



Powered by  
Arizona State University

# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**Autor:** Dávila Aguirre Jordy Armando

**Tutor:** Ing. Fernando Gómez Berrezueta

**Análisis de la Influencia de las Características del Neumático en  
el Consumo de Combustible en una Ruta Interprovincial Usando  
la Telemetría Azuga**



**Certificado de Autoría**

Yo, Dávila Aguirre Jordy Armando, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Dávila Aguirre Jordy Armando

C.I.: 0704473719

### **Aprobación del Tutor**

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

## **Dedicatoria**

A mis padres, fuente inagotable de amor, sabiduría y apoyo incondicional. Su fe en mí ha sido mi mayor inspiración y motivación a lo largo de este viaje.

A mi querida novia, por estar a mi lado en cada paso del camino, por tu paciencia infinita y por creer en mis sueños tanto como yo. Eres mi roca y mi alegría.

A mis profesores y mentores, quienes han compartido su conocimiento y experiencia de manera generosa. Sus enseñanzas han iluminado mi camino y han enriquecido mi comprensión del mundo.

A mis amigos y seres queridos, por su ánimo constante, por escucharme cuando necesitaba desahogarme y por celebrar mis logros como si fueran propios. Su amistad ha sido mi mayor fortaleza.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este trabajo, su colaboración y apoyo no pasan desapercibidos y son profundamente apreciados.

Este logro está dedicado a todos ustedes. Gracias por ser parte de mi vida y por hacer posible este sueño.

***Jordy Dávila***

## **Agradecimiento**

Es un honor para mí presentarles este proyecto de titulación, fruto de meses de arduo trabajo, dedicación y pasión. A lo largo de este viaje académico, he tenido el privilegio de explorar profundamente un tema que me apasiona y que considero de gran relevancia en mi campo de estudio.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de este proyecto. En primer lugar, quiero agradecer a mi familia por su amor incondicional, apoyo emocional y sacrificios que han hecho para que yo pueda estar aquí hoy. Su constante aliento ha sido mi fuerza motriz y mi inspiración.

Agradezco también a mis profesores y asesores, cuya orientación experta y sabios consejos han sido invaluable en este proceso. Su dedicación a la excelencia académica y su pasión por la enseñanza han sido una fuente constante de inspiración para mí.

No puedo dejar de mencionar a mis amigos y compañeros de clase, quienes han estado a mi lado durante este viaje. Sus palabras amables, apoyo mutuo y camaradería han hecho que los desafíos sean más llevaderos y las victorias sean más significativas.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a todas las personas que participaron en este estudio y que generosamente compartieron su tiempo y conocimientos conmigo. Sin su colaboración, este proyecto no habría sido posible.

Este trabajo es dedicado a todos ustedes, quienes han sido parte integral de mi viaje académico. Espero que este proyecto no solo sea una contribución significativa a mi campo de estudio, sino también una expresión de mi gratitud hacia cada uno de ustedes.

Con gratitud y aprecio,

***Jordy Dávila***

## Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice General .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tablas .....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo I.....	1
Antecedentes .....	1
1.1 Tema de Investigación .....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema .....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema .....	6
1.2.3 Sistematización del Problema .....	6
1.3 Objetivos de la Investigación .....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos .....	6
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	6
1.4.1 Justificación Teórica.....	7
1.4.2 Justificación Metodológica .....	8
1.4.3 Justificación Práctica.....	9
1.4.4 Delimitación Temporal .....	10

1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i> .....	11
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i> .....	11
	Capítulo II .....	12
	Marco Referencial .....	12
2.1	Marco Teórico .....	12
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i> .....	13
2.1.2	<i>Resistencia a la Rodadura y Neumáticos</i> .....	13
2.1.3	<i>Factores Influyentes en el Desgaste de los Neumáticos</i> .....	13
2.1.4	<i>Influencia del Neumático en la Economía del Consumo de Combustible</i> .....	14
2.1.5	<i>Neumáticos y Presión de Inflado</i> .....	15
2.2	Marco Conceptual .....	17
2.2.2	<i>Consumo de Combustible</i> .....	17
2.2.3	<i>Neumáticos</i> .....	18
2.2.4	<i>Neumático de Bajo Consumo de Combustible</i> .....	19
2.2.5	<i>Fricción de los Neumáticos o Resistencia a la Rodadura</i> .....	20
2.2.6	<i>Dibujo de la Banda de Rodadura de los Neumáticos</i> .....	21
2.2.7	<i>Clasificación y Nomenclatura de Neumáticos</i> .....	21
2.2.8	<i>Presión de los Neumáticos</i> .....	22
2.2.9	<i>Elección de los Neumáticos</i> .....	22
2.2.10	<i>Tamaño de los Neumáticos</i> .....	23
2.2.11	<i>Reemplazo de Neumáticos</i> .....	26
2.2.12	<i>Emisiones de Dióxido de Carbono</i> .....	27
	Capítulo III.....	28
	Determinación de la Influencia de las Características del Neumático en el Consumo de Combustible .....	28



3.1	Neumáticos y Eficiencia de Combustible .....	29
3.2	Influencia de los Neumáticos en la Eficiencia del Combustible .....	31
3.3	Comparación con Neumáticos Convencionales .....	35
3.4	Tamaño del Neumático .....	36
3.5	Metodología Aplicada.....	40
3.5.1	<i>Métodos</i> .....	40
3.5.2	<i>Tipo de Estudio</i> .....	41
3.5.3	<i>Tipo de Investigación</i> .....	42
3.6	Evaluación del Consumo de Combustible .....	43
3.6.1	<i>Lugar de las Pruebas</i> .....	44
3.6.1	<i>Vehículo Utilizado</i> .....	44
3.6.2	<i>Dispositivo de Medición Utilizado</i> .....	45
3.6.3	<i>Especificaciones del Rastreador Azuga</i> .....	47
3.6.4	<i>Elección de la Ruta de Prueba</i> .....	49
3.6.5	<i>Obtención de los Datos</i> .....	51
3.6.6	<i>Neumáticos Utilizados</i> .....	52
	Capítulo IV .....	55
	Influencia del Tipo de Neumático en el Consumo de Combustible.....	55
4.1	Descripción.....	55
4.1.1	<i>Eficiencia del Neumático</i> .....	55
4.1.2	<i>Establecimiento de la Ruta para Comparación del Consumo de Combustible</i> .....	57
4.1.3	<i>Condiciones del Vehículo para la Prueba</i> .....	59
4.1.4	<i>Acondicionamiento del Vehículo para la Prueba</i> .....	59
4.1.5	<i>Formato General</i> .....	60
4.1.6	<i>Obtención de Datos</i> .....	61
4.1.7	<i>Procedimiento</i> .....	64

	x
4.2 Resultado de las Pruebas .....	65
4.2.1 <i>Presentación de Resultados</i> .....	65
4.2 Análisis de los Resultados.....	67
Conclusiones .....	72
Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	75

## Índice de Figuras

Figura 1 Consumo de Combustible .....	2
Figura 2 <i>Combustible Consumido</i> .....	3
Figura 3 <i>Neumático vs Consumo de Combustible</i> .....	15
Figura 4 Consumo de Combustible vs Presión del Neumático .....	16
Figura 5 <i>Consumo de Combustible vs Economía de Combustible</i> .....	18
Figura 6 <i>Partes del Neumático</i> .....	19
Figura 7 <i>Resistencia a la Rodadura</i> .....	20
Figura 8 <i>Etiqueta de Eficiencia de Neumáticos de la UE</i> .....	23
Figura 9 <i>Neumático vs Consumo de Combustible</i> .....	24
Figura 10 <i>El DOT, Grabado en un Lateral de la Rueda</i> .....	27
Figura 11 <i>Resistencia a la Rodadura y su Influencia en el Consumo de Combustible</i> .....	32
Figura 12 <i>Índice de Vida del Neumático Dependiendo del Tipo de Superficie</i> .....	35
Figura 13 <i>Tipo de Neumático vs Consumo de Combustible</i> .....	36
Figura 14 <i>Peso del Neumático</i> .....	38
Figura 15 <i>Tamaño del Neumático</i> .....	39
Figura 16 <i>Lugar de las Pruebas</i> .....	44
Figura 17 <i>Dispositivo Azuga Conexión en un Vehículo</i> .....	46
Figura 18 <i>Dispositivo Telemático Azuga</i> .....	47
Figura 19 <i>Danlaw Dispositivos OBDII</i> .....	49
Figura 20 <i>Ruta Seleccionada</i> .....	51
Figura 21 <i>Conexión para Obtención de Datos</i> .....	52
Figura 22 <i>Neumático Pirelli Scorpion All Terrain Plus</i> .....	53
Figura 23 <i>Neumático Suretrac Radial A/T - LT</i> .....	54
Figura 24 <i>Tipo de Neumático</i> .....	55

Figura 25 <i>Variación del Consumo de Combustible según el Tipo de Neumático</i> .....	56
Figura 26 <i>Verificación del Diferencia en Ahorro de Combustible</i> .....	57
Figura 27 <i>Vehículo para Pruebas</i> .....	58
Figura 28 <i>Vehículo para la Prueba</i> .....	61
Figura 29 <i>Informe de Viajes en la Plataforma de Danlaw</i> .....	62
Figura 30 <i>Localización del Vehículo</i> .....	62
Figura 31 <i>Almacenamiento de Datos</i> .....	63
Figura 32 <i>Proceso para Análisis de Datos</i> .....	63
Figura 33 <i>Análisis Comparativo - Ruta de Ida</i> .....	68
Figura 34 <i>Análisis Comparativo - Ruta de Retorno</i> .....	68
Figura 35 <i>Porcentaje de Reducción del Consumo - Ruta de Ida</i> .....	69
Figura 36 <i>Porcentaje de Reducción del Consumo – Ruta de Retorno</i> .....	70

**Índice de Tablas**

Tabla 1 <i>Neumáticos según el Reglamento (CE) N° 1222/2009 (2009) y Diferencia Percentil</i>	34
Tabla 2 <i>Datos del Vehículo Ford F-150</i> .....	45
Tabla 3 <i>Características del Dispositivo Azuga</i> .....	48
Tabla 4 <i>Resultados Obtenidos Ruta de Ida - Neumáticos Originales</i> .....	65
Tabla 5 <i>Resultados Obtenidos Ruta de Regreso - Neumáticos Originales</i> .....	66
Tabla 6 <i>Resultados Obtenidos Ruta de Ida - Neumáticos Alternos</i> .....	66
Tabla 7 <i>Resultados Obtenidos Ruta de Regreso - Neumáticos Alternos</i> .....	67
Tabla 8 <i>Resultados Obtenidos con los Dos Tipos de Neumáticos</i> .....	71

## Resumen

Este proyecto se enfoca en investigar la relación entre las características del neumático y el consumo de combustible en vehículos que viajan en una ruta interprovincial. Para llevar a cabo esta investigación, se utiliza la tecnología de telemetría proporcionada por Azuga, misma que al conectarse al OBD II permite recopilar datos en tiempo real sobre el comportamiento del vehículo y su rendimiento en carretera en la ruta Guayaquil-Zaruma. El objetivo principal es analizar cómo el tipo del neumático, afecta el consumo de combustible en condiciones reales de conducción. Se recopilan datos detallados sobre la velocidad, el tiempo y la distancia recorridas y otros parámetros relevantes del vehículo durante su viaje interprovincial. El estudio se lleva a cabo mediante la instalación de sensores de telemetría Azuga en una camioneta Ford F-150 que representa una de las camionetas más vendidas en el Ecuador. Este dispositivo recopila datos precisos y en tiempo real, que son analizados utilizando técnicas estadísticas y herramientas de análisis de datos. Se comparan los patrones de consumo de combustible en relación con las variaciones en las características del neumático para identificar tendencias y correlaciones significativas, que muestran que al utilizar neumáticos de mayor diámetro aumentan el consumo de combustible en un porcentaje entre el 1% y 5% en la ruta de ida como de vuelta. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa sobre cómo las características del neumático pueden ser optimizadas para mejorar la eficiencia del combustible en diferentes condiciones de conducción. Además, este estudio contribuye al conocimiento científico en el campo de la ingeniería automotriz y la eficiencia energética, ofreciendo datos concretos que pueden ser utilizados por fabricantes de neumáticos, empresas de transporte y conductores para tomar decisiones informadas sobre la elección y mantenimiento de los neumáticos.

**Palabras Clave:** Telemetría Azuga, tipo de neumático, tiempo real, viaje interprovincial.

## **Abstract**

This project focuses on investigating the relationship between tire characteristics and fuel consumption in vehicles traveling on an interprovincial route. To carry out this research, telemetry technology provided by Azuga is used, which when connected to the OBD II allows real-time data to be collected on the behavior of the vehicle and its road performance on the Guayaquil-Zaruma route. The main objective is to analyze how the type of tire affects fuel consumption in real driving conditions. Detailed data on speed, time and distance traveled and other relevant parameters of the vehicle are collected during its inter-provincial journey. The study is carried out by installing Azuga telemetry sensors in a Ford F-150 truck that represents one of the best-selling trucks in Ecuador. This device collects accurate, real-time data, which is analyzed using statistical techniques and data analysis tools. Fuel consumption patterns are compared in relation to variations in tire characteristics to identify significant trends and correlations, which show that using larger diameter tires increases fuel consumption by a percentage between 1% and 5% in the outward and return route. The results obtained provide valuable information on how tire characteristics can be optimized to improve fuel efficiency in different driving conditions. Furthermore, this study contributes to scientific knowledge in the field of automotive engineering and energy efficiency, offering concrete data that can be used by tire manufacturers, transport companies and drivers to make informed decisions about tire choice and maintenance.

**Keywords:** Azuga telemetry, tire type, real time, interprovincial travel.

## **Capítulo I**

### **Antecedentes**

#### **1.1 Tema de Investigación**

Análisis de la influencia de las características del neumático en el consumo de combustible en una ruta interprovincial usando la telemetría Azuga.

#### **1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema**

En el contexto actual del transporte, la eficiencia energética se ha convertido en un aspecto crucial para reducir los costos operativos y minimizar el impacto ambiental. Entre los múltiples factores que afectan el consumo de combustible, las características del neumático juegan un papel fundamental. La telemetría Azuga ofrece una oportunidad única para recopilar datos en tiempo real sobre el comportamiento del vehículo y, por ende, puede proporcionar información valiosa sobre cómo las características específicas del neumático influyen en el consumo de combustible en rutas interprovinciales, este caso Guayaquil-Zaruma.

##### ***1.2.1 Planteamiento del Problema***

A pesar de los avances tecnológicos y la disponibilidad de sistemas de telemetría como Azuga, aún existe una falta de comprensión profunda sobre cómo las características del neumático, como la presión, el tipo de banda de rodadura y la resistencia a la rodadura, afectan el consumo de combustible en rutas interprovinciales específicas. Esta falta de conocimiento dificulta la toma de decisiones informadas para optimizar el rendimiento del vehículo y reducir los costos operativos.

En la industria automotriz, la eficiencia del combustible es un tema crucial debido a su impacto directo en el medio ambiente y en los costos operativos para los propietarios de vehículos. Entre los diversos factores que afectan el consumo de combustible, las características del neumático han emergido como un área de interés significativa. Los



neumáticos desempeñan un papel fundamental en la resistencia a la rodadura, lo que a su vez influye en la economía de combustible de un vehículo (Figura 1).

### Figura 1

*Consumo de Combustible*

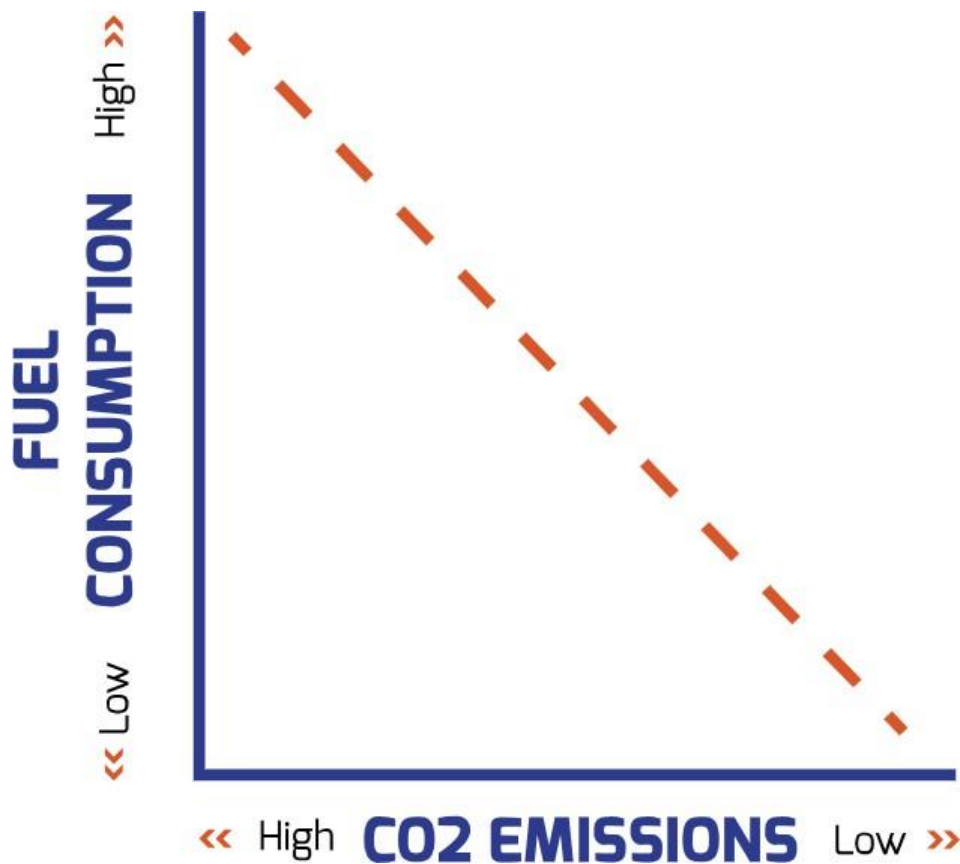


Tomado de: <https://www.betsautos.co.uk/blog/fuel-efficient-driving-tips/>

Es bien sabido que el ahorro de combustible influye directamente en las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos. La cantidad de CO<sub>2</sub> que emite un coche está directamente relacionada con la cantidad de combustible que consume. Por ejemplo, un coche diésel que emite 95 g de CO<sub>2</sub> por kilómetro consume alrededor de 3,7 litros de combustible cada 100 km, mientras que un coche de gasolina consume alrededor de 4 litros/100 km con las mismas emisiones de CO<sub>2</sub>.

El transporte por carretera aporta aproximadamente una quinta parte de las emisiones totales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el principal gas de efecto invernadero (GEI) de la Unión Europea (UE), el 75 % del cual procede de los turismos (European Environment Agency-EEA, 2023). A pesar de que estas emisiones disminuyeron un 3,3% en 2012, siguen siendo un 20,5% más altas que en 1990.

La eficiencia del combustible, a veces denominada economía de combustible es la relación entre la distancia recorrida y el combustible consumido (Figura 2).

**Figura 2***Combustible Consumido*

Tomado de: <https://www.wltpfacts.eu/link-between-co2-emissions-fuel-consumption/>

Cuando se trata de la eficiencia de combustible de los neumáticos, primero se debe hablar de la resistencia a la rodadura de los neumáticos y, por lo tanto, de la clasificación de eficiencia de combustible de los neumáticos.

Las combinaciones de características de los neumáticos como dimensiones, diseño, materiales y construcción harán que los neumáticos difieran en la resistencia a la rodadura (generalmente expresada a través del índice de eficiencia de combustible del neumático), así como en muchos otros atributos: tracción, manejo, ruido, resistencia al desgaste de la banda de rodadura, y apariencia. Una vez que los neumáticos se ponen en servicio, se les debe dar el mantenimiento adecuado para que funcionen según lo previsto con respecto a todos los atributos del neumático. Mantener la presión de inflado adecuada de los neumáticos es

especialmente importante porque influye directamente en la resistencia a la rodadura del neumático.

El consumo de combustible es un tema que se relaciona con los neumáticos. Los neumáticos de perfil bajo tienen sus defectos y sus virtudes, pero es seguro que hacen que el neumático se vuelva más rígido y, por lo tanto, tenga una menor resistencia a la rodadura. Al considerar los neumáticos anchos merece la pena saber que una reducción de sus dimensiones en solo 1 cm provoca una reducción de la resistencia aerodinámica en aproximadamente un 1,5 %.

Una práctica popular entre los conductores es cambiar la anchura de la llanta por motivos estéticos, el cambio de medida (por supuesto, dentro de las permitidas para un determinado modelo de automóvil) puede influir en un cambio de la rigidez del neumático.

Según un informe reciente presentado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en abril de 2013, las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) del transporte por carretera ha aumentado un 21% entre 1990 y 2011 y representa el 23% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> de la Unión Europea (UE). La UE, en su esfuerzo por cumplir los objetivos de emisiones de gases de efecto invernadero establecidos en el Protocolo de Kioto, ha impulsado que los fabricantes deben encontrar soluciones para limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> del tubo de escape. Después de revisar datos sobre las emisiones medias de CO<sub>2</sub> de la flota de los coches introducidos después del año 2012, La Comisión Europea había fijado el objetivo medio de emisiones de CO<sub>2</sub> para la flota en 130 g/km para automóviles en 2015 y un objetivo proyectado de 95 g/km para 2021. Por primera vez, estos objetivos serán obligatorios para todos los fabricantes de vehículos de la UE (Varghese,2013).

Las bandas de rodadura de los neumáticos pueden afectar su economía de combustible porque entre el 35 y el 50 por ciento de la resistencia a la rodadura de un neumático proviene de la banda de rodadura. Algunos compuestos de la banda de rodadura pueden reducir

considerablemente la resistencia a la rodadura. Además, cuanto menos profunda sea la banda de rodadura, más eficiente será el consumo de combustible del neumático. Entonces, si puede lograr tracción, los neumáticos más eficientes en combustible podrían tener diseños de nervaduras poco profundas. A diferencia de los conductores de autos de carrera, que usan neumáticos sin banda de rodadura porque brindan menos resistencia y permiten que sus vehículos alcancen velocidades más altas más fácilmente, el conductor promedio necesita banda de rodadura para ayudar al vehículo a frenar fácilmente cuando hace mal tiempo. Utilice el tipo de neumático adecuado para el tipo de conducción. Por ejemplo, el uso de neumáticos gruesos adecuados para uso todoterreno en conducción urbana reducirá significativamente la eficiencia del combustible (Energy.gov, 2023).

Los neumáticos poco inflados se encuentran entre las principales causas de fallos de los neumáticos. Los neumáticos poco inflados hacen que una gran parte del neumático toque la carretera, lo que aumenta la fricción y el desgaste. No es necesario que un neumático parezca un poco desinflado para estar desinflado, así que revíselo siempre con un medidor de neumáticos. De hecho, un neumático al que le sale el 25 por ciento del aire parece un neumático completamente inflado.

- Mayor resistencia a la rodadura que hace que el motor trabaje más.
- Desgaste desigual de la banda de rodadura, con los bordes del neumático desgastados más rápido.
- Mal rendimiento de frenado.
- Mayor consumo de combustible debido a la resistencia a la rodadura.

Por otro lado, los neumáticos demasiado inflados le dan una conducción más accidentada, comprometen el manejo y crean un desgaste desigual de la banda de rodadura. Existe el mito de que cuanto más inflados estén los neumáticos, mejor será el ahorro de combustible.

### **1.2.2 Formulación del Problema**

- ¿Cómo afectan las características del neumático en el consumo de combustible?

### **1.2.3 Sistematización del Problema**

- ¿Cuáles son las variables que influyen en el consumo de combustible relacionadas con el tipo de neumático?
- ¿Cómo afecta la presión del neumático en el consumo de combustible?
- ¿Qué hay que considerar en una estimación del consumo de combustible en un vehículo, usando diferentes tipos de neumáticos?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Estimar la variación del consumo de combustible en función de las características de los neumáticos usando la telemetría Azuga para una ruta Guayaquil-Zaruma en una camioneta Ford-150.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la influencia de las características de los neumáticos en el consumo de combustible.
- Realizar pruebas de consumo de combustible en una ruta extraurbana preestablecida, Guayaquil Zaruma.
- Analizar los valores del consumo de combustible obtenidos usando un Dispositivo Telemétrico Azuga en un vehículo al variar el tipo de neumático.

## **1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación**

Este estudio es relevante y necesario debido a los siguientes motivos:

Impacto Económico: El aumento en los precios del combustible y la competencia en el mercado de transporte hacen crucial la optimización del consumo de combustible para reducir los costos operativos de las empresas de transporte interprovincial.

**Impacto Ambiental:** La reducción del consumo de combustible no solo beneficia a las empresas en términos de costos, sino que también contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y, por ende, a la conservación del medio ambiente.

**Potencial de la Telemetría Azuga:** La telemetría Azuga proporciona datos detallados sobre el comportamiento del vehículo en tiempo real, lo que permite un análisis profundo de cómo las características del neumático afectan el consumo de combustible en condiciones reales de conducción.

Una vez que se definen los objetivos de la investigación se procede a responder la pregunta de por qué se planteó esas interrogantes. Se puede dar respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

#### ***1.4.1 Justificación Teórica***

La influencia de las características del neumático en el consumo de combustible es un tema ampliamente estudiado en la ingeniería automotriz. A continuación, se presenta una justificación teórica de esta relación:

- **Resistencia a la rodadura:** Los neumáticos generan resistencia al rodar sobre la superficie de la carretera. Esta resistencia se debe a la deformación elástica y la histéresis del caucho en el neumático. Neumáticos con una mayor resistencia a la rodadura requieren más energía para mantener el movimiento del vehículo, lo que se traduce en un mayor consumo de combustible. Esta resistencia está influenciada por varios factores, incluyendo el diseño de la banda de rodamiento y el tipo de compuesto de goma utilizado en el neumático.
- **Presión de inflado:** La presión adecuada de los neumáticos es crucial para minimizar la resistencia a la rodadura. Neumáticos inflados correctamente tienen una menor área de contacto con la carretera, lo que reduce la resistencia y, por lo tanto, el consumo de combustible. Neumáticos subinflados aumentan la superficie de

contacto, lo que aumenta la resistencia y conduce a un mayor consumo de combustible.

- **Diseño de la banda de rodamiento:** La geometría y el diseño de la banda de rodamiento afectan directamente la resistencia a la rodadura. Un diseño de banda de rodamiento más suave reduce la resistencia y mejora la eficiencia del combustible. Además, los neumáticos con un dibujo de la banda de rodamiento más profundo tienden a tener una mayor resistencia a la rodadura, lo que puede aumentar el consumo de combustible.
- **Dimensiones del neumático:** Neumáticos más anchos tienen una mayor resistencia a la rodadura en comparación con los neumáticos más estrechos debido a una mayor área de contacto con la carretera. Además, neumáticos más grandes y pesados requieren más energía para rotar, lo que contribuye al aumento del consumo de combustible.
- **Material y construcción del neumático:** Los avances en tecnología han permitido el desarrollo de neumáticos más ligeros y con compuestos de goma que reducen la resistencia a la rodadura. Neumáticos fabricados con materiales más ligeros y compuestos más eficientes pueden disminuir la cantidad de energía necesaria para hacer rodar el vehículo, lo que se traduce en un menor consumo de combustible.

En resumen, se abordan temas relacionados con: las características del neumático, como la resistencia a la rodadura, la presión de inflado, el diseño de la banda de rodamiento, las dimensiones, el material y la construcción, tienen un impacto directo en el consumo de combustible de un vehículo.

#### ***1.4.2 Justificación Metodológica***

La justificación metodológica sobre la influencia de las características del neumático en el consumo de combustible es fundamental para comprender cómo diferentes aspectos del

neumático pueden afectar la eficiencia del combustible en los vehículos. A continuación, se presenta una justificación metodológica detallada para este estudio:

- **Importancia del Tema:** El consumo de combustible es una preocupación mundial debido a su impacto ambiental y económico. Los neumáticos son un componente esencial de un vehículo y se cree que afectan significativamente el consumo de combustible. Sin embargo, existe una necesidad de investigar científicamente estas afirmaciones y comprender las características específicas del neumático que influyen en el consumo de combustible.
- **Relevancia para la Industria y la Sociedad:** Este estudio es relevante para la industria automotriz, fabricantes de neumáticos y consumidores por igual. Comprender cómo las características del neumático pueden reducir el consumo de combustible puede llevar a la producción de neumáticos más eficientes y ayudar a los consumidores a tomar decisiones informadas sobre sus compras, lo que a su vez puede contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

### ***1.4.3 Justificación Práctica***

El consumo de combustible es una preocupación importante en la industria del transporte y para los conductores individuales. Uno de los factores clave que afecta el consumo de combustible de un vehículo es el tipo y las características de los neumáticos utilizados. En este contexto, es esencial comprender cómo las especificaciones de los neumáticos, como el tamaño, la presión, el diseño de la banda de rodadura y la resistencia a la rodadura, pueden influir directamente en el rendimiento del combustible de un vehículo.

Se considera lo siguiente:

- **Reducción de Costos:** La elección de neumáticos adecuados puede ayudar a reducir los costos operativos para las empresas de transporte y los propietarios de vehículos individuales. Neumáticos con baja resistencia a la rodadura pueden mejorar



significativamente la eficiencia del combustible, lo que se traduce en ahorros económicos a largo plazo.

- **Reducción de Emisiones:** La eficiencia del combustible está directamente relacionada con las emisiones de gases de efecto invernadero. Al usar neumáticos que optimizan el consumo de combustible, se reducen las emisiones de gases contaminantes, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático y mejorando la calidad del aire.
- **Mejora del Manejo:** Los neumáticos adecuados no solo afectan el consumo de combustible, sino también el manejo del vehículo. Neumáticos apropiados pueden mejorar la tracción y el control del vehículo, lo que a su vez mejora la seguridad en carretera, reduciendo así la probabilidad de accidentes.
- **Desarrollo Tecnológico:** La investigación para desarrollar neumáticos más eficientes ha llevado a avances tecnológicos significativos en la industria del neumático. Al entender cómo las características del neumático influyen en el consumo de combustible, se fomenta la innovación en el diseño de neumáticos, lo que podría tener aplicaciones en otras áreas de la tecnología de transporte.

La investigación y comprensión de la influencia de las características del neumático en el consumo de combustible son fundamentales para promover prácticas más eficientes y sostenibles en la industria del transporte. Esta justificación resalta la importancia económica, ambiental, de seguridad, tecnológica y educativa de investigar este tema, subrayando la necesidad de abordar este campo para beneficio tanto de la sociedad como del medio ambiente.

#### ***1.4.4 Delimitación Temporal***

El trabajo se efectúa desde el mes de agosto de 2023 hasta octubre de 2024.

#### ***1.4.5 Delimitación Geográfica***

El trabajo se desarrolla en una ruta Guayaquil-Zaruma. La delimitación geográfica de una investigación sobre la influencia del tipo de neumáticos en el consumo de combustible.

#### ***1.4.6 Delimitación del Contenido***

El primer capítulo estará orientado al establecimiento de un marco conceptual sobre la influencia del tipo de neumático en el consumo de combustible y como puede variar dependiendo de varios factores

El segundo capítulo se abordarán temas sobre el consumo de combustible, procesos y formas de estimación, así como conceptos relacionados con los neumáticos y su influencia en el consumo de combustible.

El tercer capítulo está orientado a detallar la metodología usada para determinar la influencia del tipo de neumático en el consumo de combustible.

En el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos.

## Capítulo II

### Marco Referencial

#### 2.1 Marco Teórico

En esta sección, la contribución de los neumáticos al consumo total de combustible del vehículo es discutido. En este sentido, se analizan diferentes parámetros que afectan a la resistencia a la rodadura (RR). Se analizan los tipos de neumáticos, con especial atención al papel de la presión de inflado de los neumáticos en el RR de los neumáticos. La influencia de la presión de los neumáticos en los parámetros que afectan al vehículo.

También se analizan el comportamiento de manejo y las características de marcha. Hay varios factores que contribuyen al consumo general de combustible de un vehículo.

En general, estos factores pueden clasificarse ampliamente en las siguientes categorías:

- Pérdida de energía de los neumáticos.
- Pérdidas por resistencia aerodinámica.
- Inercia del vehículo durante la aceleración o desaceleración.

El tipo de neumático puede influir en el consumo de combustible de un vehículo debido a su resistencia al rodamiento intrínseca. La resistencia a la rodadura es responsable del 35% de la energía que genera el motor, lo que significa que cuanto mayor sea la resistencia a la rodadura, mayor será el consumo de combustible. La masa del neumático también puede influir en el consumo de combustible, ya que cuanto más ligero sea el neumático, menor será el consumo. Además, la forma de la banda de rodadura y la colocación de los tacos y otros elementos de la banda de rodadura pueden influir en la resistencia a la rodadura del neumático, lo que a su vez puede afectar el consumo de combustible. Los neumáticos del segmento Eco pueden tener una resistencia a la rodadura reducida, lo que puede traducirse en un menor consumo de combustible a largo plazo. En general, el tipo de neumático puede ser un factor importante en la eficiencia del vehículo y, por lo tanto, en el consumo de combustible.

### **2.1.1 Conceptos Preliminares**

El consumo de combustible de un vehículo está influenciado por muchos factores, y las características del neumático son uno de los aspectos importantes a considerar. Existen algunos conceptos preliminares relacionados con la influencia de las características del neumático en el consumo de combustible.

### **2.1.2 Resistencia a la Rodadura y Neumáticos**

La resistencia a la rodadura se refiere a la pérdida de energía que se produce en el neumático debido a la deformación del área de contacto y las propiedades de amortiguación del caucho. La resistencia al movimiento del vehículo inducida por la deformación del neumático es proporcional a la fuerza vertical aplicada sobre el neumático debido al peso del vehículo y al coeficiente de resistencia a la rodadura. El coeficiente de resistencia a la rodadura es una cantidad adimensional que se considera constante o proporcional a la velocidad del vehículo. La resistencia a la rodadura se expresa frecuentemente en unidades de masa por masa (kg/t). Muchos factores influyen en las propiedades de resistencia a la rodadura de los neumáticos, como la velocidad del vehículo, la temperatura, el tipo y tamaño del neumático. (Fontaras, 2017).

### **2.1.3 Factores Influyentes en el Desgaste de los Neumáticos**

El desgaste de los neumáticos es inevitable durante el uso y está influenciado por el tipo de vehículo (OCDE, 2020 y Zhu, 2021), las características de los neumáticos (Jekel, 2019), la tipología de la carretera, las condiciones ambientales y de conducción (Yan et al., 2021). Algunos investigadores han calculado la tasa de desgaste de los neumáticos en función del número de turismos matriculados, la distancia total recorrida y la cantidad anual de desgaste de los neumáticos. Por ejemplo, Lee et al. (2020) informaron una tasa promedio de desgaste de neumáticos de  $51 \text{ mg veh}^{-1} \text{ km}^{-1}$  para turismos en Corea. Lassen et al. (2012) encontraron una tasa de desgaste de neumáticos de  $132 \text{ mg veh}^{-1} \text{ km}^{-1}$  para turismos en

Dinamarca. Hillenbrand et al. (2005) revelaron que la tasa de desgaste de los neumáticos era de  $90 \text{ mg veh}^{-1} \text{ km}^{-1}$  para los turismos en Alemania. Además, Luhana et al. (2004) calcularon la pérdida de peso de los neumáticos en automóviles de cinco pasajeros durante una distancia de conducción específica. La tasa promedio de desgaste de neumáticos para cinco automóviles estuvo en el rango de 56,4 a  $193,3 \text{ mg veh}^{-1} \text{ km}^{-1}$ .

#### ***2.1.4 Influencia del Neumático en la Economía del Consumo de Combustible***

Los neumáticos pueden marcar una gran diferencia en la cantidad de millas que un conductor recorre hasta llegar al tanque de gasolina. De hecho, entre el 20% y el 30% del consumo de combustible de un vehículo y el 24% de las emisiones de  $\text{CO}_2$  de los vehículos de carretera están relacionados con los neumáticos.

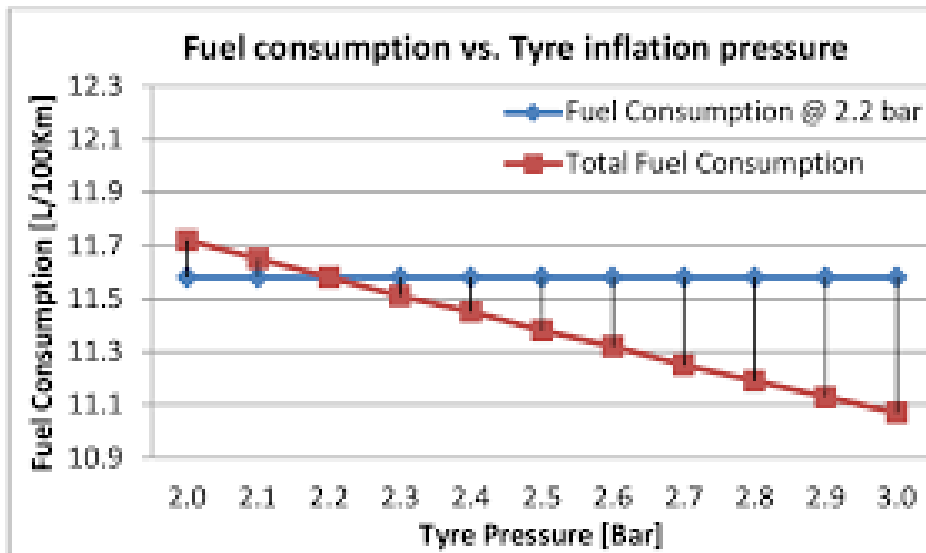
Los neumáticos afectan la eficiencia del combustible del vehículo principalmente a través de la resistencia a la rodadura. Los neumáticos poco inflados aumentan la resistencia del vehículo, lo que aumenta el consumo de combustible. ¿Pero en cuánto exactamente? Un estudio realizado por la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA) de Estados Unidos encontró que cada disminución del 1 por ciento en la presión de los neumáticos se correlacionaba con una reducción del 0,3 por ciento en el ahorro de combustible. Un inflado insuficiente del neumático en un 10 por ciento aumenta el consumo de combustible en un 2 por ciento. Un 20 por ciento por debajo de la inflación aumenta el consumo de combustible en un 4 por ciento. Con una presión de los neumáticos un 40 por ciento inferior al nivel recomendado, el consumo de combustible de los neumáticos aumenta un 8 por ciento.

Esto puede tener un efecto significativo con el tiempo, ya que los neumáticos pueden perder naturalmente de una a dos PSI por mes. Los cambios de temperatura también pueden afectar la presión de los neumáticos. Por cada  $5^\circ\text{C}$  que baja la temperatura, hay una pérdida del 2 por ciento en la presión de los neumáticos. Su neumático también se infla aproximadamente

un 2 por ciento con un aumento de temperatura de 5 °C. Si la temperatura fluctúa a lo largo del año o incluso del día a la noche, el efecto puede ser significativo (Tyrepower.com, 2023).

**Figura 3**

*Neumático vs Consumo de Combustible*



Tomado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-Tyre-Inflation-Pressure-on-Fuel-and-Varghese/2c6819108bfaf0ceebf16f58a3fd12326b13d193>

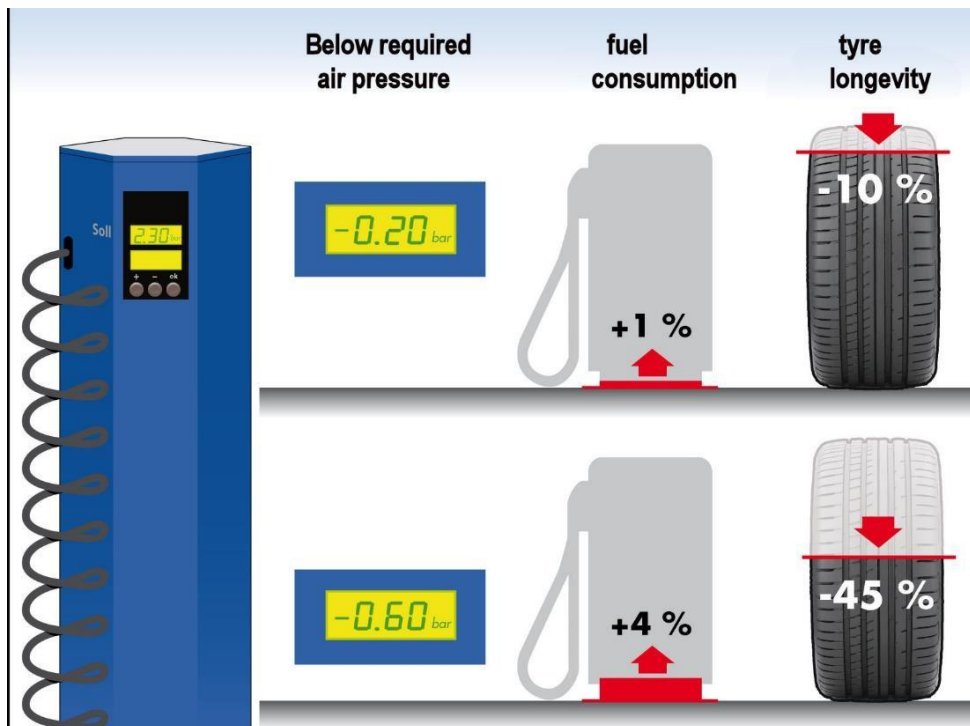
### 2.1.5 Neumáticos y Presión de Inflado

Cuanto menor sea la presión del aire dentro de cada neumático, mayor será su "huella".

Eso significa que aumenta el área del neumático en contacto con la carretera. Con ello aumenta la fricción entre la goma y el asfalto, conocida como resistencia a la rodadura.

A medida que aumenta la resistencia a la rodadura, se necesita más potencia para mantener el vehículo en movimiento. Se necesita más fuerza para superar esta fricción a velocidades más lentas o si conduce en condiciones que implican detenerse y arrancar a frecuencias regulares.

Las bajas presiones de los neumáticos también pueden ser peligrosas, ya que afectan el rendimiento de su automóvil, como su manejo, y aumentan el riesgo de reventones y desgaste prematuro (Figura 4).

**Figura 4***Consumo de Combustible vs Presión del Neumático*

Tomado de: <https://www.tyrepress.com/2014/03/incorrect-tyre-pressure-is-costly-and-may-be-dangerous-reminds-goodyear/>

Las estimaciones varían y otros factores afectan las millas por galón, pero los neumáticos desinflados podrían aumentar su consumo de combustible entre un 3% y un 10%.

Quemar más combustible para mantener su automóvil o camioneta en movimiento significa que se liberan más CO<sub>2</sub> y otros contaminantes al medio ambiente. Una vez más, las estimaciones varían, pero los estudios de los automóviles que circulan por las carreteras del Reino Unido, la UE y los EE. UU. sugieren que entre el 60 % y el 80 % de los vehículos circulan con neumáticos desinflados. Cada vez que se quema un galón de combustible, se añaden 20 libras de dióxido de carbono al aire que nos rodea (Greengaragenetwork.com, 2023).

La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. sugiere que se generan 1,5 toneladas adicionales de gases de efecto invernadero al circular un vehículo con neumáticos blandos.

## **2.2 Marco Conceptual**

### ***2.2.1 Economía de Combustible***

Es una medida de qué distancia recorrerá un vehículo con un galón de combustible; se expresa en millas por galón.

Esta es una medida popular utilizada desde hace mucho tiempo por los consumidores en Estados Unidos; También lo utilizan los fabricantes de vehículos y los reguladores, principalmente para comunicarse con el público. Como métrica, la economía de combustible en realidad mide la distancia recorrida por unidad de combustible.

### ***2.2.2 Consumo de Combustible***

Es lo inverso a la economía de combustible. Es la cantidad de combustible consumido al recorrer una distancia determinada. En Estados Unidos se mide en galones por 100 millas y en litros por 100 kilómetros en Europa y en otras partes del mundo. El consumo de combustible es una medida de ingeniería fundamental que está directamente relacionada con el combustible consumido por cada 100 millas y es útil porque puede emplearse como una medida directa del ahorro volumétrico de combustible.

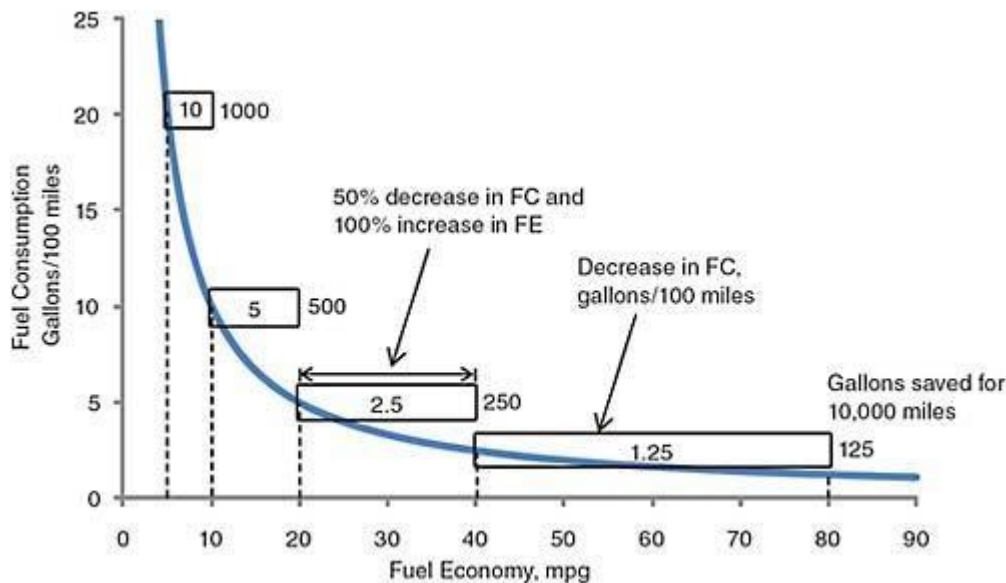
En realidad, es consumo de combustible que se utiliza en el estándar CAFE para calcular la economía de combustible promedio de la flota (el promedio ponderado de ventas) para los ciclos de ciudad y carretera.

Debido a que la economía de combustible y el consumo de combustible son recíprocos, cada una de las dos métricas se puede calcular de manera sencilla si se conoce la otra.

En términos matemáticos, si la economía de combustible es  $X$  y el consumo de combustible es  $Y$ , su relación se expresa como  $XY = 1$ .

Esta relación no es lineal, como se ilustra en la Figura 5, en el que el consumo de combustible se muestra en unidades de galones por 100 millas y la economía de combustible se muestra en unidades de millas por galón.



**Figura 5***Consumo de Combustible vs Economía de Combustible*

Tomado de: <https://nap.nationalacademies.org/read/12924/chapter/4>

### 2.2.3 Neumáticos

Un neumático es una carcasa de goma resistente y flexible unida al borde de una rueda. Los neumáticos proporcionan una superficie de agarre para la tracción y sirven como cojín para las ruedas de un vehículo en movimiento. Los neumáticos se encuentran en automóviles, camiones, autobuses, trenes de aterrizaje de aviones, tractores y otros equipos agrícolas, vehículos industriales como montacargas y medios de transporte comunes como bicicletas y motocicletas.

Los neumáticos de la mayoría de los vehículos son neumáticos; el aire se mantiene bajo presión dentro del neumático. Hasta hace poco, los neumáticos tenían una cámara de aire para mantener la presión del aire, pero ahora los neumáticos están diseñados para formar un sello de presión con el borde de la rueda.

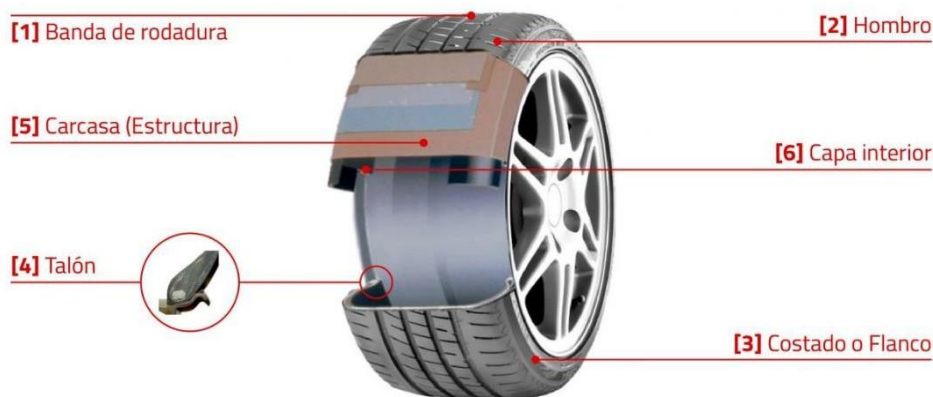
El inventor escocés Robert Thomson desarrolló el neumático con cámara de aire en 1845, pero su diseño se adelantó a su tiempo y despertó poco interés. El neumático fue reinventado en la década de 1880 por otro escocés, John Boyd Dunlop, e inmediatamente se

hizo popular entre los ciclistas. El caucho natural es la principal materia prima utilizada en la fabricación de neumáticos, aunque también se utiliza caucho sintético. Sin embargo, para desarrollar las características adecuadas de solidez, elasticidad y resistencia al desgaste, el caucho debe tratarse con una variedad de productos químicos y luego calentarse. El inventor estadounidense Charles Goodyear descubrió por accidente en 1839 el proceso de fortalecimiento del caucho, conocido como vulcanización o curado. Había estado experimentando con el caucho desde 1830, pero no había podido desarrollar un proceso de curado adecuado.

A simple vista son todos los neumáticos iguales, pero la diferencia radica en el interior, cada material que lo compone le da unas características únicas. Para comprenderlos mejor voy a explicarte cada una de las partes que lo componen (Figura 6).

## Figura 6

### *Partes del Neumático*



Tomado de: [https://www.carlider.es/Que-partes-tiene-un-neumatico\\_es\\_1\\_36\\_0.html](https://www.carlider.es/Que-partes-tiene-un-neumatico_es_1_36_0.html)

### **2.2.4 Neumático de Bajo Consumo de Combustible**

También conocidos como neumáticos ecológicos o neumáticos de bajo consumo, ahorran combustible debido a lo siguiente:

- Están fabricados con compuestos de banda de rodadura especialmente formulados que les permiten agarrarse a la carretera, pero reducir la resistencia y la fricción.

- Vienen con diseños innovadores de la banda de rodadura que fomentan una rodadura eficiente.
- Son más aerodinámicos y aerodinámicos para disminuir la fricción y la resistencia.
- Son más rígidos y rígidos para conservar su forma por más tiempo.

### 2.2.5 *Fricción de los Neumáticos o Resistencia a la Rodadura*

La resistencia a la rodadura es la fuerza de fricción entre el neumático y la carretera cuando se mueve (Figura 7). Cuando hay un mayor nivel de resistencia a la rodadura, el vehículo necesitará más potencia del motor para avanzar. Para aumentar la potencia del motor, se tendrá que utilizar más gasolina. Cuanta más gasolina, mayores emisiones de carbono se producen.

Si el neumático es ecológico y está diseñado para tener menos resistencia a la rodadura, no necesitará tanta potencia para luchar contra la fricción con la carretera. Utilizará menos gasolina y producirá menos emisiones.

#### **Figura 7**

*Resistencia a la Rodadura*



Tomado de: <http://www.amtriathlon.com/2009/07/resistencia-la-rodadura.html>

### **2.2.6 Dibujo de la Banda de Rodadura de los Neumáticos**

El diseño del dibujo de la banda de rodadura de un neumático puede afectar la eficiencia del combustible.

Cuanto más agresivo sea el diseño de la banda de rodadura, como en los neumáticos todoterreno, mayor será la resistencia a la rodadura y se necesita más gasolina, ya que se agarran más a la carretera. Sin embargo, para patrones de banda de rodadura poco profundos y más suaves, como los que se encuentran en neumáticos de carreras o slicks, se necesita menos gasolina y se ahorra más, ya que están diseñados para moverse rápido.

### **2.2.7 Clasificación y Nomenclatura de Neumáticos**

El neumático (o neumático) es una parte circular y anular de un vehículo que entra en contacto con el suelo. Los neumáticos se montan sobre llantas y se llenan de aire comprimido. Desde su invención, el caucho natural es el material más utilizado en la fabricación de neumáticos. Sin embargo, los neumáticos modernos también emplean materiales como caucho sintético, tela, alambres de acero, negro de humo y algunos compuestos más.

En general, existen dos grandes clases de neumáticos, según la presencia o ausencia de cámara en los mismos. Por eso se denominan "neumáticos con cámara" y "neumáticos sin cámara", respectivamente. Además, según la construcción o esqueleto de los neumáticos conocido como carcasa, los neumáticos se clasifican en los siguientes tipos principales:

- Capa cruzada o capa diagonal: en estos neumáticos, los cordones de las capas están en un ángulo de 30°-40° con respecto al eje del neumático.
- Capa radial: En estos neumáticos, los cordones de las capas discurren en dirección radial.
- Capa al bias con cinturón: esta es una combinación de los tipos mencionados anteriormente.

Sin embargo, la mayoría de los neumáticos utilizados hoy en día pertenecen a la clase de neumáticos radiales sin cámara.

### **2.2.8 *Presión de los Neumáticos***

Quizás no parezca que importe mucho, pero el lugar donde un vehículo entra en contacto con la carretera (las ruedas) es muy importante para ahorrar combustible. La EPA estima que la economía de combustible puede mejorar hasta un 3,3 % si los neumáticos están inflados correctamente, lo que disminuye la resistencia a la rodadura entre los neumáticos y la carretera. Esto es cierto para cualquier cosa que tenga ruedas; incluso pedalear una bicicleta con neumáticos desinflados es extremadamente difícil y requiere mucha más energía. La única diferencia es de dónde proviene esa energía. Los neumáticos correctamente inflados pueden mejorar la economía de combustible. También ayudan con la seguridad, el control, el ruido y la tracción

### **2.2.9 *Elección de los Neumáticos***

Al elegir neumáticos de búsqueda de baja resistencia a la rodadura que requieran menos energía y sean más eficientes en el consumo de combustible, utilizará menos combustible/gas y ahorrará dinero.

Las combinaciones de características de los neumáticos como dimensiones, diseño, materiales y construcción harán que los neumáticos de búsqueda difieran en la resistencia a la rodadura (generalmente expresada a través del índice de eficiencia de combustible del neumático), así como en muchos otros atributos: tracción, manejo, ruido, resistencia al desgaste de la banda de rodadura. y apariencia. Una vez que los neumáticos se ponen en servicio, se les debe dar el mantenimiento adecuado para que funcionen según lo previsto con respecto a todos los atributos del neumático. Mantener la presión de inflado adecuada de los neumáticos es especialmente importante porque influye directamente en la resistencia a la rodadura del neumático.

Al comprar neumáticos se deben considerar muchos factores como: rendimiento de frenado, agarre en mojado, duración y precio. Pero considerar la resistencia a la rodadura de un neumático puede ahorrar dinero en la gasolinera. Muchos fabricantes de neumáticos muestran una clasificación de eficiencia de combustible para sus modelos de neumáticos (Figura 8).

### Figura 8

*Etiqueta de Eficiencia de Neumáticos de la UE*



Tomado de: <https://www.tyresizecalculator.com/tyres/tire-fuel-efficiency-economy-and-fuel-efficient-low-rolling-resistance-tires>

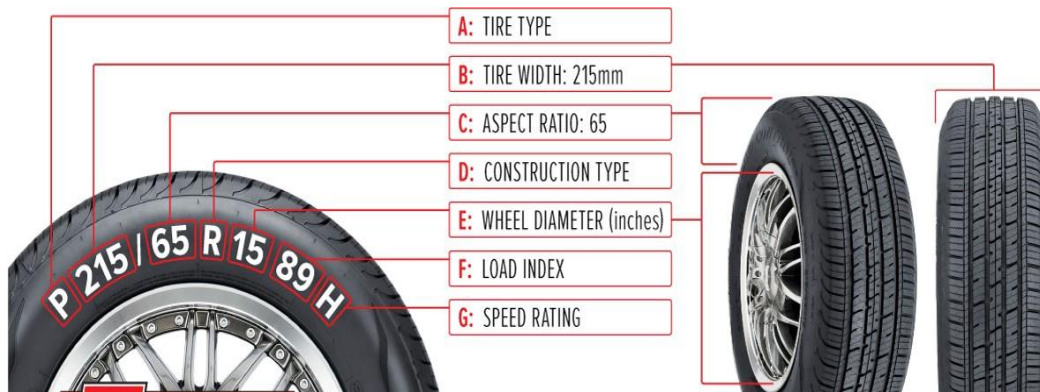
#### **2.2.10 Tamaño de los Neumáticos**

El tamaño de los neumáticos puede resultar confuso. Algunos números en la pared lateral aparecen en milímetros, mientras que otros están en pulgadas. Además, el tamaño adecuado para su automóvil, camión o remolque puede variar dependiendo de dónde y cómo se conduzca. Se puede ver el tamaño de los neumáticos del equipo original en el manual del propietario o en el cartel que generalmente se encuentra en el marco de la puerta del lado del

conductor. Este es el tamaño recomendado por el fabricante del vehículo (Lesschwab.com, 2023).

### Figura 9

#### *Neumático vs Consumo de Combustible*



Tomado de: <https://www.lesschwab.com/article/tires/tire-size-explained-reading-the-sidewall.html>

Esto es lo que indican esos números e indicadores en la pared lateral y cómo entenderlos:

- **Tipo de Neumático:** La primera letra del código le indica qué clase de neumático es. P significa neumático para vehículos de pasajeros. Los neumáticos de clase P incluyen automóviles, SUV, crossovers, minivans y camionetas más pequeñas.
- **Ancho del Neumático:** El número de tres dígitos que sigue a la letra es el ancho del neumático (de lado a lado, mirando el neumático de frente) en milímetros. Esto también puede denominarse ancho de sección.
- **Relación de Aspecto:** La barra diagonal separa el número del ancho del neumático de la relación de aspecto de dos dígitos. Cuanto mayor sea la relación de aspecto, más alta será la pared lateral del neumático, o "perfil", como a veces se le llama. La relación de aspecto se indica en el flanco del neumático como porcentaje. Es la altura del flanco medida desde la llanta hasta la parte superior de la banda de

rodadura, expresada como porcentaje del ancho del neumático. En este ejemplo, la relación de aspecto es 65, lo que significa que la pared lateral es un 65 por ciento más alta que ancha la llanta. Para obtener la altura del flanco, tome el ancho del neumático de 215 mm y conviértalo a pulgadas (8,46). Luego multiplique esto por 65% (0,65). Esto le da una respuesta de 5,5, la altura de la pared lateral en pulgadas.

- **Tipo de Construcción:** Esta única letra le informa sobre la construcción interna del neumático. R es para neumáticos radiales, el estándar de la industria para la mayoría de los neumáticos en la actualidad. Tienen mejor agarre en carretera, menor resistencia a la rodadura para un mejor consumo de combustible, comodidad de marcha y durabilidad que las generaciones anteriores de neumáticos. En un neumático radial, las capas (capas de cuerdas fuertes hechas de una mezcla de poliéster, acero y tela y recubiertas con caucho) se colocan perpendiculares a la dirección de desplazamiento.
- **Diámetro de la Rueda:** Este número de dos dígitos especifica el diámetro de la rueda en pulgadas. Es la distancia entre las dos áreas del asiento del talón (donde el neumático queda sellado herméticamente sobre la rueda).
- **Índice de Carga:** El número de dos o tres dígitos que sigue al espacio especifica el índice de carga del neumático. El símbolo del índice de carga indica cuánto peso puede soportar un neumático, según la siguiente tabla estándar. En nuestro ejemplo, el índice de carga es 89, lo que indica que la llanta tiene una capacidad de carga de 1,279 libras, cuando se infla a la presión de aire máxima de la llanta.
- **Clasificación de Velocidad:** La última letra es la clasificación de velocidad del neumático. Esto indica la velocidad máxima a la que es seguro viajar durante un período de tiempo sostenido. Un neumático que tenga un índice de velocidad más alto puede soportar mejor el calor y proporcionar más control a velocidades más



rápidas. La velocidad máxima de funcionamiento de un vehículo no es más que la clasificación de velocidad más baja de todos los neumáticos montados en el vehículo. (Por supuesto, siempre debe respetar los límites de velocidad para una conducción más segura)

### ***2.2.11 Reemplazo de Neumáticos***

Los neumáticos de repuesto de todos los vehículos son propensos a envejecer porque rara vez se reemplazan. Teniendo en cuenta que los neumáticos se degradan con el tiempo, la NHTSA recomienda que, si su vehículo viene equipado con un neumático de repuesto de tamaño completo, no lo utilice como reemplazo de neumáticos gastados, excepto en emergencias como el reemplazo de un neumático pinchado.

Una calculadora del tamaño de neumáticos es una forma rápida de ver si el tamaño de neumático que está considerando probablemente se ajuste al automóvil, SUV, automóvil deportivo, camioneta o crossover.

Pero hay que recordar que esto es sólo una estimación. Es importante mantenerse dentro de las tolerancias de tamaño del vehículo. Los neumáticos del tamaño incorrecto podrían causar cierto tirón en el volante, rozar la suspensión o la carrocería del vehículo, reducir el espacio libre en pendientes o provocar una conducción más rígida o ruidosa.

Pese a que en ningún momento se puede consultar una fecha de la caducidad de los neumáticos como tal, sí que se puede hacer una estimación de su tiempo útil. Para ello, se debe mirar en su flanco. Ahí se puede apreciar una cantidad importante de información. No solamente se puede conocer aspectos tan importantes de las ruedas como su diámetro e incluso el índice de carga y el código de velocidad de estas.

A mayores, podremos ver la fecha de fabricación que se representa con 4 dígitos. Los dos primeros hacen referencia a la semana del año en que se fabricaron, y los dos últimos hacen referencia al año. Así, por ejemplo, un neumático donde se vea expresado 2613 es que se ha

fabricado en la semana número 26 (fines de junio) del año 2013. En el caso de que en el flanco venga expresado 2016 quiere decir que será la semana 20 del año (mediados de mayo) del 2016.

El único elemento del que disponen los usuarios para determinar la caducidad o posible obsolescencia de un neumático es el DOT (Figura 10).

### Figura 10

*El DOT, Grabado en un Lateral de la Rueda*



Tomado de: <https://www.nhtsa.gov/equipment/tires>

#### 2.2.12 Emisiones de Dióxido de Carbono

El promedio anual de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de un vehículo de pasajeros típico es:

- Un vehículo de pasajeros típico emite alrededor de 4,6 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> por año.
- Esto supone que el vehículo de gasolina promedio que circula hoy en día tiene una economía de combustible de aproximadamente 22,2 millas por galón y recorre alrededor de 11,500 millas por año. Cada galón de gasolina quemado genera alrededor de 8.887 gramos de CO<sub>2</sub>.

### Capítulo III

#### **Determinación de la Influencia de las Características del Neumático en el Consumo de Combustible**

Determinar la influencia de las características del neumático en el consumo de combustible implica llevar a cabo un estudio detallado y sistemático. A continuación, se presenta una metodología general que se puede seguir para realizar este tipo de análisis:

- 1. Revisión de la Literatura: Antes de comenzar el estudio, se debe investigar la literatura existente para comprender las teorías y métodos previamente utilizados por otros investigadores en estudios similares.
- 2. Definición de Variables: Identificar las variables clave que influirán en el estudio, como el tipo de neumático, la presión del aire, el diseño de la banda de rodadura, el tamaño del neumático, etc.
- 3. Recopilación de Datos: Recopilar datos sobre diferentes tipos de neumáticos y su consumo de combustible asociado. Estos datos pueden provenir de pruebas de laboratorio, simulaciones por computadora o estudios de campo.
- 4. Diseño del Experimento: Diseñar un experimento controlado para evaluar el consumo de combustible de diferentes vehículos equipados con neumáticos de diferentes características. Asegúrate de controlar otras variables que puedan afectar el consumo de combustible, como la carga del vehículo, las condiciones de la carretera y la velocidad.
- 5. Medición del Consumo de Combustible: Utilizar equipos de medición precisos para registrar el consumo de combustible de los vehículos durante el experimento. Asegúrate de realizar múltiples repeticiones para obtener datos confiables.

- 6. **Análisis de Datos:** Utilizar técnicas estadísticas para analizar los datos recopilados. Puedes utilizar análisis de regresión para identificar la relación entre las características del neumático y el consumo de combustible.
- 7. **Consideración de Variables:** Tener en cuenta otras variables que podrían influir en el consumo de combustible, como el estilo de conducción, las condiciones meteorológicas y el mantenimiento del vehículo. Se puede controlar algunas de estas variables y tener en cuenta otras en tu análisis.
- 8. **Interpretación de Resultados:** Interpretar los resultados obtenidos y determina cómo las diferentes características del neumático influyen en el consumo de combustible. Compara los datos para identificar patrones y tendencias.
- 9. **Conclusiones y Recomendaciones:** Se debe presentar los hallazgos y conclusiones sobre la influencia de las características del neumático en el consumo de combustible. Se debe proporcionar recomendaciones para la selección óptima de neumáticos que minimicen el consumo de combustible.

### **3.1 Neumáticos y Eficiencia de Combustible**

En 2021, había 282 millones de vehículos en Estados Unidos. Cada año, los propietarios de vehículos compran aproximadamente 260 millones de neumáticos de repuesto para vehículos, que consumen alrededor de 135 mil millones de galones de gasolina al año. Los neumáticos que se compra y su buen mantenimiento pueden afectar significativamente la cantidad de dinero que se gasta en combustible, así como el impacto del vehículo en el medio ambiente.

Los neumáticos desempeñan un papel crucial en la eficiencia de combustible de un vehículo. Un conjunto adecuado de neumáticos puede mejorar significativamente la eficiencia del combustible y reducir los costos operativos de un automóvil. Aquí hay algunas formas en las que los neumáticos afectan la eficiencia de combustible:

- **Resistencia a la rodadura:** Los neumáticos generan resistencia a medida que ruedan sobre la carretera. Neumáticos mal inflados o desgastados aumentan esta resistencia, lo que significa que el motor necesita trabajar más para mantener el vehículo en movimiento. Esto conduce a un mayor consumo de combustible. Mantener los neumáticos correctamente inflados reduce esta resistencia y mejora la eficiencia del combustible.
- **Diseño del neumático:** Algunos neumáticos están diseñados para ofrecer una menor resistencia a la rodadura, lo que los hace más eficientes en términos de combustible. Los neumáticos de baja resistencia a la rodadura tienen una construcción y una banda de rodadura específicas que reducen la fricción con la carretera.
- **Peso del neumático:** Los neumáticos más ligeros pueden mejorar la eficiencia de combustible, ya que reducen la masa no suspendida del vehículo. Esto significa que el motor no tiene que trabajar tanto para hacer girar las ruedas.
- **Mantenimiento adecuado:** Rotar los neumáticos regularmente y mantener un buen equilibrio ayuda a asegurar un desgaste uniforme de los neumáticos. Además, una alineación adecuada garantiza que las ruedas estén alineadas correctamente, lo que reduce la resistencia y mejora la eficiencia del combustible.
- **Tamaño del neumático:** Neumáticos más anchos generan más resistencia a la rodadura en comparación con neumáticos más estrechos. Algunos conductores eligen neumáticos más anchos para mejorar la tracción, pero esto puede afectar negativamente la eficiencia del combustible.
- **Condiciones de la carretera:** En condiciones de carretera mojada o resbaladiza, los neumáticos con un buen agarre pueden mejorar la seguridad, pero también pueden afectar ligeramente la eficiencia del combustible debido a una mayor resistencia.

En resumen, elegir neumáticos adecuados, mantenerlos correctamente inflados y asegurar un buen mantenimiento puede mejorar significativamente la eficiencia de combustible de un vehículo, lo que no solo ahorra dinero al propietario, sino que también reduce el impacto ambiental al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

### **3.2 Influencia de los Neumáticos en la Eficiencia del Combustible**

Los neumáticos pueden influir en la eficiencia del combustible de un vehículo de varias maneras, como se detalla a continuación:

**Etiqueta de neumáticos:** La etiqueta de neumáticos de la Unión Europea clasifica los neumáticos según su eficiencia en tres categorías: consumo de combustible, frenado sobre suelo mojado y ruido de rodaje. La clase A corresponde al mejor rendimiento y la letra G al rendimiento más bajo. La resistencia al rodaje de los neumáticos engendra un consumo significativo, y la clasificación permite estimar el ahorro de combustible realizado en 100 km con relación a la clase de referencia A.

**Neumáticos Clase A:** Según un estudio de Feu Vert, los neumáticos Continental, Michelin, Goodyear, Bridgestone y Pirelli son los que más combustible ahorran, con porcentajes que oscilan entre el 2% y el 7%.

**Resistencia a la rodadura:** La resistencia a la rodadura tiene un gran impacto en el consumo de combustible. Los neumáticos del segmento Eco pueden tener una resistencia a la rodadura reducida, lo que puede traducirse en un menor consumo de combustible a largo plazo.

**Masa del neumático:** La masa del neumático también puede influir en el consumo de combustible, ya que cuanto más ligero sea el neumático, menor será el consumo.



**Forma de la banda de rodadura:** La forma de la banda de rodadura y la colocación de los tacos y otros elementos de la banda de rodadura pueden influir en la resistencia a la rodadura del neumático, lo que a su vez puede afectar el consumo de combustible.

Mantenimiento adecuado: El mantenimiento adecuado de los neumáticos es crucial para maximizar la eficiencia del consumo de combustible. Además de mantener la presión correcta, también es importante verificar periódicamente la alineación y el equilibrado de los neumáticos. Un desalineado o un desequilibrio pueden aumentar la resistencia a la rodadura y disminuir la eficiencia del combustible.

En general, el tipo de neumático puede ser un factor importante en la eficiencia del vehículo y, por lo tanto, en el consumo de combustible. Mantener los neumáticos adecuadamente inflados y elegir neumáticos con una menor resistencia a la rodadura y una masa más ligera puede ayudar a reducir el consumo de combustible. La resistencia a la rodadura del neumático está relacionada principalmente con la deformación del neumático durante la rodadura (Figura 11).

**Figura 11**

*Resistencia a la Rodadura y su Influencia en el Consumo de Combustible*

What	Surface of tire and air	Tire tread			Sidewall and bottom part		
How	Air circulation	Slippage on ground	Deformation hence dissipation of energy				
			bending	compression	shearing	bending	shearing
Contribution	< 15%		60 to 70%			20 to 30 %	

Tomado de: <https://thetiredigest.michelin.com/michelin-ultimate-energy-tire>

En los últimos años, ha habido un aumento constante en el consumo de combustible de los vehículos en California (Stillwater Asociados, 2020). Varios factores que contribuyen a esta demanda de combustible pueden atribuirse a un aumento en millas recorridas por vehículo (VMT) en el Estado. Aunque un aumento en VMT conduce directamente a un aumento en el consumo de combustible (Lin y Prince, 2009), los neumáticos desinflados pueden desempeñar

un papel importante en el rendimiento operativo y la eficiencia de un vehículo en sí mismo, provocando así un aumento en consumo y demanda de combustible (Grugett et al., 1981). Esto es corroborado por algunos estudios recientes que han establecido una relación directa entre la presión de los neumáticos y el consumo de combustible de un vehículo (Thiriet et al., 2017; Sanchez et al., 2017). Esta investigación resume esa relación a través de una revisión de la literatura y aplicación de toma de datos.

El tipo y tamaño de los neumáticos influyen en la resistencia a la rodadura, lo que afecta en gran medida al consumo de combustible, especialmente a bajas velocidades (Crolla 2009).

La Comisión Europea (CE) N° 1222/2009) establece una escala de clases de eficiencia energética basada en el coeficiente de resistencia a la rodadura (CRR).

Las clases van desde A siendo la más eficiente hasta G la menos eficiente, mientras que el RRC es medido en kg/t (cantidad adimensional). Para un turismo, los neumáticos de categoría A tienen una RRC inferior a 6,5, mientras que un neumático de categoría G tiene un RRC superior a 12,1, por lo que la variación en la RRC puede alcanzar el 90 %. Tal diferencia en el RRC según Goodyear (2014) podría provocar un aumento del consumo del 7,5 %. Categorías de neumáticos con su diferencia porcentual de clase en clase (valores superiores utilizados) se presentan en la Tabla 1.

Según el Reglamento n° 117 (Reglamento (ONU) n° 11 de 2011), el valor de la resistencia a la rodadura no debe exceder los 12 kg/t para neumáticos para todas las estaciones y los 13 kg/t para neumáticos para nieve.

Se prevén límites máximos de RRC para los neumáticos de turismos vendidos en Europa después de 2016. El valor de la resistencia a la rodadura no debe exceder los 12 kg/t para neumáticos para todas las estaciones y los 13 kg/t para neumáticos para todas las estaciones, neumáticos para nieve a partir de noviembre de 2016 y 10,5 kg/t y 11,5 kg/t respectivamente a partir de noviembre 2018. Se estima, basándose en las ventas de neumáticos,



que el CRR medio de los neumáticos vendidos en la UE fue de 9,25 kg/t (neumáticos clase E) en 2015, presentando una mejora respecto a 2013 (9,5 kg/t) debido a la introducción del sistema de etiquetado

**Tabla 1**

*Neumáticos según el Reglamento (CE) N° 1222/2009 (2009) y Diferencia Percentil*

RRC in kg/t	Energy efficiency class	Difference in mean RRC
$RRC \leq 6.5$	A	18
$6.6 \leq RRC \leq 7.7$	B	18 17
$7.8 \leq RRC \leq 9.0$	C	17
$9.1 \leq RRC \leq 10.5$	E	17 14
$10.6 \leq RRC \leq 12.0$	F	14 N/A
$12.1 \leq RRC$	G	N/A

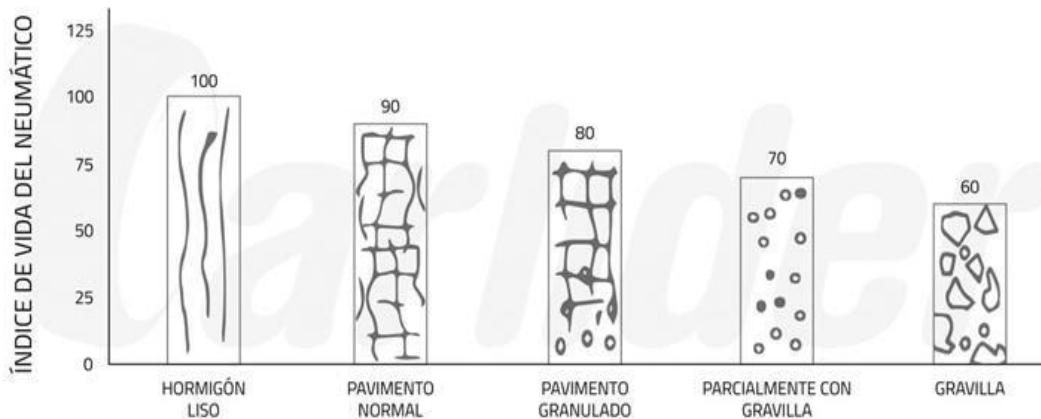
Tomado de: [https://www.researchgate.net/publication/315117829\\_Review\\_of\\_in\\_use\\_factors\\_affecting\\_the\\_fuel\\_consumption\\_and\\_CO2\\_emissions\\_of\\_passenger\\_cars](https://www.researchgate.net/publication/315117829_Review_of_in_use_factors_affecting_the_fuel_consumption_and_CO2_emissions_of_passenger_cars)

Un estudio preliminar realizado por la Comisión de Energía de California (CEC) en 2003 estimó que los neumáticos de baja resistencia a la rodadura podrían ahorrar entre un 1,5% y un 4,5% del consumo total de gasolina; fue insuficiente para comparar las propiedades de Un estudio de 2009 de la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carreteras (NHTSA) encontró que una reducción del 5% en la resistencia a la rodadura en el 2% de los neumáticos de repuesto ahorraría 7,9 millones de galones de combustible y 76.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

El neumático sufre mayor desgaste si se frecuentan carreteras de montaña en las que hay que tomar muchas curvas, frenar y acelerar más veces de lo normal, que si la conducción se realiza por autopista (Figura 12).

### Figura 12

*Índice de Vida del Neumático Dependiendo del Tipo de Superficie*



Tomado de: [https://www.carlider.es/Caracteristicas-de-los-neumaticos\\_es\\_1\\_34\\_0.html](https://www.carlider.es/Caracteristicas-de-los-neumaticos_es_1_34_0.html)

### 3.3 Comparación con Neumáticos Convencionales

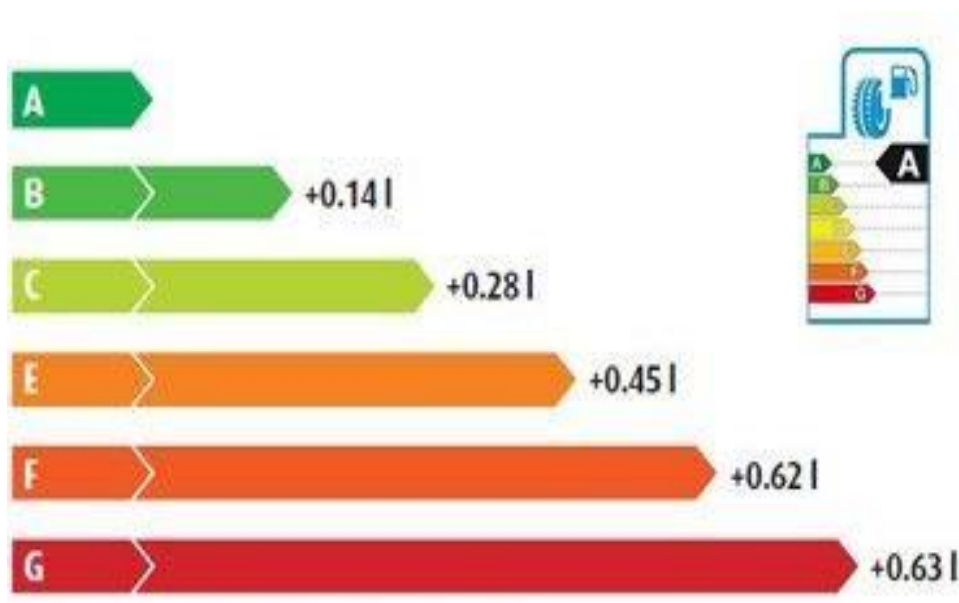
Dependiendo de la tecnología y los materiales específicos utilizados por el fabricante, el neumático podría durar tanto como un neumático convencional, con una tracción igualmente mejorada. Un estudio realizado por Transport Canada que investigaba el rendimiento de los vehículos que combinaban "aligeramiento" (reducción del peso del vehículo) con neumáticos de baja resistencia a la rodadura encontró que dichos vehículos funcionaban casi tan bien o mejor que los neumáticos normales o no ligeros. Se descubrió que el vehículo de prueba era una Ford F150, una camioneta estándar con tracción trasera. Acura MDX, un vehículo deportivo utilitario con tracción total. Y el Volkswagen Jetta, un sedán compacto con tracción delantera. Se han mejorado la velocidad máxima y la aceleración en general. "El rendimiento de manejo no mostró una correlación significativa con los neumáticos livianos o LRR. Las pruebas de frenado y slalom mostraron variabilidad en los resultados de las configuraciones que probamos. El boletín de la Coalición de Científicos Preocupados afirma que "los

neumáticos LRR también cumplen con los mismos estándares federales que los neumáticos normales en cuanto a desgaste de la banda de rodadura, tracción y resistencia a la temperatura". Los neumáticos viejos con baja resistencia a la rodadura pueden tener baja resistencia a la rodadura. También reduce el agarre, especialmente en las curvas, y puede desgastarse más rápido.

La clasificación permite evaluar la eficiencia del combustible cada 100 km en relación con la clase de referencia A (Figura 13).

### Figura 13

*Tipo de Neumático vs Consumo de Combustible*



Tomado de: <https://www.tyreleader.co.uk/tyres-advice/car-tyres-label>

### 3.4 Tamaño del Neumático

Los neumáticos más grandes disminuyen el ahorro de combustible porque son más pesados, mientras que los neumáticos más pequeños aumentan la eficiencia del combustible. Los neumáticos más grandes también tienen una mayor resistencia a la rodadura que los neumáticos más pequeños, lo que significa que requieren más resistencia y esfuerzo para hacerlos rodar.

Por lo tanto, en el tráfico con paradas y arranques, el neumático más pequeño sería la mejor opción porque se necesita menos potencia para obtener un mejor kilometraje. Sin embargo, al conducir en autopistas a altas velocidades, tener neumáticos más grandes puede ayudar a aumentar la eficiencia del combustible del vehículo. Esto se debe a que, si bien es más fácil hacer mover una rueda y un neumático más pequeños que uno más grande, una vez en movimiento, el motor trabaja más para hacer que la rueda más pequeña cubra la misma distancia que una más grande. Entonces, para una mejor economía de combustible al navegar, la rueda más grande sería mejor.

Sin embargo, también hay que tener en cuenta el peso. Un buen consejo sobre el tamaño y el peso de los neumáticos es que por cada pulgada que agregue al tamaño de la rueda, compense reduciendo la altura del flanco.

Tener en cuenta que esto también afectará a la capacidad de carga, o cuánto peso puede soportar el neumático.

Cooper Tire desarrolló recientemente neumáticos conceptuales que pueden mejorar la eficiencia del combustible en un 5,5%, con el apoyo de un proyecto de la Oficina de Tecnologías de Vehículos (VTO) de EERE. Además de superar el objetivo de VTO de mejorar la eficiencia del combustible en un 3 %, los nuevos neumáticos son más de un 23 % (5 a 6 libras) más ligeros que los neumáticos actuales. También reducen la resistencia a la rodadura en más de un 30 % y al mismo tiempo cumplen los objetivos de rendimiento y durabilidad (Figura 14).

El tamaño de los neumáticos puede variar de muchas maneras: algunos neumáticos son anchos mientras que otros son estrechos, algunos tienen llantas más grandes y otros tienen paredes laterales más grandes.

Los neumáticos anchos significan un área más grande, lo que significa más contacto con la superficie, lo que resulta en un mejor agarre y una mayor fricción. Si eres una persona a

la que le encanta conducir, lo disfrutarás ya que su agarre te permitirá acelerar o frenar más rápido. Bueno, un mayor agarre significa que se necesitaría más potencia para superar la fricción, lo que reduciría la economía de combustible.

### Figura 14

#### *Peso del Neumático*



**Size 225/60R16 tire with 80,000 mile warranty**

Tomado de: <https://www.energy.gov/eere/articles/eere-success-story-new-tire-technologies-can-improve-fuel-efficiency-more-5>

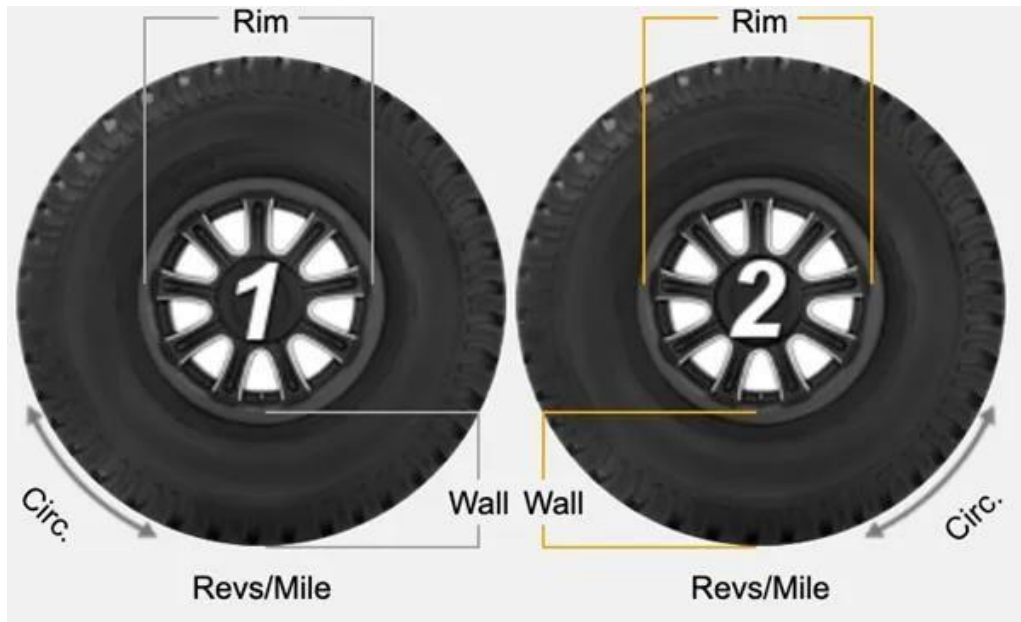
Los neumáticos con un diámetro mayor se ven bien, pero no siempre son útiles para aumentar la eficiencia del combustible del vehículo. Generalmente, cuando la gente instala neumáticos nuevos con un diámetro exterior mayor, el ancho del neumático también aumenta. Un mayor ancho da como resultado una mayor fricción y una reducción de la eficiencia del combustible.

Si hablamos de neumáticos con el mismo ancho, pero diferente diámetro, el de mayor diámetro ayudará a aumentar el ahorro de combustible de su vehículo, ya que cuanto mayor sea el diámetro, menor será el número de veces que la rueda tendrá que girar para cubrir una

distancia determinada, lo que resultará en menos RPM, dando una mejor eficiencia de combustible.

### Figura 15

#### *Tamaño del Neumático*



Tomado de: <https://www.carandbike.com/news/effect-of-tyre-size-on-vehicles-fuel-economy-2950997>

En comparación con los neumáticos más grandes, los pequeños demuestran ser más eficientes en cuanto a combustible si se arranca y se para mucho, es decir, si se conduce en una ciudad con mucho tráfico. Los neumáticos más pequeños son óptimos, ya que requieren potencia adicional para superar la fricción debida a neumáticos más grandes.

Si se recorre largas distancias a velocidades constantes, los neumáticos más grandes no sólo ayudan a aumentar el ahorro de combustible, sino que también reducen los ruidos y hacen que el viaje sea más cómodo.

Si se cambia el tamaño de sus ruedas, tener en cuenta que los neumáticos suministrados con el vehículo son los más eficientes y cambiar su tamaño puede hacer que el rendimiento

difiera. Pero si simplemente se cambia el tamaño de la llanta sin cambiar el diámetro exterior o el ancho, no tiene un impacto significativo en la economía de combustible del vehículo.

### **3.5 Metodología Aplicada**

#### **3.5.1 Métodos**

Determinar el consumo de combustible cambiando los neumáticos puede ser un proceso complejo, ya que hay varios factores que influyen en el consumo de combustible de un vehículo, incluyendo la resistencia de rodadura de los neumáticos. Se indican algunos métodos que se utilizan comúnmente para evaluar el impacto del cambio de neumáticos en el consumo de combustible:

- **Pruebas en carretera:** La forma más directa de determinar el impacto de los neumáticos en el consumo de combustible es realizar pruebas en carretera. Esto implica conducir el vehículo en condiciones controladas con diferentes juegos de neumáticos y medir el consumo de combustible en cada caso. Esta es una manera precisa de evaluar cómo los neumáticos afectan el rendimiento del vehículo.
- **Comparación de etiquetas de eficiencia:** En muchas regiones, los neumáticos tienen etiquetas de eficiencia de combustible que indican su eficiencia en términos de consumo de combustible. Comparar estas etiquetas al comprar neumáticos nuevos puede ayudar a tomar una decisión informada.
- **Medición de la resistencia de rodadura:** La resistencia de rodadura es un factor clave que afecta el consumo de combustible. Los laboratorios de investigación y desarrollo pueden medir la resistencia de rodadura de diferentes neumáticos utilizando equipos especializados. Esta información puede ayudar a prever el impacto en el consumo de combustible.
- **Análisis de datos históricos:** Las empresas de transporte y flotas de vehículos a menudo mantienen registros detallados del consumo de combustible de sus

vehículos. Comparar estos datos antes y después de cambiar los neumáticos puede proporcionar información útil sobre el impacto del cambio en el consumo de combustible.

- **Revisión de estudios y pruebas independientes:** Hay organizaciones y sitios web dedicados a realizar pruebas y revisiones independientes de neumáticos. Consultar estas fuentes puede proporcionar información objetiva sobre cómo diferentes neumáticos afectan el consumo de combustible.

Es importante tener en cuenta que otros factores, como la presión adecuada de los neumáticos y el mantenimiento regular, también afectan el consumo de combustible. Por lo tanto, es fundamental mantener el vehículo en buenas condiciones para obtener mediciones precisas y comparables.

### ***3.5.2 Tipo de Estudio***

Para determinar el impacto del cambio de neumáticos en el consumo de combustible, se puede realizar un estudio observacional.

En un estudio observacional, los investigadores observan y registran datos sin intervenir en las condiciones naturales. En este caso, se analizan datos del mundo real de conductores que han cambiado sus neumáticos.

Recopilar datos de consumo de combustible de un vehículo que ha cambiado sus neumáticos en un período de tiempo específico.

Registrar las especificaciones de los neumáticos antiguos y nuevos, así como otros factores relevantes como el tipo de conducción, condiciones de la carretera, etc.

Analizar los datos para identificar patrones y tendencias en el consumo de combustible después del cambio de neumáticos.

Controlar variables confusas (como el mantenimiento del vehículo, cambios en el estilo de conducción, etc.) para obtener resultados más precisos.



### 3.5.3 *Tipo de Investigación*

Es una investigación exploratoria, porque es un enfoque inicial que se utiliza para examinar un problema de investigación de manera amplia y comprenderlo mejor antes de realizar un estudio más detallado y específico. Se procede a investigar el consumo de combustible al cambiar los neumáticos de un vehículo. Aquí se presenta una guía paso a paso para llevar a cabo una investigación exploratoria sobre este tema:

- Paso 1: Definir el Problema de Investigación

Especificar claramente el problema: ¿Cómo afecta el cambio de neumáticos al consumo de combustible de un vehículo?

- Paso 2: Revisión de la Literatura

Investigar estudios previos o investigaciones relacionadas con el impacto de los neumáticos en el consumo de combustible.

Leer informes de fabricantes de neumáticos y automóviles sobre tecnologías que podrían influir en el consumo de combustible.

- Paso 3: Diseño de la Investigación

Decidir qué tipo de vehículos se estudiará (coches, camiones, motocicletas) y qué tipo de neumáticos se analizará (radiales, diagonales, de verano, de invierno, etc.).

Establecer criterios claros para la comparación, como el tipo de conducción (urbana, carretera, mixta) y las condiciones climáticas.

- Paso 4: Recopilación de Datos

Recopilar datos sobre el consumo de combustible de varios vehículos antes y después de cambiar los neumáticos.

Utilizar datos de pruebas realizadas en condiciones controladas para obtener resultados precisos.

- Paso 5: Análisis de Datos

Analizar los datos para identificar patrones o tendencias en el consumo de combustible antes y después del cambio de neumáticos.

Utilizar herramientas estadísticas para determinar si hay diferencias significativas en el consumo de combustible con diferentes tipos de neumáticos.

- Paso 6: Interpretación de Resultados

Interpretar los resultados y sacar conclusiones sobre cómo el tipo de neumático afecta el consumo de combustible.

Comparar los hallazgos con la literatura existente y analizar si los resultados coinciden o difieren de las investigaciones previas.

- Paso 7: Informe de Investigación

Elaborar un informe detallado que incluya una introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones.

Presentar gráficos y tablas para visualizar los datos de manera efectiva.

Sugerir recomendaciones para los conductores en función de los hallazgos.

- Paso 8: Reflexión y Planificación Futura

Reflexionar sobre los desafíos y limitaciones de la investigación exploratoria.

Considerar posibles direcciones para investigaciones futuras, como el impacto de la presión de los neumáticos o la calidad del pavimento en el consumo de combustible.

Tener presente que la calidad de la investigación dependerá en gran medida de la precisión y la relevancia de los datos que se recopile. Asegurarse de utilizar métodos confiables y estadísticamente sólidos para obtener conclusiones significativas.

### **3.6 Evaluación del Consumo de Combustible**

En este punto se evalúa el uso de diferentes tipos de neumáticos en un vehículo recorriendo una ruta especificada interprovincial.

Las pruebas de campo se realizan en la ruta Guayaquil-Zaruma.

Las pruebas se efectúan en una camioneta Ford F-150.

Se prueban dos juegos de neumáticos diferentes: Neumáticos Tipo 1 (255/65R17 108H) y Neumáticos Tipo 2 (SURETRAC® RADIAL A/T - LT 33X12.50R20 10PR 114S).

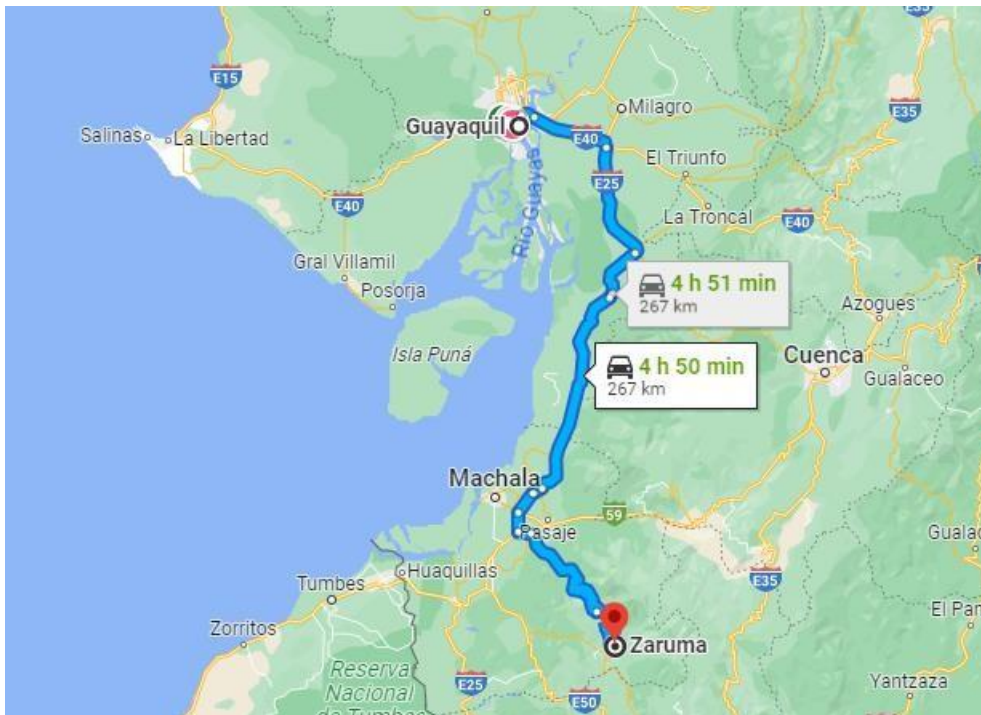
La dimensión US 33 x 12.5 R 20 corresponde a la dimensión EU 320/50 R 20.

### 3.6.1 Lugar de las Pruebas

Se desarrolla en la ruta interprovincial Guayaquil (Guayas, Ecuador) a Zaruma (El Oro, Ecuador) (Figura 16), distancia de recorrido aproximado 267 kilómetros, con condiciones ambientales de 25-28 °C, humedad del 80-85 % (abril-agosto 2023, fechas del registro de datos).

### Figura 16

#### Lugar de las Pruebas



### 3.6.1 Vehículo Utilizado

El vehículo es una camioneta FORD XL con cabina simple o doble, plataforma trasera de 5, 6 u 8, Motor V6 de 3.7L, AdvanceTrac® con Roll Stability Control™ (RSC®),

Transmisión electrónica automática de 6 velocidades con modo Remolcar y Control de vaivén p/remolque. En la Tabla 2 se observan las especificaciones del mencionado vehículo.

**Tabla 2**

*Datos del Vehículo Ford F-150*

<b>Dato</b>	<b>Especificación</b>
• Marca	• Ford XL
• Modelo	• F-150
• Año	• 2014
• Cilindrada	• 3726 cm <sup>3</sup>
• Potencia Máxima	• 302 hp @ 6500 rpm
• Combustible	• Gasolina
• Clase del vehículo	• Camioneta
• Alimentación	• Inyección Secuencial Multipunto
• Consumo urbano	• 13.8 L/100 Km
• Consumo autopista	• 10.2 L/100 Km
• Consumo medio	• 12.4 L/100 Km

### **3.6.2 Dispositivo de Medición Utilizado**

El dispositivo Azuga es un sistema de gestión de flotas que ofrece características para ayudar a optimizar el consumo de combustible. Azuga ofrece dispositivos plug-and-play que usted mismo puede instalar fácilmente. Simplemente inserte el dispositivo en el puerto OBD II de su vehículo, espere dos minutos, encienda su vehículo y déjelo en ralentí durante un par

de minutos. Cuando el LED comienza a parpadear y cambia de color, el dispositivo está listo para rastrear los datos de su vehículo y del conductor.

Una vez instalado el hardware, se conecta con la computadora del vehículo y los satélites GPS para recopilar datos sobre el vehículo y su ubicación. Se puede acceder a esa información instantáneamente a través del software fácil de usar de Azuga. Una actualización de software a finales del año pasado introdujo nombres de usuario y contraseñas ilimitados, mejorando así la flexibilidad de la plataforma.

El dispositivo Azuga proporciona informes detallados, alertas en tiempo real e integración con tarjetas de combustible (Figura 17).

### **Figura 17**

*Dispositivo Azuga Conexión en un Vehículo*

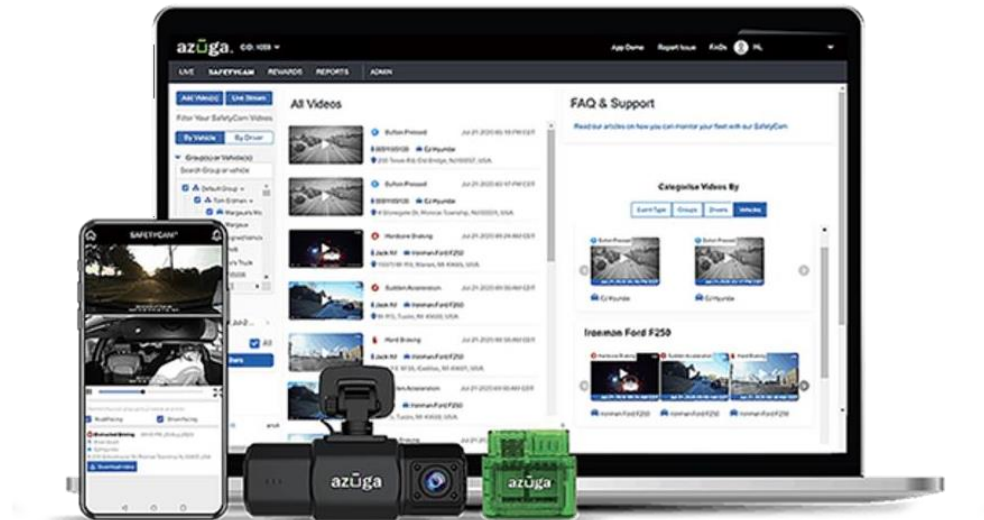


Tomado de: <https://www.globalfleet.com/fr/technology-and-innovation/global/article/azugas-global-expansion-anticipates-gps-tracking-growth?a=FJA05&curl=1>

Azuga brinda servicios de administración de flotas con hardware fácil de instalar, funciones de software sólidas, alertas e informes avanzados, planes de servicio escalables y atención a la cliente ilimitada (Figura 18).

## Figura 18

### *Dispositivo Telemático Azuga*



Tomado de: <https://www.businessnewsdaily.com/azuga.html>

### **3.6.3 Especificaciones del Rastreador Azuga**

La plataforma Azuga de vehículos conectados se ayuda de nuevas maneras para permitir a los clientes a ahorrar aún más de las especificaciones que vienen en sus vehículos. Meramente conecte el rastreador GPS Azuga en el puerto OBDII de cada vehículo y capture todos los datos de forma instantánea y sencilla.

Azuga proporciona excelentes funciones de seguridad para el conductor, incluidos cuadros de mando para conductores, que son comunes en la industria de seguimiento de flotas. Este es uno de los pocos servicios de seguimiento de flotas por GPS que comparte información del cuadro de mando, de modo que tanto el administrador como el conductor pueden ver el desempeño del conductor. Además, los usuarios pueden ver alertas en tiempo real sobre comportamientos de conducción brusca, como aceleración, frenado brusco (que suele ser un

resultado directo de la falta de atención), exceso de velocidad y tiempo de inactividad excesivo. Incluso es posible anotar la marcha atrás, lo cual es ideal para empresas cuyos camiones no pueden dar marcha atrás por razones de seguridad. Azuga también ofrece un complemento único que le permite bloquear el uso del teléfono inteligente de los conductores mientras conducen.

En la tabla 3 se describen las características principales del dispositivo.

**Tabla 3**

*Características del Dispositivo Azuga*

---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hardware de seguimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los dispositivos de seguimiento plug-and-play de Azuga se pueden instalar y activar en cuestión de minutos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad del conductor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los usuarios pueden agregar asesoramiento de seguridad personalizado y una función que bloquea el uso del móvil mientras alguien conduce.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento y optimización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los usuarios pueden acceder a la integración de la tarjeta de combustible y Azuga FuelSaver, además de descuentos en neumáticos y mantenimiento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alertas e informes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los usuarios pueden ver informes en vivo, programados y personalizados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación móvil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Azuga tiene una aplicación móvil con muchas funciones para conductores y administradores.</li> </ul>

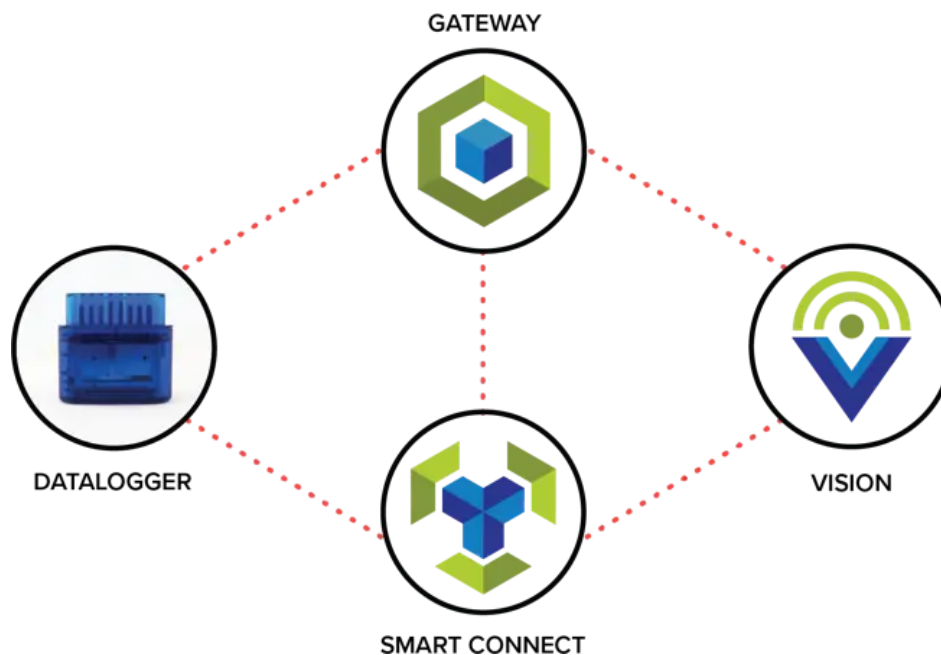
---

En el dispositivo Danlaw (Figura 19), el DataLogger adquiere datos del vehículo a través del puerto OBD-II del vehículo e interactúa con el Gateway para transferir datos de manera segura a los sistemas de back-end. El ecosistema Data Logger de Danlaw brinda la

oportunidad de interactuar con los clientes en los vehículos. A través de aplicaciones y servicios de marca basados en datos de vehículos en tiempo real, puede proporcionar una experiencia personalizada al volante.

### Figura 19

*Danlaw Dispositivos OBDII*



Tomado de: <https://onetierra.mx/productos-danlaw/>

#### 3.6.4 Elección de la Ruta de Prueba

La elección de la ruta de prueba para determinar la influencia del tipo de neumático en el consumo de combustible es un paso crucial en cualquier estudio científico o experimento. Aquí hay algunos pasos que puedes seguir para seleccionar la ruta de prueba adecuada:

Definir claramente el objetivo del estudio. ¿Se quiere comparar neumáticos en condiciones urbanas o en carreteras? ¿Qué tipo de vehículo se está considerando?

Aparte del tipo de neumático, se registran otras variables (que deben ser controladas) como la velocidad del vehículo, condiciones climáticas, y el estado de la carretera. Estos factores pueden influir significativamente en el consumo de combustible.



Diseñar rutas que sean representativas del uso real del vehículo.

En este caso se está estudiando neumáticos para una camioneta fuera de la ciudad, se elige una ruta de carretera (Guayaquil-Zaruma) con pocas paradas frecuentes y tráfico. Es para un vehículo de larga distancia, elige una ruta de carretera.

Se realiza pruebas en diferentes condiciones, como en diferentes fechas y a diferentes horas del día. Esto puede ayudar a comprender cómo los neumáticos responden en una variedad de situaciones.

Se debe mantener todas las demás variables constantes para que puedas atribuir cualquier diferencia en el consumo de combustible únicamente al tipo de neumático. Esto puede incluir cosas como mantener una velocidad constante y conducir de manera consistente.

Utilizar instrumentos precisos para medir el consumo de combustible (telemetría Azuga) y registra los datos de manera sistemática. Cuantos más datos precisos se tenga, más sólidas serán las conclusiones.

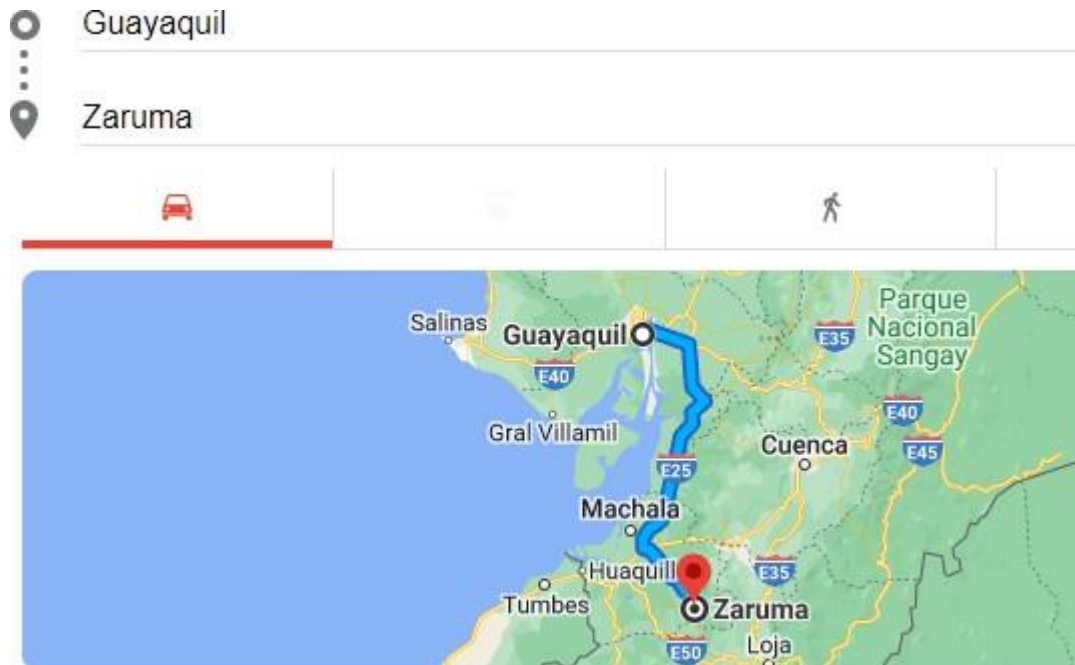
Priorizar la seguridad al elegir rutas de prueba. Se evita rutas con alta congestión, peligrosas o con condiciones meteorológicas extremas que puedan comprometer la seguridad del conductor.

Antes de llevar a cabo la prueba principal, se realizan pruebas piloto para asegurarte de que tus métodos sean efectivos y que estás recopilando datos precisos.

Utilizar métodos estadísticos para analizar los datos recopilados y determinar si hay diferencias significativas en el consumo de combustible entre los diferentes tipos de neumáticos.

Hay que recordar que la elección de la ruta de prueba debe estar alineada con los objetivos específicos del estudio y debe ser cuidadosamente planificada para obtener resultados confiables y significativos.

La figura 20 muestra la ubicación de los ensayos de campo en la ruta seleccionada.

**Figura 20***Ruta Seleccionada*

**4 h 59 min** (266.6 km) por Troncal de la Costa/E25 y E585

Fuente: (Google Maps, 2023)

### 3.6.5 Obtención de los Datos

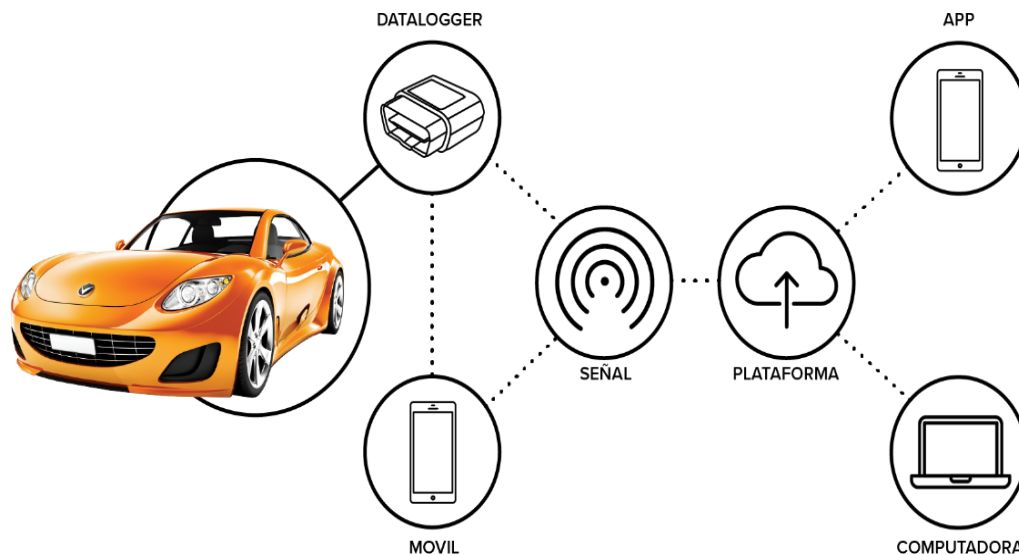
Para determinar la influencia del tipo de neumático en el consumo de combustible, se necesita recopilar datos relevantes y llevar a cabo un análisis comparativo. Durante la recopilación de datos (Figura 21), los datos se registran por segundo a través de un dispositivo a bordo preinstalado en el vehículo. Se usa una aplicación móvil y/o plataforma para recopilar esta información y se descargan los datos en una hoja de cálculo estándar, que luego se exporta los datos a la computadora para realizar los análisis y presentación de resultados.

Hay que realizar pruebas en condiciones de conducción controladas con diferentes tipos de neumáticos y registra el consumo de combustible y a asegurarse de controlar otras variables

que podrían afectar el consumo de combustible, como la presión de los neumáticos, el mantenimiento del vehículo y las condiciones climáticas.

### Figura 21

*Conexión para Obtención de Datos*



Tomado de: <https://www.danlawinc.com/danlawlatam/>

#### 3.6.6 Neumáticos Utilizados

Los neumáticos originales (Figura 22) son los Pirelli Scorpion All Terrain Plus 255/65R17 108H.

- Modelo: Scorpion All Terrain+
- Marca: Pirelli
- Ancho: 235 (mm)
- Rin: 17 (in)
- Índice de carga: 108 (1000 kg)
- Índice de Velocidad: H (210 km/h)
- Nomenclatura Europea

**Figura 22**

*Neumático Pirelli Scorpion All Terrain Plus*



Para el segundo grupo de neumáticos, la dimensión de los neumáticos es expresada en pulgadas según el sistema de medidas americano y son los SURETRAC® RADIAL A/T - LT 33X12.50R20 10PR 114S (Figura 23). He aquí el sentido de la lectura: 33 x 12.5 R 20 LT - altura total del neumático x anchura R diámetro

- 32: Diámetro del neumático expresado en pulgadas.
- 11.5: Anchura de la banda de rodadura expresada en pulgadas.
- R: Tipo de neumático Radial.
- 15: Diámetro interior del neumático o diámetro de la llanta expresado en pulgadas.
- LT: Designación U.S. para "Light Truck"
- Índice de carga: 108 (1000 kg)
- Índice de Velocidad: H (210 km/h)

**Figura 23**

*Neumático Suretrac Radial A/T - LT*



## Capítulo IV

### Influencia del Tipo de Neumático en el Consumo de Combustible

#### 4.1 Descripción

Elegir neumáticos con baja resistencia a la rodadura, mantener la presión de los neumáticos adecuada y adaptar los neumáticos a las condiciones climáticas y al estilo de conducción pueden ayudar a mejorar la eficiencia del combustible del vehículo. Es importante consultar el manual del propietario del vehículo para conocer las recomendaciones específicas del fabricante sobre el tipo y la presión de los neumáticos (Figura 24).

**Figura 24**

*Tipo de Neumático*



Tomado de: <https://tyrewaale.com/blogs/best-tyre-for-car-what-are-the-different-types-of-tyres-know-which-tyre-will-be-best-for-your-car/>

#### 4.1.1 Eficiencia del Neumático

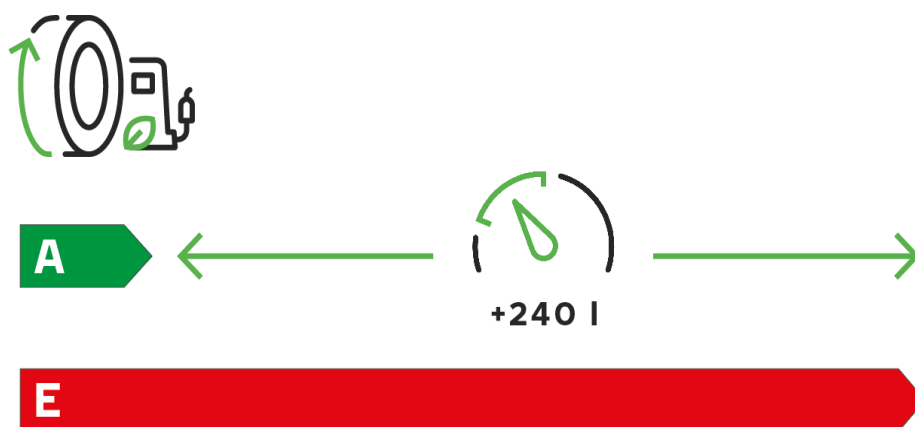
La eficiencia del combustible se muestra en la etiqueta en una escala de la A a la E. El neumático de clase A afecta menos al consumo de combustible del vehículo y el de clase E es el que más.

Un neumático de alta calidad puede generar importantes ahorros en términos de costes de combustible. La resistencia a la rodadura asciende a aprox. el 20 por ciento del consumo de combustible del vehículo. Cuanto menor sea la resistencia a la rodadura, menor será el consumo de combustible, figura 25.

Anualmente, el ahorro de combustible entre el mejor neumático de clase A y el más débil de clase E asciende a aprox. 90 litros. Durante toda la vida útil del neumático, la cantidad de combustible equivale a cinco depósitos llenos (240 litros).

### Figura 25

*Variación del Consumo de Combustible según el Tipo de Neumático*



Tomado de: <https://www.nokiantyres.com/innovation/facts-about-tyres/eu-tire-label/how-does-the-eu-tire-label-help-you-buy-tires/fuel-efficiency/>

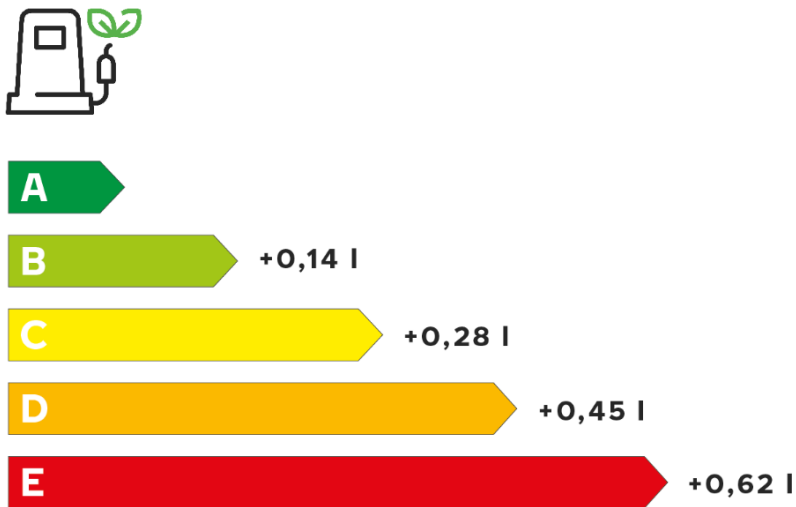
Con neumáticos de clase B, un turismo utiliza aprox. 0,1 litros menos de combustible cada 100 km que un neumático de clase C.

La diferencia de consumo entre el mejor neumático de clase A y el más débil de clase E es significativa: alrededor de 0,6 l/100 km (Figura 26).

Los neumáticos de rodadura ligera también reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en 14 g/km.

**Figura 26**

*Verificación del Diferencia en Ahorro de Combustible*



Tomado de: <https://www.nokiantyres.com/innovation/facts-about-tyres/eu-tire-label/how-does-the-eu-tire-label-help-you-buy-tires/fuel-efficiency/>

#### **4.1.2 Establecimiento de la Ruta para Comparación del Consumo de Combustible**

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Seleccionar una Ruta Estándar: Elegir una ruta de carretera que sea representativa de las condiciones de manejo habituales. Evitar rutas con tráfico excesivo o condiciones inusuales que puedan afectar los resultados.
- Documentar la Ruta: Medir la distancia exacta de la ruta y documentar cualquier cambio de elevación significativo, ya que estos factores pueden afectar el consumo de combustible. En la ruta seleccionada se analiza la variación en el consumo de combustible al usar dos tipos de neumáticos.

La ruta elegida es de aproximadamente 267 kilómetros de conducción mixta en carretera y se elige un día cálido y con temperatura estable para utilizar ambos juegos de neumáticos. La temperatura ambiente se encuentra dentro de un valor entre 26 y 28°C para cada prueba, y la camioneta realizó un calentamiento de 3 kilómetros antes del punto de inicio



de cada prueba. Se realiza comprobaciones puntuales para asegurarse de que los aceites del motor, la transmisión y el diferencial estuvieran calentados aproximadamente al mismo punto al comienzo de cada prueba. Además, para los repostajes se utiliza gas de la misma estación y del mismo surtidor.

Se realiza previamente la ruta y se elige un día laborable en el que el tráfico sería constante. Durante el viaje, se observa cuidadosamente los límites de velocidad, se realiza paradas completas en todas las señales de alto y se sigue todas las señales de tránsito y teniendo presente que la aceleración fuera lo más consistente posible. Las pruebas se realizan con los vehículos recomendados por el fabricante y con neumáticos modificados (de diámetro de llanta más grande).

Mediante estas pruebas se puede determinar cómo influyen las características del neumático (tamaño) en el consumo de combustible del vehículo de pruebas (Figura 27).

**Figura 27**

*Vehículo para Pruebas*



Tomado de: <https://www.universal-tyres.co.uk>

#### **4.1.3 Condiciones del Vehículo para la Prueba**

Para efectuar los recorridos en la ruta Guayaquil Zaruma Guayaquil, se considera lo siguiente:

- Cumplir los límites de velocidad establecidos en el trayecto recorrido 50 km/h en ciudad y en las periferias a 90 km/h.
- Chequear la tensión de batería.
- Verificar el correcto funcionamiento de los sistemas del vehículo (luces testigos de tablero).
- Usar el cinturón de seguridad y tener una correcta posición durante la conducción.
- Verificar la presión y estado de los neumáticos.
- Controlar los niveles de los fluidos (aceite, líquido de frenos y refrigerante).
- Evitar el frenado dinámico y acelerando.
- Conducir en la marcha más alta posible.
- Planificar para que las maniobras estén planificadas con antelación, control de la carretera y del entorno que se tiene delante.

#### **4.1.4 Acondicionamiento del Vehículo para la Prueba**

Se debe garantizar que las condiciones del vehículo sean óptimas para ejecutar las pruebas tanto con los neumáticos recomendados por el fabricante (originales) como con los modificados (llanta más grande).

Realizar una comparación del consumo de combustible en una camioneta Ford en una ruta de carretera implica llevar a cabo un experimento cuidadosamente planificado y ejecutado.

Aquí hay una guía paso a paso para acondicionar el vehículo y realizar la comparación de manera efectiva:

- **Seleccionar el Modelo:** Elegir un modelo específico de camioneta Ford para realizar la comparación. Asegurarse de que sea representativo del tipo de vehículos que la gente suele usar en carreteras.
- **Acondicionamiento del Vehículo:** Asegurarse de que el Vehículo se esté en buen estado, para lo cual se realiza un mantenimiento completo del vehículo para garantizar que esté en óptimas condiciones. Esto incluye revisar el motor, los neumáticos, los frenos y otros sistemas importantes.

Una vez que se conoce este parámetro se procede a repostar el tanque de combustible y se efectúan las pruebas en la ruta seleccionada (Guayaquil Zaruma Guayaquil) siguiendo las condiciones previamente definidas.

#### **4.1.5 Formato General**

- Se han seleccionado 1 vehículo de gasolina de tipo camioneta, año 2014.
- Neumáticos para probar son nuevos y también usados, se deben encontrar en buen estado.
- Vehículos no presentan defectos en la parte mecánica ni electrónica.
- Se dispone de las mismas condiciones para realizar las pruebas con neumáticos usados y con neumáticos nuevos.
- Los vehículos son conducidos por el mismo conductor y bajo condiciones definidas para reflejar la conducción real en las distintas pruebas (No sea un factor de error).
- Las pruebas se realizan bajo condiciones de tráfico normal, para lo cual se seleccionan horarios variados para verificar la influencia del resto de vehículos en circulación.
- Para este trabajo sólo se consideran los vehículos de gasolina por ser “per se” el tipo de vehículo a usarse en las pruebas (Figura 28).

## Figura 28

### *Vehículo para la Prueba*



Tomado de: <https://www.quitomotors.com.ec/>

#### **4.1.6 Obtención de Datos**

- El objetivo no es obtener valores precisos del consumo de combustible para los vehículos con MCI.
- Al realizar el análisis se descartan las pruebas que muestran irregularidades o factores extraños que pueden perturbar los resultados.
- Cada prueba dura aproximadamente de 5 horas.
- Los registros de los datos de cada recorrido (Figura 29) se guardan directamente en la cuenta registrada del dispositivo Azuga utilizado.
- Los valores que se obtienen en cada viaje y al instante durante las rutas (Figura 30) se registran a través del dispositivo Azuga acoplado al puerto OBDII del vehículo.
- Los datos se pueden visualizar a través del portal de acceso en tiempo real, por medio del uso del usuario y contraseña entregado por DLA Latin America, que es la empresa proveedora del dispositivo telemétrico.

Figura 29

## Informe de Viajes en la Plataforma de Danlaw

FECHA	VEHÍCULO / ACTIVO	VINLIST	MAPA	VIAJE DE LA ETIQUETA	CONDUCTOR	LOS OCUPANTES	ENCENDIDO CONECT...	PARTIR
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Alvarado		21-Aug-2023 09:48 AM -05	Zaruma, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson Alvarado		21-Aug-2023 10:52 AM -05	10 de Agosto 218, Zaruma, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson Alvarado		21-Aug-2023 11:33 AM -05	E585, Zaruma, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson Alvarado		21-Aug-2023 12:40 PM -05	Reinaldo Espinosa 321, Zaruma, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson Alvarado		21-Aug-2023 01:18 PM -05	Av Alonso de Mercedillo, Zaruma, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson Alvarado		21-Aug-2023 02:10 PM -05	Reinaldo Espinosa 321, Zaruma, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson Alvarado		21-Aug-2023 02:24 PM -05	Av Alonso de Mercedillo, Zaruma, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson Alvarado		21-Aug-2023 04:28 PM -05	E25, Ecuador
21-Aug-2023	FORD.150	1FTMF1EM2CFC14524			Jefferson		21-Aug-2023 06:33 PM -05	E25, Ecuador

Figura 30

## Localización del Vehículo

CONDUCTOR	FECHA	EVENTO	VELOCIDAD	DIRECCIÓN
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 12:39 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 01:44 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 02:49 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 03:54 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 04:59 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 06:04 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 07:09 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 08:14 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador
Jefferson Alvarado	22-Aug-2023, 09:20 AM ECT	Motor apagado		Guayaquil 090512, Ecuador

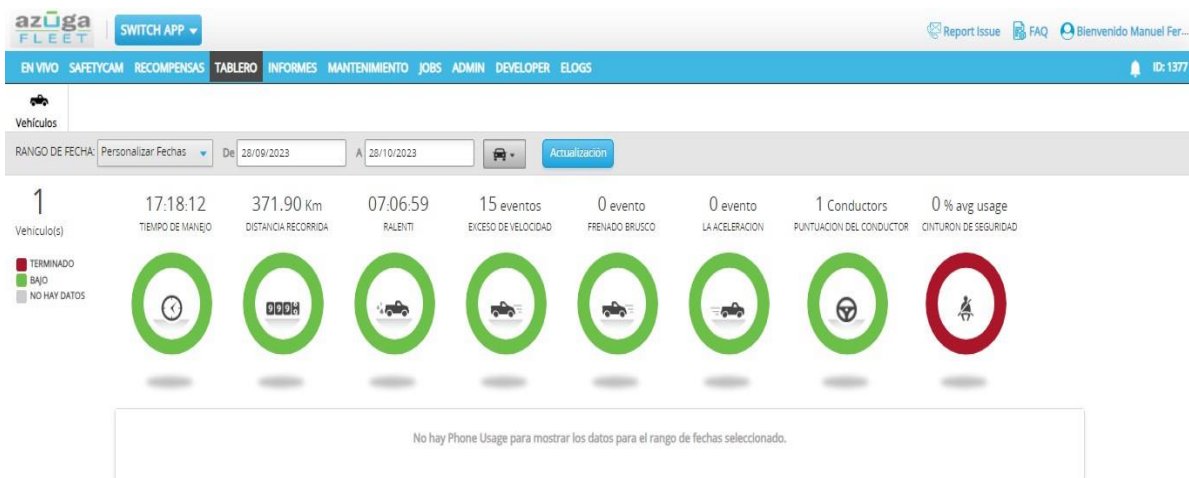
- En la plataforma de Azuga, los valores se capturan de forma continua como eventos (ver Figura 31).
- Esta información se recopila para permitir su descarga en una hoja de cálculo estándar, la cual luego se exporta a una computadora de laboratorio (ver Figura 32).
- Conectar el equipo es un proceso simple; solo se necesita insertarlo en el puerto de diagnóstico del vehículo (OBDII). Al hacerlo, se observa en el panel del equipo una

secuencia de luces LED de varios colores que se encienden durante unos segundos y luego se apagan. Esto indica que el equipo se está configurando.

- Posteriormente, una luz verde en el dispositivo parpadea; esta luz deja de parpadear en dos minutos, señalando que el equipo ha establecido comunicación con el automóvil.

**Figura 31**

*Almacenamiento de Datos*



**Figura 32**

*Proceso para Análisis de Datos*



#### **4.1.7 Procedimiento**

Después de recopilar todos los datos necesarios, se emplea un modelo de análisis estadístico para calcular el consumo de combustible instantáneo del vehículo durante las pruebas. Posteriormente, estos datos se someten a un proceso de procesamiento, que incluye la aplicación de filtros para identificar información incorrecta causada por desviaciones no previstas en las rutas o problemas con el sistema de posicionamiento global (GPS). Una vez que se han eliminado los datos erróneos, se calculan los valores estadísticos y se presentan los resultados de manera gráfica para facilitar su comprensión.

- Se examinan las condiciones iniciales del vehículo para garantizar su estado adecuado.
- Se anota el consumo instantáneo de combustible en litros por kilómetro en la plataforma correspondiente.
- Se configuran todos los equipos y se planifica la ruta a seguir.
- Se definen los criterios de conducción para llevar a cabo la prueba.
- Se emplean dos tipos de neumáticos para efectuar una comparación exhaustiva: neumáticos originales y neumáticos cambiados.
- Se sigue el método conocido como conducción Ecodriving, que implica evaluar los hábitos típicos de conducción del conductor, siguiendo el manual desarrollado por el Ingeniero Walter Granda.
- Posteriormente, se realizan las pruebas con neumáticos recién adquiridos.
- La captura de datos en la carretera se efectúa mediante el software Azuga.
- Se lleva a cabo un registro y seguimiento constante de los parámetros a evaluar durante todo el proceso.

## 4.2 Resultado de las Pruebas

Los resultados exhiben las variaciones en el consumo de combustible en diversas rutas específicas. El análisis se enfoca en las disparidades de consumo entre el período 1 (con neumáticos originales) y el período 2 (con neumáticos alternos-cambiados), destacando que el propósito era obtener datos precisos para comparar la eficiencia de combustible según el tipo de neumático en una ruta específica Guayaquil Zaruma. Se confirma que el estado de los neumáticos tiene un impacto significativo, con reducciones de consumo que oscilan entre el 1.1% y el 5.1%.

### 4.2.1 Presentación de Resultados

Después de llevar a cabo las pruebas, se recopilan los datos proporcionados por el dispositivo Azuga, los cuales se extraen de la base de datos almacenada en la nube de la plataforma. Estos datos se muestran en las Tablas 4 (Ruta de Ida) y Tabla 5 (Ruta de Retorno).

El consumo de combustible de un vehículo puede verse afectado por varios factores, incluyendo el tipo y tamaño de los neumáticos que se utilizan. Usar neumáticos originales o de calidad adecuada para un Ford F-150 generalmente se traduce en un mejor rendimiento en comparación con neumáticos de baja calidad o neumáticos que no están diseñados específicamente para ese modelo de vehículo.

**Tabla 4**

*Resultados Obtenidos Ruta de Ida - Neumáticos Originales*

Datos Trayecto "Ida"	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	255	255	253	256	251
Consumo de combustible (litros)	28.54	28.48	27.82	28.67	26.78
Temperatura promedio (°C)	27.9	28.2	28.5	29.1	28.7
Velocidad promedio (km/h)	65.02	64.4	65.7	66.1	65.9
Distancia recorrida Vehículo (km)	266.7	266.7	266.7	266.7	266.7
Promedio de l/100 km (Vehículo)	10.7	10.68	10.43	10.75	10.04



**Tabla 5***Resultados Obtenidos Ruta de Regreso - Neumáticos Originales*

<b>Datos Trayecto "Retorno"</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>
Tiempo de prueba (min)	246	245	247	249	246
Consumo de combustible (litros)	26.94	27.20	26.72	27.28	26.40
Temperatura promedio (°C)	27.0	28.7	28.5	29.1	28.7
Velocidad promedio (km/h)	65.42	65.14	65.97	66.41	65.89
Distancia recorrida Vehículo (km)	266.7	266.7	266.7	266.7	266.7
Promedio de l/100 km (Vehículo)	10.1	10.2	10.02	10.23	9.9

Después de completar las pruebas con los neumáticos originales que estaban instalados en la camioneta, se requiere recopilar información utilizando los neumáticos alternos, aumentando el diámetro de la llanta (20 pulgadas). Esto es necesario para calcular el nuevo consumo de combustible del vehículo. Los resultados de estas pruebas se presentan en las Tablas 6 (Ruta de ida) y Tabla 7 (Ruta de retorno). Las pruebas se llevaron a cabo en los mismos horarios, bajo condiciones climáticas idénticas, con el mismo conductor, vehículo revisado antes de cada recorrido y siguiendo el protocolo de pruebas de conducción Ecodriving.

**Tabla 6***Resultados Obtenidos Ruta de Ida - Neumáticos Alternos*

<b>Datos Trayecto "Ida"</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>
Tiempo de prueba (min)	258	259	257	259	258
Consumo de combustible (litros)	29.34	28.80	28.16	29.07	27.91
Temperatura promedio (°C)	27.9	28.2	28.5	29.1	28.7
Velocidad promedio (km/h)	64.72	65.4	65.17	66.81	66.29
Distancia recorrida Vehículo (km)	266.7	266.7	266.7	266.7	266.7
Promedio de l/100 km (Vehículo)	11	10.8	10.56	10.9	10.84

**Tabla 7***Resultados Obtenidos Ruta de Regreso - Neumáticos Alternos*

Datos Trayecto "Retorno"	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	246	245	247	249	246
Consumo de combustible (litros)	27.94	28	28.1	28	27.1
Temperatura promedio (°C)	27	28.1	27.8	29.12	28.56
Velocidad promedio (km/h)	66.22	65	65.8	66.47	66.02
Distancia recorrida Vehículo (km)	266.7	266.7	266.7	266.7	266.7
Promedio de l/100 km (Vehículo)	10.85	10.5	10.4	10.5	10.8

#### 4.2 Análisis de los Resultados

Cambiar los neumáticos de una camioneta F-150 a un tamaño más grande puede tener ventajas en términos de tracción y altura, pero también puede llevar a una disminución en el rendimiento del combustible y otros problemas relacionados.

Los registros de los datos se efectuaron en diferentes días y se eligieron los siguientes horarios para realizar las pruebas:

- Durante el día: 6:30–12:30 am y 2:30–07:30 pm

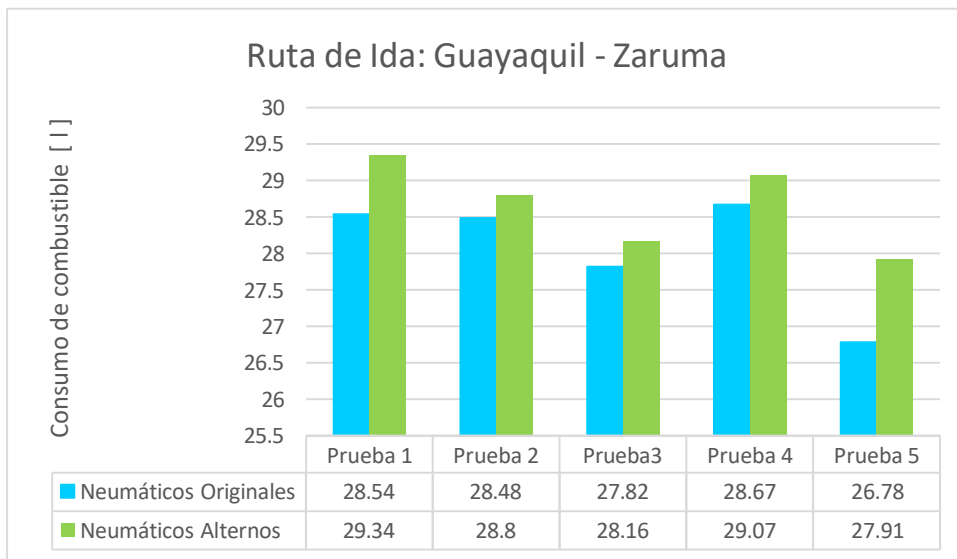
Las pruebas iniciales se llevaron a cabo en agosto de 2023, mientras que las pruebas posteriores se realizaron en septiembre de 2023, después de haber cambiado los neumáticos.

Los resultados mostrados en las Figuras 33 y 34 revelan que todos los datos de los viajes fueron registrados con precisión al 100%. Sin embargo, se observó que el consumo instantáneo de combustible fue mayor que el consumo real de combustible. Tanto en el trayecto de ida como en el de vuelta, se observó un aumento en el consumo de combustible al utilizar neumáticos más grandes. Este aumento fue notable, alcanzando valores de 4,22 litros en la ruta de Guayaquil a Zaruma y 5,16 litros en la ruta de Zaruma a Guayaquil.

Estos valores se obtuvieron durante el quinto día de las pruebas y el tercer día de las pruebas, respectivamente. Estos hallazgos indican claramente que los neumáticos de diámetro mayor contribuyen significativamente al aumento de combustible, confirmando así los resultados previos sobre la eficiencia en el consumo de combustible.

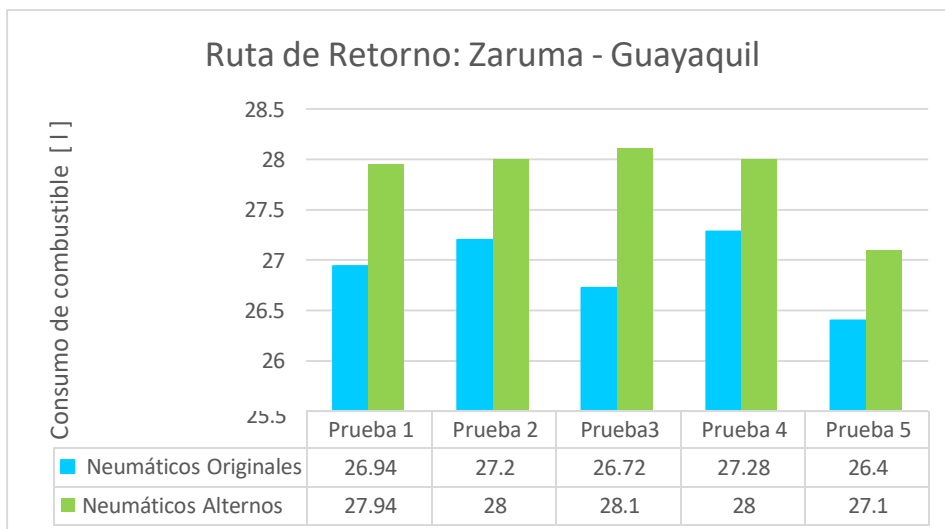
**Figura 33**

*Análisis Comparativo - Ruta de Ida*



**Figura 34**

*Análisis Comparativo - Ruta de Retorno*



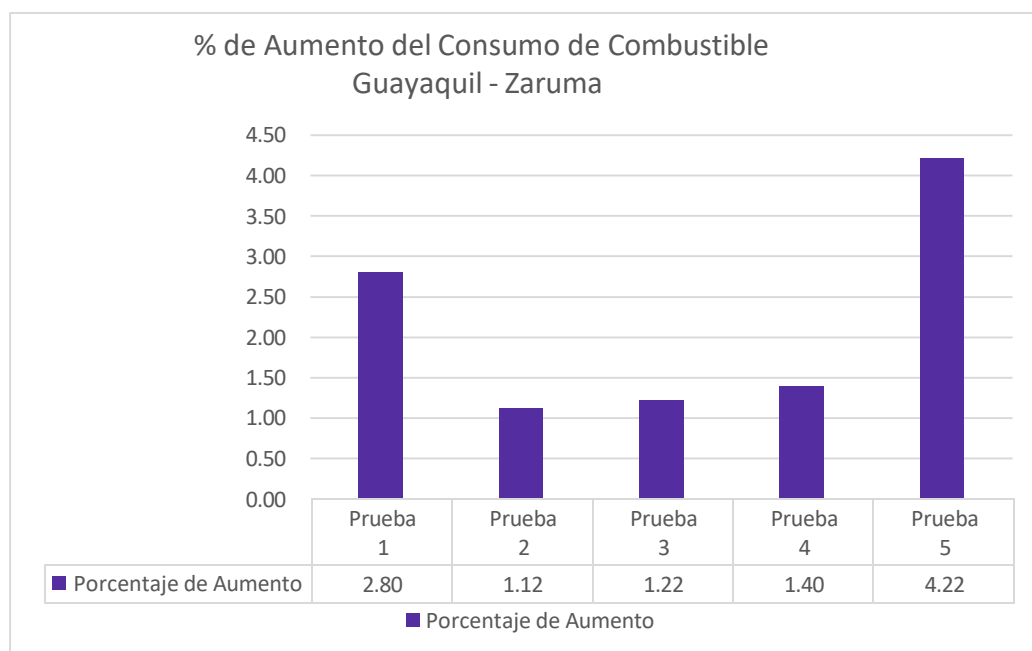
La evaluación en campo realizada en diversos tramos de la ruta elegida revela varias modificaciones en relación con el consumo de combustible y al desgaste de los neumáticos. El mayor incremento en el consumo de combustible se observa en la ruta de retorno durante el tercer día de las pruebas, con un 5,16%.

Los resultados obtenidos con neumáticos originales y alternativos difieren a lo largo de las rutas de prueba, lo que sugiere que factores como los límites de velocidad y la aceleración, entre otros, no solo impactan en el consumo de combustible, sino también en las notables variaciones que podrían lograrse mediante el uso de neumáticos adecuados, es decir, los originales.

El aumento en el consumo de combustible en la ruta de ida oscila aproximadamente entre el 1,12% y el 4,22% (ver Figura 35), mientras que en la ruta de retorno se observa un aumento en el consumo de combustible de aproximadamente entre el 2,64% y el 5,16% (ver Figura 36).

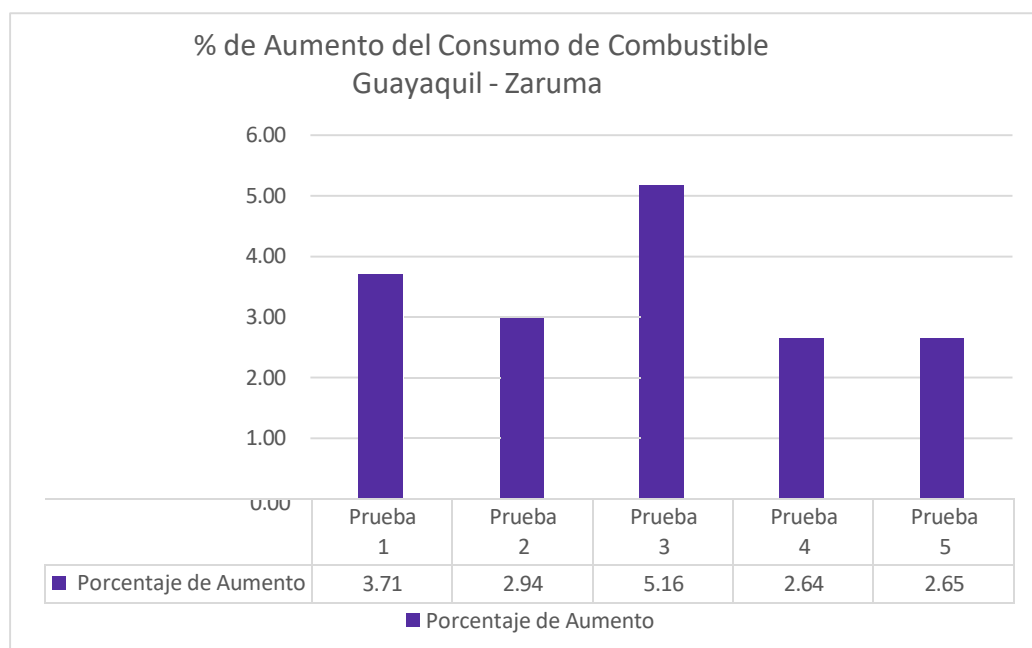
### Figura 35

#### *Porcentaje de Reducción del Consumo - Ruta de Ida*



**Figura 36**

*Porcentaje de Reducción del Consumo – Ruta de Retorno*



Para evaluar la disparidad en el consumo, se llevaron a cabo dos trayectos en condiciones similares. En primer lugar, se utilizó el juego de neumáticos original (Pirelli 255/65R17 108H), y luego se emplearon neumáticos alternativos (Suretrac LT 33X12.50R20 10PR 114S).

Se hicieron esfuerzos para igualar las condiciones en la medida de lo posible: el mismo día, el mismo conductor, igual cantidad de combustible en el depósito y condiciones climáticas idénticas (ver Tabla 8).

El uso de neumáticos originales (Michelin) ha resultado en un ligero descenso en el consumo. Según nuestra prueba, hemos observado una diferencia promedio del 2,79 por ciento. Esto indica que los neumáticos originales tienen una menor resistencia al rodaje, lo que se traduce en una mayor eficiencia en el consumo de combustible.

**Tabla 8***Resultados Obtenidos con los Dos Tipos de Neumáticos*

	<b>Neumáticos Pirelli 255/65R17 108H</b>	<b>Neumáticos Suretrac LT 33X12.50R20 10PR 114S</b>
• Distancia Recorrida	266,7 km	266.7 km
• Temperatura	27.8°C	28.1°C
• Velocidad Media	65.4km/h	65.7km/h
• Tiempo Empleado	253.2	258.4 min
• Litros consumidos	26,91 l	28,86 l
• Consumo Medio	10.09 l/100 km	10.82 l/100 km

## Conclusiones

Al llevar a cabo este estudio, fue posible determinar el aumento porcentual en el consumo de combustible. Los resultados indican que el uso de neumáticos más grandes incrementa el consumo de combustible en un rango que va desde el 1% hasta el 5% en las rutas analizadas.

De este modo, se puede concluir que el empleo adecuado de neumáticos en buen estado y con las dimensiones recomendadas por el fabricante puede reducir el consumo de combustible en condiciones de conducción en carretera, incluso hasta un 5%.

El estudio basado en telemetría Azuga puede proporcionar información valiosa sobre cómo las características de los neumáticos impactan el consumo de combustible en una ruta específica, permitiendo a los conductores y las flotas tomar medidas para optimizar la eficiencia del combustible y reducir los costos operativos.

Además, hemos identificado que la variación en el consumo de combustible entre vehículos con diferentes tamaños de neumáticos es notable. Los vehículos con neumáticos considerablemente más grandes pueden llegar a consumir hasta un 5% más de combustible en comparación con aquellos que tienen neumáticos más pequeños, dependiendo del tipo de vehículo y las condiciones de manejo.

Se ha demostrado de manera concluyente que existe una relación directa entre el tamaño de los neumáticos y el consumo de combustible de un vehículo. Los neumáticos con un diámetro de llanta menor (17 pulgadas) poseen una menor resistencia a la rodadura, por lo que tienden a reducir significativamente el consumo de combustible en comparación con los neumáticos con un tamaño de llanta mayor (20 pulgadas).

Este estudio proporciona evidencia clara y sólida de que el tamaño de los neumáticos tiene un impacto significativo en el consumo de combustible de un vehículo, lo que destaca la

importancia de esta variable en el diseño y elección de vehículos para mejorar la eficiencia energética y reducir la huella ambiental.

Los neumáticos más grandes pueden reducir la eficiencia del vehículo, especialmente en términos de millas por galón (MPG) o kilómetros por litro. Esta reducción en la eficiencia puede ser más notable en distancias largas, como en rutas interprovinciales, donde el vehículo está constantemente en movimiento durante largos períodos de tiempo.



### **Recomendaciones**

Los resultados del estudio podrían ayudar a crear conciencia entre los consumidores sobre la importancia de elegir los neumáticos adecuados y mantener una presión adecuada para reducir el impacto ambiental y ahorrar dinero en combustible a largo plazo.

En base los hallazgos, se recomienda que los consumidores y fabricantes consideren cuidadosamente el tamaño de los neumáticos al elegir un vehículo nuevo. Asimismo, se sugiere una mayor conciencia sobre la importancia de mantener una presión adecuada en los neumáticos como una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de gases contaminantes.

Para futuras investigaciones, se podrían explorar otros factores que podrían interactuar con el tamaño de los neumáticos y afectar el consumo de combustible, como el peso del vehículo, el diseño del motor y las condiciones de la carretera. Además, estudios más detallados podrían analizar las implicaciones económicas y ambientales de esta relación entre el tamaño de los neumáticos y el consumo de combustible a largo plazo.

### **Bibliografía**

- Aldhufairi, H. S., & Olatunbosun, O. A. (2018). Developments in tyre design for lower rolling resistance: a state-of-the-art review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 232(14), 1865-1882.
- Al-Momani, W. M., & Badran, O. (2007). Experimental investigation of factors affecting vehicle fuel consumption. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 2(2), 180-188.
- Alvarado Pillajo, J. O. (2023). Análisis de la Influencia del Tipo de Neumático en el Consumo de Combustible Usando un Dispositivo Azuga.
- Berrezueta, M. F. G., Mena, A. F. L., Torres, P. W. M., & Estrella-Guayasamín, M. X. (2023). Programación del transponder en sistemas inmovilizadores para automóviles tipo M1. *South Florida Journal of Development*, 4(2), 857-866.
- Cabrera, J. R. S. MANUAL PARA EL CÁLCULO DINÁMICO Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE AUTOMÓVILES.
- Čiplienė, A., Gurevičius, P., Janulevičius, A., & Damanauskas, V. (2019). Experimental validation of tyre inflation pressure model to reduce fuel consumption during soil tillage. *Biosystems engineering*, 186, 45-59.
- Fontaras, G., Zacharof, N. G., & Ciuffo, B. (2017). Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars in Europe—Laboratory versus real-world emissions. *Progress in energy and combustion Science*, 60, 97-131.
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y Conocimiento*, pp. 163-173.

- Guillou, M., & Bradley, C. (2010). Fuel consumption testing to verify the effect of tire rolling resistance on fuel economy (No. 2010-01-0763). SAE Technical Paper.
- Hernandez, J. A., Al-Qadi, I. L., & Ozer, H. (2017). Baseline rolling resistance for tires' on-road fuel efficiency using finite element modeling. *International Journal of Pavement Engineering*, 18(5), 424-432.
- INEN. (2016). NTE INEN 2656 - Clasificación Vehicular. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10042/1/15672.pdf>
- IEA, 2013. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2013, IEA, Paris. doi: [http://dx.doi.org/10.1787/co2\\_fuel-2013-en](http://dx.doi.org/10.1787/co2_fuel-2013-en) (2014, accessed 20 February 2015).
- Joumard, R., Jost, P, Hickman, J., 1985. Influence of instantaneous speed and acceleration on hot passenger car emissions and fuel consumption. SAE Technical Paper 1995-950928.
- Kamal, M.A.S., Mukai, M., Murata, J., Kawabe, T., (2011). Ecological vehicle control on roads with up-down slopes. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 12 (3), 783–794.
- Loor Benites, L. F., Izquierdo Sánchez, B. D., & Gómez Berrezueta, F. T. (2023). Evaluación del Impacto del Ecodriving en Vehículos M1 en Guayaquil.
- Mammetti, M., Gallegos, D., Freixas, A., & Muñoz, J. (2013). The influence of rolling resistance on fuel consumption in heavy-duty vehicles (No. 2013-01-1343). SAE Technical Paper.
- Méndez Torres, P. W., Gómez Berrezueta, M. F., & Llerena Mena, A. F. (2020). Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca.
- Moinfar, A., Shahgholi, G., Gilandeh, Y. A., & Gundoshmian, T. M. (2020). The effect of the tractor driving system on its performance and fuel consumption. *Energy*, 202, 117803.

- Moreira-Romero, A. F. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo del Conocimiento*, pp. 273-280.
- National Research Council (US). Transportation Research Board. Committee for the National Tire Efficiency Study. (2006). *Tires and passenger vehicle fuel economy: informing consumers, improving performance* (Vol. 286). Transportation Research Board.
- Pillai, P. S. (2004). Effect of tyre overload and inflation pressure on rolling loss (resistance) and fuel consumption of automobile and truck/bus tyres.
- Rojas Moncayo, M. V., Caraballo Núñez, M. A., Álvarez Hernández, O. H., & Vivanco Pinta, S. (2018). Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *Revista del Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía*, pp. 23-29.
- Said, I., Okte, E., Hernandez, J., & Al-Qadi, I. L. (2021). Impact of New Generation Wide-Base Tires on Fuel Consumption. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 147(2), 04021011.
- Szczucka-Lasota, B., Kamińska, J., & Krzyżewska, I. (2019). Influence of tire pressure on fuel consumption in trucks with installed tire pressure monitoring system (TPMS). *Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska*, (103), 167-181.
- Yunta, J., Garcia-Pozuelo, D., Diaz, V., & Olatunbosun, O. (2019). Influence of camber angle on tire tread behavior by an on-board strain-based system for intelligent tires. *Measurement*, 145, 631-639.
- Wang, Q., Wang, S., & Jiang, L. (2021). Establishment and Evaluation of Energy Consumption, Carbon Emission, and Economic Models of Retreaded Tires Based on Life Cycle Theory. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-9.

