



## ING. AUTOMOTRIZ

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

**AUTORES:**

José Esteban Ayala Vivanco  
Fernando Xavier Barrera Pazmiño

**TUTOR:**

Ph. D. Andrés Castillo

Análisis comparativo de las emisiones contaminantes en cinco vehículos con tecnología de inyección de diferentes épocas, utilizando gasolina extra y súper en Quito.

## Certificación o acuerdo de Confidencialidad

Nosotros, **Fernando Xavier Barrera Pazmiño** y **Jose Esteban Ayala Vivanco**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

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

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Fernando Barrera Pazmiño", written over a horizontal dashed line.

Firma primer estudiante

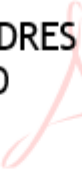
A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jose Esteban Ayala Vivanco", written over a horizontal dashed line.

Firma segundo estudiante

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Andrés Castillo, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

**JOSE ANDRES  
CASTILLO  
REYES**



Firmado digitalmente  
por JOSE ANDRES  
CASTILLO REYES  
Fecha: 2024.08.01  
15:18:16 -05'00'

---

Firma profesor

# ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN CINCO VEHÍCULOS CON TECNOLOGÍA DE INYECCIÓN DE DIFERENTES ÉPOCAS, UTILIZANDO EXTRA Y SÚPER EN QUITO

*Ing. Andrés Castillo. Phd 1, Ayala J. 2, Barrera F.3.*

*Docente Escuela de Ingeniería Automotriz – UIDE acastillo@internacional.edu.ec, Quito – Ecuador*

*Estudiante Escuela de Ingeniería Automotriz – UIDE joayalavi@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

*Estudiante Escuela de Ingeniería Automotriz – UIDE febarrerapa@uide.edu.ec, Quito – Ecuador.*

## Resumen

El estudio se centra en analizar las emisiones contaminantes de vehículos con diferentes tecnologías de inyección, utilizando gasolina extra y súper en la ciudad de Quito aproximadamente a 2850 metros sobre el nivel del mar. El objetivo principal es evaluar cómo estas tecnologías afectan las emisiones y su impacto en la calidad del aire. El trabajo se estructura en torno a objetivos específicos para identificar las tecnologías más efectivas en la reducción de emisiones y contribuir a futuras políticas públicas para mejorar la calidad del aire. Este estudio emplea una metodología cuantitativa para analizar la incidencia de los gases CO y HC, en el parque automotor de Quito, centrándose en la recopilación y análisis de datos numéricos para determinar relaciones causales según la tecnología de inyección utilizada. Se determinó que los sistemas de inyección no influyen en la reducción de emisiones, a pesar de mejorar el consumo de combustible. Cambiar el tipo de gasolina no alteró significativamente las emisiones de CO y HC, sin embargo, el uso de combustible extra redujo de manera no significativa las emisiones de hidrocarburos, mientras que el uso de gasolina súper mejoró de modo no significativo los HC. El análisis sugiere que el aumento del octanaje responde a necesidades específicas según la altitud donde trabaja el vehículo mas no corresponde a la calidad del combustible.

**Palabras clave:** Emisiones Contaminantes, Extra, Súper, Tecnología de Inyección, Relación de compresión.

## Abstract

The study focuses on analyzing the polluting emissions of vehicles with different injection technologies, using extra and super gasoline in the city of Quito at 2850 meters above sea level. The main objective is to evaluate how these technologies affect emissions and their impact on air quality. The work is structured around specific objectives to identify the most effective technologies in reducing emissions and contribute to future public policies to improve air quality. This study uses a quantitative methodology to analyze the incidence of CO, HC gases in the Quito vehicle fleet, focusing on the collection and analysis of numerical data to determine causal relationships according to the injection technology used. It was determined that injection systems do not influence the reduction of emissions, despite improving fuel consumption. Changing the type of gasoline did not significantly alter CO and HC emissions, however, the use of extra fuel non-significantly reduced hydrocarbon emissions, while the use of super gasoline non-significantly improved HC. The analysis suggests that the increase in octane responds to specific needs depending on the altitude where the vehicle works but does not correspond to the quality of the fuel.

**Keywords:** Polluting Emissions, Extra, Super, Injection Technology, Compression Ratio.

## **Introducción**

### **1.2 Antecedente**

La problemática central radica en la necesidad de comprender y abordar las emisiones contaminantes derivadas del transporte, específicamente de vehículos con tecnologías de inyección diversas. La falta de información detallada sobre la eficacia de estas tecnologías en un contexto de altitud como el de Quito añade una capa de complejidad al problema. Este estudio busca llenar ese vacío de conocimiento, ofreciendo una base sólida para la formulación de políticas públicas y futuras investigaciones orientadas a mejorar la calidad del aire en la ciudad.

Los objetivos específicos que orientarán la estructura de este trabajo de investigación son, en primer lugar, se buscará evaluar la composición de las emisiones de gases en vehículos utilizando gasolina súper y extra, a través de pruebas realizadas en un banco de pruebas especializado. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis comparativo de las emisiones en vehículos con distintas tecnologías de inyección, permitiendo identificar cuáles son más efectivas en la reducción de emisiones contaminantes. Finalmente, se evaluarán los parámetros que podrían afectar los diferentes contaminantes ambientales, estableciendo una relación con los niveles permitidos por la normativa ambiental vigente en Quito.

El estudio identifica y destaca el problema de medir la potencia generada por diferentes tipos de gasolina y otros parámetros, subrayando la importancia de comprender el impacto global del uso de combustibles variados en el país, particularmente en la altitud de Quito. A través de un detallado procedimiento experimental, se describen los equipos de diagnóstico utilizados en las pruebas, así como los vehículos seleccionados para la experimentación. Las conclusiones revelan patrones en el desarrollo de potencia según el octanaje, abordando también el consumo promedio de gasolina y su impacto económico, con especial énfasis en la relación entre el cilindraje del vehículo y la elección de gasolina de diferente octanaje. El estudio concluye con observaciones sobre la complejidad del octanaje, su conexión con la calidad del combustible y la dependencia de actuadores clave, como inyectores y sensores de oxígeno, resaltando su influencia en la eficiencia del motor en el contexto específico de Quito. (Ávila & Ayala, 2013)

La creciente conciencia sobre las emisiones de gases contaminantes y su impacto en el entorno urbano de Quito ha generado una preocupación significativa. En este contexto, surge la necesidad de abordar la contaminación atmosférica, donde los vehículos desempeñan un papel destacado como fuentes primarias de emisiones nocivas. Este estudio se enfoca en realizar un análisis comparativo de las emisiones contaminantes en cinco vehículos con tecnología de inyección de diferentes épocas, utilizando gasolina extra y súper, a una altitud de 2850 metros sobre el nivel del mar, en la ciudad de Quito.

El propósito fundamental de esta investigación es entender y evaluar la incidencia de la gasolina súper y extra en el aumento o disminución de gases contaminantes en vehículos que incorporan diversas tecnologías de inyección. Se busca analizar cómo estas tecnologías impactan las emisiones, considerando la variabilidad de la gasolina utilizada. Este estudio proporcionará una visión profunda sobre la eficacia de las tecnologías de inyección en la reducción de emisiones y su relevancia en el contexto específico de la ciudad de Quito, situada a 2850 metros sobre el nivel del mar.

## **Fundamentación teórica.**

### **2.1. Gasolina.**

La gasolina, conocida también como nafta o bencina en diferentes partes del mundo, se configura como una amalgama de hidrocarburos extraída del petróleo mediante el proceso de destilación fraccionada. Este líquido natural, compuesto principalmente por carbono e hidrógeno, atraviesa un conjunto de transformaciones durante dicha operación, dando como resultado distintos productos, siendo la gasolina uno de los más notables. (Cochealia, 2024)

Este versátil combustible se utiliza en una variedad de motores, siendo los de combustión interna uno de los principales beneficiarios de sus propiedades. Además, la gasolina tiene aplicaciones en sistemas de calefacción y hasta en el funcionamiento de lámparas.

Para asegurar un rendimiento óptimo de los motores de combustión interna, la gasolina debe cumplir con requisitos específicos, tanto en términos de desempeño del motor como en consideraciones ambientales. Un factor clave en este contexto es el índice de octano, que indica la resistencia del combustible a la detonación.

El octanaje refleja la capacidad de la gasolina para resistir la compresión en el cilindro durante el proceso de combustión. Un índice de octano más alto sugiere una gasolina de mayor calidad, ya que implica una resistencia superior a la detonación. En el mercado, se encuentran disponibles diferentes tipos de gasolinas según su octanaje, proporcionando opciones adaptadas a las necesidades específicas de distintos motores y aplicaciones. Este parámetro no solo afecta al rendimiento del motor, sino que también influye en aspectos ambientales relacionados con la emisión de gases y la eficiencia del combustible.

#### **2.1.1. Gasolina extra.**

El combustible extra se encuentra actualmente en una clasificación de 87 octanos, lo que significa que tiene una menor capacidad de resistir la detonación. Esto lo convierte en una elección adecuada para motores con baja compresión o aquellos que no buscan un rendimiento extraordinario. Utilizar este tipo de combustible podría resultar en un desempeño ligeramente inferior en términos de eficiencia y potencia, en comparación con las gasolinas

de octanaje más alto. Aunque es importante señalar que el impacto puede variar según las características específicas del motor y las condiciones de conducción. (Diego & Aguas, 2023)

### **2.1.2. Gasolina súper.**

La gasolina súper G-PRIX PREMIUM 92, con aditivos alemanes. En contraste, la gasolina Súper G-prix presenta un octanaje de 92, indicando una mayor capacidad de resistencia a la detonación. Esta variante está especialmente formulada para motores de alta compresión o aquellos con necesidades específicas. Gracias a su elevado octanaje, la gasolina Súper tiene el potencial de ofrecer un rendimiento superior en motores de alta compresión. Proporciona una combustión más controlada, evitando la detonación prematura, lo que puede traducirse en una respuesta del motor más suave y una mayor potencia disponible. Esencialmente, se trata de elegir el combustible que mejor se adapte a las necesidades particulares de cada motor y estilo de conducción. (Diego & Aguas, 2023)

### **2.1.3 Elaboración de Gasolinas en el Ecuador.**

La producción nacional de gasolina en el Ecuador se obtiene de 3 maneras. La primera, la gasolina extra a través de la mezcla física de gasolina base de 80 octanos obtenida en el proceso de destilación en las refinerías de Esmeraldas y Shushufindi con NAO (nafta de alto octanaje). La segunda es la gasolina súper a través del mismo tipo de mezcla, pero con mayor proporción de NAO. La NAO es un producto importado en su totalidad. La tercera gasolina eco país obtenida de la mezcla de la misma gasolina base con bioalcohol proveniente de la producción agrícola externa e interna.

## **2.2. Monóxido de carbono CO.**

El monóxido de carbono se configura como uno de los principales contaminantes atmosféricos, siendo sus dos principales fuentes de emisión los vehículos que utilizan gasolina o diésel como combustible y los procesos industriales que emplean compuestos carbonados. Estos elementos, en conjunto, generan alrededor del 80% de las emisiones totales de monóxido de carbono. (Sammer et al., 2020)

Este gas, resultado de la quema de combustibles fósiles, se convierte en un desafío ambiental palpable. Los vehículos diarios y las complejas operaciones industriales se destacan como los principales responsables de liberar este contaminante, impactando la calidad del aire que comparten con la sociedad.

## **2.3. Hidrocarburos HC.**

Los hidrocarburos (HC) son residuos de combustible no quemado y vapores de aceite que surgen debido a una mala ignición, un encendido deficiente, pérdida de compresión en el

motor o desgaste excesivo del mismo. Estos compuestos pueden encontrarse en vehículos con motores diésel o gasolina.

Aunque no representan un riesgo letal para las personas, una concentración elevada de estos elementos en el aire puede causar irritación en los ojos, la piel y el sistema respiratorio, generando molestias y potencialmente exacerbando enfermedades pulmonares. Es significativo abordar adecuadamente las emisiones de hidrocarburos para mitigar los impactos adversos en la salud humana y preservar la calidad del aire. (Ortuya, 2023)

#### **2.4. Oxígeno O<sub>2</sub>.**

El oxígeno desempeña un papel esencial en la combustión, y se encuentra en el aire en una concentración del 21%. Su capacidad para oxidar los enlaces de hidrocarburos y ser expulsado junto con otros gases al exterior depende de si la mezcla es rica o pobre. En este proceso, el oxígeno se comporta de manera única, contribuyendo a la expulsión de gases al ambiente. (Núñez, 2019)

#### **2.5. Lambda.**

El factor lambda en los vehículos es un parámetro crítico que influye directamente en la eficiencia del motor. Se refiere a la relación entre la cantidad real de oxígeno presente en los gases de escape y la cantidad teóricamente necesaria para lograr una combustión completa de la mezcla de aire y combustible. Este factor se mide a través de la sonda lambda, un dispositivo ubicado en el tubo de escape que analiza la composición de los gases de escape. (Rojas Reinoso et al., 2020)

Cuando la relación aire-combustible es óptima, el factor lambda es igual a 1. En otras palabras, se logra una combustión completa, minimizando las emisiones contaminantes y maximizando la eficiencia del motor. La información recopilada por la sonda lambda se comunica a la unidad de gestión de inyección del motor, permitiendo ajustar la cantidad de combustible suministrada en tiempo real.

Este control preciso del factor lambda es fundamental para optimizar el rendimiento del motor en términos de potencia, eficiencia y reducción de emisiones.

Los modernos sistemas de inyección electrónica de combustible utilizan esta retroalimentación continua para adaptarse a las condiciones de conducción, garantizando un funcionamiento eficiente y respetuoso con el medio ambiente. (Rojas Reinoso et al., 2020)

#### **2.6. Sistema de inyección de combustible.**

El sistema de inyección de combustible en los motores de combustión interna presenta una evolución tecnológica que reemplaza los tradicionales carburadores por inyectores. Estos



inyectores desempeñan un papel crucial al permitir la dosificación precisa de la cantidad de combustible utilizado, lo que resulta en un motor más eficiente, económico y potente. (Renault México, 2022)

En esencia, este proceso implica el transporte de la gasolina desde la bomba de combustible hasta los cilindros, logrando una inyección precisa de la cantidad exacta de combustible con la presión adecuada. Esta dosificación exacta es esencial para optimizar la mezcla de aire y combustible en cada ciclo de combustión, mejorando así la eficiencia y el rendimiento del motor.

La inyección de combustible, al contrario de los carburadores, permite un control más preciso y adaptativo de la cantidad de combustible suministrada al motor. Este avance tecnológico no solo maximiza la eficiencia del combustible, sino que también contribuye a reducir las emisiones contaminantes. (Renault México, 2022)

Los sistemas de inyección se los pueden clasificar de acuerdo con sus características, como lo son:

#### **2.6.1. Cantidad de inyectores.**

La cantidad de inyectores puede variar, y se observa que puede ser de 1, 3, 4, 6 u 8 inyectores, dependiendo del diseño y las especificaciones del sistema de inyección, en este estudio se especifica que los modelos: El automóvil del 2002 cuenta con 6 inyectores con distribución en V, , el automóvil del 2017 con 6 inyectores con distribución en V, el automóvil del 2019 turboalimentado cuenta con 4 inyectores en línea, el automóvil del 2012 cuenta con 6 inyectores en línea, y el automóvil de 1998 cuenta con 6 inyectores con distribución en V.

#### **2.6.2. Lugar donde ocurre la inyección.**

Este puede ser directo, cuando el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión, o indirecto, cuando la inyección de combustible ocurre fuera de la cámara de combustión, específicamente en el colector de admisión.

#### **2.6.3. Manera en la que se produce la inyección.**

Se clasifica en monopunto, donde un único inyector lleva a cabo la inyección del combustible, o multipunto, cuando la inyección del combustible es realizada por varios inyectores simultáneamente. (Sandovalin-Malitaxi et al., 2022)

#### **2.6.4. Características de funcionamiento.**

El funcionamiento es: mecánico, piezoeléctrico o electrónico.

#### **2.6.4.1 Inyectores de Gasolina Mecánicos**

Los inyectores mecánicos son dispositivos que se activan mediante la presión mecánica generada por el sistema de alimentación de combustible del motor. Estos inyectores son controlados principalmente por el flujo de combustible y la presión dentro del sistema de combustible del vehículo. (Imporauto, 2023)

#### **2.6.4.2 Inyectores Electrónicos**

Los inyectores electrónicos son los más comunes en vehículos modernos. Están controlados por una unidad de control del motor (ECU) que ajusta la duración y la frecuencia de los pulsos eléctricos enviados a los inyectores para regular la cantidad de combustible inyectado. Esto permite una mayor precisión y eficiencia en la gestión del combustible. (Imporauto, 2023)

#### **2.6.4.3 Inyector Piezoeléctrico**

Los inyectores piezoeléctricos utilizan cristales piezoeléctricos, como el cuarzo, que cambian de forma cuando se aplican corrientes eléctricas. Cuando se aplica una corriente eléctrica al cristal, este experimenta una deformación física, lo que se traduce en un movimiento preciso del componente de control del inyector. (AUTOMOTRIZ, 2020)

#### **2.6.5. El número de inyecciones que se realiza.**

-Inyección continua: En este modo, el sistema de inyección está constantemente suministrando combustible.

-Inyección intermitente: La inyección ocurre de manera intermitente durante intervalos de tiempo específicos.

-Inyección secuencial: En este caso, cada inyector tiene un tiempo preciso para realizar la inyección, llevándose a cabo de forma secuencial, uno tras otro.

-Inyección semisecuencial: En este modo, dos inyectores actúan simultáneamente, pero la inyección sigue un patrón secuencial.

-Inyección simultánea: Todos los inyectores operan simultáneamente, inyectando combustible al mismo tiempo.

#### **2.7. Turbo e intercooler.**

El dispositivo adecuadamente denominado "turbocompresor" resulta ser un compresor impulsado por una turbina. Este ingenioso artefacto consta de dos molinos, o turbinas, que comparten el mismo eje. Una de las turbinas se encuentra en contacto con los gases de escape,

los cuales, al salir del motor con temperatura y presión elevadas, hacen girar la turbina de manera similar a un molino de viento de juguete cuando se sopla sobre sus aspas. La otra turbina en el mismo eje está situada en el trayecto del aire que ingresa al motor, y al girar en conjunto con la turbina de escape, impulsa el aire de admisión, generando presión. (Fidalgo, 2014)

El incremento en la presión del aire de admisión implica un correspondiente aumento en la energía de los gases de escape, lo cual podría constituir un riesgo para la integridad del motor al generar una presión potencialmente ilimitada. Con el propósito de prevenir este escenario, se implementa una válvula de descarga que opera como un regulador del turbo. Además de esta válvula, se instala otra en el colector de admisión con la función de abrir de forma abrupta, disminuyendo instantáneamente la presión en el colector (manifestándose como un sonido de resoplido al liberar el acelerador). Este procedimiento es crucial, dado que el lapso temporal desde la apertura de la válvula de escape hasta la descompresión completa del turbo puede ser sustancial.

En relación con el sistema de enfriamiento, antes de que el aire de admisión se mezcle con el combustible y se dirija a los cilindros, se somete a un proceso de enfriamiento en un componente específico conocido como intercooler. Este radiador tiene el propósito de reducir la temperatura del aire caliente generado por la compresión del turbo. La reducción de la temperatura es esencial, ya que el aire frío tiene una mayor densidad de oxígeno. Además, el enfriamiento del aire evita autodetonaciones, asegurando una combustión más eficiente y contribuyendo así a la mejora de las emisiones y el rendimiento del motor.

## **2.8 Relación de compresión.**

La relación de compresión, en un motor de combustión interna, es una medida que describe la proporción entre el volumen máximo y el volumen mínimo dentro de la cámara de combustión de un motor. Se define como el volumen máximo de la cámara de combustión (punto muerto inferior) dividido por el volumen con el pistón en la posición de compresión completa (punto muerto superior). (Plaza, 2020)

La relación de compresión tiene un impacto directo en el rendimiento térmico del motor, es decir, el grado de aprovechamiento de la energía del combustible. En los motores de ciclo Otto y en el diésel, el rendimiento aumenta al aumentar la compresión. Sin embargo, en el caso del ciclo Otto, se logra un rendimiento aproximado del 64% con una compresión de 12:1 y, en el caso del diésel, es necesario una compresión de 21:1 para el mismo rendimiento. (Calero et al., 2019)

Es importante mencionar que la relación de compresión debe estar en consonancia con las características del motor para evitar la auto detonación, un efecto que provoca que la mezcla detone por sí sola antes de tiempo, lo que puede ocasionar daños en el motor. Por último, la

relación de compresión de un motor diésel suele estar entre 16 y 24 partes, mientras que en un motor a gasolina está entre 7 y 13 partes. (Yepes, 2013)

Aquí, el volumen total del cilindro se calcula sumando el volumen del cilindro (cilindrada) y el volumen de la cámara de compresión. Si se representa el volumen del cilindro como  $V$  y el volumen de la cámara de compresión como  $V'$ , entonces el volumen total del cilindro sería  $V + V'$ . La relación de compresión se obtiene dividiendo el volumen total del cilindro ( $V + V'$ ) por el volumen de la cámara de compresión ( $V'$ ). (Ávila & Ayala, 2013)

## **Materiales y métodos.**

### **3.1 Materiales**

#### **3.1.1 Analizador de gases.**

El analizador de gases utilizado para la presente investigación fue un dispositivo de la marca Capelec, específicamente el modelo Cap3201-4GAZ (Anexo 1). Este equipo se encargó de recopilar información sobre los gases emanados del tubo de escape de los vehículos bajo estudio, además de imprimir los datos en papel para su posterior análisis.

##### **3.1.1.1 Certificación del equipo**

El equipo cumple las certificaciones para la revisión técnica vehicular en la ciudad de Quito, esto se corrobora mediante un reporte de verificación por parte de la empresa CAPELEC la cual es representada por MC Automotriz, con sede en Quito, Ecuador, esta empresa emite un certificado de calibración del equipo, calibración del patrón y homologación del equipo en Ecuador (Anexo 27).

#### **3.1.2. Normativa de gases en Quito.**

La normativa empleada en el estudio es la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2002. Esta norma nos proporciona los rangos permitidos en la ciudad de Quito, considerando el año de fabricación del vehículo. Gracias a estos rangos, podemos evaluar la composición de los gases emitidos por el vehículo y derivar conclusiones precisas basadas en los resultados obtenidos.

Además, se hizo uso de dos informes que contenían los datos de dos vehículos para corroborar los rangos permitidos actualizados, asegurando así la utilización de la normativa más reciente disponible (Anexo 2 y 3).

**Tabla 1.***Rangos establecidos por la norma INEN-2204:2002.*

	Rangos autos (1990-1999)	Rangos autos (2000 en adelante)
CO	$0 \leq X \leq 3.49$	$0 \leq X \leq 0.59$
HC	$0 \leq X \leq 649.99$	$0 \leq X \leq 159.99$
O <sub>2</sub>	$0 \leq X \leq 3$	$0 \leq X \leq 3$
Lambda	$0.13 \leq X \leq 999.99$	$0.13 \leq X \leq 999.99$

*Fuente: (Ayala & Barrera, 2024)***3.1.3. Vehículos sujetos a estudio.**

A continuación se mencionan el tipo de inyección y la relación de compresión de los vehículos que fueron parte de las pruebas de emisiones para el respectivo análisis comparativo:

**Tabla 2.***Descripción de vehículos de muestra para estudio.*

Año del Vehículo	Tipo de inyección	Relación de compresión
1998	Multipunto inyección indirecta	9,6:1
2002	Multipunto inyección indirecta	9,8:1
2012	Inyección directa	10,7:1
2017	Multipunto inyección indirecta	10:1
2019	Inyección directa turbo intercooler	9,8:1

*Fuente: (Ayala & Barrera, 2024)*

## **3.2 Metodología.**

### **3.2.1 Tipo de metodología para interpretación de resultados.**

En el presente desarrollo de investigación se está aplicando la metodología de tipo cuantitativa aplicada, ya que el enfoque de esta investigación se centra en la recopilación y el análisis de datos numéricos con el objetivo de medir y analizar relaciones causales para determinar la incidencia de los gases CO, HC, lambda y O<sub>2</sub> según el tipo de tecnología en la inyección en el parque automotor de la ciudad de Quito.

### **3.2.2 Variables de investigación.**

La primera variable con la que se inicia la investigación son los distintos tipos de tecnologías de inyección en función del año que tiene cada vehículo presente en el proyecto. La segunda variable presente en la investigación es el resultado del análisis de los gases emitidos por los vehículos con respecto a la variación del octanaje de la gasolina, los cuales son de carácter cuantitativo.

### **3.2.3 Población, muestreo y muestra.**

La población se define como el conjunto total de datos, objetos o eventos que cumplen con un conjunto específico de criterios o especificaciones (Hernández y Mendoza, 2018, p. 198). En esta investigación se usa como población al parque automotor de la ciudad de Quito. El muestreo no probabilístico es un método de selección de la muestra en el que los elementos de la población no tienen una probabilidad conocida de ser seleccionados para formar parte de la muestra. En este tipo de muestreo, los elementos se eligen de manera subjetiva o arbitraria, sin seguir un proceso de selección aleatorio, mientras la muestra será conformada por 5 vehículos de diferentes años (desde 1998 hasta 2019).

### **3.2.4 Procedimientos**

Con base en la normativa ecuatoriana actualmente vigente (NTE INEN 2204:2002), que rige en los centros de revisión técnica vehicular ubicados en la ciudad de Quito, se han considerado diversas condiciones preliminares esenciales para la obtención de los datos necesarios en el marco de la presente investigación. Dichas condiciones incluyen aspectos primordiales como las revoluciones por minuto del vehículo y el tiempo requerido para la toma de cada muestra, aspectos cruciales que contribuirán de manera significativa a la exhaustividad y precisión de la indagación en cuestión.

El procedimiento para cada vehículo se fundamenta en llevar a cabo la medición de los gases emitidos por el tubo de escape, empleando un analizador de gases que proporcionará datos pertinentes relativos al vehículo, tales como la concentración de hidrocarburos, O<sub>2</sub>, Lambda y CO. Estos datos deben ser meticulosamente analizados mientras el vehículo se encuentra en ralentí y, durante un lapso de 30 segundos, se mantiene a una velocidad constante de 2500+/-200 revoluciones por minuto. Posteriormente, el analizador imprimirá los datos recopilados, los cuales serán tabulados para la generación de gráficas que facilitarán una comprensión más detallada de los eventos que tienen lugar en la salida del tubo de escape.

Posteriormente, se lleva a cabo una etapa adicional que implica la modificación del combustible en el vehículo. Este proceso incluye el retiro del combustible presente en el tanque, una operación meticulosa que garantiza la seguridad y la integridad del sistema. Una vez retirado todo el combustible anterior y verificando que no se encuentren más residuos del mismo, se rellena con el nuevo combustible el automotor. (Ver anexos del 5 al 9).

El tiempo transcurrido entre cada cambio de gasolina fue de una semana, asegurando así que el vehículo alcanzará un estado estable y que cualquier residuo del combustible anterior se eliminará completamente antes de la introducción del nuevo octanaje. Durante este periodo, se realizaron dos mediciones exhaustivas de gases emitidos por el tubo de escape para cada tipo de gasolina empleada.

Durante este proceso de cambio de combustible, se repiten las mediciones de gases emitidos por el tubo de escape utilizando el analizador correspondiente. Estos nuevos datos se registran y comparan con los obtenidos previamente con el combustible anterior. Este enfoque detallado, consistente en efectuar mediciones repetidas, proporcionó una base sólida para la obtención de datos precisos y confiables, permitiendo una evaluación más rigurosa de las variaciones en las emisiones en función del octanaje del combustible utilizado. Este protocolo de dos mediciones por cada cambio de gasolina contribuyó significativamente a la coherencia y robustez de los resultados obtenidos en el estudio.

## Resultados y Discusión

Teniendo en cuenta la tabla de rangos establecidos por la norma INEN-2204:2002 de la revisión técnica vehicular en la ciudad de Quito, a continuación se presentan los datos obtenidos realizando la medición de gases de cada vehículo con gasolina extra de 87 octanos y súper de 92 octanos (ver anexos 6-25) y el posterior análisis de los resultados, obtenemos que:

**Tabla 3.**

*Datos obtenidos durante las pruebas de gases.*

AUTOMÓVILES		Ralentí				2500 rpm			
		Extra 1	Extra 2	Súper 1	Súper 2	Extra 1	Extra 2	Súper 1	Súper 2
Multipunto indirecta (1998)	CO (%)	0	0	0	0	0	0,03	0	0
	HC (ppm)	16	10	127	28	16	14	53	24
	O2 (%)	0,16	0,14	0,56	0,14	0,06	0,06	0,05	0,13
	Lambda	1,01	1	1,02	1	1	1	1	1
Multipunto indirecta (2002)	CO (%)	0	0	0	0,04	0,12	0,13	0,03	0,04
	HC (ppm)	7	43	10	69	25	47	21	60
	O2 (%)	0,51	0,02	0,52	1,44	0,16	-0,03	4,5	3,87
	Lambda	1,02	1	1,02	1,06	1	0,99	1,24	1,19
Inyección directa (2012)	CO (%)	0,07	0,06	0,04	0,1	0	0	0	0,04
	HC (ppm)	62	49	0	92	45	14	0	47
	O2 (%)	-0,04	-0,04	0,04	0,06	-0,04	-0,05	3,42	-0,05
	Lambda	0,99	0,99	1	1	1	1	1,22	0,99
Multipunto indirecta (2017)	CO (%)	0,12	0,12	0,05	0,13	0,36	0,28	0,29	0,3
	HC (ppm)	123	166	95	124	62	129	69	74
	O2 (%)	0,06	0	0,16	0,06	-0,01	-0,02	-0,03	0,01
	Lambda	0,99	0,99	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Inyección directa (2019)	CO (%)	0	0	0	0	0,06	0	0,07	0
	HC (ppm)	0	35	0	0	3	31	0	1
	O2 (%)	2,5	0,21	0,33	0,32	0,13	0,06	0,08	0,08
	Lambda	1,11	1,01	1,01	1,01	1	1	1	1

*Fuente: (Ayala & Barrera, 2024)*



### **Discusión:**

En los datos obtenidos de la *Tabla 3* la variabilidad del factor lambda durante la toma de datos requiere corrección para estandarizar los valores de HC y CO. La estandarización del factor lambda permite obtener valores comparables en función de lambda 1.0. La calidad de la gasolina, representada por el octanaje, no es sinónimo de menor contaminación. El aumento del octanaje es una necesidad relacionada con la altitud geográfica en la que se encuentra el vehículo.

### **Conclusiones**

- La conclusión preponderante es que, si bien los sistemas de inyección pueden mejorar el consumo de combustible, no tienen un impacto fundamental en la reducción de emisiones contaminantes. En relación con el contaminante gaseoso CO, se verifica una ligera disminución al usar gasolina extra, de manera independiente al sistema de inyección. En la relación con el contaminante gaseoso HC, se verificó una ligera disminución al usar gasolina super, de manera independiente al sistema de inyección. *Se observó que el cambio de un tipo de gasolina a otro, como de extra a super, no generó una diferencia significativa en las emisiones de gases.*
- En la comparación de emisiones de gases de cinco vehículos con distintas tecnologías de inyección de diferentes épocas, se observa que el uso de combustible extra generalmente resulta en menores emisiones de hidrocarburos (HC). Por ejemplo, en el vehículo de multipunto indirecta (1998), las emisiones de HC en ralentí al usar gasolina extra son 16 ppm y para la gasolina super son 127 ppm. En cuanto a las emisiones de monóxido de carbono (CO), estas se mantienen estables y dentro de los rangos aceptables, como se observa en el vehículo de multipunto indirecta (2017), donde las emisiones de CO en ralentí varían entre 0.12% y 0.15% para todos los combustibles. Esto sugiere que las tecnologías de inyección son efectivas en controlar el monóxido de carbono, mientras que el uso de combustible extra ayuda a reducir las emisiones de hidrocarburos a la altura de Quito.
- El factor lambda ( $\lambda$ ) es variable en el proceso de toma de datos debido a varios factores ya mencionados, por lo tanto, presenta dispersión de valores lo que hace obligatorio corregirlo a través del método descrito en el anexo 26, con la finalidad de estandarizar los valores de HC y CO obtenidos, lo que en consecuencia genera una dispersión del valor lambda por lo que al generar una estandarización es posible obtener valores comparables en función de lambda 1.0. Por medio de la extrapolación lineal se obtienen los datos necesarios para realizar una comparación en los gases contaminantes (véase anexo 26), donde al analizar este ejemplo se demuestra como por medio de la estandarización de lambda se obtiene un valor de oxígeno similar en

las pruebas de gasolina extra y super, lo que en consecuencia demuestra que el aumento del octanaje no es sinónimo de calidad en la gasolina, pero es una necesidad en función de la altura geográfica en la que se encuentre el vehículo.

### Recomendaciones

- Dar a conocer el presente trabajo al estado ecuatoriano a través del gobierno central, con la finalidad de optimizar la producción de gasolina en el país, restringiendo la importación de NAO, (nafta de alto octanaje).
- No es objeto del presente trabajo establecer con exactitud el ahorro económico que se produciría por la optimización de la producción nacional de gasolinas a nivel nacional, pero en términos generales se estima un ahorro entre el 0.5% y el 1% del PIB que en la actualidad oscila en los  $100.000 \times 10^6$  USD, lo cual presiente un ahorro anual aproximado de  $1000 \times 10^6$  USD. (Banco Central Del Ecuador, 2023)
- El subsidio de combustible para el año 2022 ascendió a  $3900 \times 10^6$  USD. Solo en gasolina se subsidio  $950 \times 10^6$  USD. Teniendo en cuenta que, en el 2024, el subsidio de la gasolina extra fluctúa entre 0.35 y 0,40 dólares, es evidente que el tomar una medida como la sugerida en las recomendaciones, se puede eliminar el subsidio a las gasolinas, mediante la optimización de la producción de gasolinas en el país.

### Referencias

AUTOMOTRIZ, I. Y. M. (2020, August 18). *¿Qué es un inyector piezoeléctrico y cómo funciona?* INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ. <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-un-inyector-piezoelctrico-y-como-funciona/>

Ávila, D., & Ayala, G. (2013). *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MOTORES A GASOLINA RESPECTO DE LA VARIACIÓN DEL OCTANAJE TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN QUITO, AGOSTO 2013.* <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8034/4/CD-5028.pdf>

Banco Central Del Ecuador. (2023, February 27). *ANÁLISIS DEL SECTOR PETROLERO.* Banco Central Del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP202204.pdf>

Calero, A., Norverto, J., & Madrid, M. (2019). *ANÁLISIS DE MOTORES CON TECNOLOGÍAS DE RELACIÓN DE COMPRESIÓN VARIABLE.* <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/27311/TFG-%20Perez%20Calero%2C%20Arturo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cochealia. (2024, January 23). Qué es la gasolina: definición y características del combustible bencina - Cochealia. Cochealia. <https://cochealia.com/negocios-e-industria/energia-y-servicios-publicos/petroleo-y-gas/que-es-la-gasolina/>

Diego, J., & Aguas, A. (2023). *EVALUACIÓN DEL TORQUE Y POTENCIA PARA GASOLINA EXTRA DE 85 -89 Como requisito para la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ QUITO, agosto del 2023.* <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/5080/1/Arg%c3%bcello%20Aguas%20Juan%20Diego.pdf>

Fidalgo, R. (2014, August 5). *Cómo funciona el turbo y los sistemas de sobrealimentación.* Autocasión. <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/que-es-y-como-funciona-el-turbo-y-los-sistemas-de-sobrealimentacion>

Imporauto. (2023, September 6). *¿Qué Es Un Inyector? Funciones, Tipos y Importancia en Motores.* Bosch Service. <https://imporauto.es/ainyector/#:~:text=Los%20inyectores%20mec>

Km77. (2016, March 7). *Mercedes-Benz GLC 250 4MATIC (2018-2019) | precio y ficha técnica - km77.com.* Www.km77.com. <https://www.km77.com/coches/mercedes/clase-glc/2016/estandar/estandar/glc-250-4matic2/datos>

Motorgiga. (2024, March 24). *Automóvil del 2012 coupé (2012-2013). precio y ficha técnica.* Motorgiga.com. <https://motorgiga.com/bmw/3-series/325i-coupe3/2009/precio-ficha-tecnica>

Núñez, C. (2019, January 21). *“ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI.”* Repositorio Uta. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29538/1/Tesis%20I.%20M.%20507%20-%20N%C3%BA%C3%Bliz%20P%C3%A9rez%20Carlos%20Santiago.pdf>

Orozco, M. (2024, February 20). *Subsidios a combustibles “costarán” unos USD 3.100 millones en 2024, si no hay focalización.* Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/subsidios-combustibles-proforma-focalizacion2024/>

Ortuya, N. (2023, March 6). *¿Cuáles son los gases contaminantes que emiten los vehículos? - Autofact.* Www.autofact.pe. <https://www.autofact.pe/blog/comprar-auto/caracteristicas/gases-vehiculos>

Plaza, D. (2020, April 22). *¿Qué es la relación de compresión?* Motor.es. <https://www.motor.es/que-es/relacion-de-compresion>

Renault México. (2022, September 23). *¿Qué Es la Inyección de Combustible y Cuáles Son los Tipos?* / Renault. [Www.renault.com.mx. https://www.renault.com.mx/blog/tips/inyeccion-de-combustible.html](https://www.renault.com.mx/blog/tips/inyeccion-de-combustible.html)

Rojas Reinoso, E. V., Romero Hidalgo, V. J., Pancha Ramos, J. M., Rojas Reinoso, E. V., Romero Hidalgo, V. J., & Pancha Ramos, J. M. (2020). Análisis del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador. *Ingenius. Revista de Ciencia Y Tecnología*, 23, 23–29. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-860X2020000100023&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-860X2020000100023&script=sci_arttext)

Sammer, A., Castañeda, G., Miguel, H., & Yjuma, G. (2020). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LAS CIUDADES DE PUCALLPA Y AGUAYTÍA” TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL PUCALLPA-PERÚ 2020.* [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4274/UNU\\_AMBIENTAL\\_2020\\_T\\_A\\_LEXIS-GOMEZ\\_HENRY-GONZALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4274/UNU_AMBIENTAL_2020_T_A_LEXIS-GOMEZ_HENRY-GONZALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sandovalin-Malitaxi, J. D., Correa-Sacan, E. D., Guasumba-Maila, J. E., & Calero-Torres, D. A. (2022). Los sistemas de Inyección Electrónicos y el Control de Gases. *Polo Del Conocimiento*, 7(4), 344–361. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3828/8861>

Vásquez, M., & Angel, M. (2021). *FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL.* [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87496/Medina\\_VMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87496/Medina_VMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Yepes, V. (2013, June 29). *relación de compresión – El blog de Víctor Yepes.* Universitat Politècnica de Valencia. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/relacion-de-compresion/#:~:text=La%20relaci>

## Anexos

### Anexo 1.



Anexo 2.



<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>TRANSITO</span> <span>AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO</span> </div> <div style="text-align: center;">           REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO         </div>							
<b>Certificado:</b> 9442566 <b>Adhesivo:</b> 0 <b>Fecha Revision:</b> 2023-07-18		<b>Marca:</b> TOYOTA <b>Modelo:</b> 4RUNNER TRD OFF-ROAD AC 4.0 5P <b>Año:</b> 2019		<b>PLACA:PDZ4737</b> <b>RESULTADO</b> <b>CONDICIONAL</b>			
<b>Chasis:</b> JTEBU5JR8K5714922 <b>Cooperativa</b> <b>N. Emmop:</b> <b>Centro:</b> CENTRO LIV.SAN ISIDRO DEL INCA <b>Nro. Revision:</b> 0200223586389-01			<b>Defectos</b> <b>Tipo 3:</b> 1 <b>Tipo 2:</b> 1 <b>Tipo 1:</b> 3		<b>CONVOCATORIA</b> <b>1 / 1</b> <b>Válido hasta:</b> 2023-12-31 <b>Fecha 1ra revisión:</b> 2023-06-13 <b>Kilometraje:</b> 00009487		
Código	Tipo Defecto	Descripción Defecto	Unidad	Valor	Rango	Calif.	Ubicac.
<b>Mecatronicas</b>							
02.01.02.01	Mecatronicas	INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	Lux	287.70	155.00<=X<=999.00	TIP2	09
05.01.03.01	Mecatronicas	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 1° EJE	%	56.00	040.00<=X<=050.99	TIP1	18
05.01.03.01	Mecatronicas	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 1° EJE	%	51.00	040.00<=X<=050.99	TIP1	19
04.07.02.01	Mecatronicas	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1° EJE	%	16.00	015.01<=X<=030.00	TIP1	00
02.01.03.01	Mecatronicas	ALINEACIÓN HORIZONTAL FARO CONDUCTOR	%	-1.50	002.00<=X<=999.00	OK	09
02.01.03.02	Mecatronicas	ALINEACIÓN VERTICAL FARO CONDUCTOR	%	2.20	999.00<=X<=002.50	OK	09
10.03.01.01	Mecatronicas	NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	dB	70.33	000.01<=X<=074.99	OK	
10.02.01.04	Mecatronicas	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) RALENTI	ppm	2.00	000.00<=X<=159.99	OK	
10.02.01.03	Mecatronicas	O2 EN BAJAS	%	0.03	000.00<=X<=003.00	OK	
10.02.01.05	Mecatronicas	LAMBDA EN BAJAS	***	1.00	000.13<=X<=999.99	OK	
10.02.01.01	Mecatronicas	MONÓXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	%	0.00	000.00<=X<=000.59	OK	
10.02.04.03	Mecatronicas	RPM EN RALENTI	rpm	740.00	000.01<=X<=200.00	OK	
10.02.05.04	Mecatronicas	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 2500 RPM	ppm	2.00	000.00<=X<=159.99	OK	
10.02.05.03	Mecatronicas	O2 EN ALTAS RPM	%	0.50	000.00<=X<=003.00	OK	
10.02.05.05	Mecatronicas	LAMBDA EN ALTAS	***	1.02	000.13<=X<=999.99	OK	
10.02.05.01	Mecatronicas	MONÓXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM	%	0.00	000.00<=X<=000.59	OK	



AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO							
<b>Certificado:</b> 13279831 <b>Adhesivo:</b> 308391 <b>Fecha Revision:</b> 2023-03-08		<b>Marca:</b> TOYOTA <b>Modelo:</b> 4 RUNNER 4X4 <b>Año:</b> 1998		<b>PLACA:</b> PTW0764 <b>RESULTADO</b> <b>APROBADO</b>			
<b>Chasis:</b> VZN1850152739 <b>Cooperativa</b> <b>N. Emmop:</b> <b>Centro:</b> CENTRO LIVIANOS FLORIDA ALTA <b>Nro. Revision:</b> 0100622426707-01			<b>Defectos</b> <b>Tipo 3:</b> 0 <b>Tipo 2:</b> 3 <b>Tipo 1:</b> 2		<b>CONVOCATORIA</b> <b>1 / 1</b> <b>Válido hasta:</b> 2023-12-31 <b>Fecha 1ra revisión:</b> 2023-01-01 <b>Kilometraje:</b> 00141782		
Código	Tipo Defecto	Descripción Defecto	Unidad	Valor	Rango	Calif.	Ubicac.
<b>Visuales</b>							
02.03.01.04	Visuales	LUCES DE FRENADO DETERIORADAS	***	0.00	000.00<=X<=000.00	TIP2	1517
06.01.03.03	Visuales	CONEXIONES INSTALACION ELECTRICA DEFICIENTE	***	0.00	000.00<=X<=000.00	TIP2	
09.07.01.03	Visuales	VERTIDO DE ACEITE CARTER MOTOR/TRANSMISION	***	0.00	000.00<=X<=000.00	TIP2	
<b>Mecatronicas</b>							
02.01.03.02	Mecatronicas	ALINEACIÓN VERTICAL FARO CONDUCTOR	%	2.90	002.51<=X<=004.99	TIP1	09
04.04.01.01	Mecatronicas	EFICACIA FRENO DE ESTACIONAMIENTO	%	19.00	015.00<=X<=019.99	TIP1	
03.09.01.01	Mecatronicas	ALINEACIÓN 1ER EJE CONVERGENCIA	mmKm	0.00	006.99<=X<=006.99	OK	00
05.01.03.01	Mecatronicas	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 1° EJE	%	72.00	060.00<=X<=100.00	OK	18
05.01.03.01	Mecatronicas	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 1° EJE	%	68.00	060.00<=X<=100.00	OK	19
05.01.04.01	Mecatronicas	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 1° EJE	%	6.00	000.00<=X<=014.99	OK	
05.01.05.01	Mecatronicas	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 2° EJE	%	71.00	050.00<=X<=100.00	OK	18
05.01.05.01	Mecatronicas	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 2° EJE	%	72.00	050.00<=X<=100.00	OK	19
05.01.06.01	Mecatronicas	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 2° EJE	%	1.00	000.00<=X<=014.99	OK	
02.01.03.01	Mecatronicas	ALINEACIÓN HORIZONTAL FARO CONDUCTOR	%	0.80	002.00<=X<=009.00	OK	09
02.01.02.01	Mecatronicas	INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	Lux	40.10	000.01<=X<=135.00	OK	09
10.03.01.01	Mecatronicas	NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	dB	73.44	000.01<=X<=074.99	OK	







Anexo 5.



Anexo 6. Prueba de gases automóvil del 2019, primera medición extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 7. Prueba de gases automóvil del 2019, segunda medición extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 8. Prueba de gases automóvil del 2019, primera medición súper.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 9. Prueba de gases automóvil del 2019, segunda medición súper.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 10. Prueba de gases automóvil del 2012, primera medición de extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 11. Prueba de gases autom3vil del 2012, segunda medici3n de extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 12. Prueba de gases autom3vil del 2012, primera medici3n de s3per.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 13. Prueba de gases autom3vil del 2012, segunda medici3n de s3per.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 14. Prueba de gases autom3vil del 2002, primera medici3n de extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 15. Prueba de gases autom3vil del 2002, segunda medici3n extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 16. Prueba de gases autom3vil del 2002, primera medici3n de s3per.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 17. Prueba de gases autom3vil del 2002, segunda medici3n de s3per.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 18. Prueba de gases autom3vil de 1998, primera medici3n de extra.





Fuente: Autores, (2023)

Anexo 19. Prueba de gases automóvil de 1998, segunda medición extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 20. Prueba de gases automóvil de 1998, primera medición de súper.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 21. Prueba de gases automóvil de 1998, segunda medición de súper.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 22. Prueba de gases automóvil del 2017, primera medición de extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 23. Prueba de gases autom3vil del 2017, segunda medici3n de extra.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 24. Prueba de gases autom3vil del 2017, primera medici3n de super.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 25. Prueba de gases autom3vil del 2017, segunda medici3n de s3per.



Fuente: Autores, (2023)

Anexo 26. Ejemplo de extrapolaci3n del ox3geno en el veh3culo del 2002.

O2	Ralentí		$\lambda$ Ralentí	2500 RPM		$\lambda$ 2500 RPM
Extra	0.51	0.02	1.0	0.16	0.0	1.0
Super	0.52	1.44	1.02	4.5	3.87	1.24

Fórmula:

$$OC = \left( \frac{O_2 - O_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \right) * (\lambda_c - \lambda_1) + O_1$$

Procedimiento:

1.

$$OC = \left( \frac{4.5 - 0.52}{1.24 - 1.02} \right) * (1.0 - 1.02) + 0.52$$

2.

$$OC = \left( \frac{3.98}{0.22} \right) * (-0.22) + 0.52$$

3.

$$OC = 0.158 \cong 0.16$$

Donde:

$O_2$  = Primera medición de oxígeno de super a 2500 RPM.

$O_1$  = Primera medición de oxígeno de super en ralentí RPM.

$\Lambda_1$  = Valor de lambda en super en ralentí.

$\Lambda_2$  = Valor de lambda en super a 2500 RPM.

$\Lambda_c$  = Lambda corregido, en este caso es 1 ya que estandarizamos lambda a 1

$O_c$  = Oxígeno corregido

Fuente: Autores, (2024)