



**Antecedentes de investigación**

**Proyecto Túnel de viento**

**Ingeniería Automotriz**

**Proyectos II**

**Universidad Modelo**

**Maestra Vanessa Cob Gutiérrez**

**Ing. Emmanuel Caamal Chan**

**Integrantes:**

**Miguel A. Juárez Pacheco**

**Jared N. Cabrera Tún**

**Leonardo Pavía Bermejo**

**Miguel A. Tamayo Cruz**

**Víctor M. Pérez López**

**5 de mayo de 2026**

## **Introducción**

En la actualidad el estudio del comportamiento aerodinámico de objetos en movimiento ha sido fundamental para el desarrollo de la ingeniería moderna como en los campos de ingeniería automotriz, civil y aeronáutico. Para el estudio de los datos se utilizan túneles de viento, los cuales tienen el propósito de suministrar un flujo laminar en la zona donde se coloque el objeto a estudiar. Un túnel de viento consiste en un conducto cerrado donde se genera un flujo de aire controlado y se mide el comportamiento al interactuar con los objetos de estudio permitiendo la obtención de información sobre la resistencia al viento, fuerzas de arrastre y otros parámetros.

El objetivo del documento es: recopilar los datos teóricos que facilitaran el diseño y creación del túnel de viento optimo que permita realizar estudios de objetos en él.

## Índice

<b>Cap. I. Antecedentes de investigación</b> .....	5
Definición del problema.....	5
Marco teórico.....	5
Marco conceptual .....	9
Objetivo General .....	10
Objetivo específico.....	10
Alcances de la investigación .....	10
Justificación de la investigación .....	10
Propuesta de valor .....	11
<b>Capítulo II</b> .....	12
Materiales.....	12
En esta tabla se mencionan los posibles puntos de compra y ubicaciones de las tiendas donde se pueden adquirir los materiales:.....	13
Presupuestos y costos finales .....	14
Compra y verificación de materiales .....	14
Cálculos, ecuaciones, diagramas, fórmulas .....	16
Diseño y bocetaje.....	17
Elaboración, mediciones y corte.....	20
Ensamblado y armado. ....	21
<b>Capítulo V. Resumen</b> .....	22
Resumen .....	22
Reflexión individual .....	23
<b>Bibliografía</b> .....	24
Anexo 1. Diagrama de Gantt .....	24
Anexo 2. Pasaporte de validación de proyectos .....	25
Referencias.....	26

## Lista de imágenes y tablas

Figura 1. Simulación para ordenador .....	7
Figura 2. Túnel de viento .....	8
Figura 3. Tubo Pitot .....	8
Figura 4. Sensor de presión .....	11
Figura 5. Principios físicos de un túnel de viento .....	8
Figura 6. Adquisición del MDF .....	15
Figura 7. Herramientas .....	15
Figura 8. Bocetaje .....	17
Figura 9. Modelado 3D .....	18
Figura 10. Mediciones y corte .....	20
Figura 11. Armado de cono de admisión y canal de pruebas .....	21
Figura 12. Ensamble .....	21
Tabla 1. Lista de materiales y requerimientos.....	12
Tabla 2. Cotizaciones.....	13
Tabla 3. Comparación de precios y calidad.....	13
Tabla 4. Lista de herramientas.....	19

## Cap. I. Antecedentes de investigación

### Definición del problema

Gracias al estudio de la aerodinámica es posible mejorar el diseño y desempeño de los vehículos, ya que estos influyen directamente en la estabilidad, en la eficiencia de combustible, reducción de arrastre y seguridad. Esto es importante estudiarlo para poder comprender cómo el aire interactúa con un objeto en movimiento, ya que estos influyen en el rendimiento de un automóvil. Sin embargo, en el ámbito académico estos conceptos suelen abordarse solo de manera teórica, limitando la comprensión práctica de los temas.

En el ámbito académico es importante realizar este proyecto para poder aprender estos conceptos de manera práctica, permitiendo comprender la teoría por medio del túnel de viento. Por ello, se plantea construir un túnel de viento a escala que permita aplicar los principios como la Ley de Bernoulli, el Número de Reynolds, así como trabajar con la instrumentación real como anemómetros y sensores de presión.

### Marco teórico

#### Aerodinámica y dinámica de flujo.

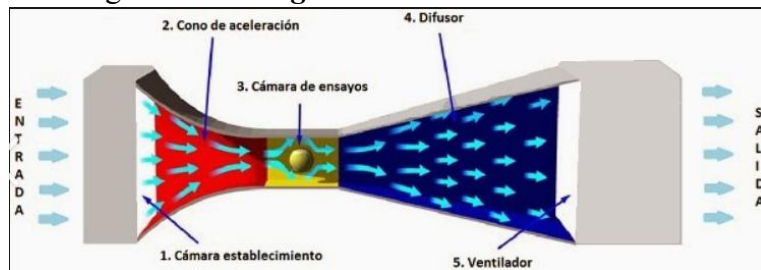
Es el estudio del movimiento del aire y los efectos que tiene sobre los objetos en movimiento. Comprenderla es fundamental porque permiten estudiar el comportamiento del aire alrededor de objetos, como explica aeronaves y aviación (2024), permitiendo medir variables clave como el coeficiente de arrastre, el coeficiente de sustentación y el coeficiente de presión. Datos cruciales para entender el rendimiento aerodinámico de los objetos. Como se ilustra en la *Figura 1*, este tipo de simulación por ordenador permite visualizar y analizar detalladamente el flujo de aire identificando así zonas de arrastre.



*Figura 1.* Simulación por ordenador

## Túneles de viento.

Un túnel de viento es una instalación diseñada para simular las condiciones del flujo de aire alrededor de objetos sólidos. Es importante entender el funcionamiento de estas instalaciones y estudiar los diferentes tipos de túneles de vientos que existen, esto para poder diseñar un túnel de viento a escala para poder recrear de manera controlada las condiciones atmosféricas que un objeto experimentaría en el mundo real, incluyendo la velocidad del viento, la presión y la temperatura (Noticias de la Ciencia y la Tecnología 2023). Como se puede apreciar en el diagrama de la *Figura 2*.



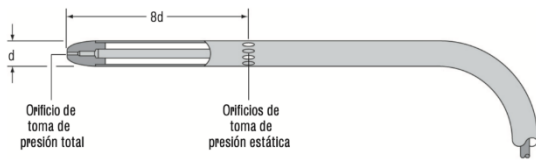
*Figura 2.* Túnel de viento

## Instrumentación empleada en túneles de viento.

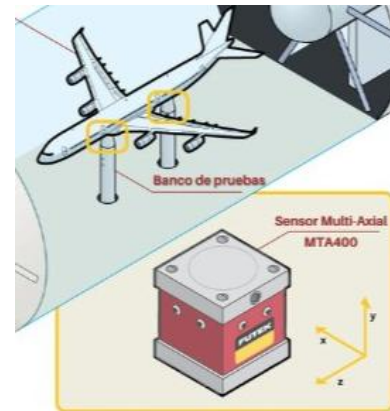
Se utilizan diferentes sensores para medir los parámetros, como menciona EDIBON s.f., tales como la velocidad, presión, fuerzas de arrastre y los momentos aerodinámicos. Estos sensores proporcionan datos precisos sobre la interacción del modelo y comportamiento del flujo del aire. Algunos de estos son:

- **Anemómetro:** Sirve para medir la velocidad del aire dentro del túnel.
- **Tubo Pitot:** Mide la diferencia entre presión estática y dinámica para calcular la velocidad de flujo. Como se observa en la *Figura 3*, este dispositivo cuenta con orificios para captar la presión estática, permitiendo un cálculo preciso.
- **Sensores de presión:** Se colocan en puntos específicos del modelo del auto para medir cómo se distribuye el aire sobre la superficie. En la *Figura 4* se puede apreciar la implementación de un sensor en un banco de pruebas, fundamental para captar las cargas sobre el modelo.
- **Balanza aerodinámica:** Mide la fuerza de arrastre y fuerzas laterales.
- **Sensores de flujo:** Sirven para ver turbulencias

Conocer todos estos sensores es de vital importancia ya que permite entender de donde salen los datos que se están evaluando.



**Figura 3.** Tubo Pitot



**Figura 4.** Sensor de presión

### **Aplicaciones del estudio aerodinámico.**

El análisis de las fuerzas y el comportamiento del aire no se limita a una sola rama, de acuerdo con FTM (Fluid Y Thermal Management s.f.), este tiene un impacto en diversas industrias:

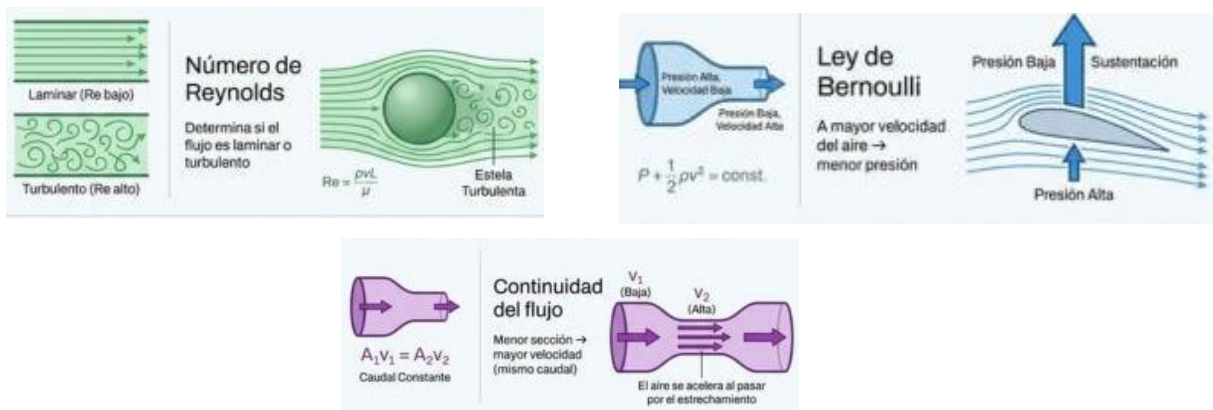
- **Aviación:** Es fundamental para el diseño de aeronaves donde se utiliza el principio de la resistencia aerodinámica para optimizar el rendimiento.
- **Automotriz:** Se aplica la aerodinámica para mejorar la eficiencia de combustible y estabilidad en los vehículos.
- **Arquitectura:** La aerodinámica se utiliza para diseñar edificios que deben ser resistentes a los vientos dominantes.

Comprender la amplitud del estudio aerodinámico es fundamental, ya que como estudiantes de ingeniería automotriz se debe comprender que estas leyes físicas son una herramienta transdisciplinaria, permitiendo reconocer que los mismos principios de presión y velocidad medidos por un tubo Pitot se pueden aplicar tanto en un vehículo como la estabilidad de un puente.

## Principios físicos del túnel de viento.

Para que la simulación en el túnel de viento sea realista, el flujo de aire debe comportarse de manera controlada y predecible. Como se detalla en la **Figura 5**, existen tres pilares fundamentales, como explica FTM (Fluid Y Thermal Management s.f.), que permiten que un túnel de viento sea capaz de simular condiciones reales de flujo aerodinámico son:

- **La ley de Bernoulli:** Consiste en que la suma de presiones (estática, dinámica y de velocidad) dice que, si la velocidad de un fluido aumenta, su presión disminuirá y viceversa. Este principio se basa en la ley de conservación de energía.
- **Número de Reynolds:** Es un parámetro adimensional que permite identificar si el flujo es laminar o turbulento. Esto se calcula utilizando la relación entre la densidad del fluido, la velocidad del fluido, el diámetro hidráulico del túnel y la viscosidad del fluido.
- **Continuidad de flujo:** Es la conservación de la masa y la energía del flujo de aire. Es decir, al disminuir la sección del conducto, la velocidad del aire aumenta, permitiendo generar condiciones de prueba controladas.



**Figura 5.** Principios físicos de un túnel de viento

## **Marco conceptual**

### **Aerodinámica**

Es la rama que estudia cómo se comporta el aire al chocar con un cuerpo en movimiento. Este concepto es clave ya que se utiliza para describir los efectos que el flujo de aire genera sobre un objeto dentro del túnel de viento.

### **Flujo de aire**

Es el movimiento del aire en una dirección determinada. Puede ser laminar, cuando las partículas del aire se mueven de manera ordenada o turbulenta, cuando se mueve por un movimiento desordenado donde las partículas del aire siguen trayectorias aleatorias.

### **Túnel de viento**

Es una instalación que genera un flujo de aire controlado para estudiar el comportamiento aerodinámico de modelos.

### **Modelos a escala**

Es una representación reducida de un objeto real que conserva sus características. Su uso permite realizar pruebas seguras y controladas.

### **Visualización del flujo**

Consiste en técnicas que permiten visualizar el flujo de aire. Puede incluir el uso de humo, partículas de tinta o láseres para visualizar las corrientes de aire.

### **Conducto**

Es cerrado y a lo largo de este fluye el aire. Tiene una forma aerodinámica y se mantiene presurizado para asegurar que el flujo sea controlado.

## **Objetivo General**

El objetivo general es estudiar el funcionamiento de un túnel de viento a partir de los principios teóricos y mecánicos que logran el funcionamiento de esta instalación experimental para la recolección de datos en aplicaciones reales, con el propósito de replicar el mismo funcionamiento en un modelo a escala empleando las mismas fórmulas y mecanismos similares que permitan obtener un resultado similar a un túnel de viento real.

## **Objetivo específico**

El objetivo específico es medir y analizar las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre el modelo a escala bajo diferentes condiciones de velocidad, estudiar cómo reacciona el flujo de aire mediante técnicas de visualización para identificar zonas de turbulencia y determinar cómo se distribuyen las velocidades del flujo de aire dentro del conducto del túnel de viento para evaluar la estabilidad del flujo durante las pruebas.

## **Alcances de la investigación**

La investigación hasta el momento ha abarcado el funcionamiento de un túnel de viento, enfocándose en el análisis y comprensión de los fenómenos aerodinámicos mediante el uso de un túnel de viento a escala. Se analizaron los siguientes puntos:

- Instrumentación y adquisición de datos: Se centro en el uso de herramientas de medición como el Tubo Pitot, anemómetros y balanzas aerodinámicas para la obtención de datos cuantitativos sobre presión, velocidad y fuerza de arrastre.
- Estudio teórico: Se analizaron los flujos mediante la aplicación de la Ley de Bernoulli, la Ecuación de Continuidad y el cálculo del Número de Reynolds para determinar fluidos laminares o turbulentos.
- Ámbitos de aplicación: Se comprendió la utilidad de estas pruebas no solo en el sector automotriz, sino también en la aeronáutica y arquitectura.

## **Justificación de la investigación**

El estudio del comportamiento aerodinámico mediante el uso del túnel de viento es fundamental para comprender cómo interactúa el flujo del aire con diferentes modelos a escala. La realización de esta investigación es fundamental porque permite replicar y entender el funcionamiento de un túnel de viento y los principios aerodinámicos que intervienen en su operación. Estos conocimientos permiten a los estudiantes de ingeniería automotriz comprender que un túnel de viento no solo es una recámara que proporciona flujo, sino que es un sistema complejo de sensores, mecanismos y técnicas de visualización

que permiten obtener datos confiables. Por ello, esta investigación no solo aporta conocimientos académicos, sino que permite entender las herramientas utilizadas en aplicaciones reales dentro de la industria.

### **Propuesta de valor**

La propuesta de valor del proyecto consiste en desarrollar un túnel de viento lo suficientemente portátil para poder llevarlo en cualquier lugar que se requiera y un ensamblado sencillo de hacer, por eso se realizó la elección de materiales ligeros como la MDF material que logra cumplir con la dureza, facilidad de manipulación y ligero lo que lo hace fácil de transportar.








Además, el diseño busca obtener mediciones más precisas y confiables durante las pruebas aerodinámicas, permitiendo un mejor análisis del comportamiento del flujo de aire, convirtiendo el proyecto en una herramienta funcional, portable y accesible para aplicaciones de aprendizaje.

## Capítulo II

### Materiales

En esta tabla se mostrarán los materiales y componentes electrónicos que se utilizarán en el proyecto:

**Tabla 1. Lista de materiales y requerimientos.**

<b>Materiales</b>		<b>Función</b>
Madera MDF		Material utilizado para la estructura del túnel de viento
Microcontrolador ESP32		Encargado de la lectura de datos de los sensores
Sensor de temperatura y humedad SHT3X		Encargado de la medición de temperatura y humedad
Anemómetro digital		Instrumento que sirve para medir la velocidad del viento
Galgas extensiométricas		Sensor que mide el esfuerzo y tensión de un objeto sometido a una fuerza
Ventilador de radiador de Chevy		Componente encargado de generar el flujo de aire dentro del túnel de viento
Batería para motocicleta de 12V		Fuente de alimentación del sistema electrónico

*Nota. Imágenes obtenidas de sitios de referencia.*

## Tabla 2. Cotizaciones

En esta tabla se mencionan los posibles puntos de compra y ubicaciones de las tiendas donde se pueden adquirir los materiales:

	Ubicación
Mercado Libre	Línea
Amazon	Línea
AliExpress	Línea
Bodega Aurrera	Kiosk BA 1036, C. 7 359, Xcumpich, 97204 Mérida, Yuc.
The Home Depot	C. 35 470, Gonzalo Guerrero, 97118 Mérida, Yuc.
Steren	CETRAM Norte, Perif. de Mérida Lic. Manuel Berzunza 300-Loc. 2, José María Iturralde, 97130 Mérida, Yuc.

## Tabla 3. Comparación de precios y calidad

En la siguiente tabla se mencionarán las comparaciones realizadas de los precios de los productos adquiridos y la razón por la que se eligió ese punto de venta:

<b>Materiales</b>	<b>Puntos de compra</b>	<b>Comparación de precios</b>
Madera MDF	Optamos por Home Depot debido al precio y poder ver la calidad del material físicamente al momento de adquirirlo.	Amazon: 651 MXN Mercado Libre: 540 MXN The Home Depot: 350 MXN
Microcontrolador ESP32	Optamos por Mercado Libre por el precio, el envío rápido y la calidad que asegura el vendedor.	Amazon: 203 MXN Mercado Libre: 137 MXN Stereon: 199 MXN
Sensor de temperatura y humedad	Optamos por Mercado Libre por precio, calidad y envío rápido.	Amazon: 203 MXN Mercado Libre: 80 MXN Bodega Aurrera: 121 MXN
Anemómetro digital	Optamos por Mercado Libre por el precio, calidad y envío rápido.	Amazon: 360 MXN Mercado Libre: 293 MXN AliExpress: 339 MXN
Galga extensiométrica	Optamos por Mercado Libre por el precio, calidad y envío rápido.	Amazon: Mercado Libre: AliExpress:
Ventilador de radiador de Chevy	Optamos por adquirirlo en un deshuesadero ya	Deshuesadero: 580 MXN

	que además de ser más económico, podemos garantizar las medidas del ventilador y si funciona para nuestro proyecto o no, todo esto sin perder calidad.	Mercado Libre: 840 MXN Madero: 900 MXN
Imanes de neodimio	Optamos por Mercado Libre por precio, calidad y envío rápido.	Amazon: 250 MXN Mercado Libre: 140 MXN Stereen: 260 MXN
Batería para motocicleta de 12V	Optamos por adquirirla en el supermercado, ya que es exactamente el mismo modelo de batería y por un precio mucho menor.	Amazon: 700 MXN Mercado Libre: 728 MXN Supermercado: 380 MXN

### Presupuestos y costos finales

El equipo cuenta con un presupuesto máximo de 3000 pesos, pero se estima que el costo total de todos los materiales adquiridos sea un aproximado de 2046 pesos.

- Presupuesto aproximado:  $\approx 3,000$  MXN
- Precio aproximado del costo total:  $\approx 2,046 \pm 1000$  MXN

### Compra y verificación de materiales

Como se puede apreciar en la **figura 6** se adquirieron dos tablas de MDF con medidas de 1.22 x 2.44 m con un espesor de 5 mm y las herramientas utilizadas son una mesa de trabajo, un Dremel 3000 con diferentes tipos de accesorios (discos de corte para madera, discos y puntas de lijado y pulido) guardado en la caja roja y una sierra caladora para poder hacer los cortes guardado en la caja azul como se puede apreciar en la **figura 7**.



*Figura 6.* Adquisición del  
MDF



*Figura 7.* Herramientas

## Capítulo III

### Cálculos, ecuaciones, diagramas, fórmulas

En este apartado se presentan las ecuaciones que rigen el comportamiento aerodinámico dentro del túnel de viento. A continuación, se detallan las ecuaciones para el análisis de las pruebas.

#### Ley de Bernoulli

Sirve para relacionar presión, velocidad y altura en un fluido en movimiento

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

Donde:

- $P$  = presión estática (Pa)
- $\rho$  = densidad del aire ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )
- $V$  = velocidad del aire ( $\text{m}/\text{s}^2$ )
- $h$  = altura (m)
- $g$  = gravedad ( $9.81 \text{ m}/\text{s}^2$ )

#### Número de Reynolds

Se usa para saber si el flujo es laminar o turbulento

$$Re = \rho v L / \mu$$

Donde:

$Re$  = número de Reynolds

$\rho$  = densidad del fluido ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$v$  = velocidad del fluido (m/s)

$L$  = longitud característica (m)

$\mu$  = viscosidad dinámica ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ )

En la aerodinámica se trabaja mucho con Reynolds porque simula las condiciones reales.

#### Caudal volumétrico

Sirve para saber cuánto aire pasa por el túnel

$$Q = Av$$

Donde:

$Q =$  caudal ( $m^3/s$ )

$A =$  área ( $m^2$ )

$v =$  velocidad ( $m/s$ )

Sirve para ayudar a dimensionar ventiladores y conductos.

Presión dinámica

Es utilizado en los túneles de viento porque permiten calcular las fuerzas aerodinámicas directamente.

$q = \frac{1}{2} \rho v^2$

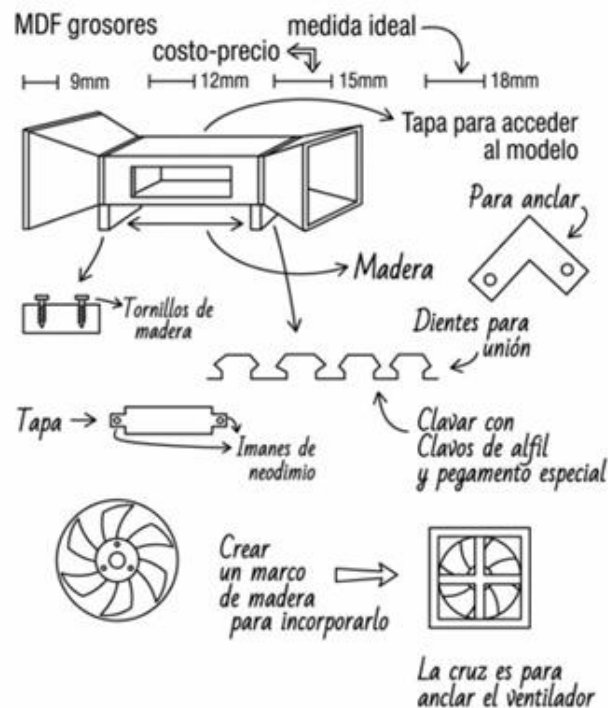
Donde:

$q =$  presión dinámica (Pa)

## Diseño y bocetaje

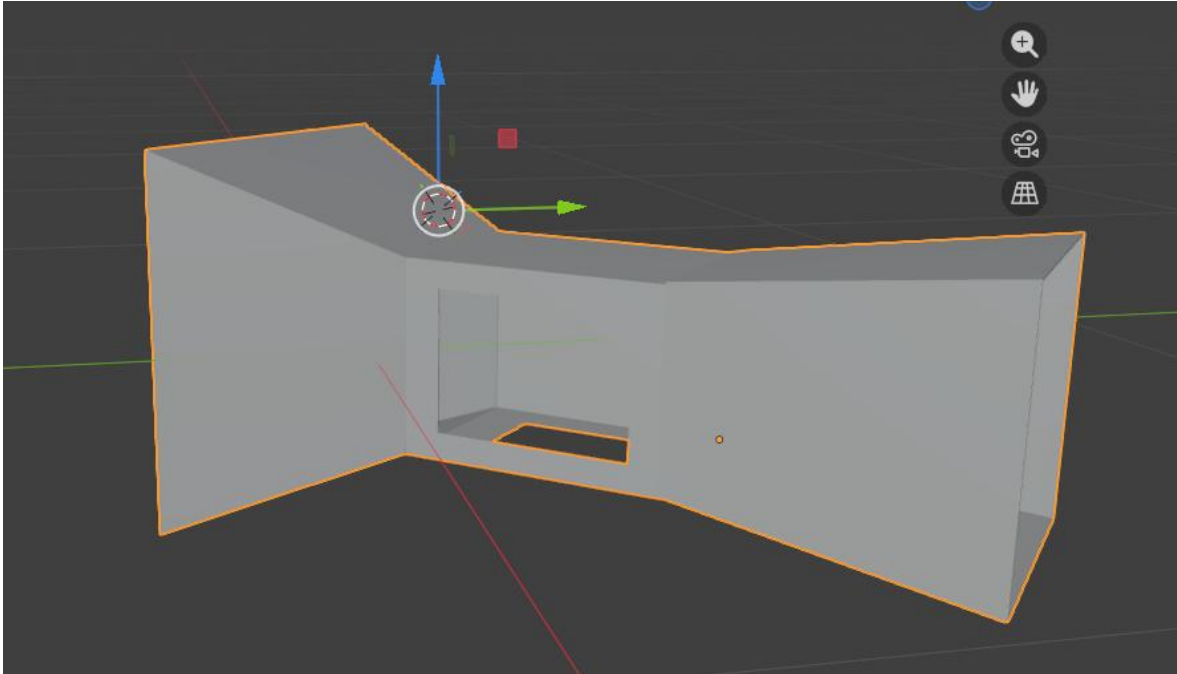
Se realizó un bocetaje digital del túnel de viento con el objetivo de visualizar la estructura y distribución de cada una de sus partes antes de iniciar la construcción analizando así los materiales y posibles métodos de unión como se puede visualizar en la **figura 8**.

También se creó un modelo 3D en blender para tener una representación detallada y realista del proyecto antes de su construcción física, gracias a esto es posible visualizar las



**Figura 8.** Bocetaje




dimensiones realistas y detectar posibles errores de diseño o ensamblaje con anticipación como se puede visualizar en la *figura 9*.





*Figura 9.* Modelado 3D

**Tabla 4. Lista de herramientas**

El objetivo de la siguiente tabla es identificar las herramientas utilizadas en la fabricación del túnel de viento:

<b>Herramientas</b>	<b>Principales</b>
Destornillador	
Taladro eléctrico	
Pistola de pegamento	

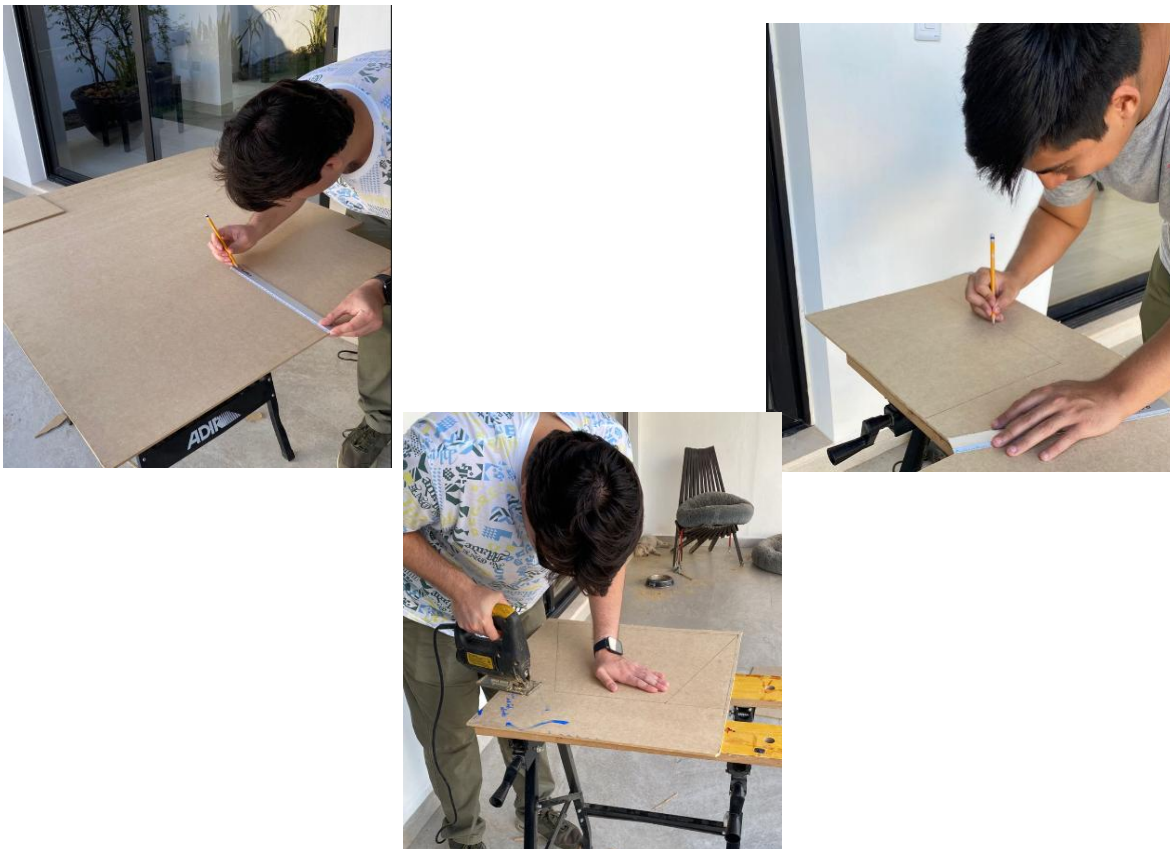
Pegamento	
Caladora	
Dremel	
Tornillos	
Segueta	
Brocas para madera	
Cables Dupont	

Herramientas	Secundarias
Clavos	
Pintura de aerosol	

*Nota. Imágenes obtenidas de sitios de referencia.*

### Elaboración, mediciones y corte

Como se puede apreciar en la **figura 10**, se realizaron mediciones y el trazado de cada pieza para poder realizar los cortes con la caladora. Durante el bocetaje se dejó un margen de error de 2 cm para evitar cualquier inconveniente al momento de cortar.



**Figura 10.** Mediciones y corte.

## Ensamblado y armado.

Una vez cortada las piezas, se empezó a armar las partes del túnel de viento como el cono de admisión y el canal de pruebas verificando que las piezas encajen perfectamente como se puede apreciar en la *figura 11*.

En la *figura 12* se puede observar la fijación de las piezas mediante el uso de escuadras metálicas tipo “L”, las cuales permitieron reforzar la estructura del túnel de viento y brindando una mayor rigidez en el ensamblaje,



*Figura 11.* Armado de cono de admisión y canal de pruebas



*Figura 12.* Ensamble

## **Capítulo V. Resumen**

### **Resumen del proyecto**

El desarrollo de esta investigación ayudó a comprender que un túnel de viento es un sistema complejo donde se integran principios físicos, instrumentación y métodos de medición que trabajan en conjunto para obtener datos útiles y confiables. Más allá de la teoría, este proyecto permitió entender que conceptos como la Ley de Bernoulli, el Número de Reynolds y la continuidad de flujo no solo se quedan en fórmulas, si no que tienen una aplicación real dentro del análisis y diseño de sistemas relacionados con la ingeniería automotriz.

En general, esta investigación fue útil para tener una visión más clara de como funciona un túnel de viento y de su importancia dentro del área automotriz. También, no solo permitió obtener una mejor comprensión del tema, sino que también ayuda a desarrollar una forma más completa de resolver problemas, algo que resulta muy importante dentro de la formación como estudiante de ingeniería.

## Reflexión individual

Victor M. Pérez López:

Considero que este proyecto es unificador para nuestras materias, ya que con este aplicamos conocimientos que hemos adquirido a lo largo de este semestre, conceptos como masa, peso, compresión, resistencia, voltaje, etc.; conceptos esto logramos un desarrollo idóneo del resultado final, nuestro túnel de viento, con este podremos observar de forma sencilla cómo se aplica todo esto a la realidad, con un trabajo funcional que nos dará la certeza de que hemos dominado lo aprendido en clase.

Jared N. Cabrera Tún:

El túnel de viento me parece un buen proyecto para aplicar los conceptos que se ven durante el segundo semestre, aplicando conocimiento de sensores, programación, estática, física y álgebra como parte de la solución de problemas planteados como la cantidad de material que se requiere junto a un presupuesto limitado, poniendo a prueba nuestras capacidades como estudiantes de ingeniería.

Miguel A. Tamayo Cruz:

A lo largo de la elaboración de este proyecto pude notar cómo mucho de los conocimientos que hemos visto en distintas materias como autotrónica, estática, física e incluso programación nos fueron de gran ayuda en la elaboración y en la resolución de problemas que se hayan presentado.

Miguel A. Juárez Pacheco:

Considero que este proyecto nos unió con varias materias en cosas teóricas, ya que aplicamos los conocimientos adquiridos de este semestre en algunas cosas.

Con esto considero que logramos un producto final bastante bueno. Algunos de los conceptos llevados a la práctica con nuestro proyecto fueron conceptos como el principio de Bernoulli, la ley de Ohm, los distintos esfuerzos que están presentes en el túnel de viento.

Con esto considero que tenemos la certeza de haber aplicado nuestros conocimientos adquiridos en el proyecto del túnel de viento.

Leonardo Bermejo Pavía:

En la realización de este proyecto, se reforzaron los conocimientos previos adquiridos en proyectos I, por lo cual teníamos una noción del uso del formato apa y los requerimientos para poder entregar un proyecto de calidad junto con su documentación, en lo personal esta materia me está ayudando para cuando en un futuro realice una investigación y un proyecto, tenga bases en las cual respaldarme y poder desempeñarme de la mejor manera.


## Bibliografía

### Anexo 1. Diagrama de Gantt

Tarea	16/03/26	30/03/26	13/04/26	27/04/26	11/05/26	25/05/26	Responsable
	- 30/03/26	- 12/04/26	- 26/04/26	- 10/05/26	- 24/05/26	- 11/06/26	
Diseño y selección de materiales	██████████ ██████████ ██████████ ██████████						MIGUEL TAMAYO
Cotización y Compra de materiales	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████					MIGUEL TAMAYO
Construcción de la estructura		██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████				LEONARDO PAVIA
Desarrollo de código base		██████████ ██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████			MIGUEL JUAREZ
Montaje de sensores				██████████ ██████████	██████████ ██████████		MIGUEL JUAREZ
Pruebas físicas y de software					██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████	VÍCTOR PEREZ.

Reporte final								CABRERA NADIR
---------------	--	--	--	--	--	--	--	------------------

## Anexo 2. Pasaporte de validación de proyectos


F\_PROY\_V1.0\_JIL6\_26

### PASAPORTE DEL PROYECTO

Datos Generales	Fase conceptual	Validación interdisciplinaria	Cierre técnico
<b>Nombre de proyecto:</b>  <b>Nivel/Semestre:</b> Inicial (2º-4º) <input checked="" type="checkbox"/> [X] Intermedio (5º-6º) <input type="checkbox"/> [] Terminal (7º-8º) <input type="checkbox"/> []  <b>Equipo</b> Víctor Pérez Miguel Juárez Jared Cabrera Miguel Tamayo Leonardo Pavia	<b>Autotrónica:</b> fabricación tonal de viento para medir parámetros, velocidad de aire, temperatura, etc. Por medio de sensores.  <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> No VoBo. Ing. Emmanuel Casmal Chan  <i>Para poder llegar a este punto es necesario correr las pruebas tonal con los sensores</i>	<b>Estática:</b> Evaluar el uso de los temas de estática a través de análisis de fuerza.  <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> No VoBo. Dr. Alberto Gabriel Vega Post  <b>Algebra Matricial y Vectorial:</b> aplicar matrices y vectores para organizar e interpretar mediciones y variables. <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> No VoBo. Dra. Jilfina Wildman Aguiayo	<i>A llenar por el profesor titular de la materia de Proyectos o el Evaluador Externo (G)</i> <b>Nivel de logro del AE seleccionado:</b> <input type="checkbox"/> Insuficiente: El proyecto funciona por azar o carece de sustento. No hay dominio de conceptos.  <input type="checkbox"/> En Desarrollo: El proyecto tiene bases teóricas pero falla en la implementación o validación.  <input type="checkbox"/> Satisfactorio: El proyecto demuestra aplicación correcta de ingeniería, costos y diseño (Nivel esperado).  <input type="checkbox"/> Sobresaliente: Innovación clara, rigor técnico impecable y validación externa positiva.
<b>Atributo de Egreso (AE) de CACEI principal a Evaluar:</b>  Aplicación de conocimientos 1 <input type="checkbox"/> [] Identificación y forma de prob. 2 <input type="checkbox"/> [m] Diseño de soluciones 3 <input type="checkbox"/> [] Investigación 4 <input type="checkbox"/> [] Aplicación de herramientas 5 <input type="checkbox"/> [i] AE EIN 6 <input type="checkbox"/> [] Ética profesional 7 <input type="checkbox"/> [i] Trabajo en equipo 8 <input type="checkbox"/> [i] Comunicación 9 <input type="checkbox"/> [i] AE EIN 10 <input type="checkbox"/> [i] AE EIN 11 <input type="checkbox"/> [i] AE EIN 12 <input type="checkbox"/> [i]	El proyecto <b>NO</b> será autorizado para la fase de construcción/implementación sin esta sección validada.  <b>Riesgo técnico:</b> Bajo / Medio / Alto  <i>[Signature]</i> VoBo Mdn. Vanessa Cob Gutiérrez <b>Proyectos II</b>	<b>Proyectos II:</b> Realización de documento en fase de planeación, rol de actividades y tareas, calendarización. <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> No VoBo. Mtra. Vanessa Cob Gutiérrez	<b>DICTAMEN FINAL DEL PASAPORTE</b> <input type="checkbox"/> Proyecto validado <input type="checkbox"/> Proyecto en riesgo con observaciones finales <input type="checkbox"/> Proyecto no cumple criterios ingenieriles
<i>Este pasaporte existe para asegurar que tu proyecto es técnicamente</i>			

Anotaciones: Cada Vo.Bo. aprobada es un sello de frontera. / El pasaporte dice si el proyecto es válido. La materia decide cuánto vale en puntos.

## Referencias

Admin. (2025, February 7). Aerodinámica básica: principios y conceptos esenciales que debes conocer - Aeronaves y Aviación. *Aeronaves y Aviación*. <https://aeronavesyaviacion.com/aerodinamica-basica/>

Arévalo, D. M. G. (2025, October 29). *Diseño y Construcción de un Túnel de Viento - Tesis UNAM*. Studocu. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-modelo/matematicas/disen-y-construccion-de-un-tunel-de-viento-tesis-unam/143804025>

David Plaza, D. P. (2023, May 24). Qué es el túnel de viento, para qué se utiliza y por qué tiene tanta importancia. *Motor.es*. <https://www.motor.es/que-es/tunel-de-viento>

Redacción. (2023, October 9). Túneles de viento: La ciencia detrás de la ingeniería aerodinámica. *Noticias De La Ciencia Y La Tecnología (Amazings® / NCYT®)*. <https://noticiasdelaciencia.com/art/48227/tuneles-de-viento-la-ciencia-detras-de-la-ingenieria-aerodinamica>

Blog EDIBON. (s. f.). *La importancia de la aerodinámica y cómo EDIBON impulsa su estudio con equipos avanzados*. Blog EDIBON. <https://blog.edibon.com/es/la-importancia-de-la-aerodinamica-y-como-edibon-impulsa-su-estudio-con-equipos-avanzados/>

Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. (s.f.). *Laboratorio de túnel de viento*. <https://www.uprm.edu/inci/laboratorios-2/laboratorio-de-tunel-de-viento-2/>

**FTM Technologies.** (2025). *Funcionamiento de un túnel de viento*. <https://ftmtechnologies.com/blog/funcionamiento-tunel-de-viento/>