



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

**INGENIERO MECÁNICO**

**ELECTRICISTA**

**“ANÁLISIS DE PÉRDIDAS AERODINÁMICAS EN LAS  
CAMIONETAS NISSAN FRONTIER MEDIANTE  
SIMULACIÓN”**

**AUTOR:**

**Bach. ACOSTA MORALES FREDY JOEL**

**ASESOR:**

**Ing. M.Sc. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**“PEDRO RUIZ GALLO”**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

**INGENIERO MECÁNICO**

**ELECTRICISTA**

**“ANÁLISIS DE PÉRDIDAS AERODINÁMICAS EN LAS  
CAMIONETAS NISSAN FRONTIER MEDIANTE  
SIMULACIÓN”**

**AUTOR:**

**Bach. ACOSTA MORALES FREDY JOEL**

**APROBADO POR EL JURADO EXAMINADOR**

**PRESIDENTE: Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ**

**SECRETARIO: Ing. ALBERTO CHANCAFE GUERRERO**

**VOCAL: Ing. EDWAR NIÑO VASQUEZ**

**ASESOR: Ing. M.Sc. JUAN ANTONIO TUMIALAN HISTROZA**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



## **TESIS**

### **Para Optar el Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“ANÁLISIS DE PÉRDIDAS AERODINÁMICAS EN LAS  
CAMIONETAS NISSAN FRONTIER MEDIANTE SIMULACIÓN”**

#### **CONTENIDOS**

**CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.**

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

**CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.**

**CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN.**

**CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.**

**CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**AUTOR:**

**Bach. FREDY JOEL ACOSTA MORALES**

-----  
**Ing. CARLOS YUPANQUI R.**  
**PRESIDENTE**

-----  
**Ing. ALBERTO CHANCAFE G.**  
**SECRETARIO**

-----  
**Ing. EDWAR NIÑO VASQUEZ**  
**VOCAL**

-----  
**Ing. M.Sc. JUAN ANTONIO TUMIALAN**  
**ASESOR**

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
2019**

## **DEDICATORIA**

A mi querida familia, especialmente a mi madre María Magdalena Morales, a mi padre Salustiano Acosta, a mis hermanos Danicsa Acosta Morales, Cristian Acosta Morales que día a día han sido la base y pilar fundamental de mi desarrollo, tanto personal como profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios que me dio la vida y la salud para poder concluir esta etapa de mi vida, a mi madre María Magdalena Morales a mi padre Salustiano Acosta a mis hermanos Danicsa Acosta Morales, Cristian Acosta Morales que con profundo cariño y amor han sido el eje fundamental para desarrollarme como persona y como profesional.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por contribuir en el perfeccionamiento y actualización de los conocimientos.

A la persona de las iniciales A. M. V. S que es muy importante para mí, por su apoyo solidario y permanente.

## **RESUMEN**

Uno de los problemas del bajo Rendimiento Económico de los vehículos es la falta de Aerodinamismo, el cual se conceptúa como la facilidad de penetración al aire, durante su desplazamiento.

El objetivo de esta Tesis es establecer una metodología para determinar las perdidas Aerodinámicas durante el desplazamiento del vehículo y determinar la relación entre el Aerodinamismo de la superficie frontal de la camioneta Nissan Frontier con el consumo de combustible, para lo cual inicialmente se efectuaran análisis aerodinámicos de las camionetas y se confrontaran con los resultados de los experimentos, siendo mi planteamiento comprobar el diseño convencional con un nuevo diseño que se propone en esta tesis. Esto permitirá detectar fallas de diseño de la superficie frontal y seguir nuevas propuestas con sentido futurista.

Dado que la demanda de potencia de la camioneta depende de la fuerza de resistencia de aire, entre otros factores, y que esta demanda está relacionada con el consumo de combustible, podemos establecer la relación entre el Aerodinamismo y el Consumo de Combustible, como un medio de comprobación de la hipótesis.

La presente Tesis redunda sin duda alguna sobre la economía nacional y mundial, pues al conocer el Aerodinamismo de los vehículos se podrá establecer un criterio selectivo y se podrán plantear sugerencias para optimizar los actuales diseños, con la consiguiente Economía de Combustible.

## **ABSTRACT**

One of the problems of the low economic performance of vehicles is the lack of aerodynamics, which is conceptualized as the ease of penetration into the air, during its displacement.

The objective of this Thesis is to establish a methodology to determine the analysis of aerodynamic losses and the relationship between the aerodynamics of the front surface of the Nissan Frontier truck with its fuel consumption, for which initial aerodynamic analyzes of the trucks will be carried out. Will confront with the results of the experiments, being my approach to check by sectors and together. This will allow to detect faults in the design of the frontal surface by sectors and to follow new proposals with a futuristic sense.

Given that the truck's power demand depends on the strength of air resistance, among other factors, and that this demand is related to fuel consumption, we can establish the relationship between Aerodynamics and Fuel Consumption, not only for trucks but for all types of units.

This thesis is undoubtedly without a doubt about the national and global economy, because knowing the Aerodynamics of the vehicles will be able to establish a selective criterion and suggestions can be made to optimize the current designs, with the resulting Fuel Economy.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>15</b>
1.1.REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3.DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.3.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	16
1.3.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL .....	16
1.3.3. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.....	16
1.3.4. CONDICIONES AMBIENTALES .....	17
1.4.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA TESIS .....	17
1.5.LIMITACIONES DE LA TESIS .....	18
1.6.OBJETIVOS DE LA TESIS .....	19
1.6.1. Objetivo General.....	19
1.6.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	19
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
2.1.ANTECEDENTES DE ESTUDIOS.....	20
2.2.DESARROLLO DE LA TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA	
DESARROLLADO .....	24
2.2.1. AERODINAMISMO.....	25
2.2.2. TIPOS DE FLUJO .....	25
2.2.3. CAPA LÍMITE .....	30
2.2.4. PERFIL AERODINÁMICO .....	31
2.2.5. PROPIEDADES AERODINÁMICAS.....	34
2.2.6. PROBLEMAS AERODINÁMICOS.....	35
2.2.7. LA RESISTENCIA AERODINÁMICA.....	39
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>46</b>



3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	46
3.3. HIPÓTESIS.....	46
3.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	47
3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.5.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.5.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	49
3.5.3. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LA FUERZA DE RESISTENCIA AERODINAMICA .....	50
3.5.4. PLANTEAMIENTO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE EL AERODINAMISMO Y EL COSUMO DE COMBUSTIBLE .....	50
3.5.5. PLANTEAMIENTO PARA MEDIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	51
3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	52
3.6.1. TUNEL AERODINAMICO.....	52
3.6.2. VENTILADOR CENTRÍFUGO .....	52
3.6.3. GENERADOR DE HUMO .....	52
3.6.4. MESA PORTATUNEL .....	53
3.6.5. ANEMOMETRO .....	53
3.6.6. EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR EL COSUMO DE COMBUSTIBLE.....	53
3.6.7. EQUIPO DE MEDICION DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	54
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	54
3.7.1. DATOS GENERALES.....	55
3.7.2. CALCULO DE LA FUERZA DE LA RESISTENCIA AERODINAMICA.....	56
3.7.3. HOJA DE CÁLCULO .....	57
<b>CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>58</b>
4.1. EVALUACION AERODINAMICA DE LA CAMIONETA NISSAN.....	58
4.2. EFECTO KOANDA.....	59
4.3. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	60
<b>CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
<b>CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
6.1. CONCLUSIONES.....	69

6.2. RECOMENDACIONES .....	71
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	33
Tabla 2.....	48
Tabla 3.....	56
Tabla 4.....	57
Tabla 5.....	62
Tabla 6.....	63
Tabla 7.....	65
Tabla 8.....	62
Tabla 9.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	26
figura 2.....	27
figura 3.....	28
figura 4.....	29
figura 5.....	31
figura 6.....	32
figura 7.....	36
figura 8.....	37
figura 9.....	38
figura 10.....	39
figura 11.....	40
figura 12.....	51
figura 13.....	53
figura 14.....	54
figura 15.....	59
figura 16.....	60
figura 17.....	60
figura 18.....	68

## INTRODUCCIÓN

La actual situación energética relacionada con el consumo y la reserva de combustible, la misma que tiene como principal elemento el vertiginoso crecimiento del parque vehicular, hace que la Ingeniería y la Ciencia busquen nuevas alternativas de solución, dentro de las cuales pueden estar las nuevas fuentes de energía (gas, etanol, electricidad, hidrogeno, biocombustibles, etc.). Asimismo, la Ingeniería Automotriz viene desarrollando notables cambios en la búsqueda de nuevos diseños de motores, transmisión y del vehículo en conjunto.

Una de las variantes importantes en la modificación de los diseños es la optimización de la Aerodinámica de los vehículos.

En la presente Tesis se analizará la Aerodinámica de la camioneta Nissan Frontier mediante simulación y se planteará un nuevo diseño, y se comprobará su eficiencia mediante la comparación del rendimiento económico.

En el capítulo 1 se justifica la Tesis y se expone el problema de la investigación.

En el capítulo 2 se plantea, la base teórica necesaria para desarrollar la investigación.

En el capítulo 3 se indica el procedimiento para hacer los ensayos, se procesan los datos, se analiza y discute los resultados.

En el capítulo 4 se propone el nuevo modelo aerodinámico.

En el capítulo 5 se hace un análisis comparativo entre el diseño actual y el propuesto en esta Tesis y se interpretan los resultados.

Finalmente, se puede enfatizar que el profundo conocimiento de las pérdidas aerodinámicas más su relación el consumo de combustible, permitirá distinguir las faltas de diseño de las camionetas y optimizar sus cualidades Aerodinámicas, con el consiguiente ahorro de combustible.

# **CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La Aerodinámica de un vehículo representa aproximadamente el 10% de la demanda de potencia del motor, bajo las mismas condiciones de carga, velocidad y rendimiento de la transmisión.

La potencia está directamente relacionada con el consumo de combustible, y por ende, toda disminución de la demanda de potencia, bajo las condiciones citadas significara disminución del consumo de combustible, siendo una de las alternativas la optimización de la Aerodinámica.

Al desplazarse las camionetas de perfil plano debido a que impactan con el aire de manera totalmente frontal, deben tener superficies diseñadas cuidadosamente a efectos de evitar la presencia considerable de la fuerza de resistencia del aire, que es parte ineludible de la demanda de potencia del motor. El no tomar en cuenta esta consideración, más aún tratándose de vehículos de gran superficie frontal, acarrearía preocupante consumo excesivo de combustible.

La producción de hidrocarburos crece a menor velocidad que la demanda, al extremo que según expertos los hidrocarburos se agotaran en aproximadamente 40 años.

El estudio de la problemática crea conciencia de la realidad de la crisis energética nacional y de manera indirecta permite justificar la Tesis.

Si detectamos fallas en el diseño aerodinámico en las camionetas, podemos optimizarlos y comprobar con el rendimiento económico.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Si detectamos fallas en el diseño aerodinámico en las camionetas, podemos optimizarlos y comprobar con el rendimiento económico.

## **1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Esta investigación se desarrolló en la ciudad de Lambayeque Departamento de Lambayeque – Provincia de Lambayeque – Distrito de Lambayeque.

### **1.3.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

El desarrollo de esta propuesta investigativa se llevó a cabo en los meses de Enero hasta junio del año 2019.

### **1.3.3. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL**

La investigación se realizó para determinar la aerodinámica de la camioneta Nissan Frontier guiada por la simulación en modelos la aerodinámica vehicular

pretende conocer el conjunto el conjunto de acciones y afectos que ejerce el aire sobre los vehículos en movimientos y la manera de optimizarlos

Para el logro de esta esta Tesis se ha optado por la experimentación del modelo de un túnel aerodinámico y utilización de la teoría de simulación.

Se determinarán las ecuaciones que gobiernan la aerodinámica y los diferentes ensayos que se realizaran sobre túneles de viento. Para medir la fuerza de



impulsión del aire proveniente del ventilador, mediante el dinamómetro de tracción.

Para comprobar ensayos anteriores sobre el comportamiento del fluido cuando pasa las camionetas.

#### **1.3.4. CONDICIONES AMBIENTALES**

Todo ensayo requiere de la determinación donde las condiciones para su experimentación.

Las condiciones ambientales para los ensayos son:

- a). altura sobre el nivel del mar (A.S.N.M); aproximadamente a 20 M. (costa)
- b). terreno asfaltado, rectilíneo, sin pendiente.
- c). sin presencia de lluvias, ni vientos intensos.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA TESIS**

##### **a) Impacto Económico:**

La optimización de un nuevo prototipo de camioneta traerá grandes beneficios a la economía local, nacional y mundial, pues un vehículo que consume menos combustible contribuye a la economía.

##### **b) Impacto Social:**

Las razones que llevan a desarrollar esta Investigación es crear conciencia en el uso de diseños aerodinámicos que permitan fomentar más investigadores y más métodos eficaces en el descubrimiento de nuevos prototipos.

##### **c) impacto ambiental:**

Uno de los grandes problemas que existe en nuestra época es la contaminación ambiental por lo cual otro punto importante a favor del estudio es que, al crear un modelo con menos pérdidas aerodinámicas, reduciremos la demanda de potencia y por consiguiente se quemara menos combustible.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA TESIS**

El eje fundamental de esta propuesta fue la aplicación del análisis de perdidas aerodinámicas que tiene como objetivo establecer una metodología para determinar la relación entre el aerodinamismo de la superficie frontal de las camionetas con sus consumos que contribuya al desarrollo de análisis aerodinámicos de las camionetas y se confrontaran con los resultados de los experimentos, en prototipos pequeños por la que se ha recurrido a la teoría de semejanzas. La mayor limitante de a ver puesto en marcha este método es que nos permitirá distinguir las fallas de diseño de las camionetas y optimizar sus cualidades aerodinámicas, que se presentan en las camionetas Nissan Frontier. Otra limitante fue crear un banco de pruebas en el área de aerodinámica para una futura creación de un laboratorio, la evolución tecnológica de los motores en los vehículos da como resultado altas velocidades produciendo inestabilidad al momento de la conducción, por ello la necesidad de emplear elementos aerodinámicos para producir mayor estabilidad.

Una vez conseguido el diseño y efectuando los ensayos en el banco de pruebas se procede a realizar las pruebas necesarias para verificar que el funcionamiento sea correcto.

## **1.6. OBJETIVOS DE LA TESIS**

### **1.6.1. Objetivo General**

- Optimizar el diseño aerodinámico de las camionetas Nissan Frontier, mediante análisis dimensional y comprobación experimental.

### **1.6.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Establecer un método para determinar la aerodinámica mediante análisis dimensional.
- Determinar el rendimiento económico.
- Determinar la influencia del aerodinamismo sobre la demanda de potencia de motor.
- Establecer la relación que hay entre el aerodinamismo y el consumo de combustible.
- Plantear un nuevo modelo para optimizar la aerodinámica de la superficie frontal de las camionetas Nissan Frontier.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

Existen estudios aislados que tratan sobre el aerodinamismo y sobre la relación que existe entre la velocidad y los gastos que ocasionan, siendo el principal elemento el consumo de combustible.

A través del siguiente estado del arte podemos describir los antecedentes.

**CHUDACOV D.A., Fundamentos de la Teoría y el cálculo de automóviles y tractores, editorial Mir, Moscú, 1977.**

En el tema fuerzas de resistencia a la marcha, hace mención a la resistencia del aire y sostiene que está compuesta de tres elementos, considerando como principal la resistencia de la superficie frontal del vehículo.

También formula la fuerza de resistencia del aire:

$$F_w = \frac{K_w F V^2}{13}, \text{ Kgf}$$

Esta fórmula demuestra la dependencia cuadrática que tiene la fuerza de resistencia del aire de la velocidad.

También plantea a una metodología para determinar la velocidad de crucero, a través de la característica conjugada motor- vehículo, en el que el grado de carga y el consumo específico de combustible juegan un rol preponderante, porque a través de ella se puede determinar el régimen ideal de los vehículos.

Asimismo, formula la ecuación que permite calcular la potencia del motor (Ne) y el consumo de combustible (Q).

$$Ne = \frac{[\Psi G_{tot} + F_w]V}{270\eta_{tr}} , CV$$

$$Q = \frac{geNe}{10\delta V} , \text{ lit/100km}$$

Donde:

$\Psi$ : Coeficiente de resistencia del camino

$\eta_{tr}$ : Rendimiento de la transmisión

$\delta$ : Densidad del combustible, kg/lit

$G_{tot}$ - Peso total, kg

$F_w$ : fuerza de resistencia del aire, kgf

$V$ : velocidad, km/h

$ge$ : consumo específico de combustible, gr/CV-h

La información proporcionada por CHUDACOV D.A. es de vital importancia dado que permite hacer cálculos facilitando de manera objetiva el análisis correspondiente.

**En la Tesis de RUIZ, Hugo y CURICUMA, Ángel (2013, p.15). “DISEÑO Y COSTRUCCION DE UN TUNEL DE VIENTO PARA PRUEBAS AERODINAMICAS EN VEHICULOS PARA LA ESCULA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ”**

Tiene como objetivo conocer la interacción entre el vehículo y el flujo del aire, lo cual nos lleva a diseñar y construir un túnel de viento para pruebas aerodinámicas, por la que la principal motivación fue crear el primer Banco de Pruebas en el área de aerodinámica, para una futura creación de un laboratorio del mismo en la escuela de Ingeniería Automotriz de la EAPOCH.

La evolución tecnológica de los motores en los vehículos da como resultado altas velocidades produciendo inestabilidad al momento de la conducción, por ello la necesidad de emplear elementos aerodinámicos para producir mayor efecto suelo (sustentación negativa), y lograr que la conducción del automotor sea segura y estable. Para iniciar el desarrollo de la investigación se procede a realizar los cálculos pertinentes para el diseño, dimensionamiento, selección de materiales y construcción de cada una de la secciones que conforma el túnel de viento, una vez conseguido el diseño y la construcción del Banco de Pruebas se procede a realizar las pruebas necesarias para verificar que el funcionamiento sea correcto, además de obtener resultados de los diferentes modelos de prueba a distintas velocidades para que podamos conseguir las conclusiones definitivas. El diseño y la construcción del túnel de viento permite tener una herramienta interactiva que facilita el estudio y la comprensión del comportamiento aerodinámico en el campo automotriz como también se pudo afianzar los conocimientos impartidos en las materias relacionadas al tema, recomendando que antes de realizar cualquiera de la pruebas en el Banco Aerodinámico se lea

el manual para informarse de cómo es su funcionamiento para que su manejo sea el correcto para poder obtener los mejores resultados.

**En la Tesis de MORA, Erick Fabricio (2016, p.13). “ESTUDIO PARA ESTABLECER LOS PARÁMETROS AERODINÁMICOS EN UN VEHÍCULO, QUE SE DEBERÍAN APLICAR EN LA ESTRUCTURA O COMPACTO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE”**

En la actualidad los ingenieros y proyectistas del sector del automovilismo están enfocados en desarrollar diseños más eficientes en cuanto consumo de combustible. Puesto que es perentorio la protección del medio ambiente mediante la disminución de los gases de efecto invernadero que emanan de las actividades de trasportación automotor. Además, que los precios de los combustibles que demandan estos vehículos son cada vez más exigentes. Por estas razones, este Trabajo de Investigación indica las ventajas en cuanto a consumo de combustible que acarrearía un eficiente diseño aerodinámico de los automóviles tipo ligeros, ya que estos son los que más se comercializan y por ende los que más existen en operación. El estudio aerodinámico no deja de ser una aplicación teórica sobre un modelo físico. Dar a entender al público, por qué tiene tanta importancia tal estudio realizado sobre el parque móvil, sobre el ahorro de energético que proporciona el estudio aerodinámico y lo que cuesta proveer un modelo de calle don dicha tecnología y estudio. Explicar cómo a consecuencia directa de la aerodinámica un vehículo se ve envuelto en una serie de cambios, a su vez en la mayoría de caso más atractivos y llamativos estéticamente y que están ahí con un propósito, no solo meramente estético. Dar a entender porque una mala utilización y aplicación de elementos aerodinámicos por parte de los usuarios pueden afectar al rendimiento del vehículo. El presente

trabajo logra establecer los parámetros aerodinámicos en un vehículo, que se deberían aplicar en la estructura para mejorar la eficiencia en el consumo de combustible, mediante el empleo de modelación asistida por computadora. Empleando reconocido software como el Inventor y el ANSYS. Concluyendo las mejoras en las características estructurales de un automóvil ligero puede llegar a mejorar el rendimiento aerodinámico de estos, con la importante eficiencia energética en cuanto a consumo de combustible que esto conlleva.

### **FRANCISCO UGARTE PALACIN, Mecánica de fluidos II, Lima-peru-1991**

Hace una descripción diáfana sobre la similaridad y plantea los fundamentos y requerimientos para un adecuado análisis dimensional. Asimismo, establece las ventajas de ensayar modelos, frente a ensayos de prototipos.

En el aporte ha sido valioso para poder plantear la metodología de la investigación en la parte aerodinámica.

## **2.2. DESARROLLO DE LA TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA DESARROLLADO**

Para la realización del presente Proyecto de Investigación se pretende utilizar teorías estrechamente relacionadas al Aerodinamismo, los cuales nos van a ayudar a entender y evaluar adecuadamente la situación en la que se encuentran las camionetas relacionadas a teorías aerodinámicas, teoría de Bernoulli número de Reynolds, numero Euler, flujo laminar, flujo turbulento, capa limite, principios y leyes de la aerodinámica de los vehículos y otras teorías que permitirán efectuar el análisis.



### **2.2.1. AERODINAMISMO**

Es la facilidad con que penetra al aire un vehículo.

Visto desde el plano de la investigación sería el estudio de la interacción entre el fluido y el vehículo, durante su desplazamiento.

### **2.2.2. TIPOS DE FLUJO**

#### **FLUJO LAMINAR.**

A valores bajos de flujo másico, cuando el flujo del líquido dentro de la tubería es laminar, se utiliza la ecuación demostrada en clase para calcular el perfil de velocidad (Ecuación de velocidad en función del radio). El flujo laminar se caracteriza y compara con placas homogéneas que se desplazan de manera paralela.

En el cual el fluido se mueve en láminas paralelas y se da en superficies que no tienen cambio de sección.

#### **FLUJO TURBULENTO.**

Cuando el flujo másico en una tubería aumenta hasta valores del número de Reynolds superiores a 2100 el flujo dentro de la tubería se vuelve errático y se produce la mezcla transversal del líquido. La intensidad de dicha mezcla aumenta conforme aumenta el número de Reynolds desde 4000 hasta 10 000.

A valores superiores del Número de Reynolds la turbulencia está totalmente desarrollada, de tal manera que el perfil de velocidad es prácticamente plano, siendo la velocidad media del flujo aproximadamente 0,8 veces la velocidad máxima.

Se da cuando las trayectorias de las láminas se cruzan caóticamente y se da cuando el fluido atraviesa por superficies con cambio de sección.

Los vehículos cualquiera fuera su forma y tipo siempre generaran turbulencia por los que la ingeniera trabaja en la disminución de esta.

### Diferencias entre los flujos

Sustancialmente la diferencia entre el flujo laminar y el flujo turbulento la establece el número de Reynolds, en el sentido que si  $RE > 3,000$  se considera como flujo turbulento.

Otra forma de establecer diferencias es observando el comportamiento de la velocidad del flujo en función del tiempo, tal como se puede observar en el siguiente gráfico.

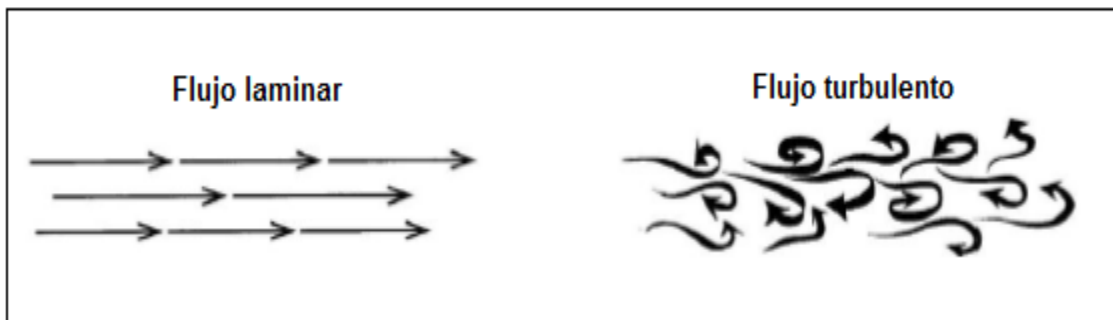


Figura 1. Diferencia entre flujos

Fuente: dinámica de fluidos.

### Por otro lado

- **En un flujo laminar**, el esfuerzo cortante se relaciona con el gradiente de velocidad mediante la ley de viscosidad de newton
- **Para un flujo turbulento**, la direccionalidad de las velocidades en tres ejes con esfuerzos cortantes variados por lo que no existe una relación universal para analizar el comportamiento de este tipo de flujo.

## Túnel de viento

Para saber si un vehículo es aerodinámico se simula su situación real en un túnel aerodinámico compuesta por un ventilador que genera distintas corrientes de aire a distintas velocidades, en las que en vez de moverse el vehículo se mueve el aire contra el vehículo. Normalmente se le unen tiras de lana en puntos clave de la superficie del móvil, sea una maqueta de un avión, un automóvil, una bicicleta, etcétera. A veces se utiliza un humo que ha sido coloreado mezclado con el aire para poder observar las turbulencias de una forma más clara. Las turbulencias dejan patente las distintas presiones que se generan por las corrientes de aire, a veces estos datos son registrados por dispositivos electrónicos que interpreta un ordenador obteniendo tablas del perfil aerodinámico. El túnel de viento consta de un colector por el que se acelera el aire de forma progresiva mediante potentes ventiladores, un dispositivo de telas metálicas para reducir las turbulencias del aire, una cámara de medición que propicia que el aire se genere en condiciones estables y un difusor en la salida de la cámara de medición para reducir la velocidad de salida del aire.

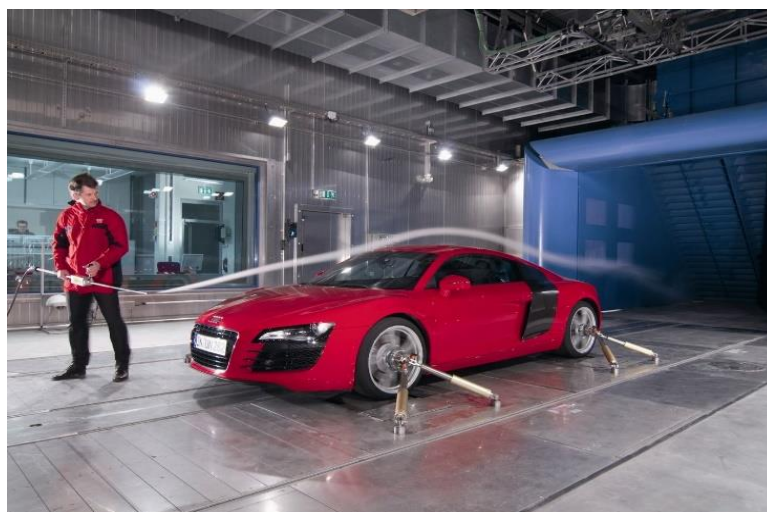


Figura 2. Túnel de viento

Fuente: Aerodinámica en autos

## Túnel aerodinámico

Es un banco de ensayos en el que se mide la Fuerza de Resistencia Aerodinámica.

Los túneles aerodinámicos se clasifican en función de varios aspectos los cuales son:

- **Por la circulación del aire en su interior**

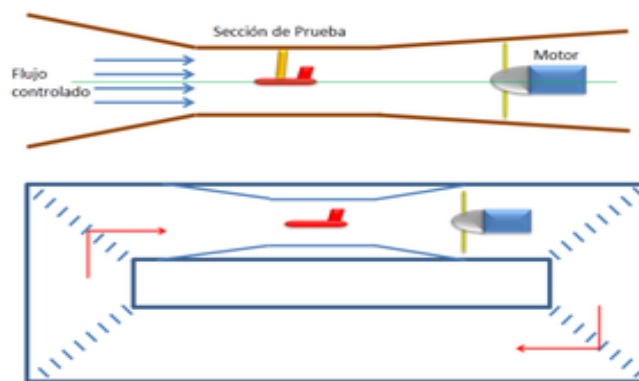


Figura 3. Circulación del aire (túnel de aerodinámico)

Fuente: Libro de Dinámica de fluidos

Aquí se ve un túnel abierto y uno cerrado.

- **Abierto.**
- **Cerrado.**

**Abierto:** se toma el aire directamente de la atmósfera y después de hacerlo pasar por la cámara de ensayo se devuelve nuevamente a ella.

**Cerrado:** el aire circula varias veces por la cámara, recuperando por medio de un difusor su energía fluida, antes de llegar de nuevo a la zona donde se encuentra instalado el difusor.

- Por la velocidad del flujo en su interior







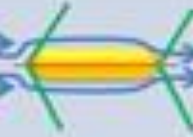





Régimen de Velocidad	Flujo Típico (Modelo)	Sección de Entrada	Ratio de Compresión	Motor o sistemas de motor
Subsónico ( $M = 0 - 0.7$ )			1.0+	
Transónico ( $M = 0.7 - 1.2$ )			1.1	
Supersónico ( $M = 1.2 - 5$ )			2 ( $M = 2$ )	
Hipersónico ( $M > 5$ )			20 ( $M = 5$ )	

Figura 4. Velocidad de flujos en su interior

Fuente: dinámica de fluidos (Velocidad de flujos en su interior).

Tipos de túneles aerodinámicos por la velocidad

- Subsónico.
- Transónico.
- Supersónico.
- Hipersónico

### **2.2.3. CAPA LÍMITE**

Desde el inicio del estudio de los flujos se han creado varias hipótesis y fórmulas como las ecuaciones de Navier- Stokes que determinan la cantidad de movimiento.

Capa limite es la zona adyacente a un contorno sólido, en donde los efectos viscosos resultan importantes.

La capa limite mayormente se aplica a fluidos viscosos, pero se puede aplicar a estudios aerodinámicos con suficiente adecuación.

Si bien el número de Reynolds determina el tipo de flujo, este no es el único indicativo porque hay otros elementos, como:

- El gradiente de presión, que se da acentuadamente en las cabinas de vehículos con bordes reducidos esquinados y en las zonas donde hay cambios bruscos de sección.
- La rugosidad de la superficie, que provoca microturbulencias sobre las superficies.
- Las perturbaciones existentes en la corriente libre, que pueden jugar un rol a favor o en contra, según sea la dirección del desplazamiento.

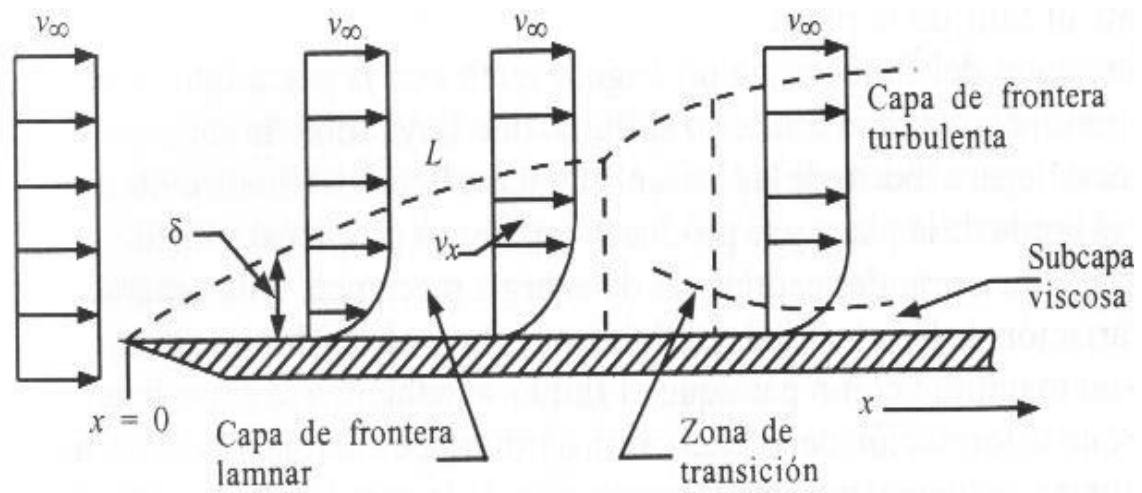


Figura 5. Capa limite

Fuente: Introducción a la mecánica de fluidos II.

#### 2.2.4. PERFIL AERODINÁMICO

Un cuerpo que posee una forma tal que permite aprovechar al máximo las fuerzas originadas por las variaciones de velocidades y presiones de una corriente de aire se denomina perfil aerodinámico.

Si realizamos un ejemplo gráfico tomando dos partículas que se mueven a una velocidad de 90 Km/h, y con una presión de 1 Kg/cm<sup>2</sup>, antes de la perturbación originada por la introducción del perfil aerodinámico. Entre la parte superior del perfil y la línea recta superior horizontal se produce una reducción de espacio, logrando un aumento de la velocidad del aire, mientras que en la parte inferior del perfil el recorrido de las partículas es horizontal, no modificando la corriente del aire. Puede observarse entonces que la partícula (1) aumenta su velocidad a 90,3Km/h (efecto Venturi) y la presión disminuye a 0,7 kg/cm<sup>2</sup> (efecto Bernoulli). La partícula (2) al no verse modificada por el perfil mantiene una velocidad de 90 Km/h y una presión de 1 Kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, se puede observar

que se ha originado una diferencia de presión entre la cara superior y la inferior, obteniendo como resultante una fuerza hacia arriba llamada FUERZA AERODINAMICA (F).

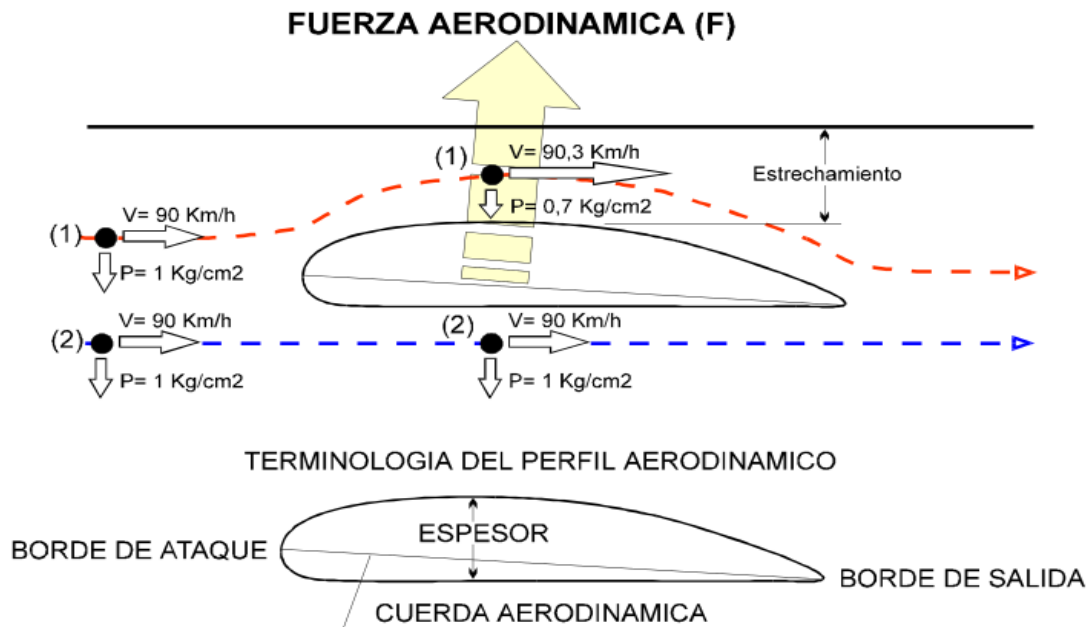


Figura 6. Fuerza aerodinámica

FUENTE: Perfil aerodinámico

### Fuerza de sustentación

Es la fuerza perpendicular a la dirección del movimiento del fluido. En el caso de vehículos solo la fuerza que puede provocar un parachoques aerodinámico es un elemento favorable, porque las otras fuerzas (laterales y superiores de la superficie frontal) son elementos desfavorables. Básicamente la fuerza de sustentación da estabilidad al vehículo, más aún si consideramos que el frontis es simétrico.



## Fuerza de arrastre

Es la fuerza paralela a la dirección del movimiento del vehículo:

$$F_{\text{Arr}} = \frac{1}{2} C_A \rho V^2 A$$

$C_A$ : coeficiente de arrastre

$V$ : velocidad relativa entre el cuerpo y el fluido

$A$ : área proyectada en la dirección del movimiento del cuerpo

$C_A$ : es una función únicamente dependiente del número de Reynolds

Re	CA
$4 \times 10^4$	0.6
$10^3$	0.46
$2.5 \times 10^3$ a $10^4$	0.32
$2.5 \times 10^4$	0.29
$2 \times 10^3$	0.20

Tabla 1

## COEFICIENTE AERODINAMICO

Es una magnitud que expresa el grado de aerodinamismo de un vehículo.

### Fundamentos de aerodinámica

El estudio de la dinámica de fluidos lo clasificaremos en hidrodinámica, aerodinámica y la dinámica de gases. En el presente estudio nos concentraremos en la aerodinámica externa, la cual predice las fuerzas,

momentos sobre cuerpos en movimientos a través de un fluido, que usualmente es aire. Los objetos de análisis en este trabajo es la camioneta Nissan Frontier y su perfil aerodinámico, siendo el perfil un cuerpo geométrico tal que al fluir el aire alrededor del genera una fuerza resultante la cual podemos descomponer en sustentación (fuerza perpendicular al flujo) y resistencia, también conocido como arrastre (fuerza en dirección del flujo).

La turbulencia es un elemento negativo, pero inevitable, está compuesto por 3 factores:

- 1.- La superficie frontal.
- 2.- Los cambios de sección.
- 3.- Las microturbulencias.

#### **2.2.5. PROPIEDADES AERODINÁMICAS**

Las propiedades aerodinámicas principales para el estudio del presente trabajo de investigación son:

- **Presión:** fuerza normal por unidad de área ejercida en una superficie. Se mide en Kg.f/cm<sup>2</sup> o KPa.
- **Densidad:** masa por unidad de volumen. Se mide en Kg/L.
- **Temperatura:** propiedad directamente proporcional a la energía cinética promedio de las moléculas de aire. Se mide en °C u otras escalas.

- **Velocidad del flujo:** propiedad vectorial, tiene magnitud y dirección, puede variar de un punto a otro. Se mide en Km/h o m/s.
- **Línea de corriente:** es el trayecto de un elemento de fluido en su recorrido cuando el flujo es estacionario.
- **Esfuerzo cortante:** es la relación entre la fuerza de fricción de una línea de corriente respecto a otra por unidad de área, donde el área de interés es perpendicular a la línea de corriente.
- **Coeficiente de viscosidad:** es la constante proporcional de la relación entre el esfuerzo cortante y la gradiente de velocidad.

$$\tau = \mu \, dV/dy$$

Cabe resaltar que la viscosidad dinámica es función de la temperatura del fluido, donde para nuestro estudio la temperatura se considera constante, por tanto, no hay cambio en las propiedades del fluido.

## 2.2.6. PROBLEMAS AERODINÁMICOS

Los problemas aerodinámicos de las camionetas son:

- 1.- El cambio de sección en la superficie frontal genera turbulencia.
- 2.- El cambio de sección brusco que se da detrás de la cabina y la turbulencia adicional que se crea por la puerta posterior de la tolva.
- 3.- El incremento de la Resistencia Aerodinámica por que el viento tiene que chocar dos veces.
  - Contra la superficie frontal.
  - Contra la puerta de la tolva.
- 4.- La turbulencia que se origina por la forma plana de la puerta de la tolva.

**La resistencia aerodinámica depende de la velocidad elevada al cuadrado.**



Figura 7

Fuente: Aerodinámica en camionetas

La dependencia cuadrática entre la velocidad y la Fuerza de Resistencia Aerodinámica nos invita a entrar en materia, aunque no es un factor que distinga un coche de otro, sino solo algo importante que debemos entender y que afecta a todos en la medida de la perfección de su diseño aerodinámico. Si multiplicamos la velocidad por dos, la resistencia se multiplica por cuatro. Intuitivamente, alguien podría pensar que la resistencia es sólo lineal (doble velocidad implicaría también doble resistencia) pero resulta que la resistencia aerodinámica se incrementa mucho más deprisa que la velocidad.

La resistencia aerodinámica es proporcional al cuadrado de la velocidad porque si duplicamos la velocidad, el doble de aire golpea el frontal del coche y además lo hace con el doble de fuerza: velocidad x2 implica resistencia x4.

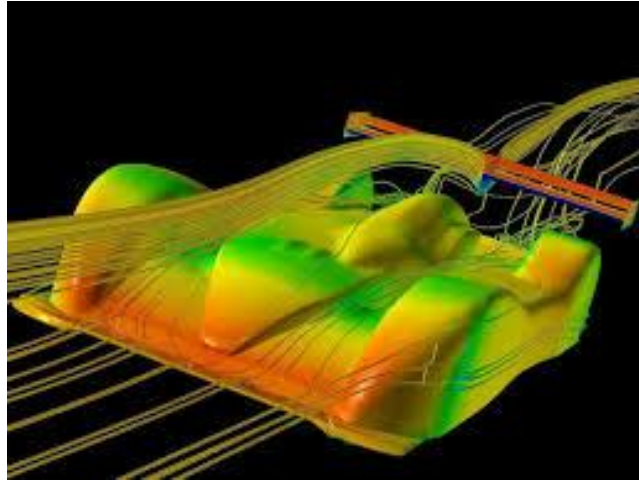


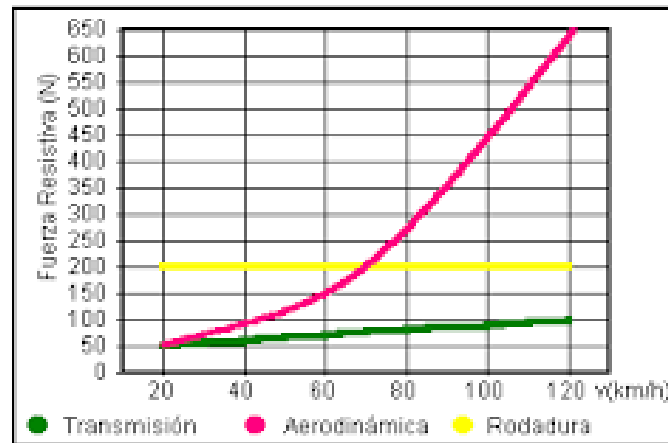
Figura 8

Fuente: Aerodinámica en vehículos de carrera

Pero la cuestión de la velocidad es todavía más importante: la resistencia crece con el cuadrado de la velocidad, pero la potencia necesaria para vencer esa resistencia crece con el cubo de ésta (!!). Esto significa que cuando la velocidad se multiplica por dos, la resistencia lo hace por cuatro y la potencia necesaria por nada menos que ocho.

La potencia necesaria es proporcional al cubo de la velocidad porque si duplicamos la velocidad la fuerza se multiplica x4 (apartado anterior) y esa fuerza se aplica durante el doble de distancia por unidad de tiempo: velocidad x2 implica potencia x8.

Un ejemplo numérico para que más de uno se lleve las manos a la cabeza: para mantener una velocidad constante en un tramo horizontal y sin viento un coche cualquiera podría necesitar las siguientes potencias para vencer exclusivamente se Resistencia Aerodinámica.



Fuerzas que ha de vencer el motor de un vehículo en función de la velocidad del mismo

Figura 9

A	50	km/h	alrededor	de	2	CV
A	100	km/h	alrededor	de	16	CV
A	200	km/h	alrededor	de	128	CV
A	300	km/h	alrededor	de	128	CV

La resistencia a la rodadura y la resistencia mecánica requieren alguna potencia adicional, mucho menor. Si alguien se ha quedado sorprendido de las cifras probablemente es que lo ha entendido bien. Esta es la razón por la que una pequeña diferencia en velocidad (digamos de 110 km/h a 120 km/h) representa una gran diferencia en consumos.

Adicionalmente, la fuerza de resistencia aerodinámica ( $F_w$ ), se determina mediante la siguiente formula.

$$F_w = K_w A V^2 / 13$$

$K_w$ : coeficiente aerodinámico.

A: superficie frontal.

V: velocidad.

En el caso de la camioneta será:

$$F_w = K_w (ASF + APT) V^2 / 13$$

ASF: área de la superficie frontal.

APT: área de la puerta de la tolva.

Por lo que  $F_w$  será mayor.

### 2.2.7. LA RESISTENCIA AERODINÁMICA

**La resistencia aerodinámica depende de la superficie frontal**



Figura 10. Resistencia aerodinámica

La superficie frontal es el área que ocupa el coche visto perfectamente de frente.

En un plano sería el alzado del coche, cuya superficie depende de la altura, la anchura y la forma de ese alzado (incluyendo neumáticos, espejos y todo lo que esté expuesto al aire en el sentido de la marcha). La interpretación de esto es muy sencilla: esta sección frontal es la que va barriendo un volumen de aire por unidad de tiempo cuando el coche se desplaza, y define la masa de aire que deberá apartarse. Es obvio que cuanto más aire se mueva, más trabajo implicará hacerlo.

Traducido a coches reales, los coches grandes en altura y anchura (de nuevo, furgonetas, mono volúmenes y todo terrenos se ven enormemente penalizados, pero no necesariamente los coches largos, que de hecho tienen más oportunidades de hacer fluir el aire suavemente a su alrededor que los muy cortos. Para salvar con éxito este problema, coche bajo y estrecho. La posición de los pasajeros en tándem Renault Twizy, por ejemplo, responde en parte a este principio, aunque también a favorecer la circulación en ciudad y el estacionamiento, claro.

**La resistencia aerodinámica depende del coeficiente de resistencia aerodinámica**

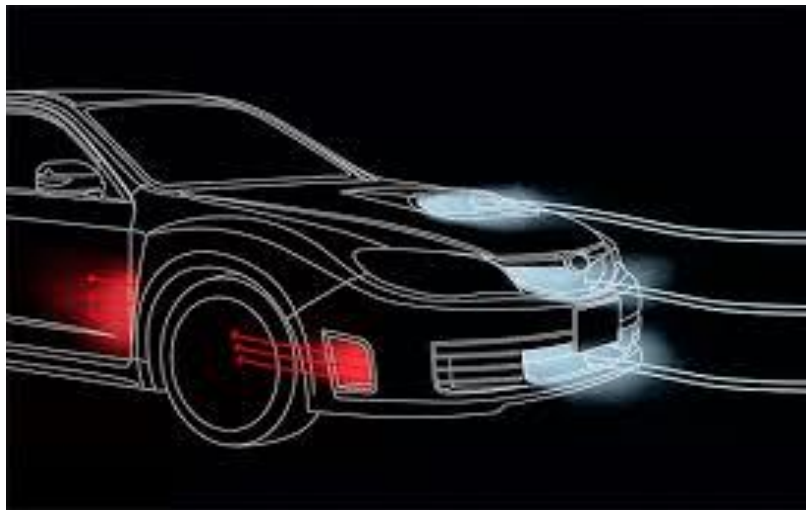


Figura 11. Resistencia aerodinámica depende del coeficiente de resistencia

El coeficiente de resistencia aerodinámica ( $K_w$ ) es un número dimensional (no tiene unidades) que viene determinado casi totalmente por la forma del coche. Lo más importante, al contrario de lo que se podría esperar, es la parte trasera y la forma en que el aire rellena el vacío que el coche deja tras de sí. Cuanto más suaves sean las curvas que tenga que trazar el flujo de aire para rodear el coche, mejor.



La interpretación de este factor es fácil: la forma del coche define la trayectoria que habrá de seguir el aire para bordearlo, es decir, la velocidad y ordenación del aire en sus diferentes trayectorias. Las esquinas angulosas, las traseras truncadas (verticales y planas como en una furgoneta, un mono volumen o un todo terreno y en general cualquier perfil no suave que tenga que recorrer el aire nos penaliza en este aspecto. Es curioso que a día de hoy aún no es posible terminar de desarrollar el aspecto aerodinámico de un coche sin un túnel de viento en el que realizar pruebas reales, pero lo cierto es que la simulación por ordenador todavía no ha llegado a ese nivel de perfección, tal es la naturaleza caprichosa del aire en movimiento. Con respecto al coeficiente en sí, representa la comparación con una plancha cuadrada de aristas vivas cuyo coeficiente  $K_w$  sería igual a 1. Quiere esto decir que la resistencia ofrecida por un vehículo por causa de su forma con  $K_w = 0,5$  sería la mitad que la de la mencionada plancha rígida, y así sucesivamente.

### **Análisis dimensional**

La simulación de modelos es una alternativa interesante para estudiar fenómenos físicos como la interacción que hay entre la fuerza del aire y la superficie frontal.

#### **Ventajas y selección de parámetros**

El análisis dimensional tiene las siguientes ventajas:

- Nos permite estudiar y planificar los experimentos y teorías que los fundamentan.
- Nos permite seleccionar las variables que son la mayor relevancia.

- Proporciona las leyes de escala que relacionan los fenómenos que ocurren con el modelo con los que suceden con el prototipo.
- Son mucho menos costosos que los ensayos de los prototipos.

### **Selección de parámetros**

Los parámetros que afectan directamente al fenómeno, son:

La velocidad de desplazamiento,  $V$  [Km/h]

La fuerza de impulsión,  $F$  [Kgf]

El área de la superficie frontal,  $A$  [M<sup>2</sup>]

La viscosidad del aire,  $\mu$  [N-seg/m<sup>2</sup>]

La densidad del aire,  $\delta$  [Kg/m<sup>3</sup>]

### **Semejanza geométrica**

Según esta teoría, los casos más simples de las semejanzas de fenómenos, es la semejanza geométrica. Dos fenómenos (cosas) son geoméricamente semejantes si todas las correspondientes dimensiones lineales que las caracterizan son proporcionales. Los criterios de semejanza geométrica son relaciones entre cualesquier correspondientes dimensiones lineales. En los fenómenos geoméricamente semejantes, todos los criterios homónimos de semejanza geométrica son iguales.

### **Semejanza cinemática**

Dos fenómenos son cinemáticamente semejantes si con la semejanza geométrica, tiene lugar al mismo tiempo, proporcionalidad y orientación igual de los vectores de velocidad en todos los puntos adecuados. Los criterios

principales de semejanza cinemática son ángulos que determinan la posición de un cuerpo respecto al vector velocidad de la corriente libre.

### **Semejanza dinámica**

Dos fenómenos son dinámicamente semejantes si con la semejanza cinemática tiene lugar la proporcionalidad y orientación igual de los vectores fuerzas en todos los puntos adecuados de dichos fenómenos. Hablando en rigor, la semejanza dinámica se consigue solo si tiene lugar la semejanza completa de fenómenos cuando todas las magnitudes físicas similares son iguales en todos los puntos correspondientes. Para obtener en la práctica la similitud de fenómenos aerodinámicos basta lograr la proporcionalidad de las fuerzas de rozamiento y presión lo que simplifica mucho este problema.

### **NUMERO DE REYNOLDS**

Reynolds (1874) estudió las características de flujo de los fluidos inyectando un trazador dentro de un líquido que fluía por una tubería. A velocidades bajas del líquido, el trazador se mueve linealmente en la dirección axial. Sin embargo, a mayores velocidades, las líneas del flujo del fluido se desorganizan y el trazador se dispersa rápidamente después de su inyección en el líquido. El flujo lineal se denomina Laminar y el flujo errático obtenido a mayores velocidades del líquido se denomina Turbulento

Las características que condicionan el flujo laminar dependen de las propiedades del líquido y de las dimensiones del flujo. Conforme aumenta el flujo másico aumenta las fuerzas del momento o inercia, las cuales son contrarrestadas por la por la fricción o fuerzas viscosas dentro del líquido que fluye. Cuando

estas fuerzas opuestas alcanzan un cierto equilibrio se producen cambios en las características del flujo. En base a los experimentos realizados por Reynolds en 1874 se concluyó que las fuerzas del momento son función de la densidad, del diámetro de la tubería y de la velocidad media. Además, la fricción o fuerza viscosa depende de la viscosidad del líquido. Según dicho análisis, el Número de Reynolds se definió como la relación existente entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas (o de rozamiento).

$$N_{Re} = \frac{\text{Fuerzas--Inerciales}}{\text{Fuerzas--viscosas}} = \frac{\rho DV}{\mu}$$

Este número es adimensional y puede utilizarse para definir las características del flujo dentro de una tubería.

El número de Reynolds proporciona una indicación de la pérdida de energía causada por efectos viscosos.

Observando la ecuación anterior, cuando las fuerzas viscosas tienen un efecto dominante en la pérdida de energía, el número de Reynolds es pequeño y el flujo se encuentra en el régimen laminar. Si el Número de Reynolds es 2100 o menor el flujo será laminar. Un número de Reynolds mayor de 10 000 indican que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía y el flujo es turbulento.

### **Numero de Euler (Eu)**

El número de Euler caracteriza la relación entre la fuerza de presión y la fuerza de inercia.

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho V^2}$$

Donde:

$\Delta P$ : Presión local, menos la corriente libre, Kg/M<sup>2</sup>

V: velocidad del flujo, M/seg

### **Peso del modelo**

El peso del modelo influye sobre los ensayos aerodinámicos pues, un modelo extremadamente pesado dificulta el desplazamiento, cuando es sometido a la acción de la fuerza del viento proveniente del ventilador.

Para determinar el peso del modelo primero debe medirse la fuerza del viento sobre un modelo extremadamente ligero, pero con la superficie frontal del modelo, también ligera.

La relación entre la fuerza de impulsión de las ruedas y el peso del prototipo puede sustituirse por la fuerza de impulsión del viento al modelo sobre su peso, con aceptable aproximación.

Para el prototipo:

$$X_r/G_r = \varphi$$

$X_r$ : fuerza de impulsión, Kg

$G_r$ : peso sobre la rueda motriz, Kg

$\varphi$ : coeficiente de fricción

Para el modelo

$$F_{imp}/G_d = \varphi$$

$F_{imp}$ : fuerza de impulsión del viento, Kg

$G_d$ : peso sobre la rueda delantera, Kg

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO**

### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

**Tipo:** experimental

**Diseño:** mediante análisis y posterior comprobación experimental.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

**Población:** Vehículos.

**Muestra:** Camioneta.

### **3.3. HIPÓTESIS**

Si determinamos las fallas que pueda haber en el aerodinamismo de las camionetas, podemos eliminarlas o disminuirlas y luego comprobado su eficiencia.

### 3.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Técnicas
<b>Variable dependiente:</b> <b>AERODINAMICA</b>	La aerodinámica es la ciencia que estudia el movimiento del aire y su interacción con aquellos objetos que se mueven y que generan con su desplazamiento que el aire del ambiente entre en circulación.	Mediante el funcionamiento y desarrollo del análisis de aerodinámica se realizará una evolución de las fuerzas de resistencia.	Fuerza de resistencia aerodinámica, $F_w$ Velocidad, $V$ Peso total, $G_{tot}$	Medición lineal  Velocímetro Balanza

<b>Variable independiente:</b>  CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE	El consumo específico indica la eficiencia que tiene un motor para transformar carburante en energía mecánica, y se expresa como la cantidad de carburante que hay que consumir (en gramos) para obtener una determinada potencia en kilovatios (kW), durante una hora (g/kW-h).	Es la cantidad de combustible que necesita un motor para suministrar una determinada unidad de potencia por unidad de tiempo. El consumo específico es una forma de expresar el rendimiento del motor, en el sentido que relaciona consumo con prestaciones.	Potencia, Ne  Consumo de combustible, Q  Velocidad, V  Densidad, Kg/L	Calculo  Medición experimental en el tanque de control.  Velocímetro  Densímetro

Tabla 2



### **3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.5.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

En este proyecto se va a utilizar las siguientes técnicas de investigación:

##### **A. Observación**

Mediante esta técnica observaremos la realidad social y económica de la población materia de nuestra investigación.

##### **B. Análisis de Documentos**

Esta técnica nos permite analizar libros, tesis, la normatividad vigente, revistas, etc.

#### **3.5.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los Instrumentos de recolección de datos que se utilizaran en el presente trabajo de investigación son:

##### **A. Ficha de Recolección de Datos.**

Se diseñará una ficha de Recolección de datos para la determinación del consumo de combustible.

##### **B. Guía de análisis de documentos**

Se diseñará una ficha donde se consigne los principales datos de la fuente bibliográfica analizada (Autor, título, edición, páginas consultadas, etc.). Equipos e instrumentos para determinar la fuerza de resistencia del aire y la turbulencia del fluido.

### **3.5.3. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LA FUERZA DE RESISTENCIA AERODINAMICA**

Para determinar la Aerodinámica de un vehículo lo mejor es efectuar ensayos sobre el objeto en estudio, ya sea a una escala 1 a 1 o a la escala que se quiera utilizar.

El túnel Aerodinámico sirve para dos fines:

- Para medir la fuerza de impulsión del aire proveniente del ventilador, mediante el dinamómetro de tracción.
- Para comprobar ensayos anteriores sobre el comportamiento del fluido cuando pasa por las camionetas, para lo cual se instala un generador de humo y un sistema de tubos.

### **3.5.4. PLANTEAMIENTO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE EL AERODINAMISMO Y EL COSUMO DE COMBUSTIBLE**

Para establecer la relación entre la Aerodinámica de la superficie frontal y el Consumo de Combustible inicialmente se debe calcular la demanda de potencia que es igual a:

$$Ne = \left[ \frac{\Psi G_{tot} + F_w}{270 \eta_{tr}} \right] V, CV$$

G<sub>tot</sub>: peso total del vehículo

$$G_{tot} = G_o + G_{cu}$$

G<sub>o</sub>: peso propio(tara)

G<sub>cu</sub>: peso de la carga útil

A su vez:

$$F_w = \frac{K_w A V^2}{13}, kg$$

### 3.5.5. PLANTEAMIENTO PARA MEDIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El coeficiente aerodinámico se determina ensayando la camioneta en un túnel aerodinámico, o ensayando una maqueta, (modelo) pero con cierta aproximación.

Entre la demanda de potencia y el consumo de combustible existe la relación:

$$Ne = \frac{10\delta QV}{ge}, CV$$

$\delta$ : Densidad del combustible, kg/lit

Q: consumo de combustible, lit/100km

Ge: consumo específico de combustible, gr/CV.hr

#### DIAGRAMA DE FLUJO

Es decir, no existe una relación directa entre Aerodinámica (caracterizada por la fuerza de resistencia del aire) y el Consumo de Combustible, pero si se puede establecerla mediante la demanda de potencia.

#### DIAGRAMA DE FLUJO

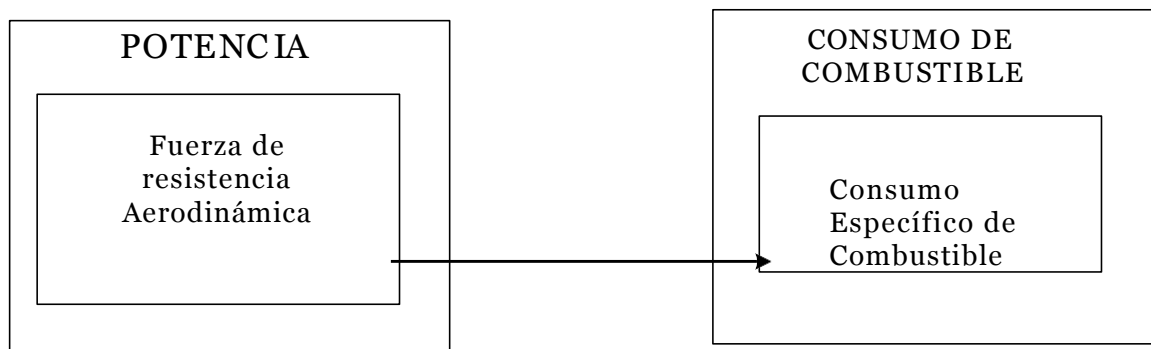


Figura 12. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo nos permite visualizar la relación existente entre el aerodinamismo y el consumo de combustible.

Como se puede observar, lo primero que se determina es la fuerza de resistencia del aire (que es la que mide el aerodinamismo) y finalmente se determina la potencia demandada.

Por otro lado, la mención experimental del consumo de combustible, incluyendo la potencia calculada, más la densidad y velocidad, permitirán calcular el consumo específico de combustible, y será solo un referente de comparación.

### **3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS**

#### **3.6.1. TUNEL AERODINAMICO**

El túnel Aerodinámico, está diseñado para conducir el viento que genera el ventilador. Tiene una entrada de 0.2x0.2 m que es de mayor área que la salida del ventilador, esto con el objetivo de aumentar la succión de aire.

El modelo se ubicará en la zona desarrollada, sin pérdida de velocidad

#### **3.6.2. VENTILADOR CENTRÍFUGO**

Es de 0.48x0.59 m, con una entrada de  $R=0.06$  m y una salida de 0.12x0.12 m. Tiene un motor de 1.0 HP, y 3400 RPM, es capaz de desarrollar una velocidad de viento de 80 km/h que se adapta a la velocidad requerida mediante una válvula.

#### **3.6.3. GENERADOR DE HUMO**

De 0.20x0.37x0.25 m, genera humo para poder inyectarlo al modelo a través de un tubo regulado.

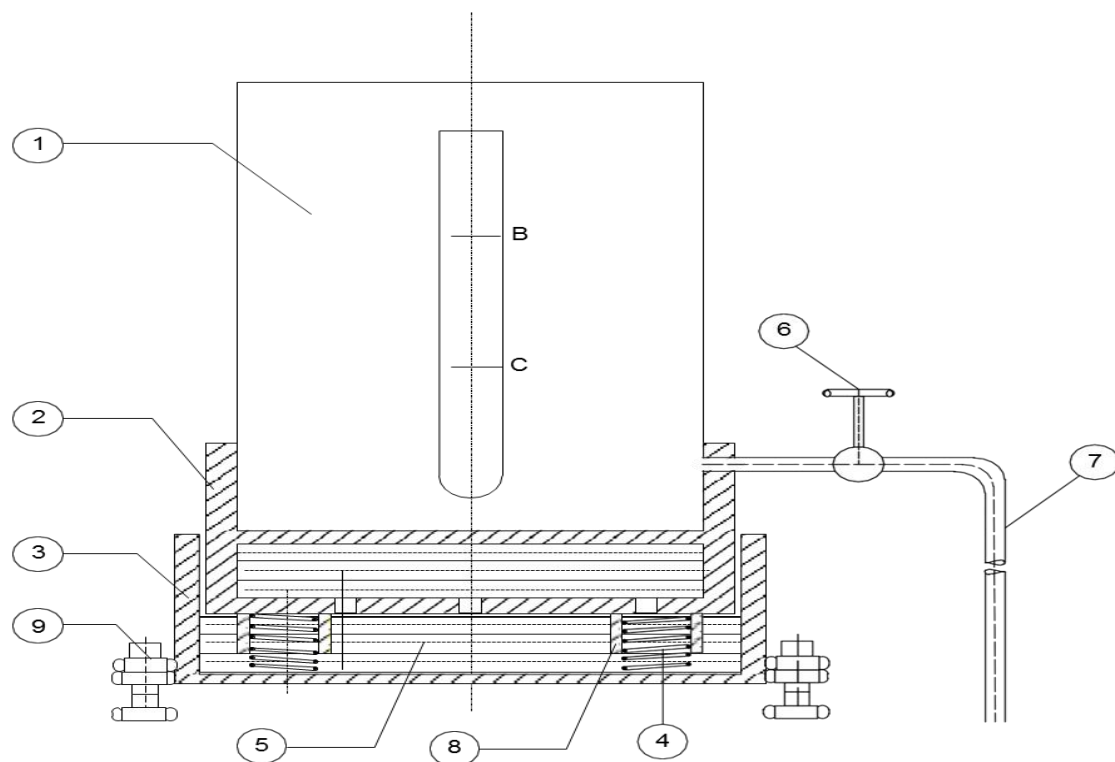
### 3.6.4. MESA PORTATUNEL

Es lo suficientemente espaciosa (3.04x1.22x0.9 m) como para albergar al túnel Aerodinámico y sus accesorios.

### 3.6.5. ANEMOMETRO

Indispensable para medir la velocidad del viento del túnel aerodinámico.

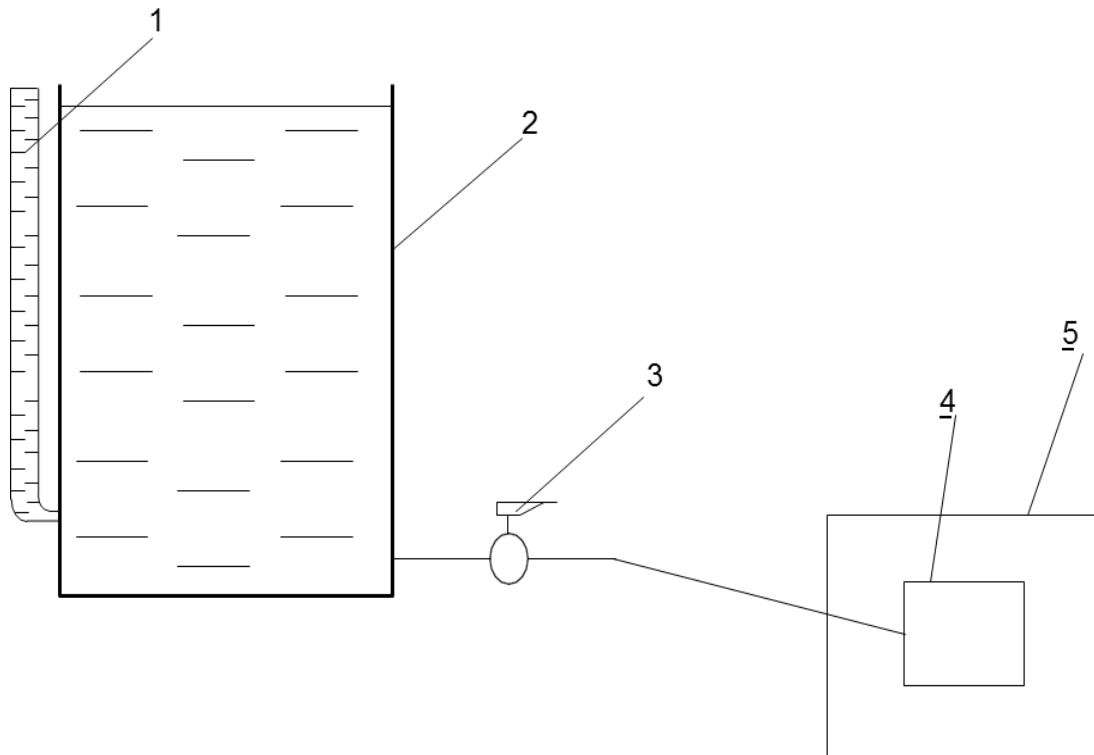
### 3.6.6. EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR EL COSUMO DE COMBUSTIBLE



- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1. Tanque de control | 6. Llave            |
| 2. Soporte           | 7. Manguera         |
| 3. Base              | 8. Guías            |
| 4. Resortes          | 9. Pernos de 1/2"x2 |
| 5. Aceite            |                     |

Figura 13. Equipos para determinar el consumo de combustible

### 3.6.7. EQUIPO DE MEDICION DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE



1. Medidor de nivel
2. Tanque de control
3. Grifo
4. Carburador
5. Motor

Figura 14. Equipos de medición del consumo de combustible

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el análisis de los diferentes datos obtenidos se utilizará la estadística descriptiva y los siguientes programas o software de computadora:

- SolidWorks.

Microsoft Excel.

Una vez hechas las mediciones, y obtenidos los datos se procedió a calcular los parámetros mediante la siguiente hoja de cálculo. Previamente para facilitar el estudio se plantearon los datos iniciales constantes, los mismos que quedan cifrados en el siguiente cuadro:

### **3.7.1. DATOS GENERALES**

**TIPO DE VEHICULO:** Camioneta de doble cabina

**TIPO DE TRACCION:** 4x4

**CAPACIDAD DE CARGA**

Peso bruto: 2,740 Kg

Peso propio: 1,782Kg

Capacidad: 958 Kg

**MOTOR:** Diésel, de 4 cilindros, turbo dimentado, con inyección electrónica.

**MODELO:** YD25DDTi

**POTENCIA MAXIMA:** 98 kw/3600rph

**TRANSMISION:** mecánica de 5 velocidades

## AREA FRONTAL

Alto: 1,720 mm

Ancho: 1,825mm

Área frontal: 3.14 M<sup>2</sup>

N°	DATOS INICIALES CONSTANTES	CANTIDAD	SIMB	UNID
1	Peso total	2,740	Gtot	Kg
2	Velocidad máxima	120	V	Km/h
3	Coeficiente de resistencia del camino	0.04	Ψ	
4	Rendimiento de la transmisión	0.96	η <sub>tr</sub>	
5	Densidad de combustible	0.88	ρ	Kg/lit

Tabla 3

### 3.7.2. CALCULO DE LA FUERZA DE LA RESISTENCIA AERODINAMICA

Se plantea el siguiente procedimiento:

1º: fuerza de resistencia experimental. Esta fuerza es la que se aplica al modelo que se lee a través del dinamómetro de tracción.

$$F_{mod} = 0.55Kgf$$

2º: se calcula el coeficiente aerodinámico del modelo

$$K_w = \frac{13F_{mod}}{A_{mod}V^2} = \frac{13 \times 0.55}{0.00748 \times 80^2} = 0.15$$

3º: se calcula la fuerza de resistencia aerodinámica real, para lo cual se iguala los coeficientes aerodinámicos del modelo del prototipo.



$$Kw_{modelo} = Kw_{prototipo}$$

$$F_w = \frac{K_w A V^2}{13} = \frac{0.15 \times 3.14 \times 80^2}{13} = 231 Kgf$$

### 3.7.3. HOJA DE CÁLCULO

	PARÁMETRO	CAMIONET A NISSAN FRONTIER	UNID
1	<b>FUERZA RESISTENCIA AERODINAMICA</b>	231	Kgf
1.1	<b>Área frontal</b>	3.14	m <sup>2</sup>
1.2	<b>Coeficiente aerodinámico</b> $K_w = 13F_w / AV^2$	0.15	$Kgf \cdot \frac{seg^2}{m^4}$
2	<b>DEMANDA DE POTENCIA DEL MOTOR</b>  Tal como se estableció $G_{tot}$ , $V$ , $\Psi$ y $\eta_{tr}$ son constantes. $Ne = \frac{[\Psi G_{tot} + F_w]V}{270\eta_{tr}}$  $Ne = \frac{[0.04 \times 2,740 + 231]80}{270 \times 0.96}$	105	CV
3	<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>		
3.1	- Sin carga - Con carga  Consumo específico de combustible  $ge = \frac{10\delta QV}{Ne}$  $ge = \frac{10 \times 0.88 \times 18.9 \times 80}{105}$	20(18.9) 17(22.23)	Km/Gl (Lit/100Km)
3.2	Consumo de combustible en 1 año o 200,00km.	126.72  10,000	gr/cv-h  Gl

Tabla 4

Eso quiere decir que la camioneta objeto de estudio tiene problemas que debemos detectar y resolver.

## CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

### 4.1. EVALUACION AERODINAMICA DE LA CAMIONETA NISSAN

#### FRONTIER Y PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

En el capítulo anterior se ha determinado el grado de turbulencia que tiene el aire alrededor de la camioneta ahora, es importante conocer cómo se comporta el alrededor de los vehículos.

Según MERLE C. POTTER y DAVID C. WIGGERT, los vehículos pertenecen a la categoría de aquellos objetos que se desplazan por flujos sumergidos incomprensibles; y dentro de esta categoría, establecen dos subcategorías:

- Flujo alrededor de objetos romos (esquinados)
- Flujo alrededor de objetos aerodinámicos

Los primeros diseños de vehículos fueron romos paradójicamente la preocupación por dotarlos de aerodinámica se inició en vehículos pequeños (autos).

El principal defecto de todas las camionetas es que en la tolva se crea una gran turbulencia, originada por la puerta posterior que se debe agregar a la formula convencional del siguiente modo:

$$F_w = \frac{K_w A V^2}{13}$$

$$F_w = \frac{K_w (A_{fr} + A_{ppt} + A_{pc}) V^2}{13}$$

Donde:

$A_{fr}$ : Área frontal de la camioneta;

$A_{ppt}$ : Área de la puerta posterior de la tolva

$A_{pc}$ : Área posterior de la cabina

## 4.2. EFECTO KOANDA

El efecto koanda se da por la pérdida por succión que se genera en la parte posterior de la tolva. Si inducimos este fenómeno tendríamos una forma definitiva de la fórmula:

$$F_w = \frac{K_w(A_{fr} + A_{ppt} + A_{koanda})V^2}{13}$$

$A_{koanda}$ : área que causa pérdidas por el efecto koanda.

Perdidas por turbulencias creadas en la tolva.

$$A_{koanda} = A_{k1} + A_{k2}$$

$A_{k1}$ : Área detrás de la cabina

$A_{k2}$ : Área de la puerta posterior

Perdidas por turbulencia creadas en la tolva

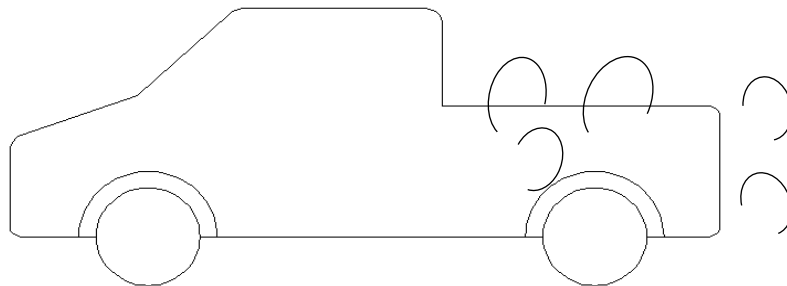


Figura 15. Perdidas por turbulencia en la tolva

Fuente: Dibujo en AutoCAD

Veamos cómo interactúan el fluido y el vehículo.

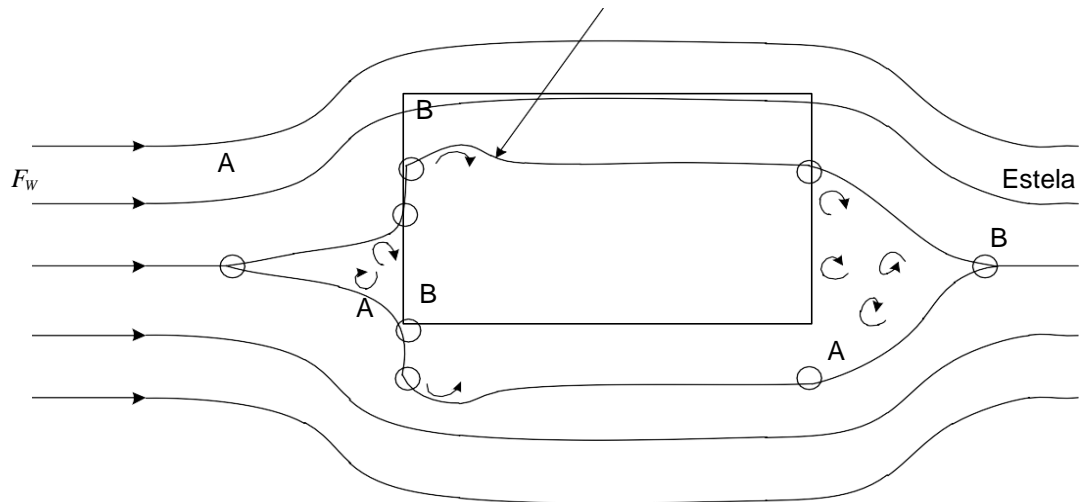


Figura 16. Interacción del fluido y el vehículo

A: Puntos de separación

B: Puntos de readhesión

#### 4.3. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

La propuesta de la investigación reside en que se puede agregar a la tolva dos cubiertos de plástico, para no alterar el paso del vehículo:

- Una sobre la tolva
- Otra a la puerta posterior

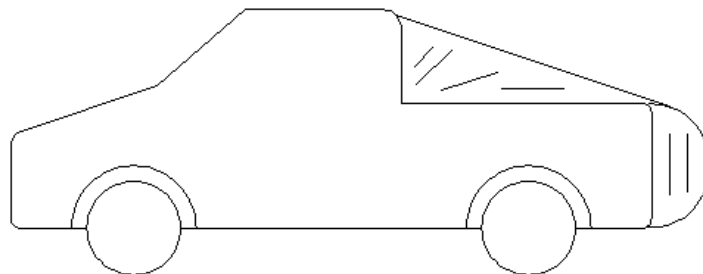


Figura 17. Camioneta con accesorios

Fuente: Dibujo en AutoCAD

Con estos accesorios estaríamos casi eliminando las pérdidas aerodinámicas lo cual se puede demostrar.

## CALCULO DE LA FUERZA DE RESISTENCIA OPTIMIZADO

1º: La fuerza de resistencia experimental del nuevo modelo fue:

$$F_{wnm} = 0.51Kgf$$

2º: Calculando el nuevo coeficiente aerodinámico Kw:

$$K_{wnm} = \frac{13 \times 0.51}{0.00748 \times 80^2} = 0.13$$

3º: calculando la resistencia aerodinámica real del nuevo modelo

$$F_w = \frac{0.13 \times 3.14 \times 80^2}{13} = 200kgf$$

Entonces la demanda de potencia seria

$$N_{enm} = \frac{[\Psi G_{tot} + F_{wnm}]V}{270\eta_{tr}}$$

$$N_e = \frac{[0.04 \times 2,740 + 200]80}{270 \times 0.96} = 95.55CV$$

Siendo la diferencia pequeña (ge) se puede considerar que son iguales, entonces:

$$Q_{actual} = \frac{geN_e}{10\delta V} = \frac{126.72 \times 105}{10 \times 0.88 \times 80} = 18.79 \text{ lit}/100km$$

$$Q_{nm} = \frac{126.72 \times 95.55}{10 \times 0.88 \times 80} = 17.19 \text{ lit}/100km$$

Interpretación final:

El ahorro de combustible será 1.6lit/100km y es decir en 200,000km el ahorro será de 840 Gl.

## **CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS**

La experimentación de los modelos y utilización de la teoría de similitud a través del análisis del análisis dimensional nos ha permitido determinar la fuerza de impulsión del aire hacia el modelo (fuerza experimental) y la fuerza de resistencia del aire real de las camionetas. Asimismo, se calculó el coeficiente aerodinámico y el área frontal con los resultados ya conocidos.

### **CUADRO COMPARATIVO DE PARAMETROS AERODINAMICOS**

<b>PARAMETRO</b>	<b>NISSAN FRONTIER ACTUAL</b>	<b>NISSAN FRONTIER OPTIMIZDO</b>	<b>UNIDAD</b>
Fuerza experimental al modelo	0.55	0.51	Kgf
Fuerza real	231	200	Kgf
Coeficiente Aerodinámico	0.15	0.13	$\text{Kgf} \cdot \frac{\text{seg}^2}{\text{m}^4}$
Area frontal	3.14	3.14	m <sup>2</sup>

Tabla 5

El mayor coeficiente aerodinámico de las camionetas de perfil plano se debe a los siguientes factores:

- Tiene mayor superficie frontal.
- No posee succionadores de aire.

## **INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE FRONTAL SOBRE EL AERODINAMISMO DE LA CAMIONETA.**

El coeficiente aerodinámico hasta el momento obtenido se experimentó sobre la superficie, si solamente se ensayara la superficie frontal.

Para determinar la proporción de la fuerza de Resistencia del aire de la superficie frontal, respecto a la fuerza de resistencia del aire total se ensayaron los modelos en conjunto, es decir, la cabina más la tolva y se compararon ambos resultados.

Las dimensiones del modelo fueron:

### **GEOMETRIA DE LOS MODELOS**

<b>PARAMETRO</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>REAL (mm)</b>	<b>MODELO (mm)</b>
Longitud de la camioneta	L	5,080	205 mm
Altura de la cabina	Ac	1,720	88 mm
Ancho de la cabina	A	1,825	mm

Tabla 6

## **INFLUENCIA DEL AERODINAMISMO SOBRE LA DEMANDA DE POTENCIA**

Para determinar la influencia que tiene la fuerza de resistencia del aire que es la que evalúa el aerodinamismo sobre la demanda de potencia asignaremos un valor K a los parámetros que no tengan que ver con las fuerzas directamente.

$$Ne = \frac{[\Psi G_{tot} + F_w]V}{270\eta_{tr}}$$

Entonces obtenemos:

$$F_{\Psi} + F_w = K$$

$$K = \frac{270 \eta_{tr} N e}{V}$$

$F_{\Psi}$ : fuerza de resistencia del cambio

Asumiendo que K representa el 100% de la demanda de la fuerza tenemos:

$$F_{\Psi} + F_w = 100\%$$

En los casos concretos, considerando  $G_{tot} = 2,740\text{Kg}$  para la camioneta:

$$F_{\Psi} = \Psi G_{tot} = 0.04 \times 2,740 = 109.6$$

$$109.6 + 231 = 100\%$$

$$340.6 = 100\%$$

$$F_{\Psi} = 32\%$$

$$F_w = 68\%$$

Lo que indica que la fuerza de resistencia del aire de la camioneta es influyente.

Como conclusión la fuerza de resistencia del aire constituye cerca del 10% de la demanda de potencia del motor; es decir, si un motor desarrolla 400HP, pierde 40HP en penetrar el aire

**CARACTERISTICAS DE LA RELACION ENTRE LA AERODINAMICA DE LA SUPERFICIE FRONTAL Y EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LA CAMIONETA NISSAN FRONTIER.**



La relación entre la **Aerodinámica** y el consumo de combustible se establece a través de la demanda de Potencia. Para construir la Característica se considerarán por lo menos tres velocidades.

$$F_w = \frac{K_w A V^2}{13}$$

NISSAN FRONTIER	
$K_w = 0.15 \text{ kgf} \cdot \text{seg}^2 / \text{m}^4$	
$A = 3.14 \text{ m}^2$	
$V, \text{ Km} / \text{ h}$	$F_w, \text{ Kg f}$
80	231
90	293
100	362
110	438
120	521

Tabla 7

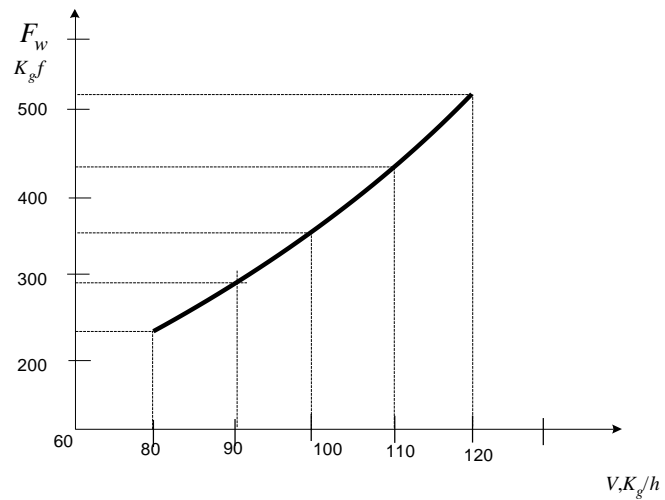


Gráfico 1

Ahora se determina la demanda de potencia que debe ser menor o igual que la potencia del motor.

$$Ne = \frac{[\Psi G_{tot} + F_w]V}{270\eta_{tr}}$$

NISSAN FRONTIER		
$G_{tot} = 2,740 \text{ Kg}$		
$\psi = 0.04$		
$\eta_{tr} = 0.96$		
$V, \text{Km} / h$	$F_w, \text{Kg} f$	$N_e, \text{CV}$
80	231	105
90	293	139
100	362	181
110	438	232
120	521	306

Tabla 8

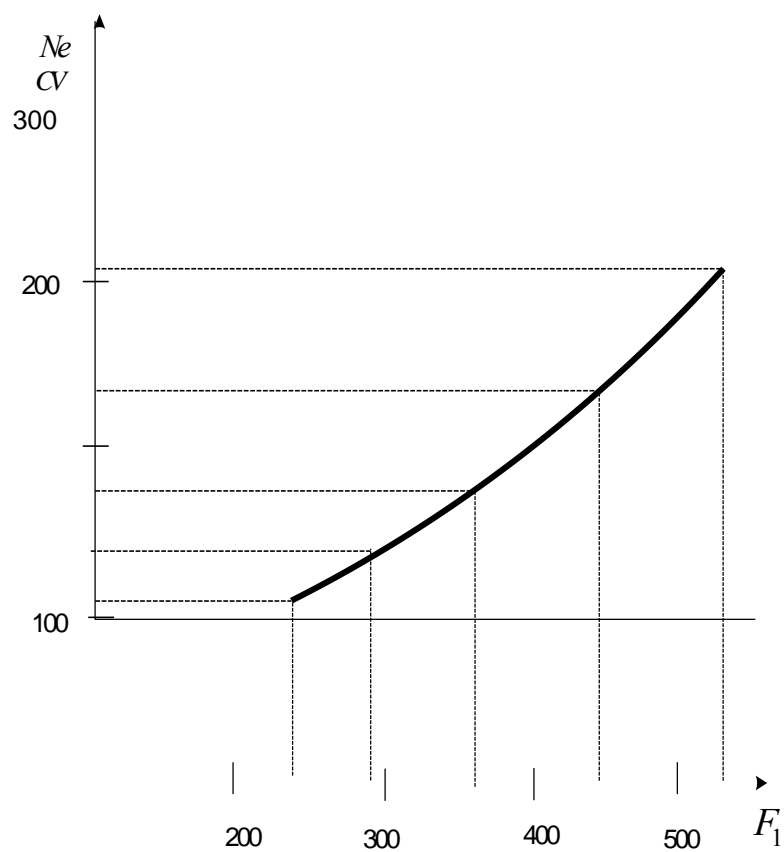


Grafico 2

Finalmente, construiremos la característica aerodinamica

NISSAN FRONTIER				
$ge = \frac{126.72gr}{CV.h}; \delta = 0.88gr/cm^2$				
V	$F_w$	$N_e$	Q	
80	231	105	18.9	
90	293	139	22.24	
100	362	181	26.04	
110	438	232	30.37	
120	521	306	36.69	

Tabla 9

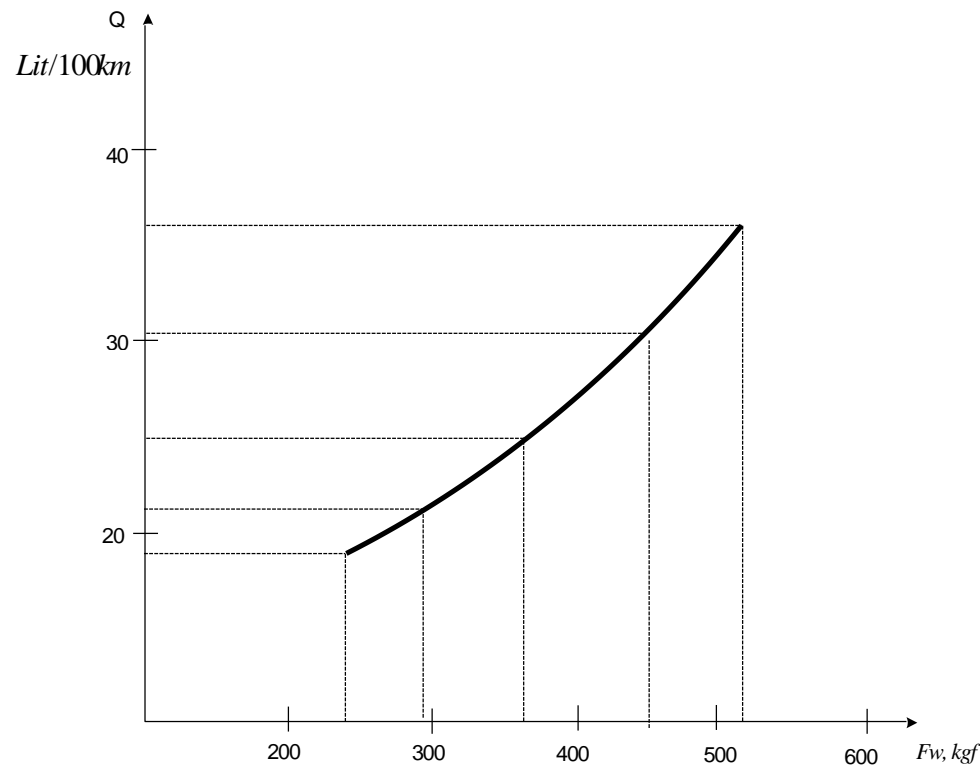


Gráfico 3

## CARACTERÍSTICAS AERODINÁMICA UNIVERSAL

Toda la investigación desarrollada ha permitido construir la característica aerodinámica universal. Es decir, la característica que relaciona las cualidades aerodinámicas con las cualidades económicas, en las que el consumo de combustible juega un rol preponderante.

Estas características involucran en un solo grafico los siguientes parámetros:

- La fuerza de resistencia del aire.
- La demanda de potencia.
- El coeficiente aerodinámico.
- El área de la superficie frontal.
- El consumo de combustible.

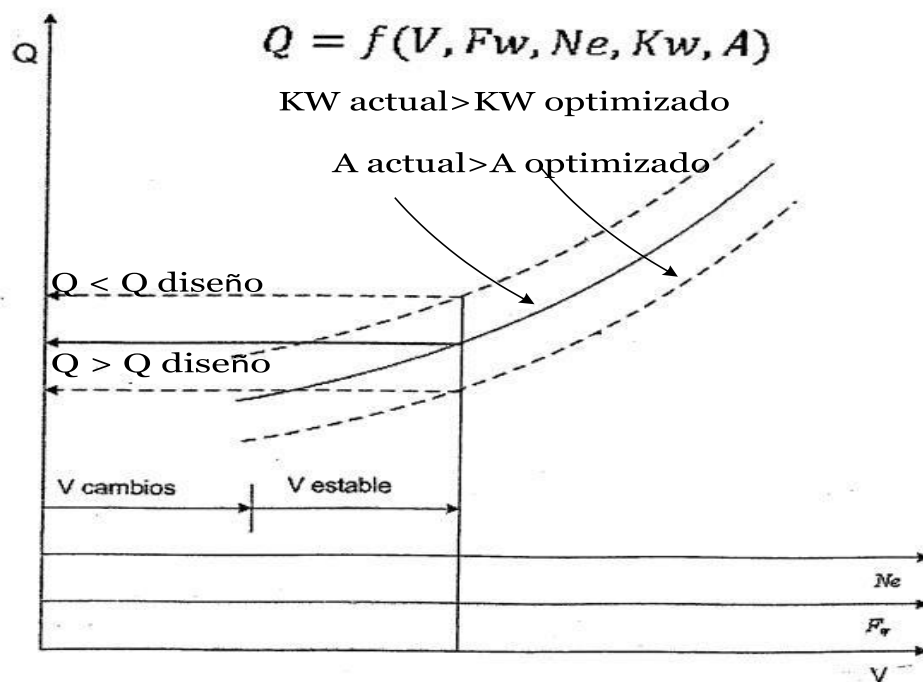


Figura 18. Característica aerodinámica universal

## CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- El análisis Aerodinámico Dimensional ha permitido determinar la fuerza de resistencia Aerodinámica ( $F_w$ ) a través de un método que considera que el coeficiente Aerodinámico ( $K_w$ ) es igual tanto para el modelo como para el prototipo, por lo que  $K_w$  evalúa la forma del vehículo.
- El rendimiento económico de la camioneta bajo las condiciones de:
  - Trayectoria rectilínea, horizontal.
  - a nivel del mar.
  - sin presencias de lluvias y vientos fuertes.
  - velocidad de crucero: 80 Km/hr.

De la camioneta NISSAN FRONTIER su rendimiento económico es de 20 km/gl.

- Se determinó que el factor aerodinámico representa el 60% de la demanda de potencia en el diseño actual, que puede ser reducido.
- partiendo que la fuerza de resistencia aerodinámica depende cuadráticamente de la velocidad de desplazamiento y que esta es parte de la demanda de potencia, más los experimentos realizados a diferentes velocidades resulta que entre el aerodinamismo y el consumo de combustible existe una relación semicuadrática la cual se manifiesta en la característica ergoeconómico.
- habiendo estudiado las fallas aerodinámicas de la camioneta NISSAN FRONTIER, las mismas que se dan en la tolva, se diseñaron los accesorios superior y posterior, plasmado en el Anexo N° 1.

Para comprobar su efectividad se ensayaron los modelos actuales y el propuesto en esta Tesis, habiendo obtenido un  $K_w=0.15$ , frente a un  $K_w=0.13$  del diseño anterior, lo cual permitiría, a través de la disminución de la demanda de potencia, ahorrar 840 GI en 200,000 km de recorrido.

- La relación entre el aerodinamismo de la superficie frontal y el consumo de combustible se establece mediante la demanda de potencia, en el sentido que cuanto mejor es la aerodinámica tanto menor es el consumo de combustible.
- La construcción del túnel aerodinámico, respetando los axiomas de la dinámica de fluidos, permitió hacer los ensayos con pertinencia, obteniendo resultados confiables.
- El túnel aerodinámico utilizado en la investigación permitió no solo determinar el coeficiente aerodinámico de los modelos objetos de estudio, sino permitió determinar de otros tipos de vehículos.
- La explotación de camionetas altamente aerodinámicas representa alta rentabilidad para el usuario y una gran economía para el país y el mundo
- Si se optimiza la aerodinámica podemos obtener los siguientes beneficios:
  - ✓ Bajo la misma demanda de potencia:
    - incrementar la capacidad de carga.
    - incrementar la velocidad.
  - ✓ Manteniendo la capacidad de diseño y la velocidad, disminuir la demanda de potencia del motor, con el consiguiente AHORRO DE COMBUSTIBLE.
  - ✓ Al exigir menos al motor se optimiza la combustión, lo que permite emitir menos gases tóxicos al ambiente.

- El aporte de esta tesis reside en determinar el aerodinamismo mediante un nuevo método. Que puede aportar datos a través de un Banco de pruebas. Con esta información se puede plantear la optimización de los diseños de todos los tipos de vehículos.
- Otro aporte constituye la creación de la característica aerodinámica universal, mediante la cual podemos interrelacionar hasta cinco parámetros, siendo el parámetro final, el consumo de combustible.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que esta investigación se aplique, recurriendo al funcionamiento de organismos turbulentos como consiste u otros.
- El material de la cubierta debe ser de plástico resistente al impacto y a las inclemencias del tiempo, siendo una alternativa el polietileno.
- El proceso de la fabricación de la cubierta debe ser la conformación en caliente.
- En el Perú no existe ningún sistema de control de calidad de los vehículos que se importan, aun menos en el campo de la aerodinámica y la economía de combustible, por lo que recomiendo que no se debe permitir camionetas que tengan bajo rendimiento económico.
- Las camionetas que tienen defectos aerodinámicos deben ser rediseñados colocándoles difusores y otros accesorios, aunque lo mejor sería cambiar toda la superficie frontal.
- El conocimiento del rendimiento económico debe ser utilidad del propietario, a efectos de evitar ser víctima de pillaje.

- El estado de la maquina debe mantenerse a un nivel adecuado, para ello se debe cumplir con el mantenimiento y normas de operación del fabricante.
- Mirando hacia el futuro, la flota automotriz mundial deberá estar integrada solo por vehículos altamente rentables, siendo el aerodinamismo unos de los factores influyentes.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. IGNACIO DA RIVA DE LA CAVADA. Laboratorio de Aerodinámica, E.T.S.I. Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid.
2. JOHN D. ANDERSON, JR. (2010). "Fundamentals of Aerodynamics". Fifth Edition, McGraw-Hill.
3. MARTIN O.L. HANSEN. (2008). "Aerodynamics of Wind Turbines". Segunda edición, Earthscan, Reino Unido.
4. MIGUEL CORTEZ AGUILAR. (2014). "Análisis aerodinámico de la hélice de un aerogenerador tripala de eje horizontal de 3kW mediante simulación numérica". Pontificia Universidad Católica Del Perú.
5. ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ. (2015). "Análisis y simulación fluido dinámica del fenómeno de cavitación en una turbina Francis". Universidad Nacional.  
  
Mayor de San Marcos.
6. TSEITLIN, SOLTS, POPOV, Aerodinámica y Dinámica Del vuelo de las aeronaves, p. 47.
7. VASSILI SAMSONOV. (2006). "Aerodinámica y control de turbinas eólicas". Pontificia Universidad Católica Del Perú.
8. Automotriz, I. (04 de Julio de 2013). AERODINÁMICA DE AUTOS. Obtenido de <http://rjose1994.blogspot.com/2013/07/aerodinamica-de-autos.html>.

## **ANEXOS**

ANEXO 1: Accesorios optimizadores del aerodinamismo.

ANEXO 2: Planos de equipos y accesorios para determinar el aerodinamismo.

ANEXO 3: Planos de las superficies de los modelos para efectuar el Análisis aerodinámico.

ANEXO 4: El cenit de la producción del Diesel 2 y la nueva matriz energética para el automotor.

ANEXO 5: Fotografías de la vista de los modelos.

ANEXO 6: Fotografías de la vista de los equipos.

## **ANEXO 1: ACCESORIOS OPTIMIZADORES DEL AERODINAMISMO**

## ACCESORIOS OPTIMIZADORES DEL AERODINAMISMO

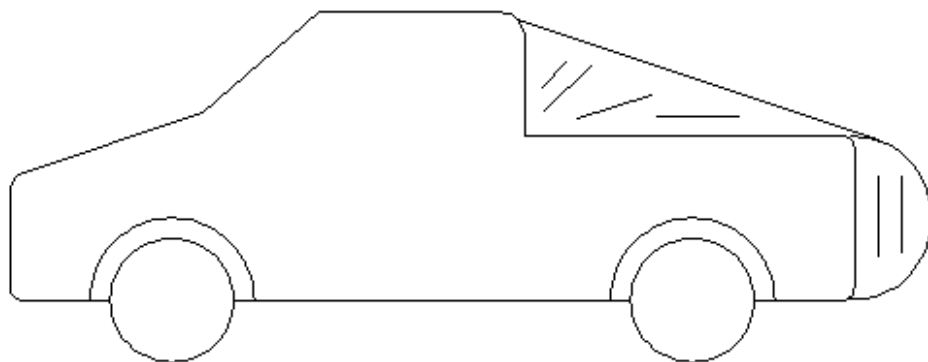
Los accesorios son artefactos opcionales que se instalan para varios fines, siendo el principal de optimizar la aerodinámica.

A pesar que esta tesis esta avocada al estudio del análisis aerodinámico mediante simulación, en este anexo se describirán todos los accesorios que optimizan la aerodinámica de las camionetas.

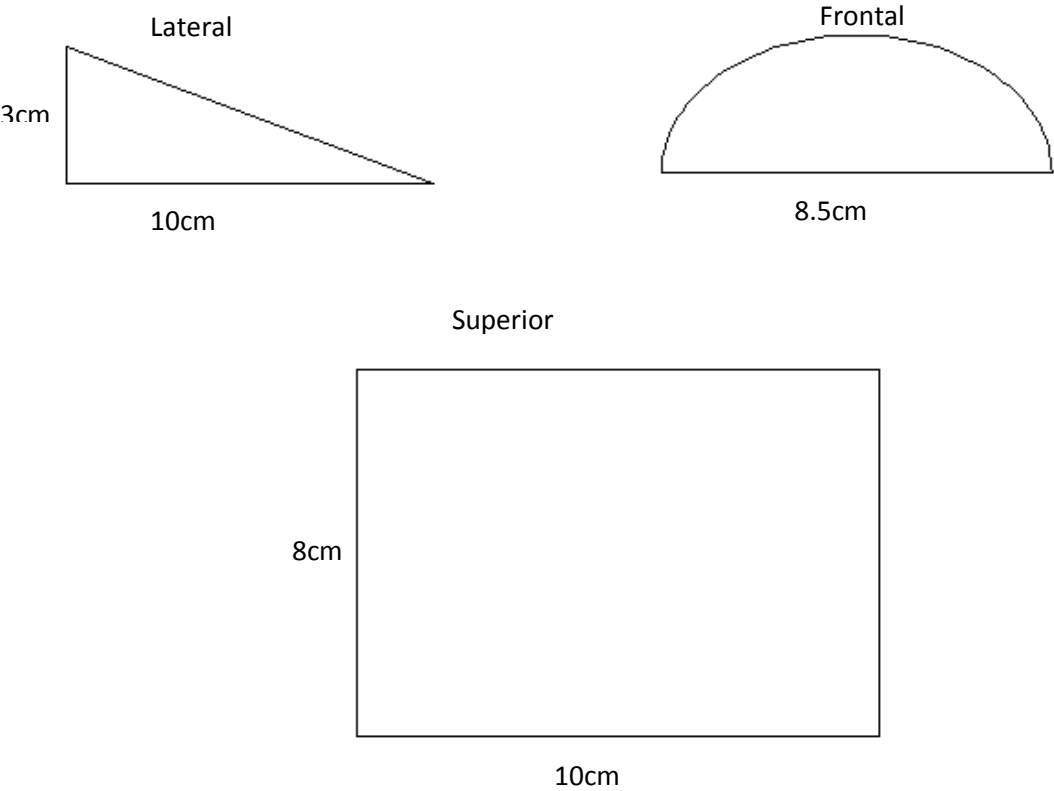
El material de los accesorios para optimizar la aerodinámica debe ser de plástico altamente resistente al impacto y a las inclemencias del tiempo.

Los accesorios serán puestos sobre la tolva de la camioneta y en la parte de atrás de la puerta posterior de la tolva.

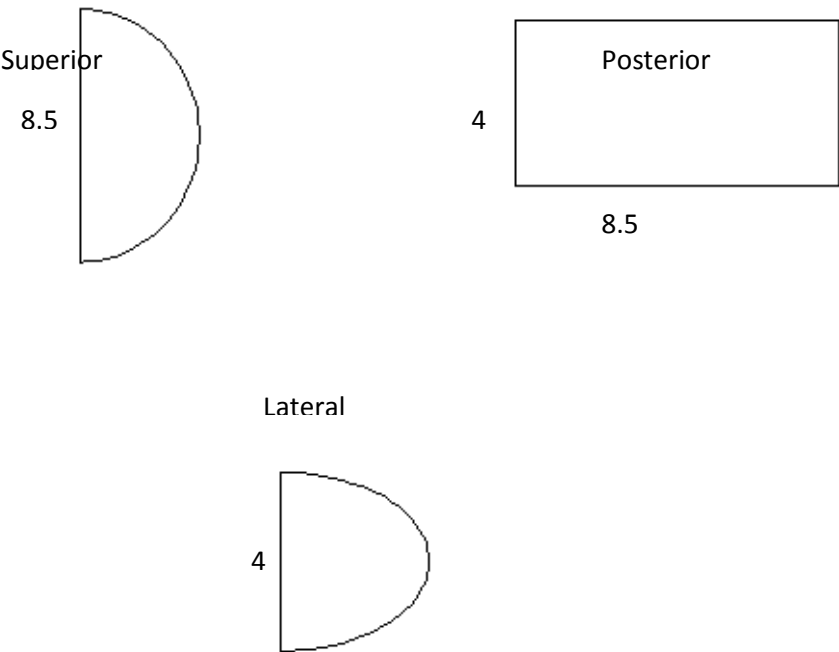
La camioneta con los accesorios se vera de esta manera



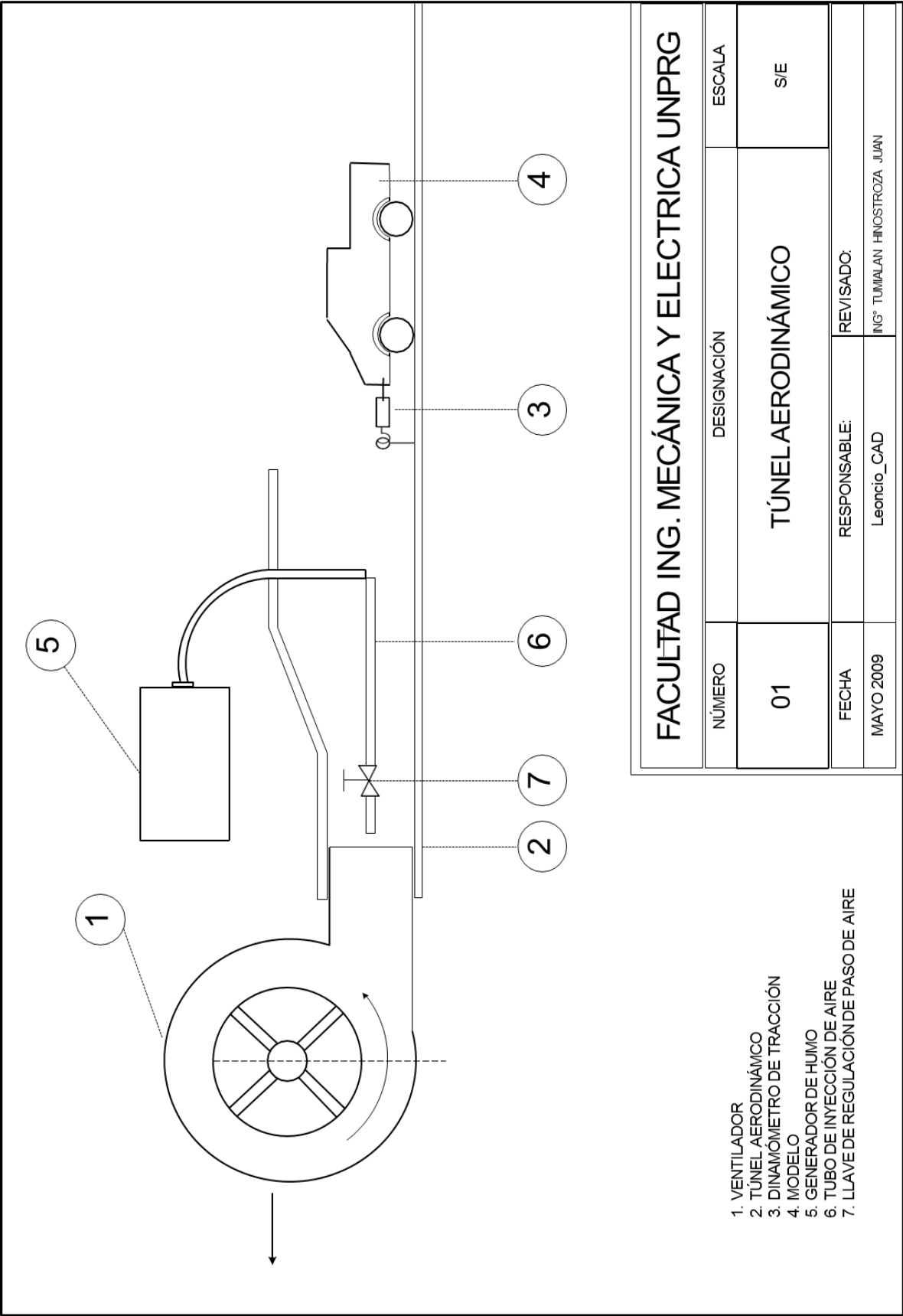
Los accesorios que se ubicaran sobre la tolva



Accesorios que se ubicaran detras de la puerta posterior de la tolva

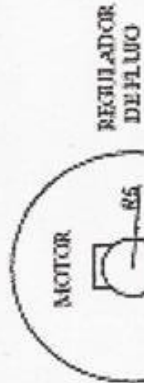


## **ANEXO 2: PLANOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA DETERMINAR EL AERODINAMISMO**

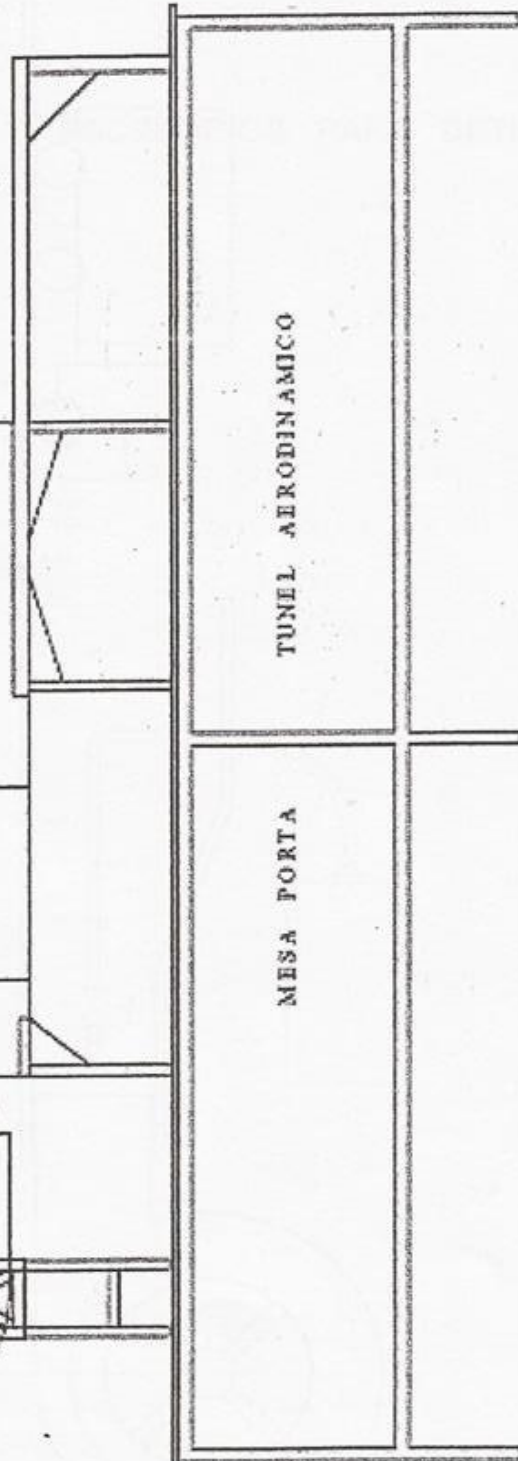


# TUNEL AERODINAMICO

VENTILADOR  
CENTRIFUGO



TUNEL



MESA PORTA

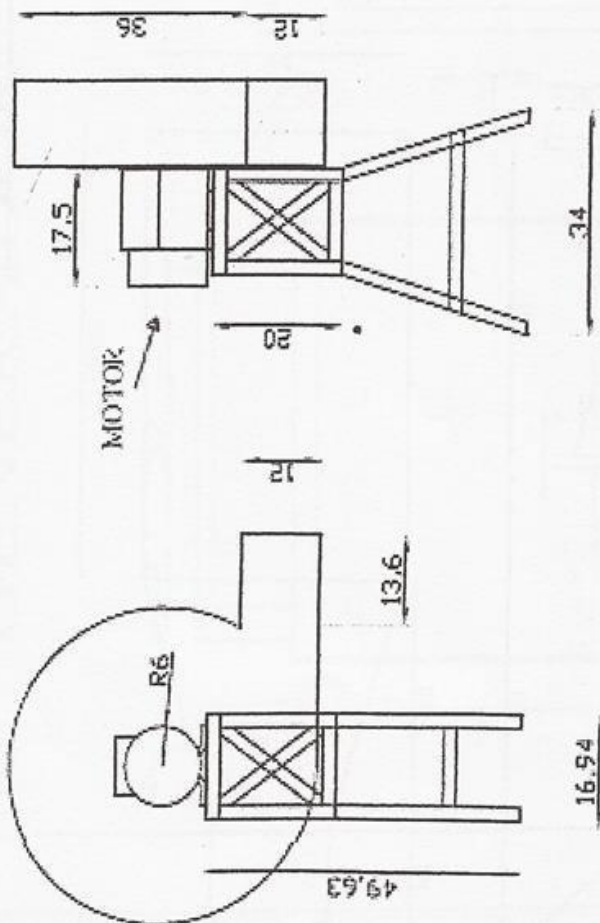
TUNEL AERODINAMICO

ESCUELA DE POST GRADO - U.N.P.R.G.				
NOMBRE	DESIGNACION			ESCALA
V	TUNEL AERODINAMICO			1 : 10
FECHA	REALIZADO POR	REVISADO		
12-01-09	ING. JOSE ANDRES FERNANDEZ HERRERA	ING. JEAN TUNICAN	INDUSTRIAL	5/5



# ESPECIFICACIONES TECNICAS

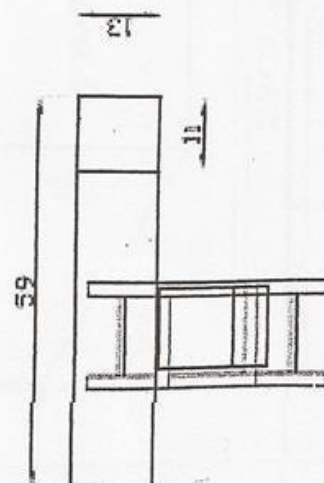
## a) Ventilador



ID	DESCRIPTION	UNIT
1	WIND GUARDIAN	
2	6 blades 48 cm	
3	6 blades 12 cm	
4	WIND 12 cm x 12 cm	

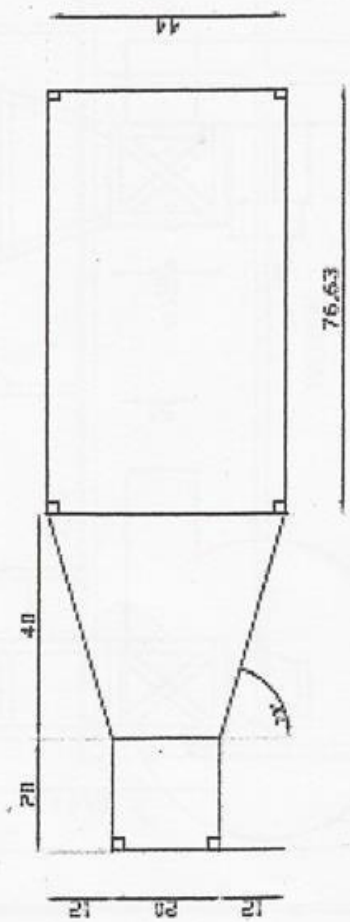
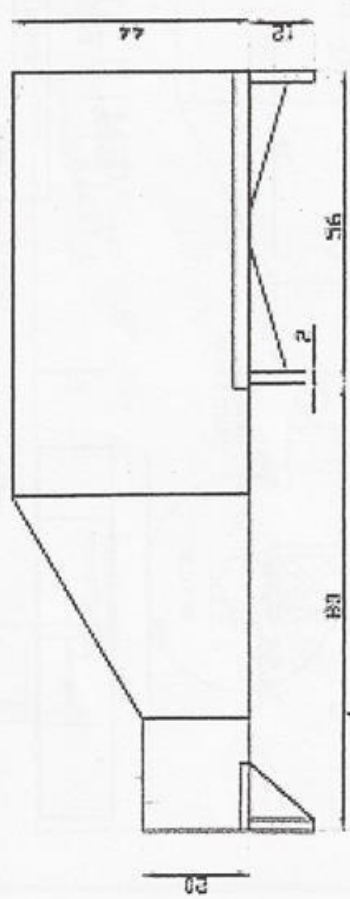
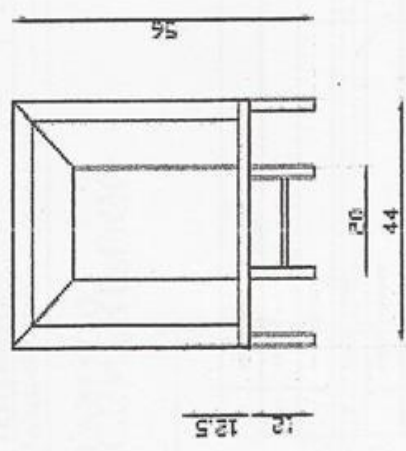
## b) Motor

ID	DESCRIPTION	UNIT
1	WIND GUARDIAN	
2	WIND 2 blades	
3	WIND 2 blades	
4	WIND 2 blades	
5	WIND 2 blades	



## VENTILADOR CENTRIFUGO

ESCUELA DE POST GRADO - U.N.P.R.G.			
NUMERO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
1	TUNEL AERODINAMICO	1 : 10	
12-01-09	ING. JOSE ANDRES FERNANDEZ MERA	ING. JUAN TUNJALAN RODRIGUEZ	2/5



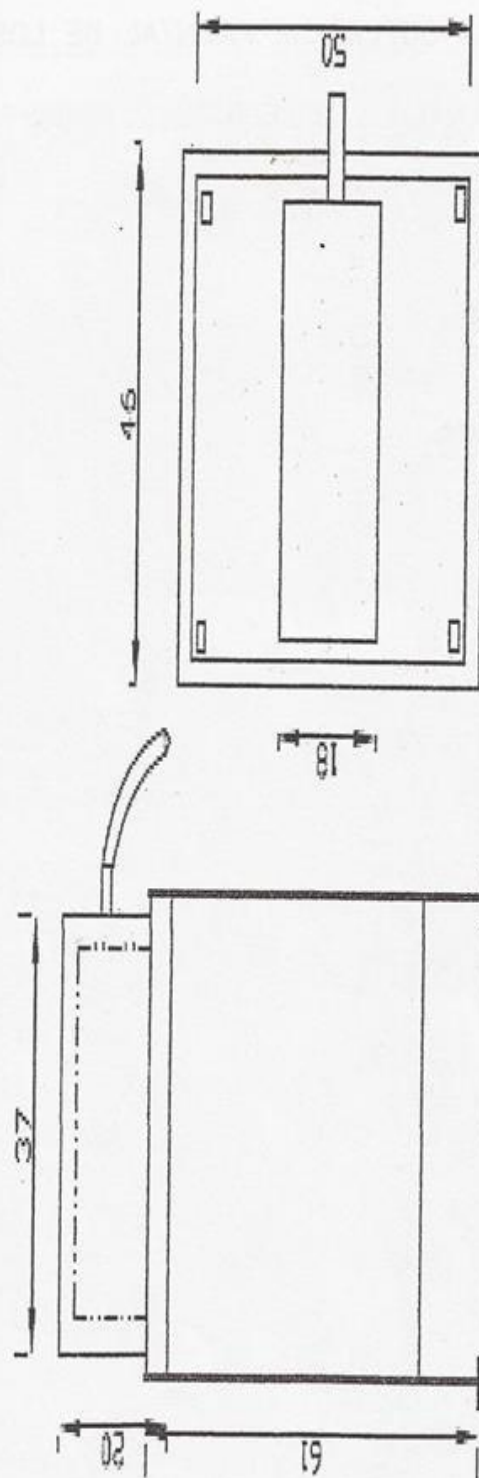
ESPECIFICACIONES TECNICAS  
a) Anemometro.

ITEM	DESCRIPCION	UNID.
1	Bro. tipo	
2	Modelo de tubo	
3	Modelo de tubo	
4	Modelo de tubo	

ESCUELA DE POST GRADO - U.N.P.R.G.			
NOMBRE		DESCRIPCION	
□		TUNEL AERODINAMICO	
FECHA		REVISADO POR	
12-01-09		ING. JOSE ANDRES FERNANDEZ MERA	
		ING. JUAN TUMALAN HERNANDEZ	
		Escala	
		1 : 10	
		Cantidad	
		3/5	

TUNEL

# GENERADOR DE HUMO



FRONTAL

SUPERIOR

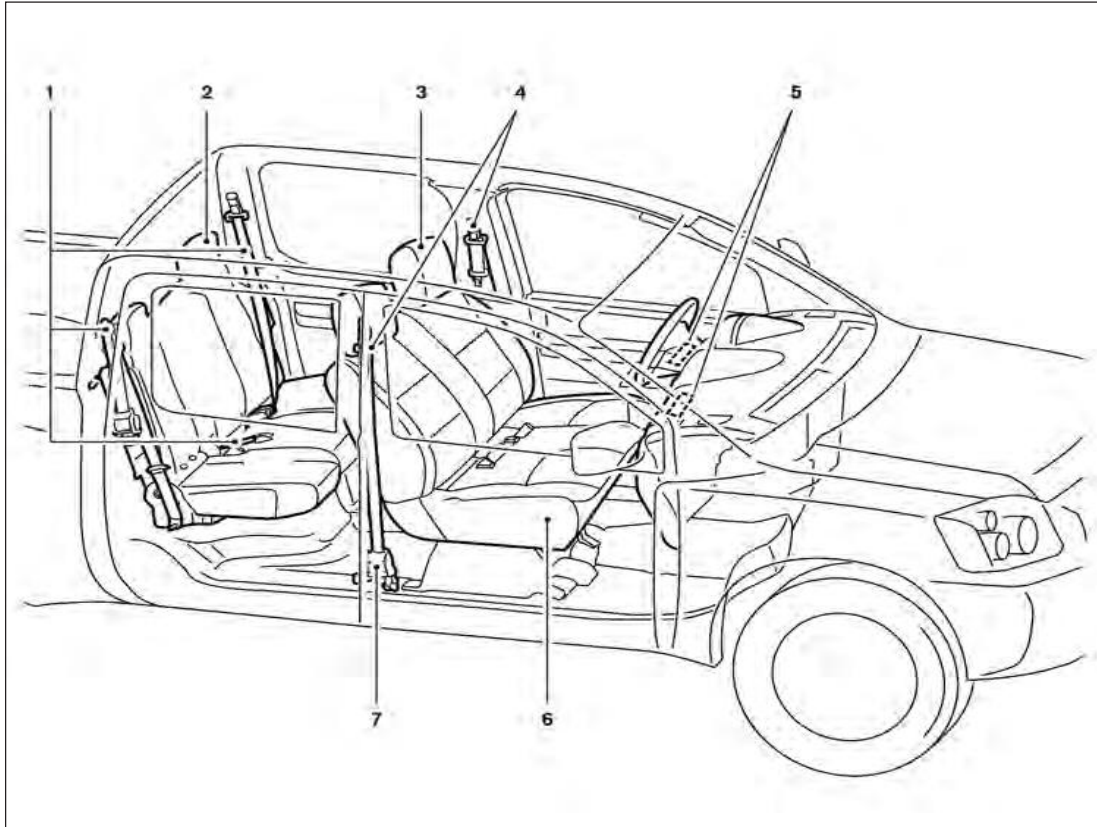
ESCUELA DE POST GRADO - U.N.P.R.G.		DESIGNACION		ESCALA
PROY. 1	✓	TUNEL AERODINAMICO		1 : 10
FECHA 12-01-09		ING. JOSÉ ANDRÉS FERNÁNDEZ MERA	ING. JUAN TUMILAN HENDSTROZA.	CANTIDAD 4/5

### **ANEXO 3: PLANOS DE LAS SUPERFICIES DE MODELO PARA EFECTUAR EL ANALISIS AERODINAMICO**





## Vista lateral



Cinturones de seguridad traseros.

Cabeceras traseras.

Cabeceras delanteras.

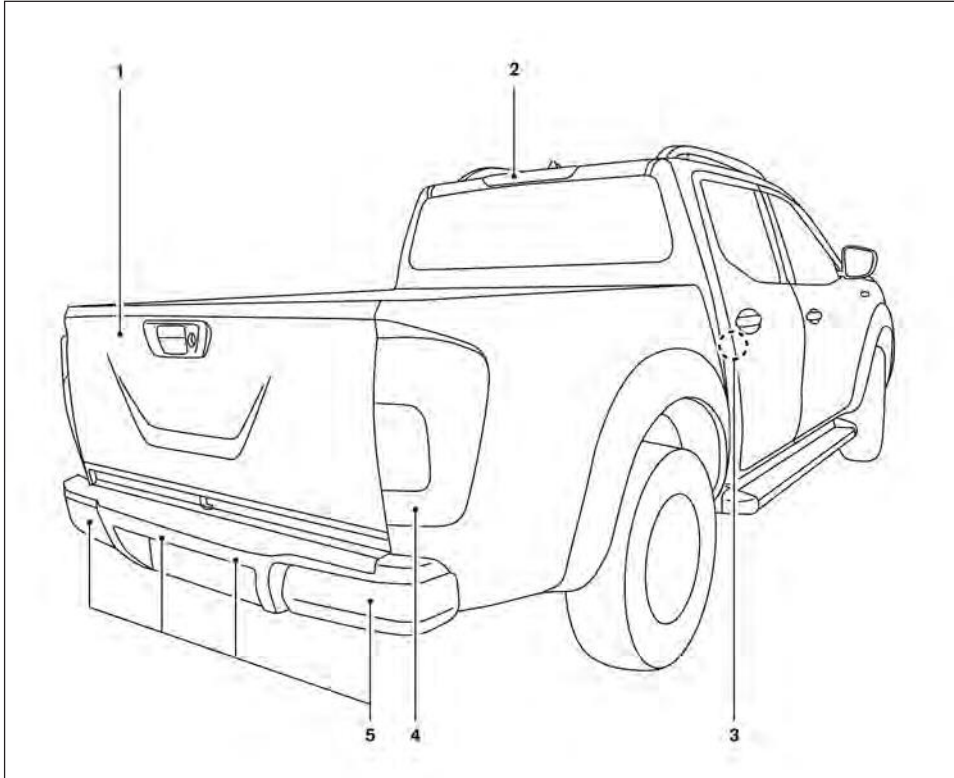
Cinturones de seguridad delanteros.

Bolsas de aire suplementarias para impactos frontales.

Asientos.

Cinturones de seguridad con pretensor.

## Parte posterior de la camioneta



Compuerta trasera

Luz de freno superior

Mecanismo de seguridad para niños en las puertas traseras

Reemplazo de focos

Sensor de estacionamiento

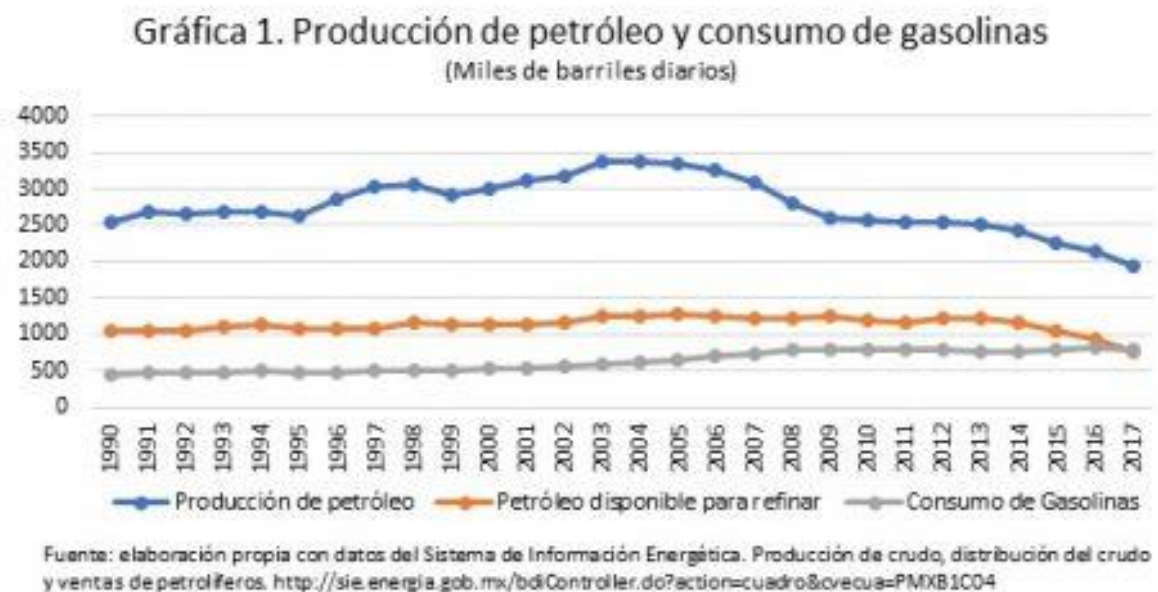
## **ANEXO 4: EL CENIT PARA EL SECTOR AUTOMOTOR**



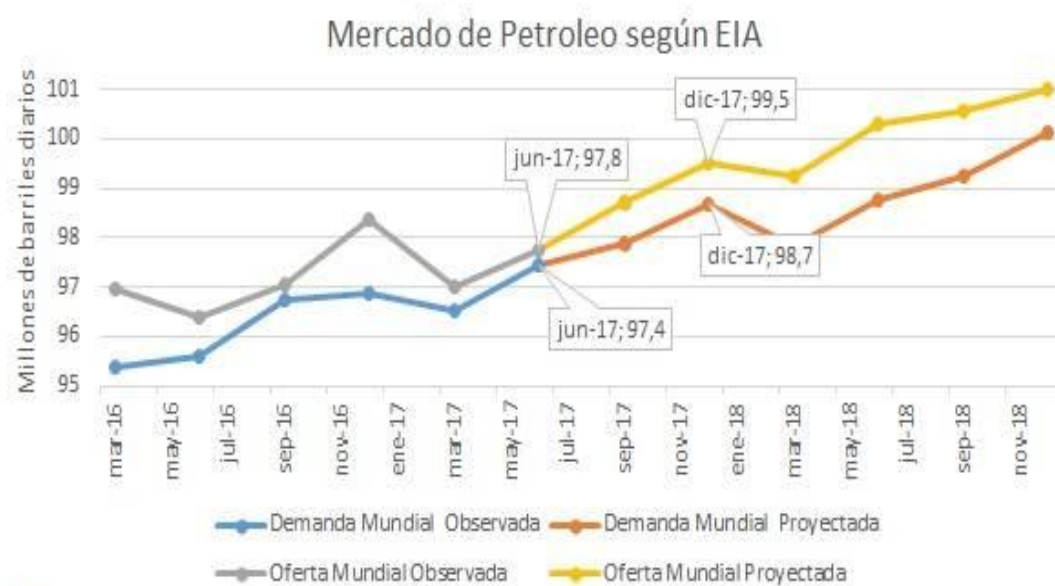
En esta Tesis se ha demostrado cuán importante es la Aerodinámica de los vehículos, en el consume de combustible, de nada serviría optimizar los diseños si seguimos utilizando combustibles fósiles.

Es conveniente conocer el cenit de la producción para saber cuál va ser la producción a futuro, aunque con cierta aproximación, dado q no se puede predecir cuantos pozos petrolíferos se van a descubrir.

En los siguientes cuadros se puede observar la producción del petróleo pero es conveniente hacer unos comentarios sobre otras alternativas energéticas para el transporte automotriz.

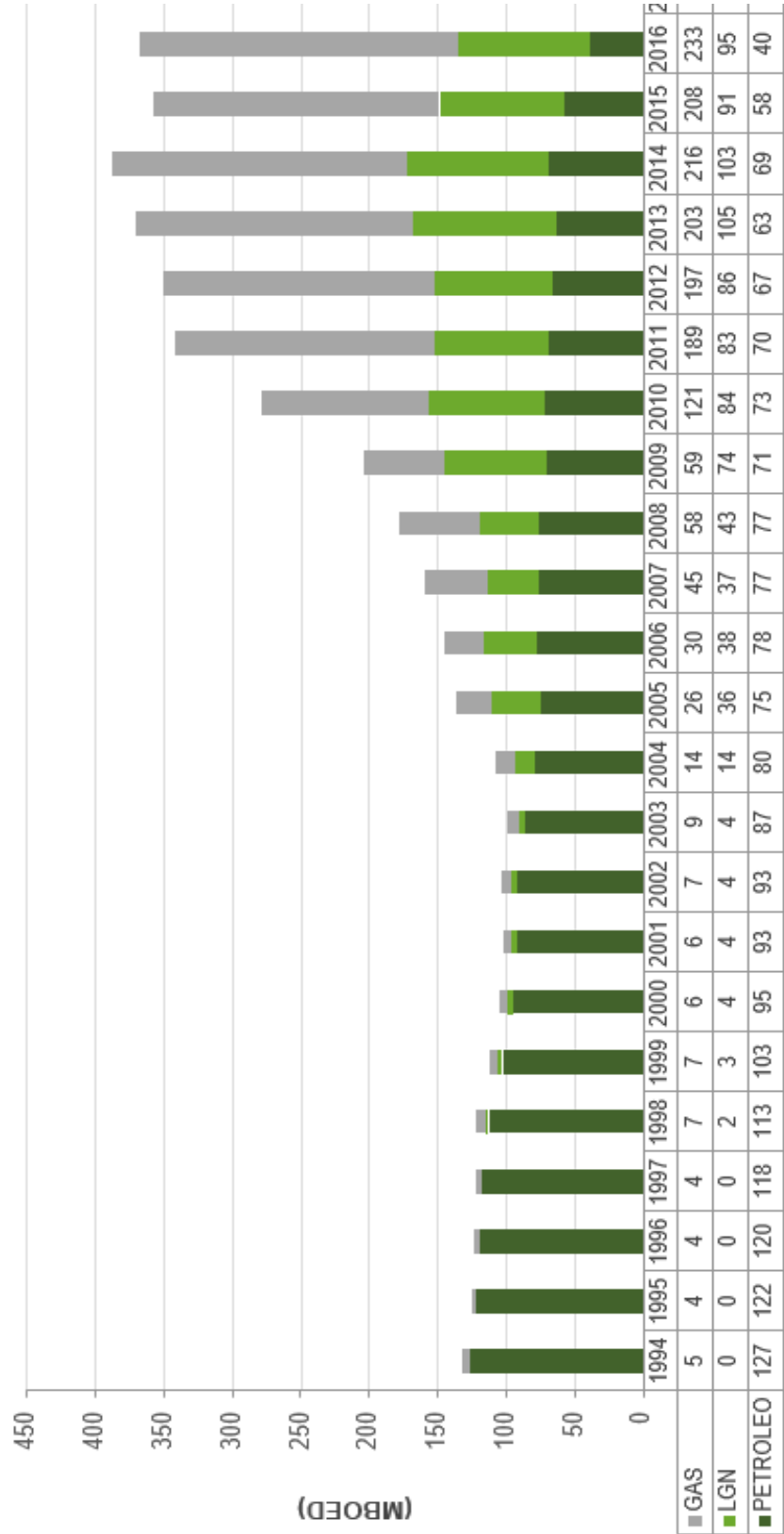


FUENTE: MEM



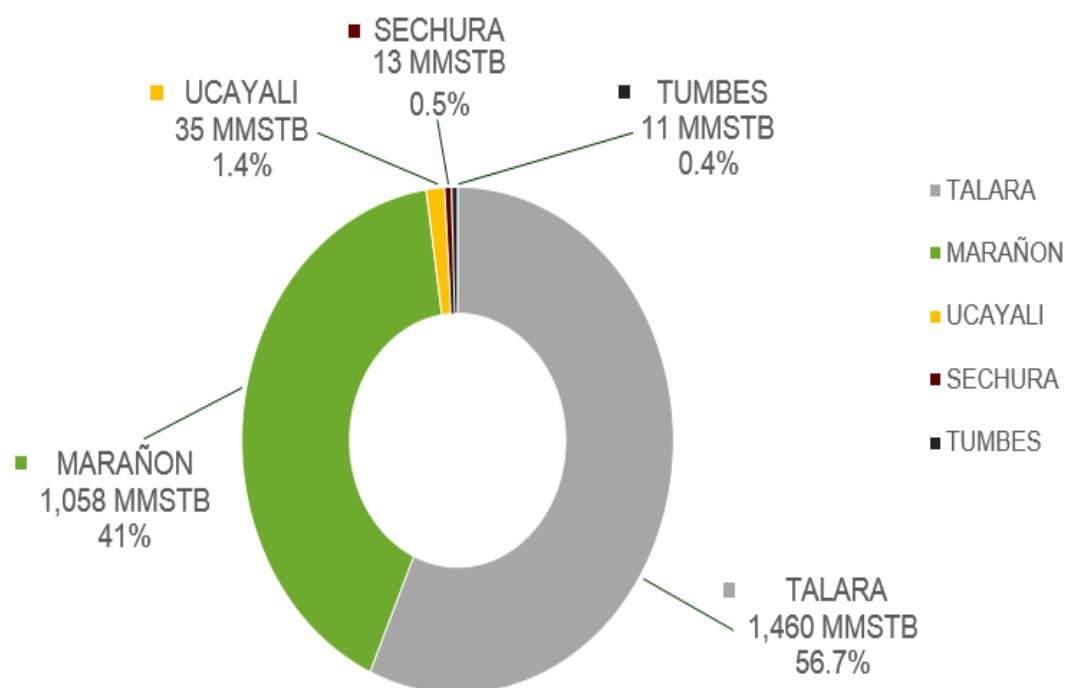
FUENTE: MEM

Producción de Hidrocarburos Equivalente (MBOED)  
(1994 – 2017)

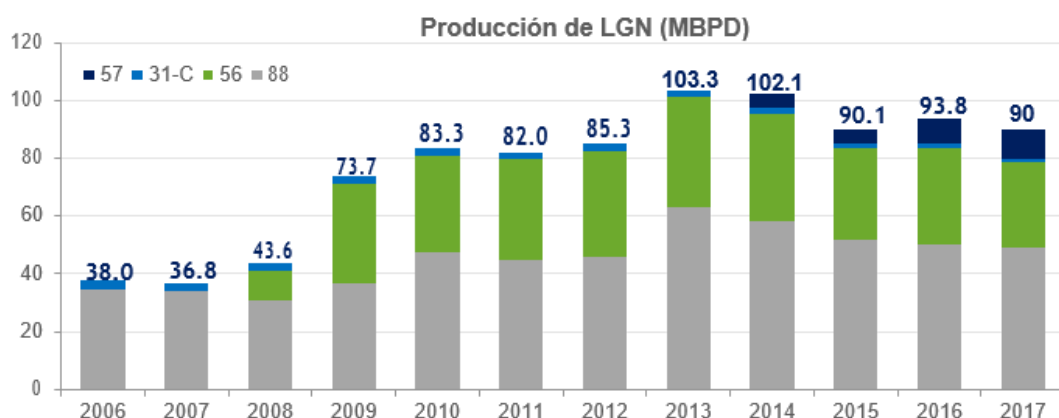
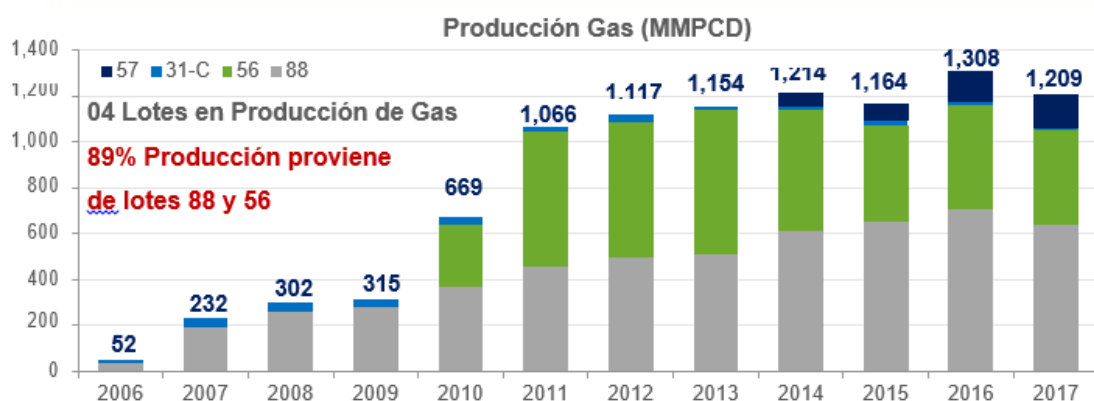


Producción Promedio de Hidrocarburos:    **2016** - 368 MBOED  
    **2017** - 350 MBOED

### Producción Acumulada de Petróleo (2,577 MMSTB)



FUENTE: MEM



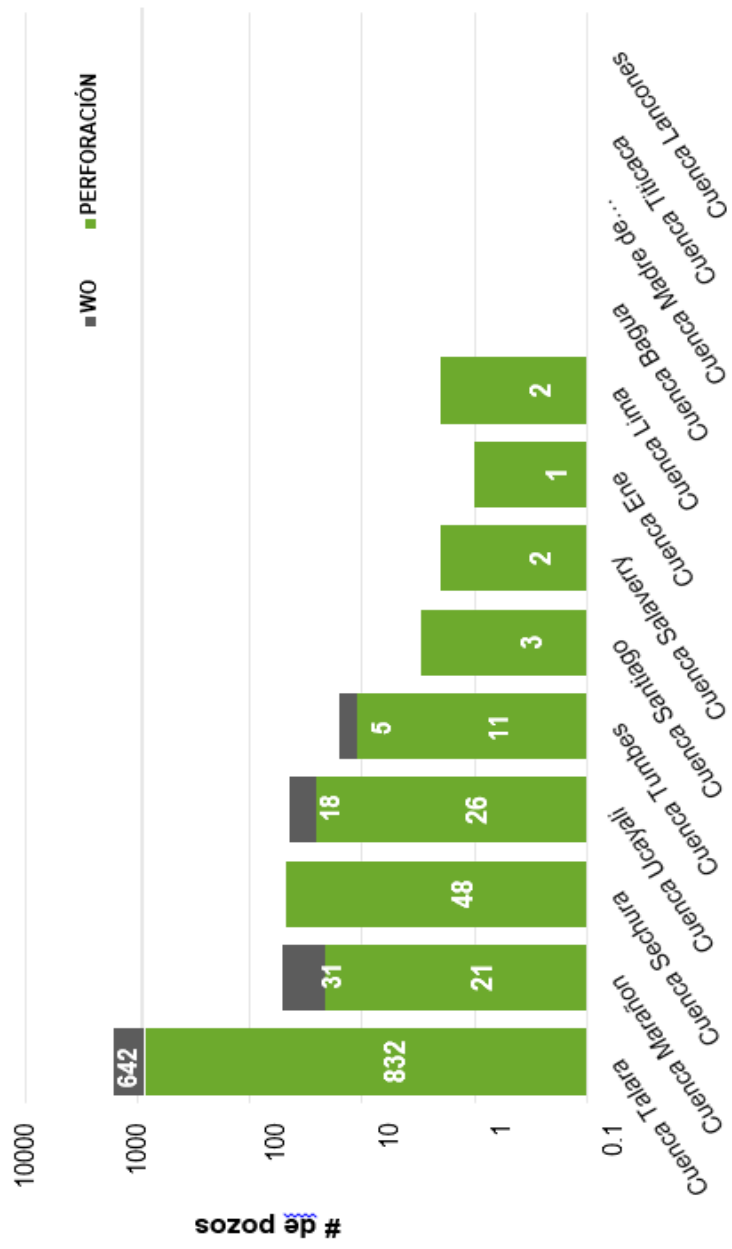
## RESERVAS DE HIDROCARBUROS AL 31 DE DICIEMBRE DEL 2016

TIPO DE HIDROCARBUROS	PROBADAS	PROBABLES	POSIBLES	CONTINGENTES	PROSPECTIVOS
PETRÓLEO, MMSTB	434.9	255.2	235.8	600.5	14,713.6
LÍQUIDOS DE GAS NATURAL, MMSTB	789.7	112.6	76.3	190.0	1,548.9
TOTAL HIDROCARBUROS LÍQUIDOS, MMSTB	1,224.6	367.7	312.1	790.4	16,262.5
GAS NATURAL, TCF	16.1	1.9	1.7	5.1	42.2
TOTAL PETRÓLEO EQUIVALENTE, MMSTB	3,906.4	677.3	587.8	1,643.2	23,296.0

FUENTE: MEM

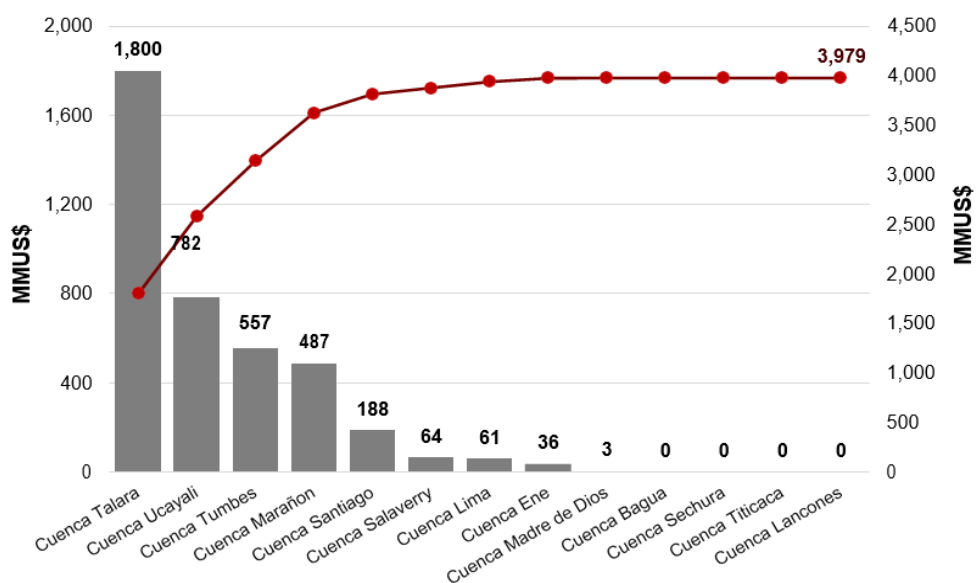


## PROYECCIÓN 2018 – 2021: CUENCAS





## INVERSIONES POR CUENCA 2018 – 2021



FUENTE: MEM

## **GAS**

Debido a sus propiedades energéticas, similares a los hidrocarburos líquidos convencionales, como el poder calorífico y otras, el gas es una alternativa inmediata en el cambio de matriz energética por las siguientes razones.

Su menor precio.

Su gran reserva.

Su combustión limpia.

Hace que el intervalo de cambio de aceite sea menor.

Prolonga el TVU del motor.

## **ELECTRICIDAD**

El Perú posee grandes reservas de energía, sobre todo si consideramos la explotación de la vertiente del océano Atlántico, que hasta la fecha no ha sido explotada adecuadamente, tal como sostiene el Dr. Daniel Camac Gutiérrez, vicepresidente del Ministerio de Energía y Minas; es más, el connotado profesional plantea la necesidad de construir una línea interconectada con Brasil.

## **BIOCOMBUSTIBLES**

Frente a la crisis energética que va a darse en medio siglo, los países deben estar preparados para afrontar el reto de sustituir los combustibles fósiles por biocombustibles.

## **GASOHLDieselIOLES**

Actualmente una comisión de trabajo de MEM viene elaborando estrategias para dar cumplimiento a la Ley 28054- Ley de promoción de Mercado de biocombustible que establece la obligatoriedad, de mezclar gasolina con 7.8% de etanol (Etanol Anhidro desnaturalizado) para motores Otto. A esta mezcla se denomina alcohol carburante (carburante).

## **BIODIESEL**

Es la mezcla del Diesel 2 con biocombustibles que se obtienen mediante proceso de transesterificación de piñón blanco, soya, canola, aceite de palma y se categoriza mediante la X.

Diesel B2=98%Diesel 2 + 2%biocombustible.

Diesel B5=95% Diesel+5%biocombustible



Según la ley 2854 estos combustibles deberán entrar en vigencia el 2009 y el 2011 respectivamente. En los siguientes gráficos podemos ver.

Como se proyecta el cambio de la matriz energética

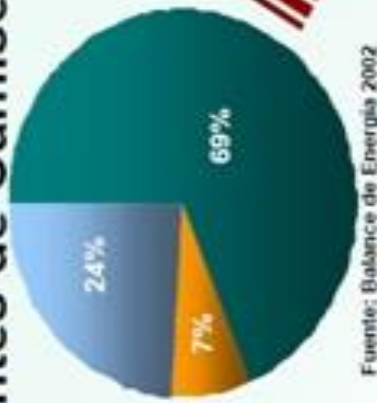
El compromiso multisectorial e los organismos competentes

La cadena de comercialización del Etanol

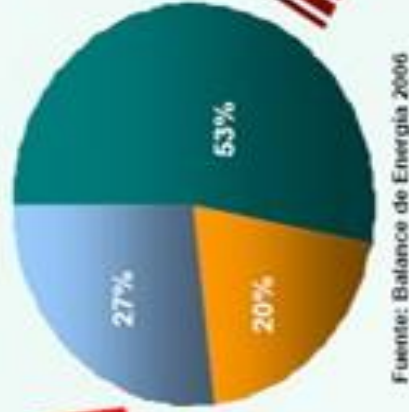
La cadena de comercialización del biodiesel

# Cambio de la Matriz Energética

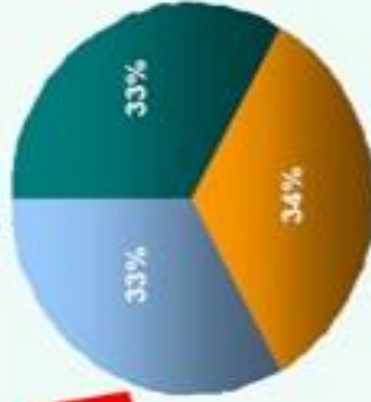
Antes de Camisea



Situación Actual



Objetivo



Petróleo

Gas Natural +  
LGN

Energías  
Renovables

• Hidroenergía

• Biocombustibles

• Energía no Convencionales

# El Desarrollo de los Biocombustibles en el Perú es de carácter Multisectorial

## ■ Organismos Competentes:

**MINAG**



MINISTERIO DE AGRICULTURA

Promueve el desarrollo de las áreas disponibles con aptitud agrícola para la producción de Biocombustibles



Autorización para la instalación y funcionamiento de las plantas de productoras de Biocombustibles



Autorización para la comercialización de Biocombustibles y sus mezclas con gasolinas y el Diesel 2



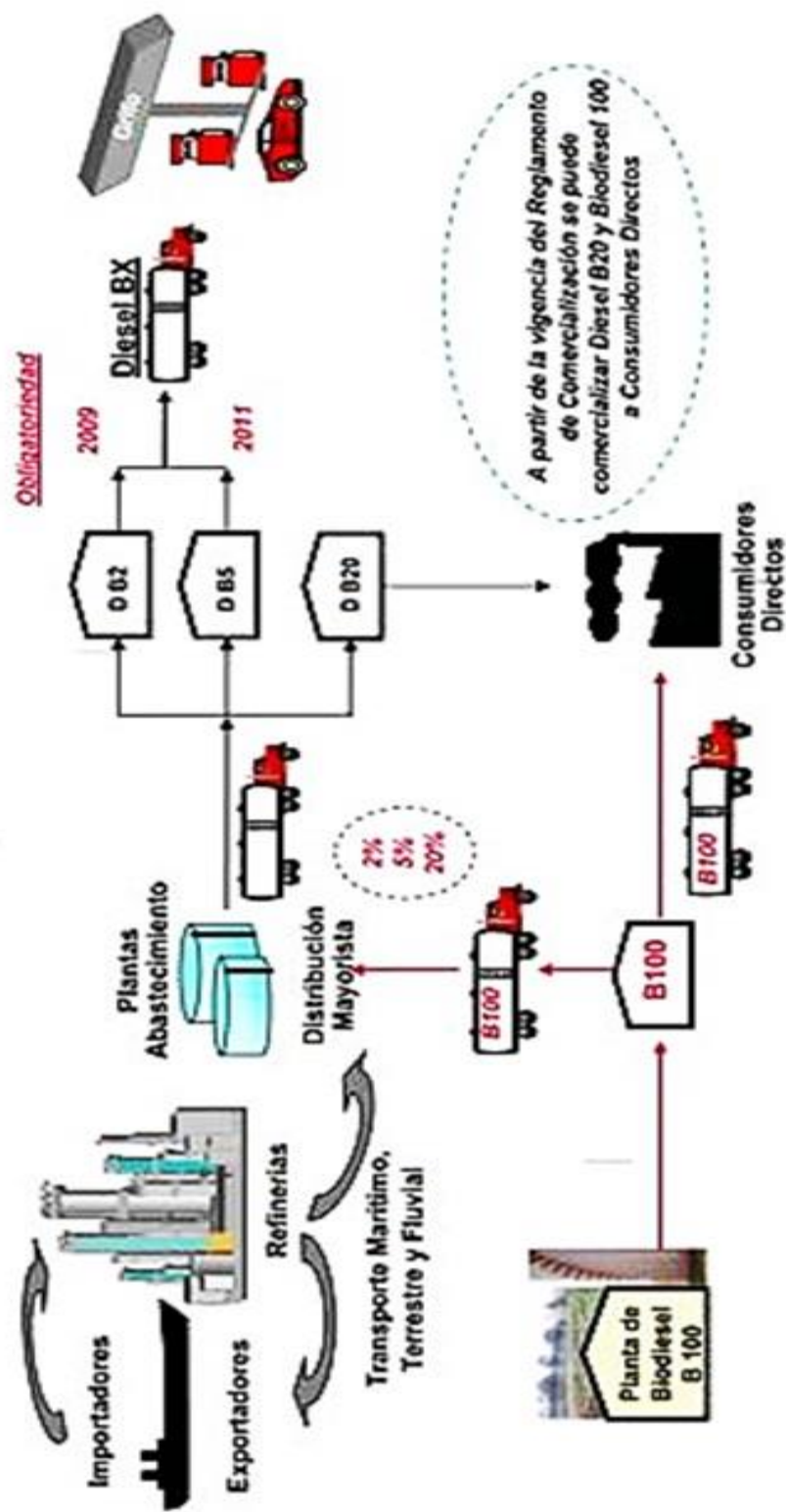
Supervisión y Fiscalización



ProInversión

Programa del uso de Biocombustibles  
- PROBIOCOM

# Cadena de Comercialización



## **ANEXO 5: FOTOGRAFIAS DE LAS VISTAS DEL MODELO**

vista lateral



vista frontal





