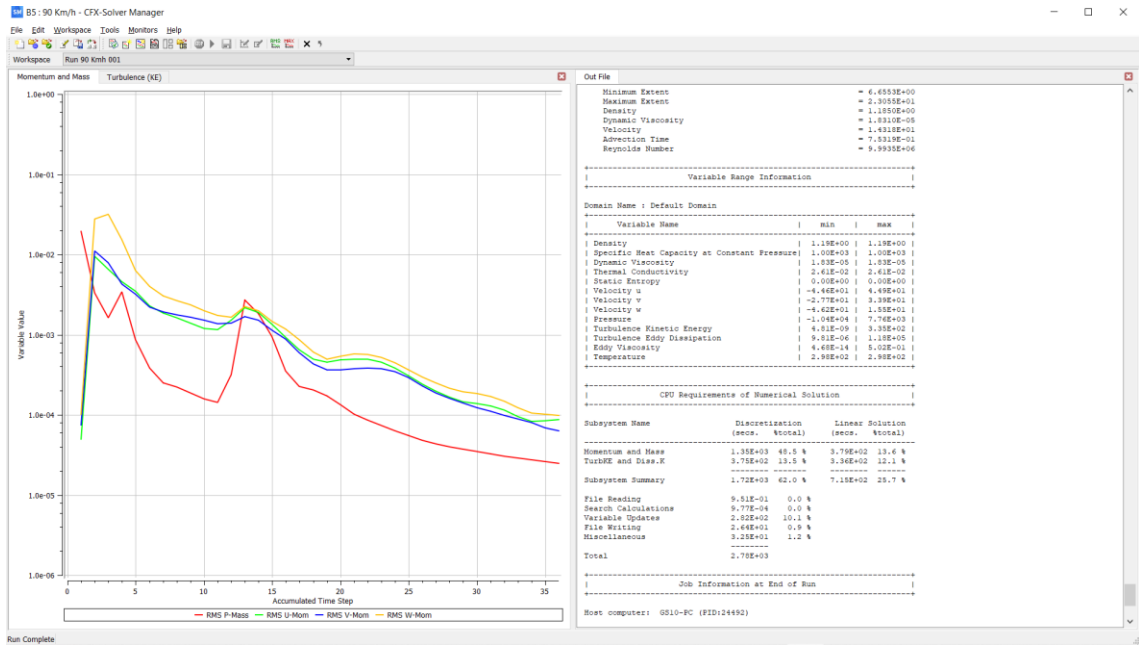
Transferecia-de-c...

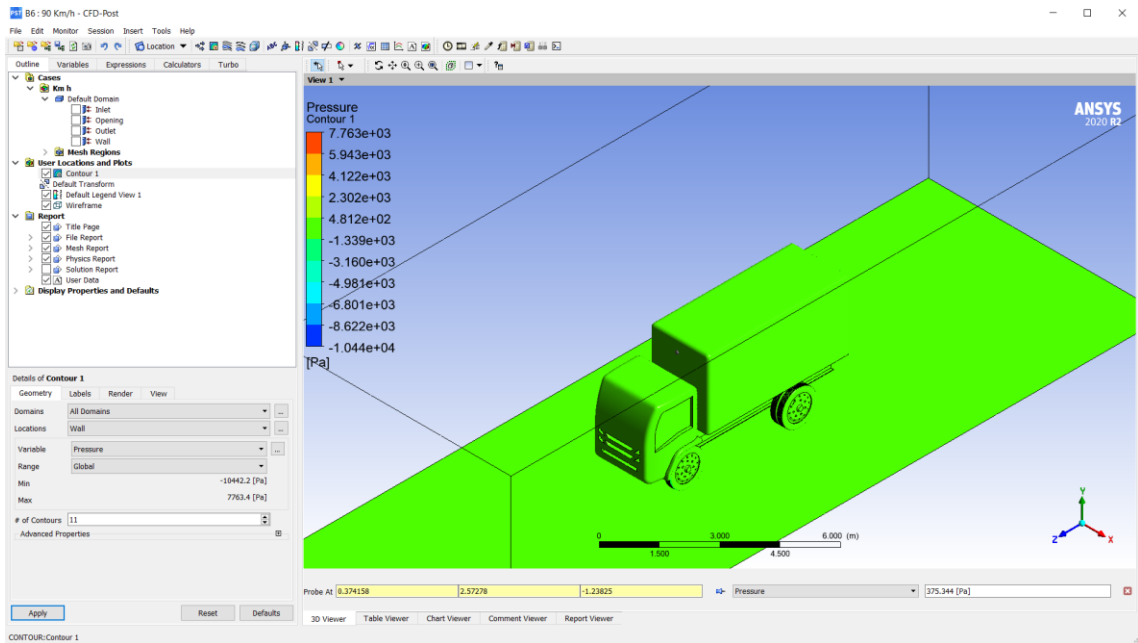
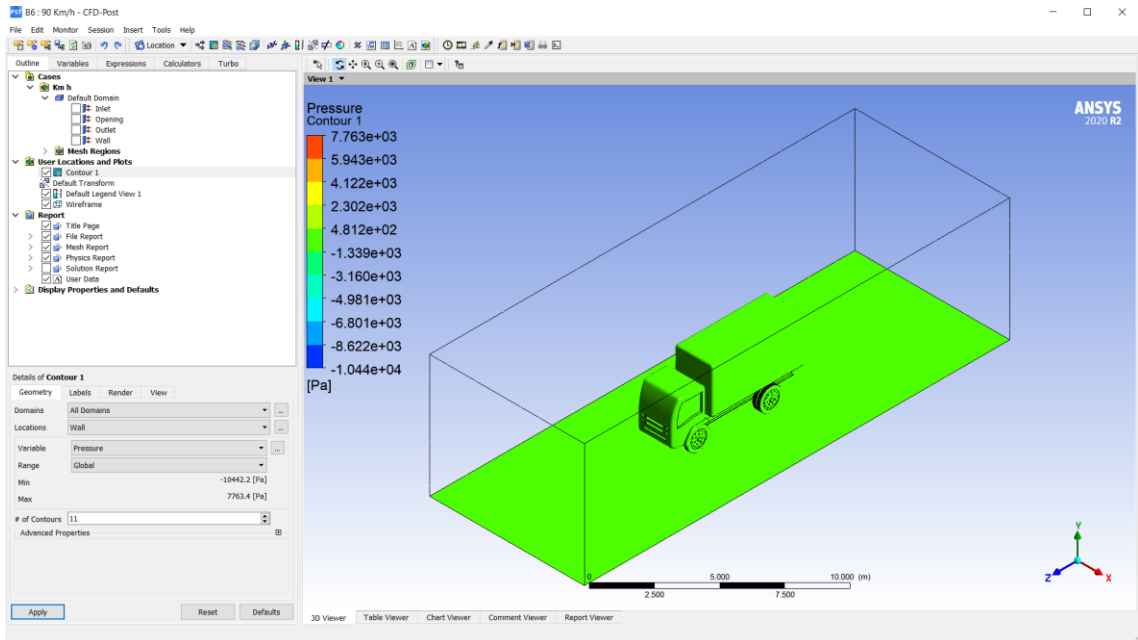
Mostrar todo

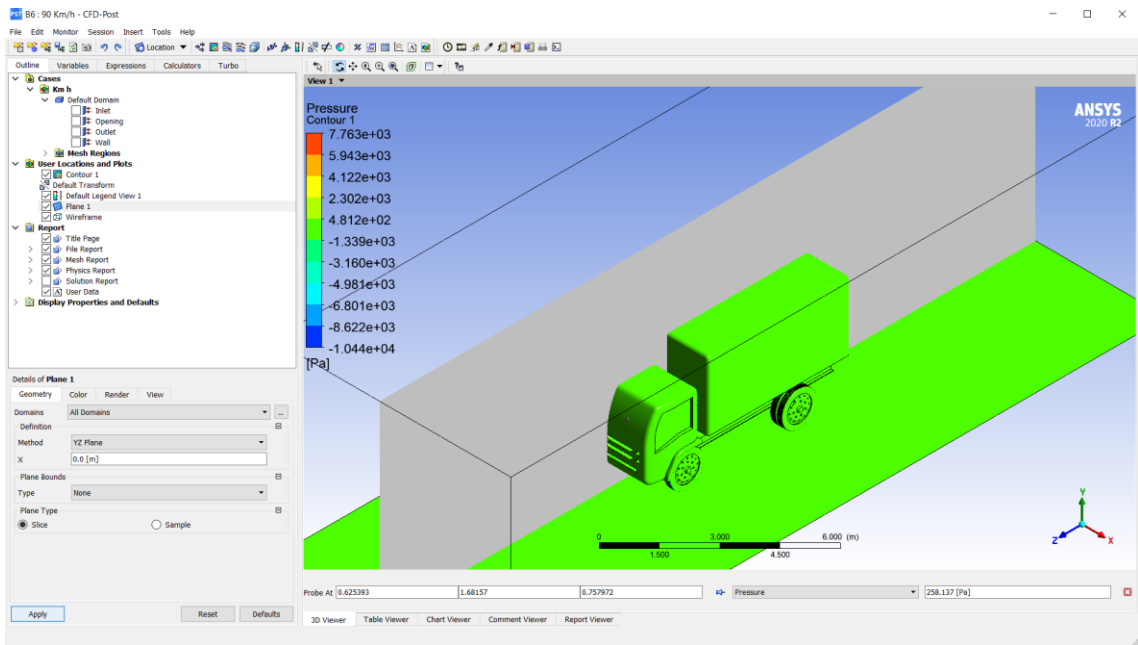
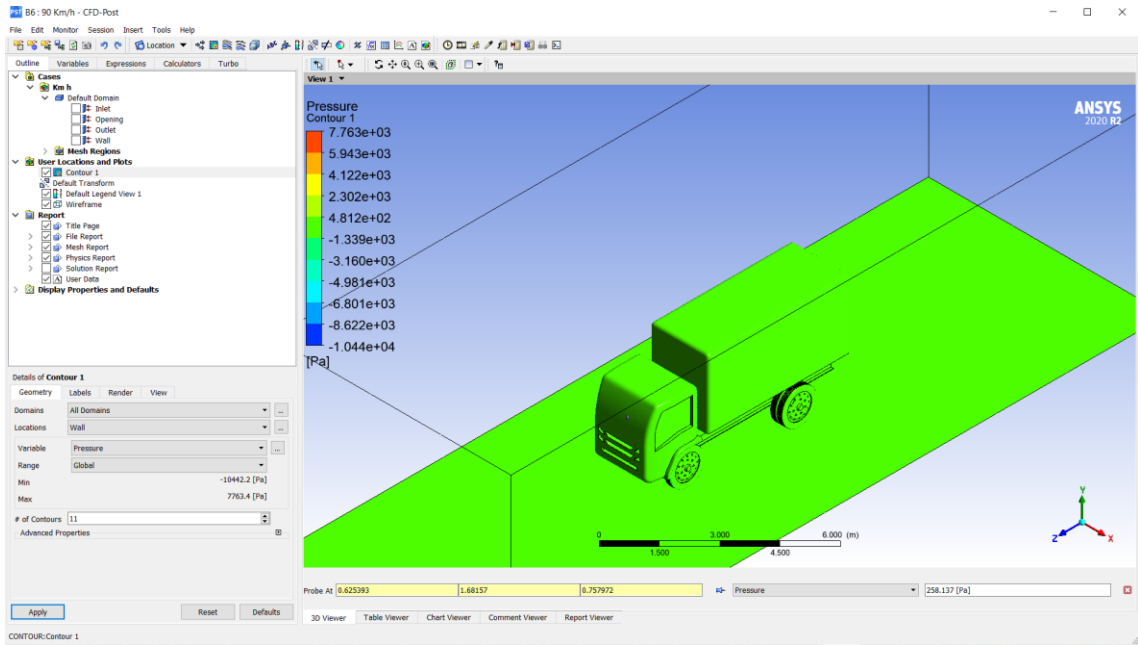


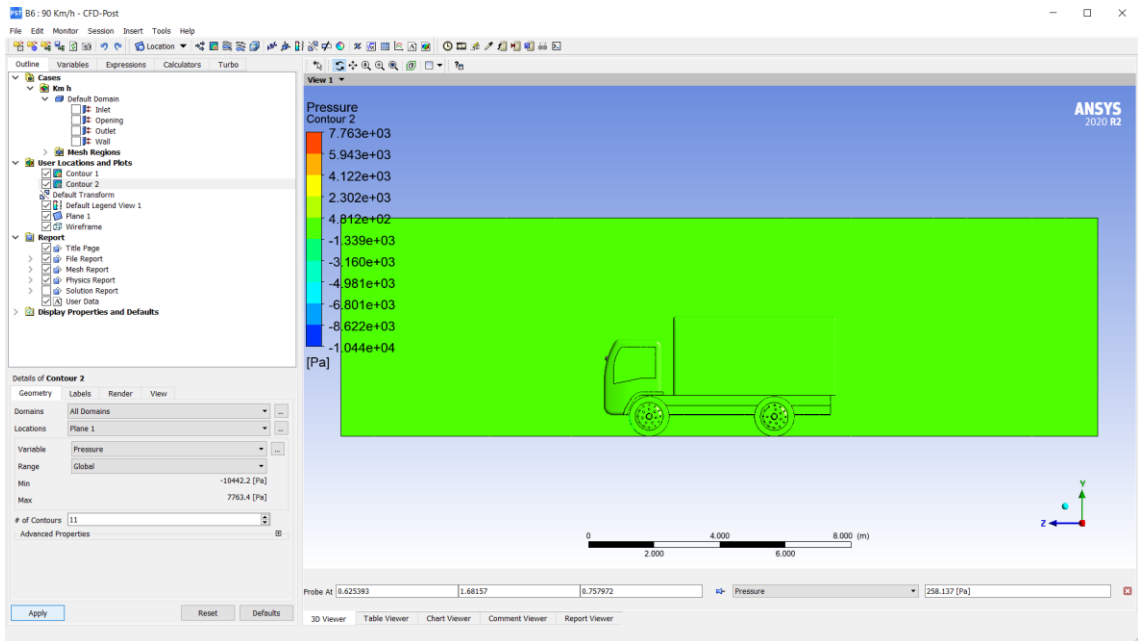
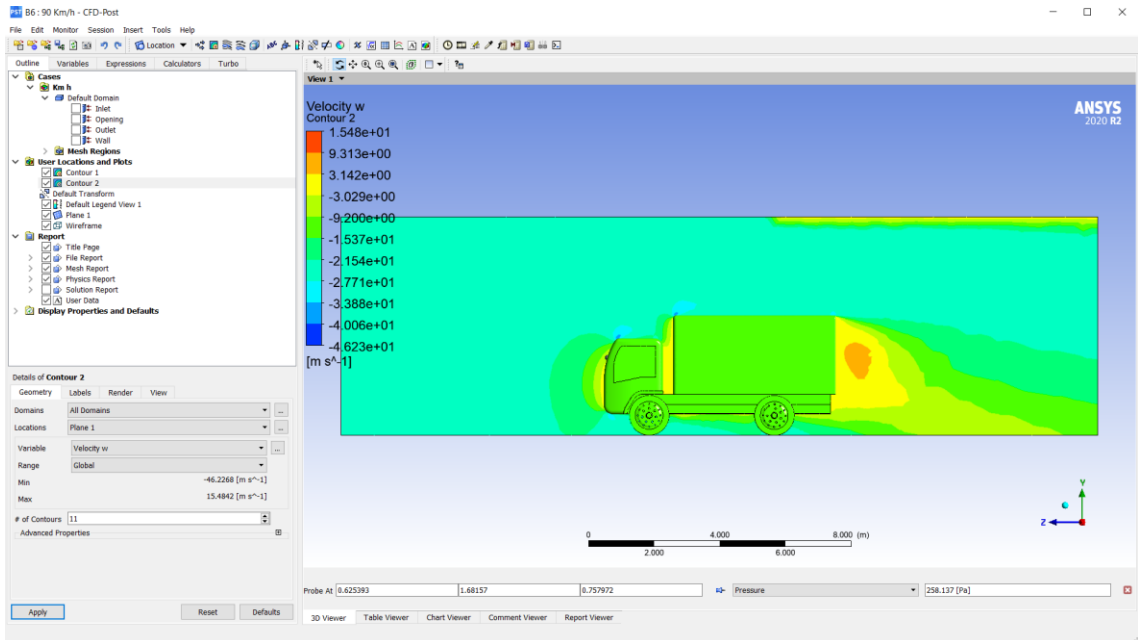




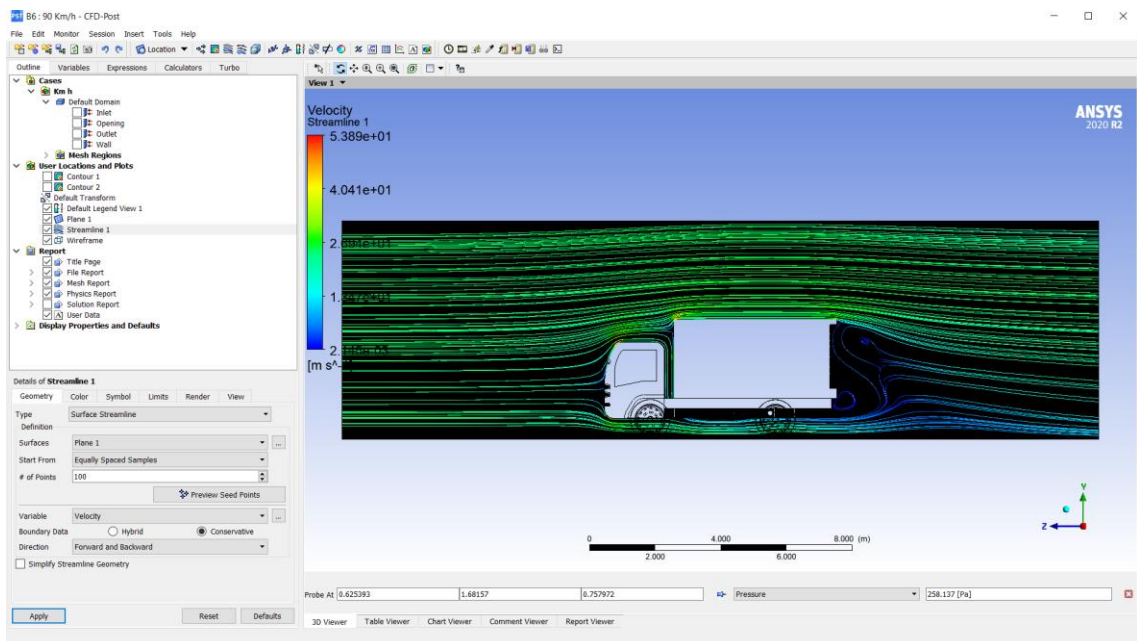
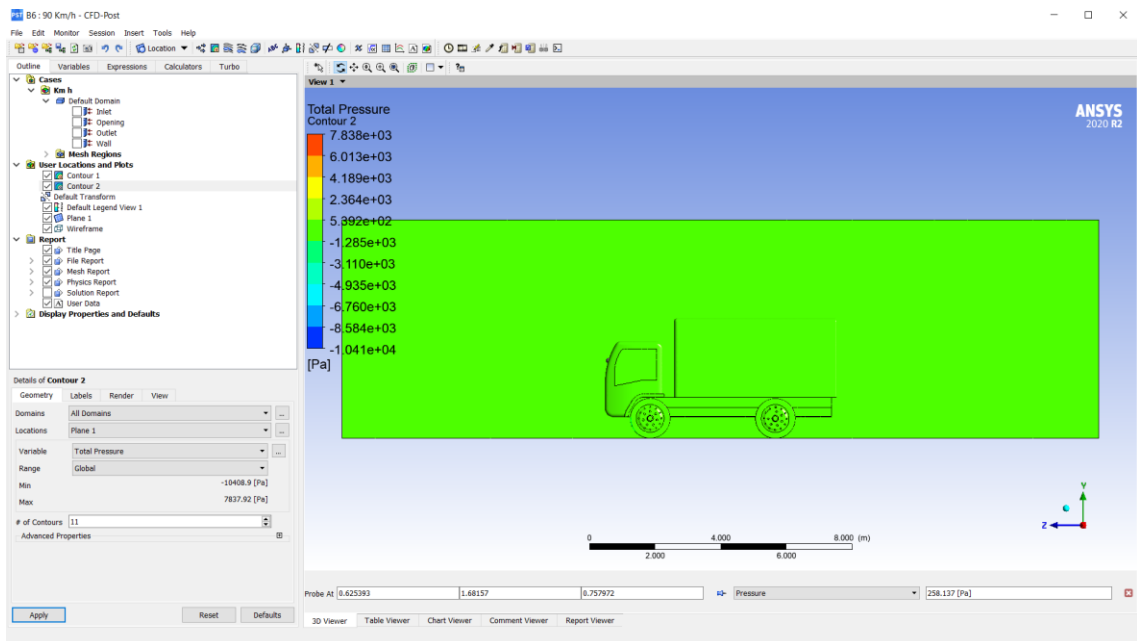




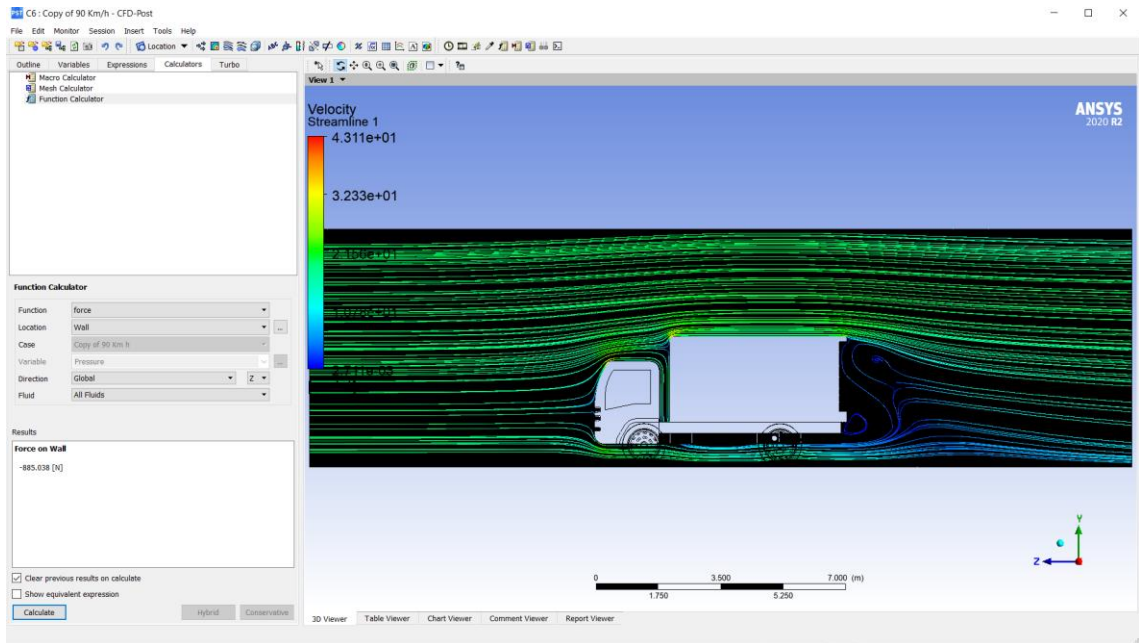
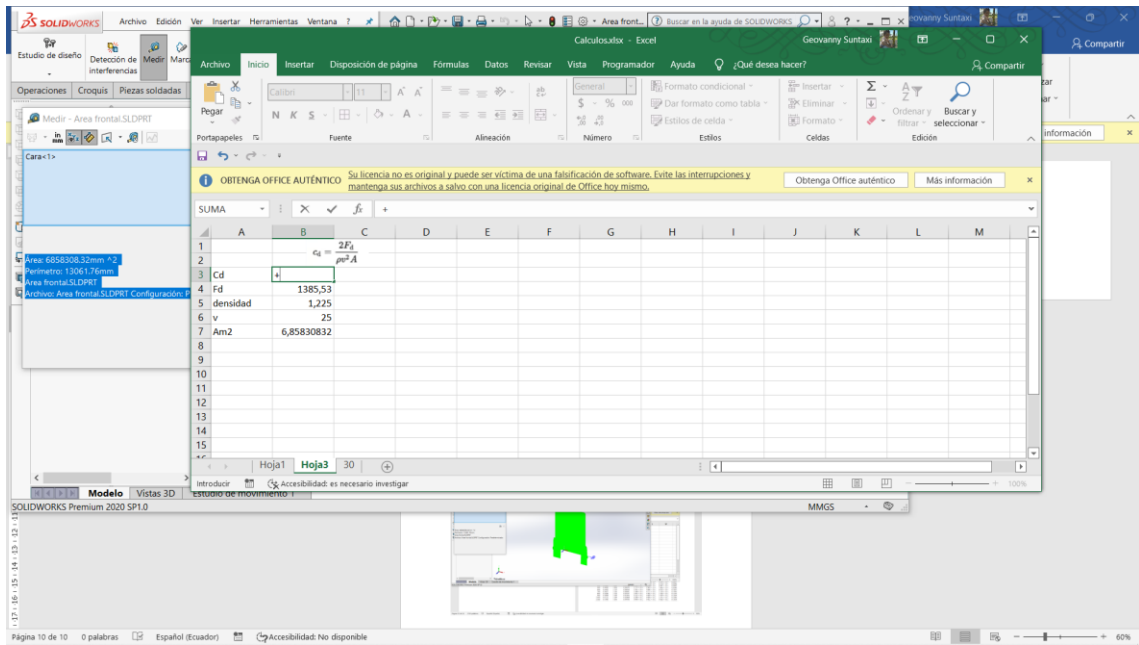


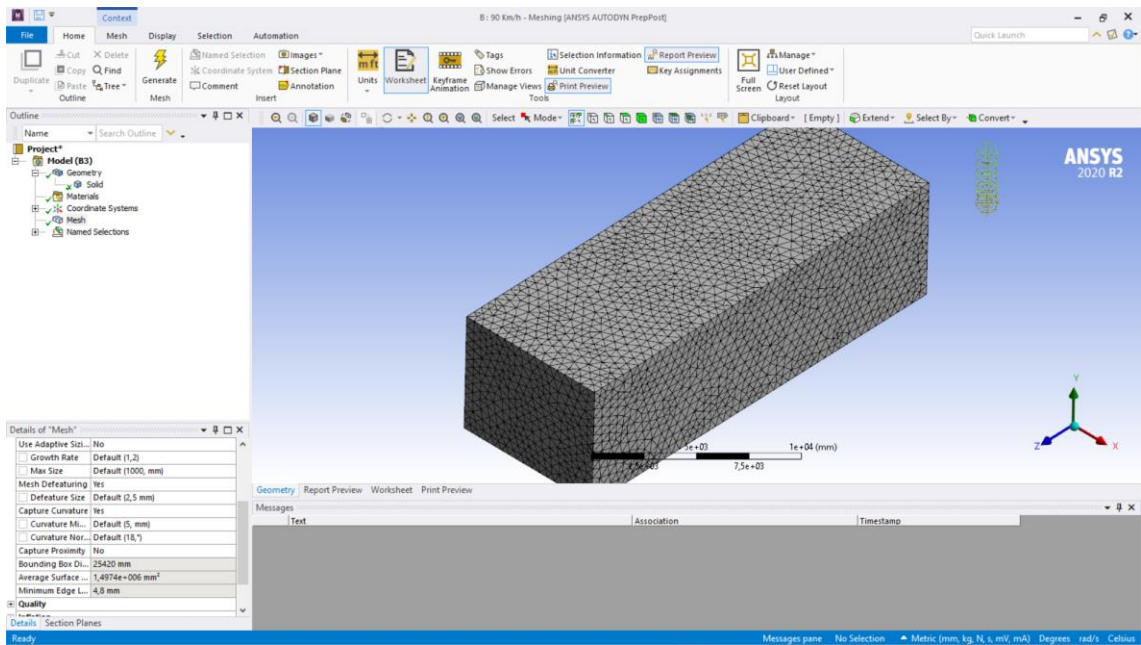
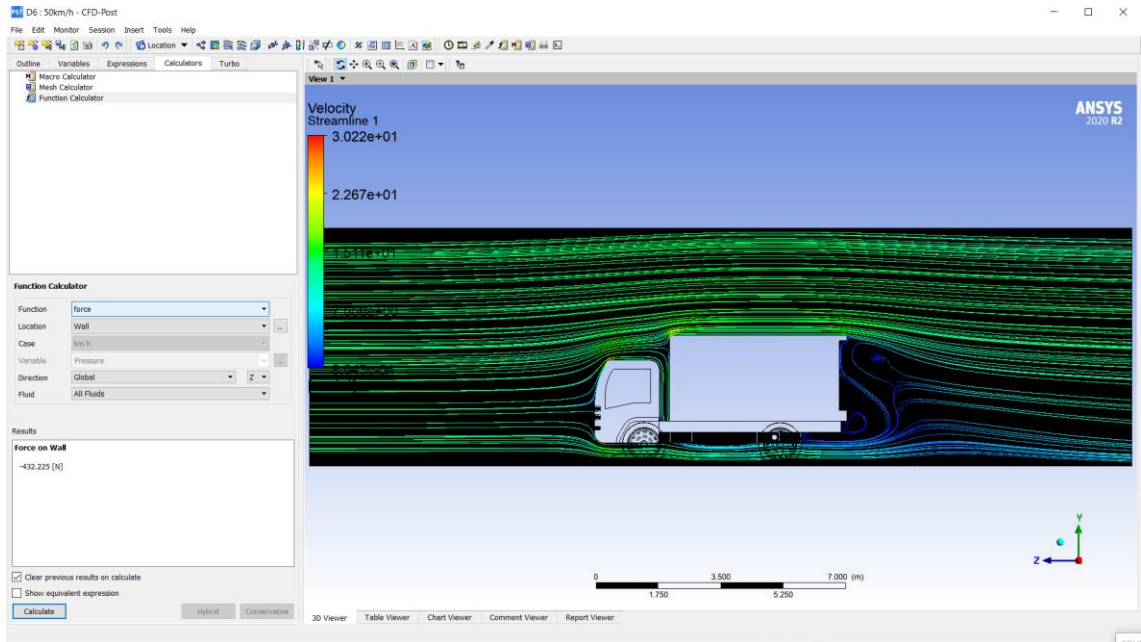




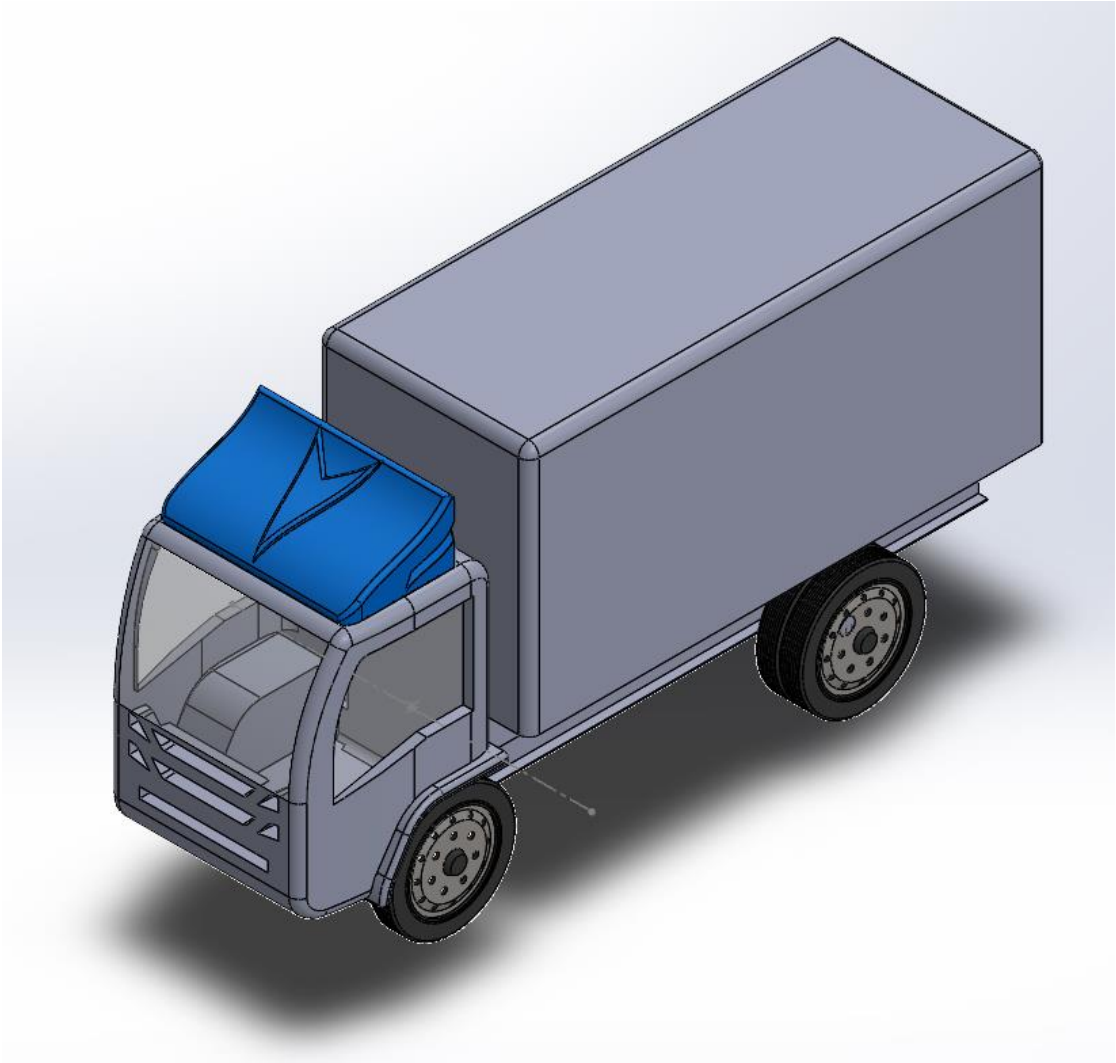


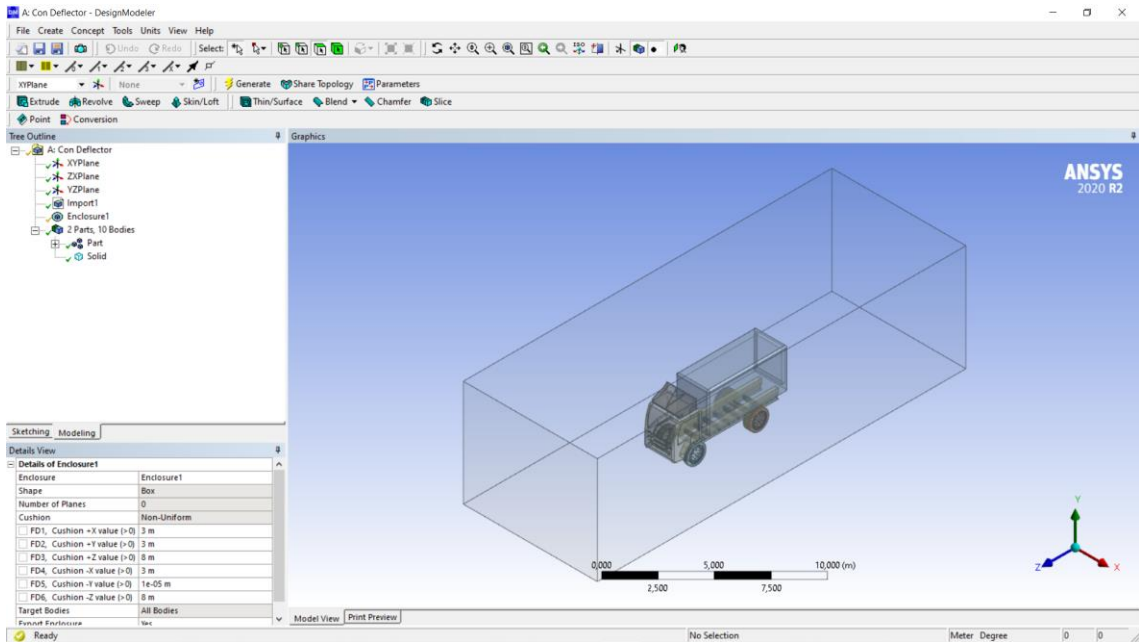
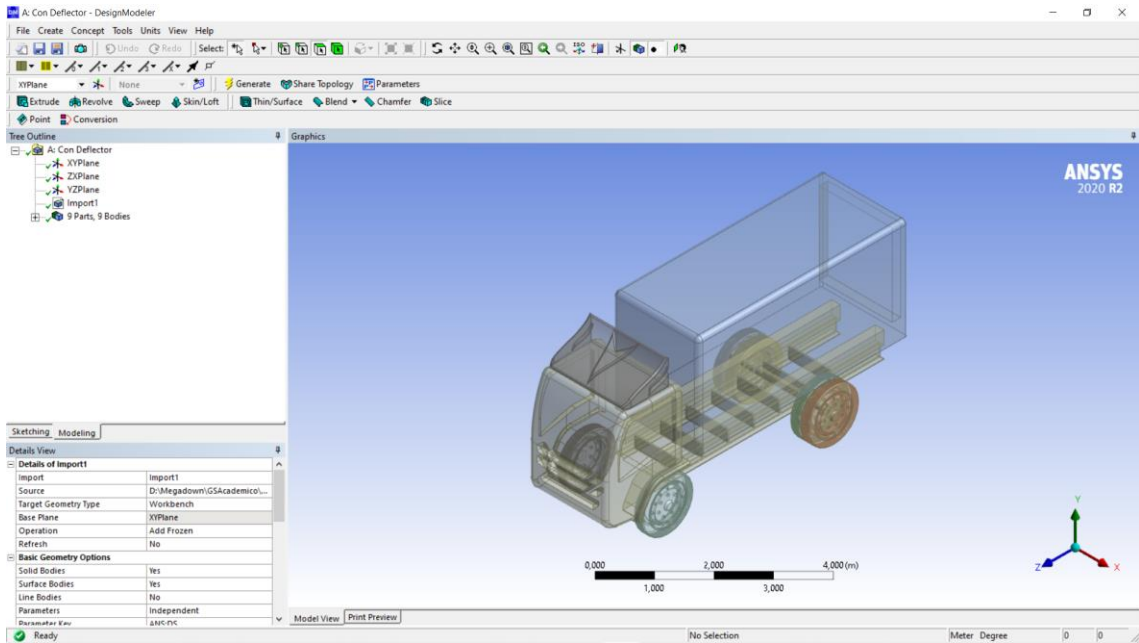


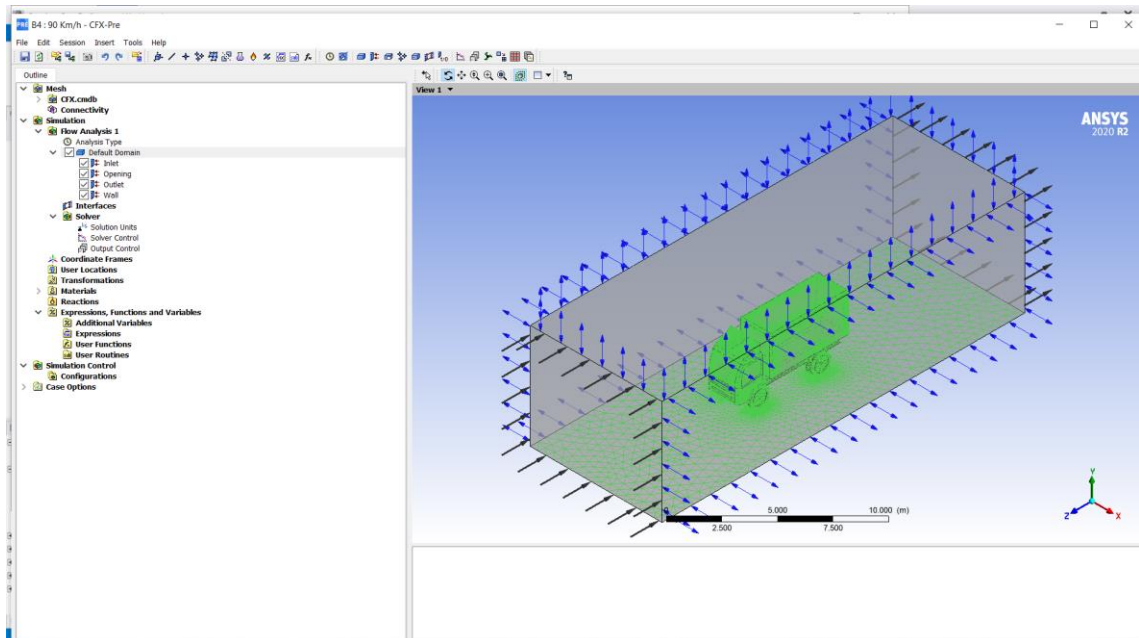
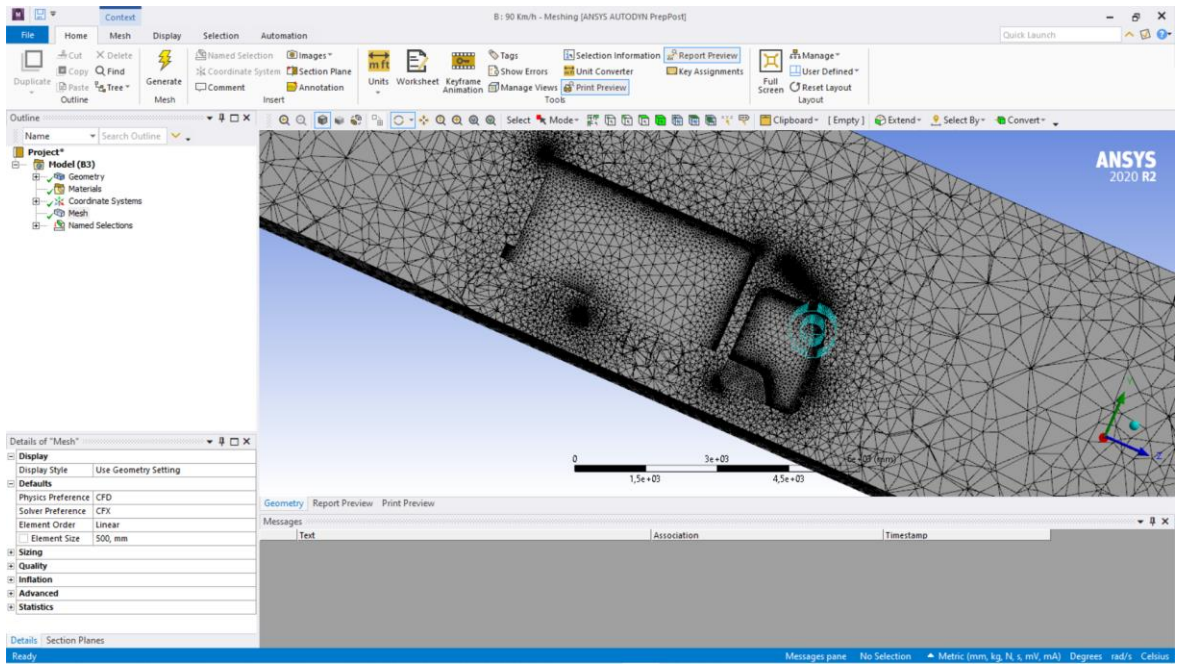


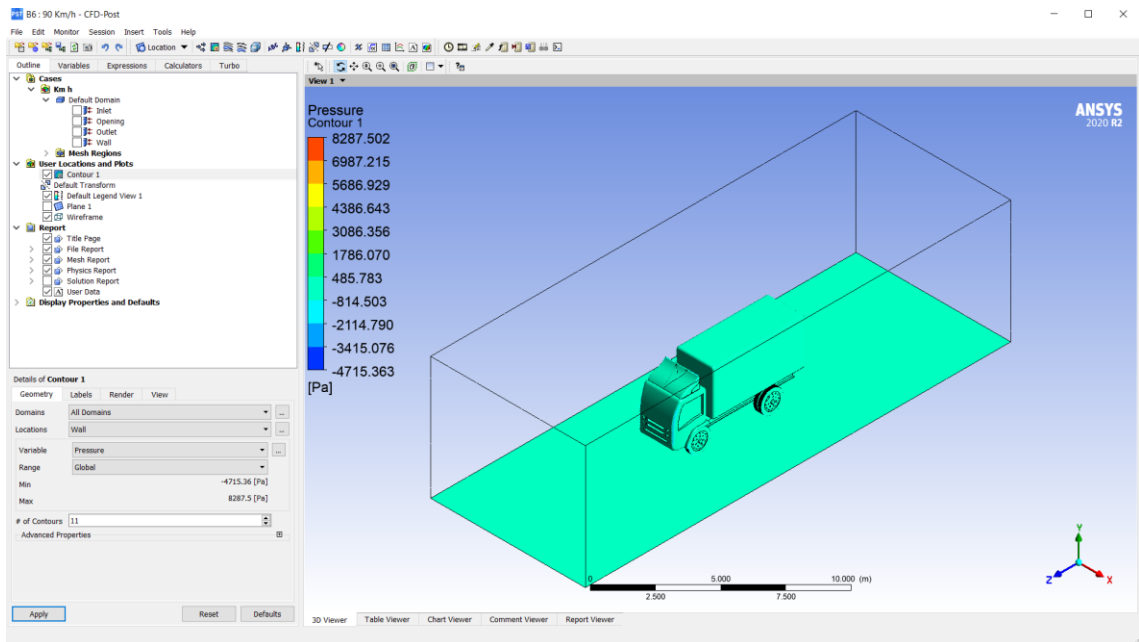
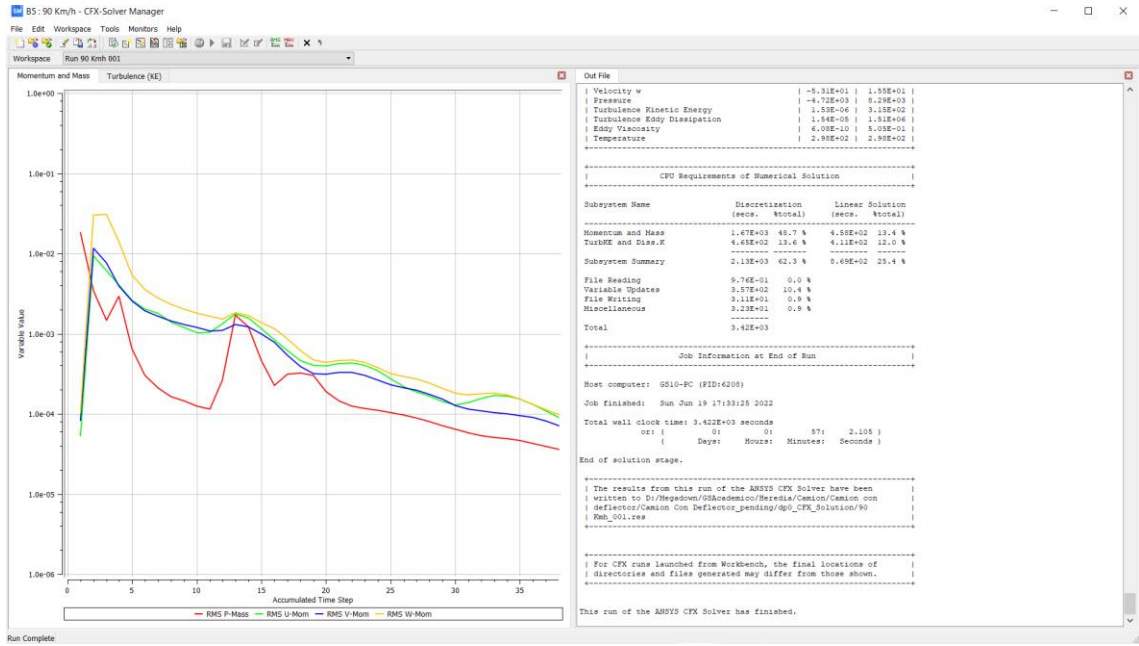


### Analisis CFX con deflector

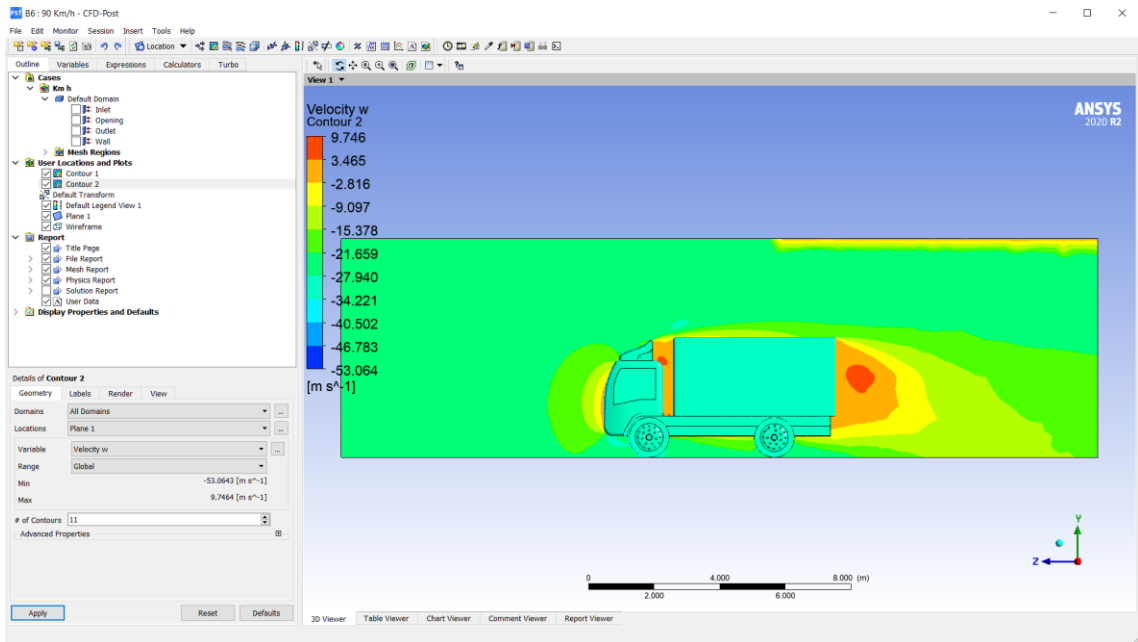
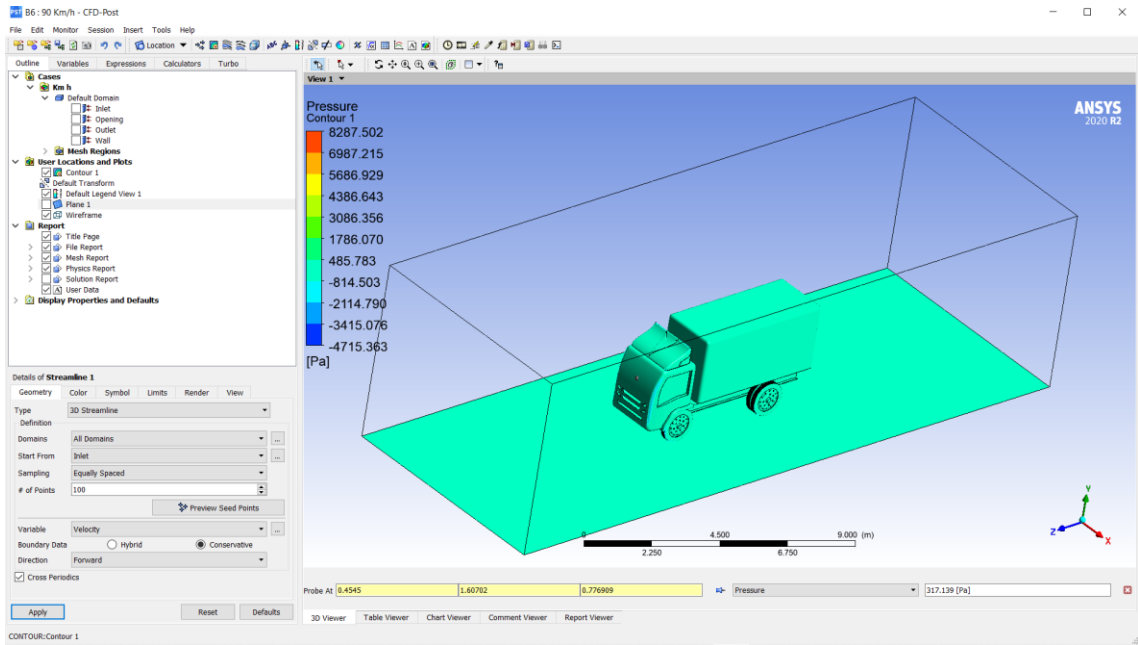


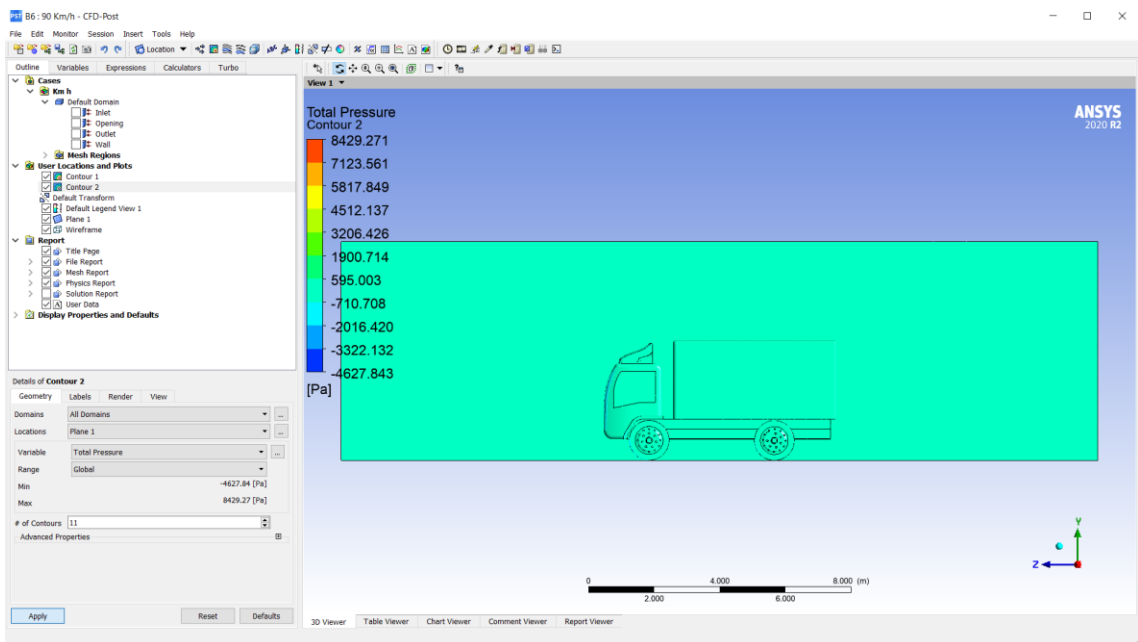
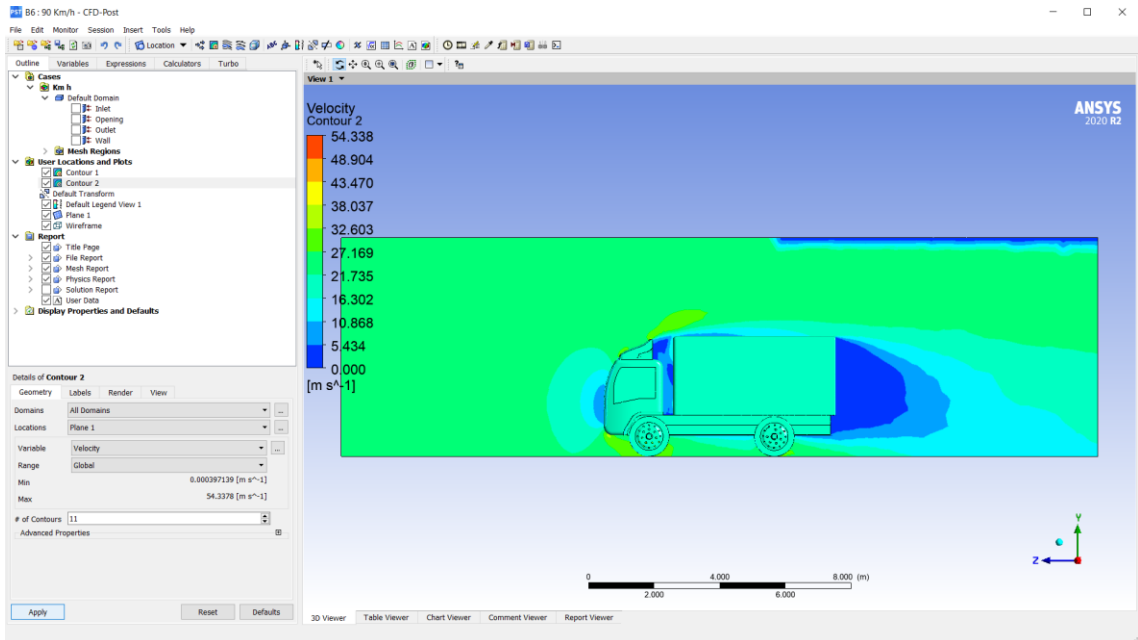


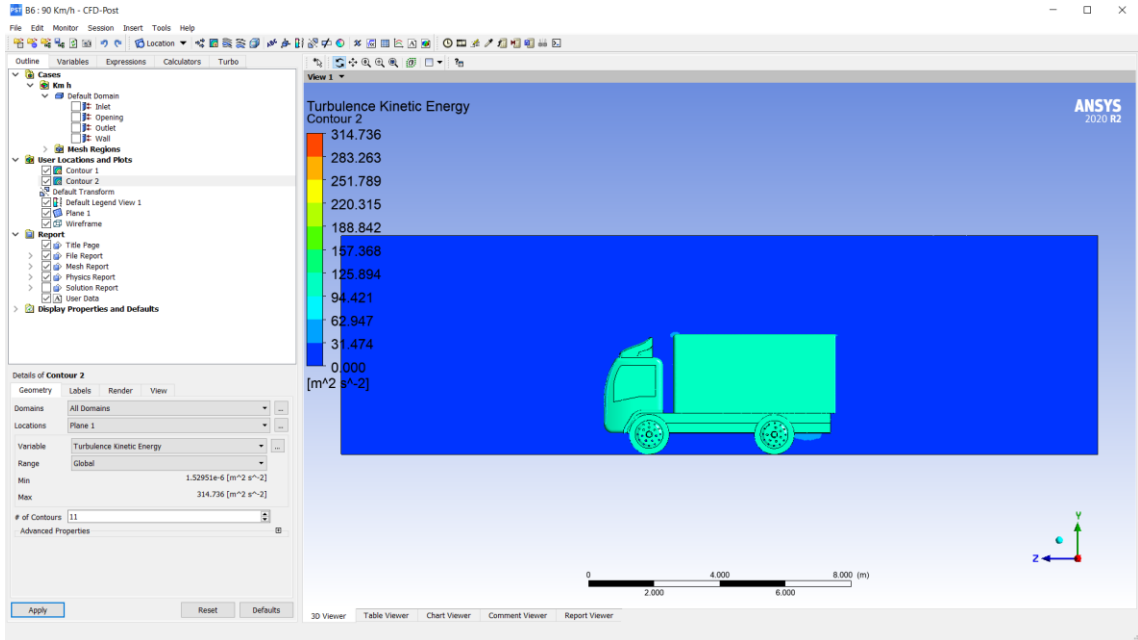
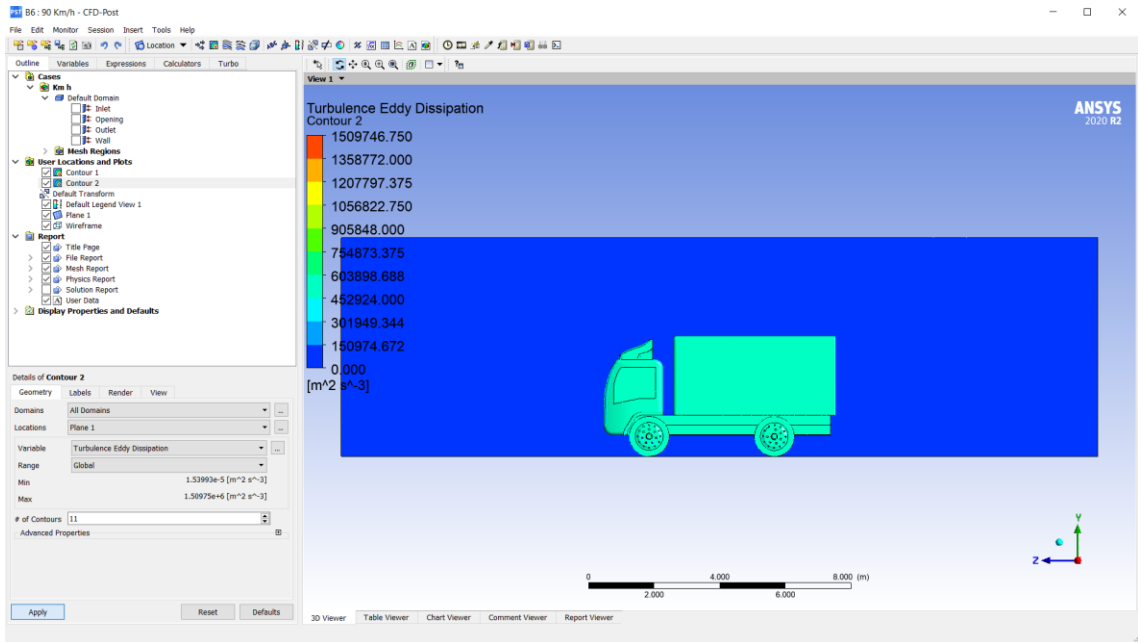


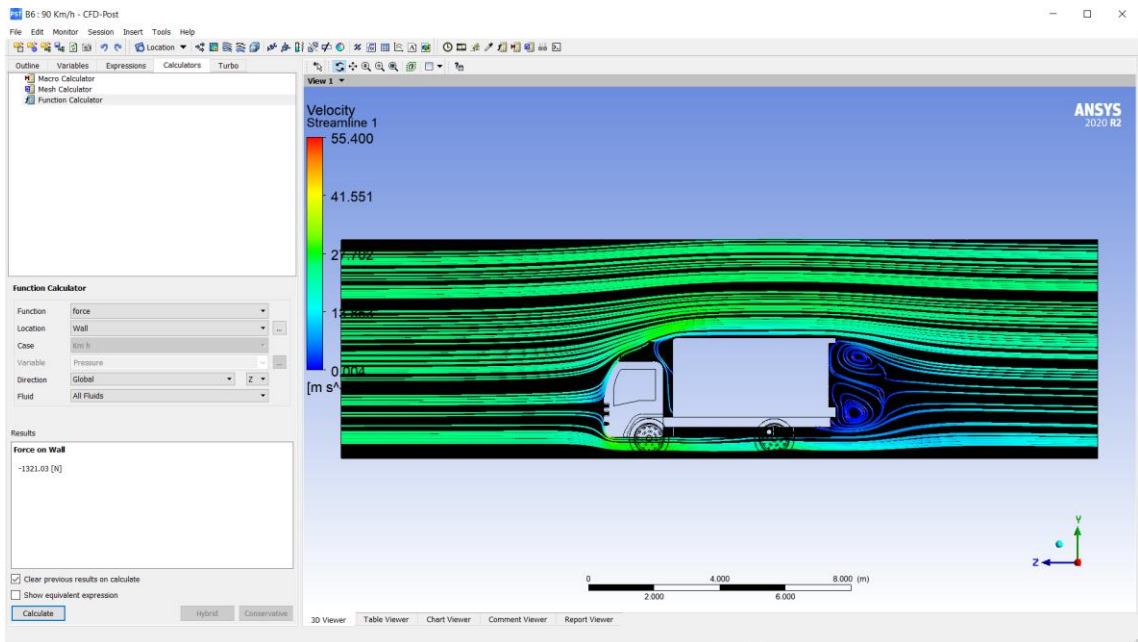
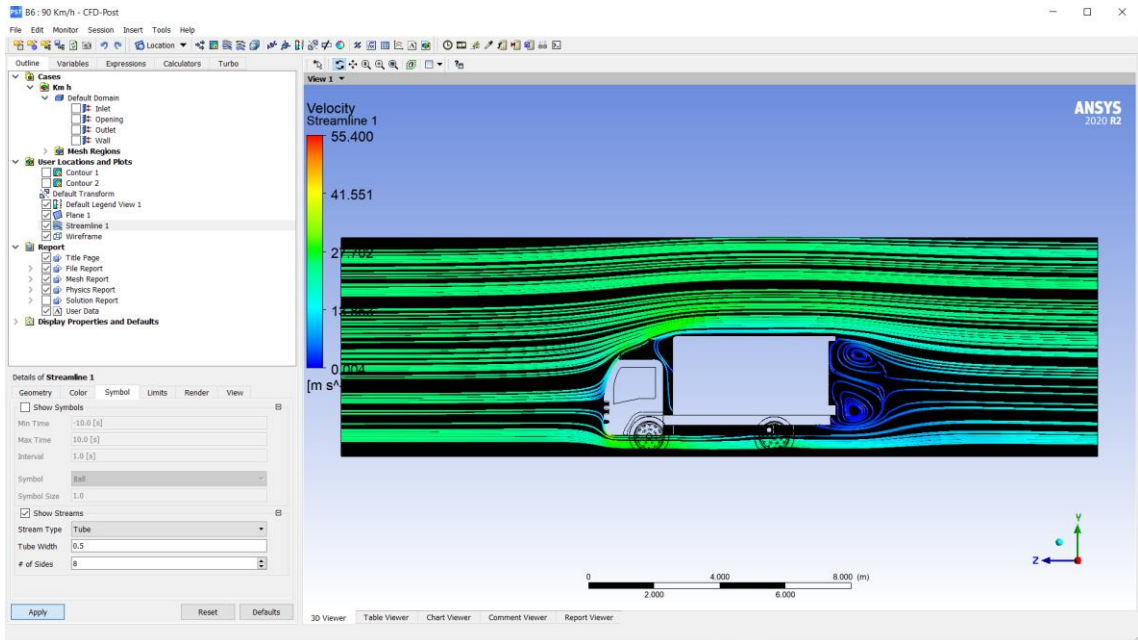


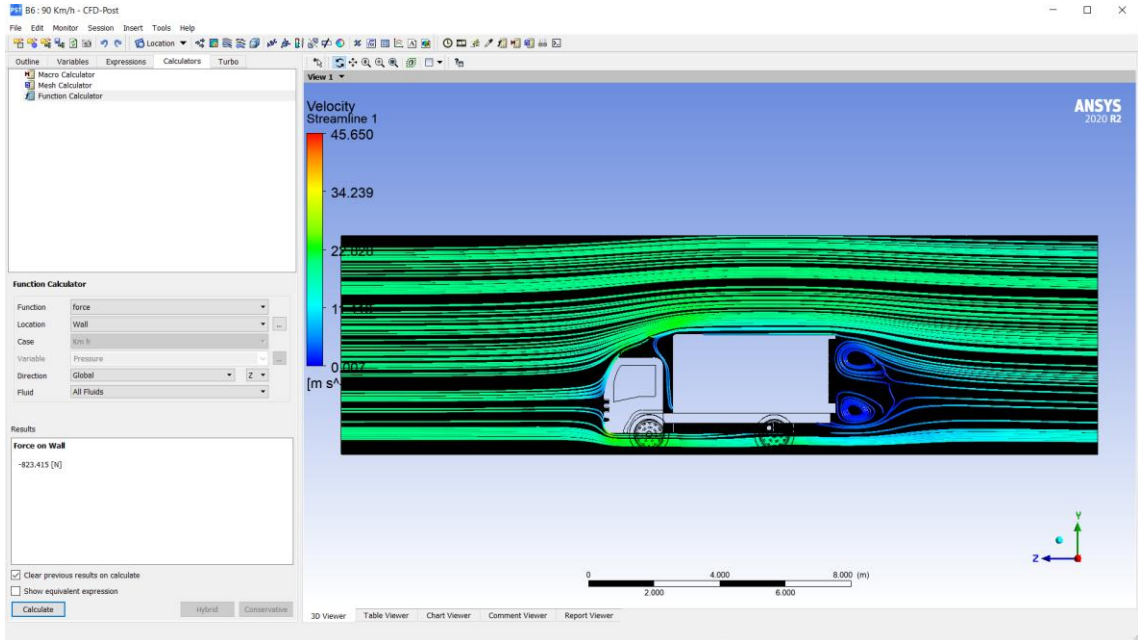
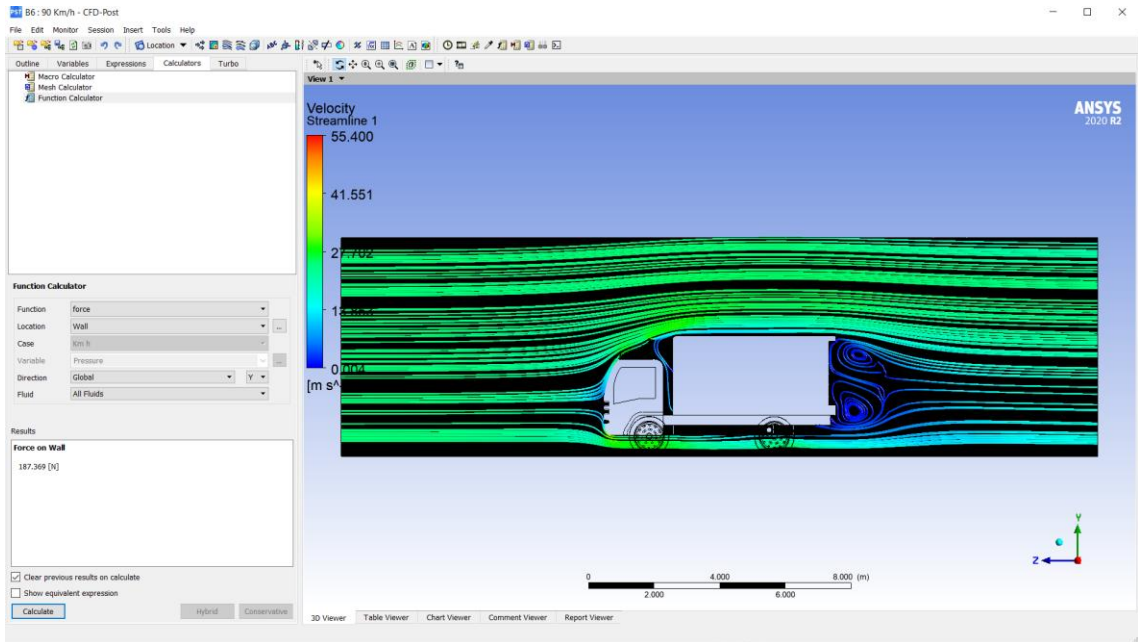


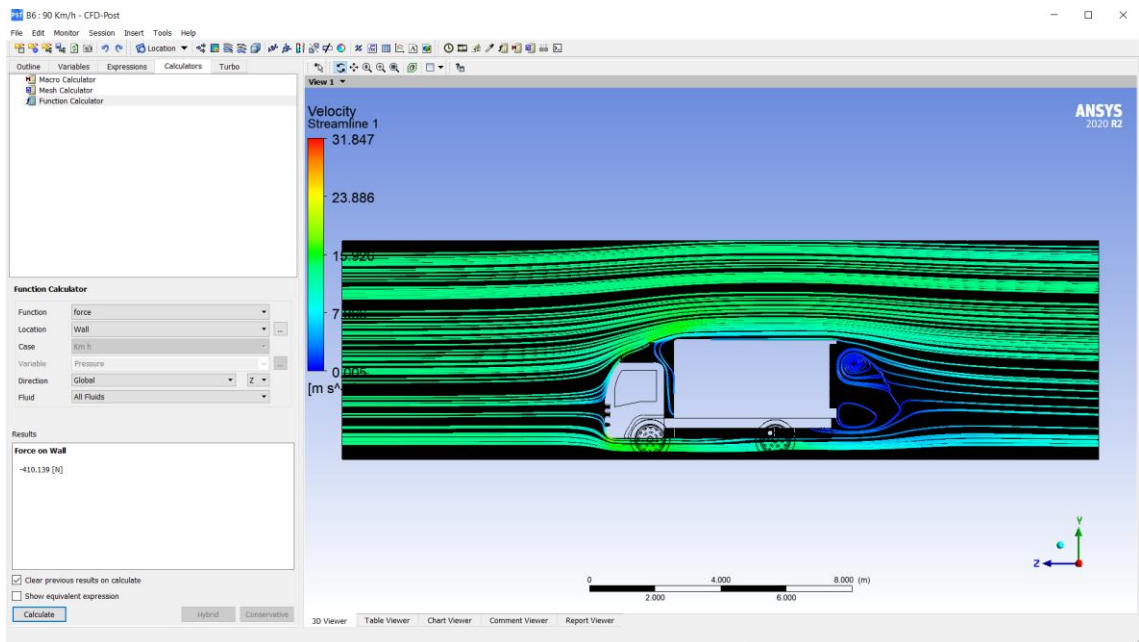
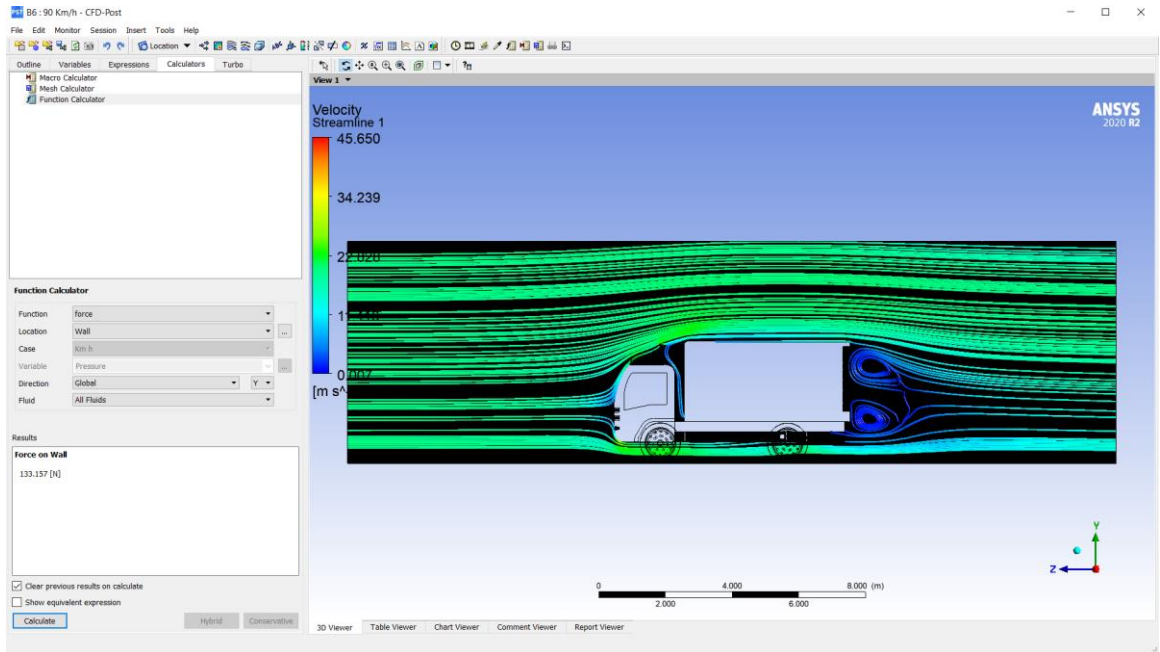


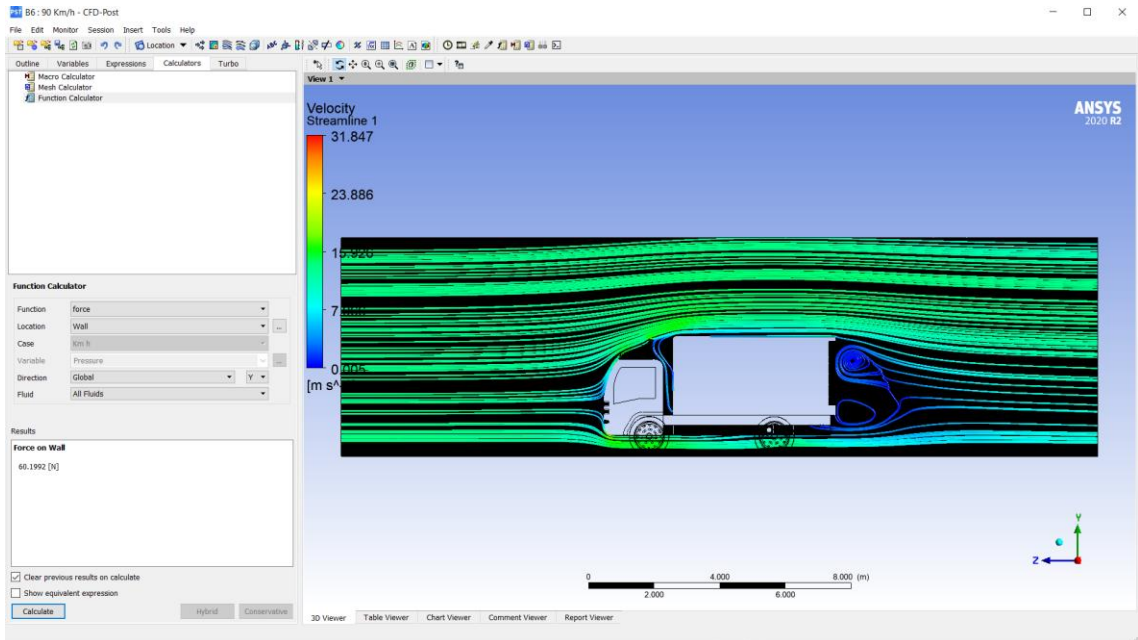












## Ficha Técnica

### PESOS Y CAPACIDADES

Peso bruto vehicular de fábrica PBV (kg)	
<b>Peso vacío</b>	
Capacidad de carga (kg)	
<b>Capacidad de carga por ejes (kg)</b>	
Capacidad de eje (kg)	Delantero
	Trasero

### NQR 1015

	9.500
	2.990
Alt+S)	6.510
	6.910
	3.300
	6.600

### MOTOR

Marca / Código	
Tipo	
Posición	
Desplazamiento (cc)	
Potencia (HP @ RPM)	
Torque	(Kg*m) @ RPM
	(N.m @ RPM)
Relación compresión	
Diámetro x carrera (mm)	
Alimentación	
Combustible	
Emisiones	

### NQR 1015

	5.193
	148HP @ 2600
	41 @ 1600
	404 @ 1600
	17.5:1
	115x125



**CHASIS**

**NLR 511**

**NMR PARTNER**

**NMR 613**

**NPR 815**

**NQR 915**

**NQR 1015**

Dirección	Tipo	Asistida hidráulicamente			
Suspensión delantera	Tipo	Ballesta sobre eje rígido			
Eje	Eje	Suspensión tipo Elliot			
Ballesta	Ballesta	Semi-elíptico			
Suspensión trasera	Tipo	Ballesta en eje rígido			
Eje	Eje	Eje flotante			
Ballesta	Ballesta	Semi-elíptico			
Amortiguador		Hidráulico telescópicos doble acción			
Barra estabilizadora		No			
Sistema de frenos	Tipo	Hidráulico		100% Aire	
Del.		Campana			
Tras.		Campana			
Freno de motor		Mariposa			
Freno de estacionamiento		Mecánico de campana al eje cardán		Acumulador de fuerza elá.	
LSPV		Válvula compensadora de carga			
Medidas de llantas	Frontal	7.0 R15	7.0 R16	215/75 R17.5	215/75 R17.5
	Traseras	7.5 R15	7.0 R16	215/75 R17.5	215/75 R17.5
Rines		R15	R16	R17.5	R17.5

**DIMENSIONES (mm)****NQR 1015**

Distancia entre ejes (WB)	4.175
Largo total (OL)	7.355
Alto total (OH)	2.225
Ancho total (OW)	2.120
Largo cabina (CL)	1.650
Voladizo delantero (FBTA)	1.110
Voladizo posterior (RETA)	2.070
Distancia carrozable (CE)	5.672

**TRANSMISIÓN**

Marca / Código	
Tipo	
Relaciones	1ª
	2ª
	3ª
	4ª
	5ª
	6ª
Reversa	
Relación final de eje	
Tracción	

**NQR 1015**

MYY6S O/D
T/M 6 Vel.
5.979
3.434
1.862
1.297
1.000
0.759
5.701
5.571
4x2

