



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ESTUDIO DESDE UN ENFOQUE COMPARATIVO DE EMISIONES CONTAMINANTES EN
VEHÍCULOS EQUIPADOS CON MOTOR CICLO OTTO Y DISPOSITIVO ECO OBD2 EN EL
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTOR: ANTHONY JOSSUE CEVALLOS ALTAMIRANO

TUTOR: MARIO ALEXANDER PERALVO CLAVÓN

Quito - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Anthony Jossue Cevallos Altamirano con documento de identificación N° 1727060921 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 20 de febrero del año 2024

Atentamente,



Anthony Jossue Cevallos Altamirano

1727060921

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Anthony Jossue Cevallos Altamirano con documento de identificación No. 1727060921 expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Estudio desde un enfoque comparativo de emisiones contaminantes en vehículos equipados con motor ciclo OTTO y dispositivo ECO OBD2 en el Distrito Metropolitano de Quito” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 20 de febrero del año 2024

Atentamente,



Anthony Jossue Cevallos Altamirano

1727060921

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Mario Alexander Peralvo Clavón con documento de identificación N° 1718133448, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DESDE UN ENFOQUE COMPARATIVO DE EMISIONES CONTAMINANTES EN VEHÍCULOS EQUIPADOS CON MOTOR CICLO OTTO Y DISPOSITIVO ECO OBD2 EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, realizado por Anthony Jossue Cevallos Altamirano con documento de identificación N° 1727060921, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Mario Alexander Peralvo Clavón MSc

1718133448

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mi familia, especialmente a mi madre que gracias a sus consejos y su apoyo pudo encaminarme a seguir estudiando a lo largo de mi vida universitaria.

A mi tutor por la ayuda y el apoyo dado.

Autor 1

ESTUDIO DESDE UN ENFOQUE COMPARATIVO DE EMISIONES CONTAMINANTES EN VEHÍCULOS EQUIPADOS CON MOTOR CICLO OTTO Y DISPOSITIVO ECO OBD2 EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

COMPARATIVE STUDY OF POLLUTANT EMISSIONS IN VEHICLES EQUIPPED WITH OTTO CYCLE ENGINE AND ECO OBD2 DEVICE IN THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO.

Anthony Cevallos-Altamirano¹

Resumen

En este estudio se llevó a cabo un análisis comparativo de las emisiones contaminantes en vehículos equipados con motor ciclo Otto y dispositivo ECO OBD2 en el Distrito Metropolitano de Quito. Se examinó el impacto del aumento de vehículos en la contaminación ambiental y se propuso el uso del dispositivo reductor de emisiones contaminantes. Se detallaron los materiales y métodos utilizados, incluyendo pruebas de ruta y el dispositivo Eco OBD2. Además, se discutió la normativa de revisión técnica vehicular y el funcionamiento del convertidor catalítico en los vehículos.

El estudio incluyó pruebas de ruta para analizar el impacto del dispositivo en las emisiones contaminantes de los vehículos. Se observará que, en algunos casos, al conectar el dispositivo, hubo un aumento en los hidrocarburos no combustionados, pero no se registró una reducción significativa en los gases mencionados. Los resultados de las pruebas se presentan en tablas y figuras para cada vehículo y tipo de revoluciones.

Además, se evaluó el impacto del dispositivo en las emisiones de gases contaminantes en vehículos a diferentes revoluciones. Se observó que la interfaz no reduce notablemente las emisiones, excepto en vehículos con catalizadores defectuosos. Se recomienda realizar mediciones en ruta y en una variedad de vehículos para evaluar su funcionamiento

Abstract

In this study, a comparative analysis of pollutant emissions in vehicles equipped with Otto cycle engine and ECO OBD2 device in the Metropolitan District of Quito was carried out. The impact of the increase of vehicles on environmental pollution was examined and the use of the pollutant emission reduction device was proposed. The materials and methods used were detailed, including road tests and the Eco OBD2 device. In addition, the technical vehicle inspection regulations and the operation of the catalytic converter in vehicles were discussed.

The study included road tests to analyze the impact of the device on vehicle pollutant emissions. It will be observed that, in some cases, when the device was connected, there was an increase in unburned hydrocarbons, but there was no significant reduction in the gases mentioned. The results of the tests are presented in tables and figures for each vehicle and type of revolutions.

In addition, the impact of the device on pollutant gas emissions in vehicles at different revolutions was evaluated. It was observed that the interface does not significantly reduce emissions, except in vehicles with defective catalytic converters. On-road measurements and measurements on a variety of vehicles are recommended to evaluate its optimal performance. The study also included bibliographic references related to the subject.

Keywords: ECO OBD2, Pollutant gases, Static tests.

¹ Taller de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador

óptimo. El estudio también incluyó referencias bibliográficas relacionadas con el tema.

Palabras Clave: ECO OBD2, Gases contaminantes, Pruebas estáticas.

1. Introducción

La principal causa de la contaminación ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito es causada por el incremento de vehículos a lo largo de los años. Esto ha llevado a que la ciudad tenga altos niveles de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y material particulado en el aire, lo que afecta en la salud de las personas que viven en la ciudad. En revistas publicadas como, (Pinto Cortes, 2019), (Diario El Telégrafo) (2017) informó que: En Ecuador, la principal fuente de contaminación son los vehículos que queman diésel y gasolina, los cuales representan el 52% de las emisiones de CO₂ en la ciudad de Quito. Según las estadísticas de la Autoridad de Transporte Metropolitano (AMT), al 25 de julio de 2017, solo 260.999 de 274.415 automóviles habían sido aprobados para la inspección vehicular. La razón principal fue que el sistema de escape del coche estaba defectuoso y no estaba homologado. Es por eso que la Secretaría de Medio Ambiente de Quito monitorea constantemente la calidad del aire para controlar las emisiones de CO₂ por el uso de vehículos livianos. En el estudio realizado de Pinto Cortez Mariano “Implementación de los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna EFI al utilizar la interface eco-obd2” (Pinto Cortes, 2019) se realizó la medición de los parámetros típicos de funcionamiento del motor mediante pruebas establecidas de emisiones de gases contaminantes (O₂, HC y CO) en dos diferentes condiciones: 1) interfaz conectada y 2) sin interfaz conectada utilizando equipos como analizador de gases y pruebas en ruta. Realizaron un análisis comparativo de los parámetros obtenidos.

Se plantea una hipótesis previa que establece que el dispositivo reductor de emisiones contaminantes bajará en un 15% los gases contaminantes de cualquier vehículo superior al año 1996, solo con conectarlo y circularlo durante 200 kilómetros. Se espera que el análisis de esta investigación permita que los resultados ayuden a obtener una mejor

comprensión de la interfaz de emisiones contaminantes.

2. Materiales y Métodos

La base de este artículo son los requisitos de emisiones de gases del INSTRUCTIVO DE REVISION TECNICA VEHICULAR VIGENTE DESDE 01-01-2016 VERSION 1.13 (Transito, 2016), (Carlos Andrés Ortega Troncoso, 2021). El análisis de la investigación presente se basa en un enfoque comparativo, se analizaron las tolerancias de emisiones contaminantes de bajas y altas revoluciones.

Este análisis se basó en verificar si el dispositivo reductor de gases contaminantes funcionó de manera adecuada en los vehículos con diferentes cilindrajes para ello se realizaron pruebas de ruta midiendo gases contaminantes al final de cada prueba con y sin el dispositivo, para luego verificar si el dispositivo en realidad reduce los gases contaminantes. Como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2-1. Dispositivo conectado.

Para realizar el presente estudio se seleccionó una ruta urbana de 34 kilómetros la cual empezó desde la Universidad Politécnica Salesiana Campus-Sur que está ubicada en la Av. Rumichaca Ñan y Av. Moran Valverde hasta la calle Gerónimo Carrión y Lizardo García en el sector de Conocoto Alto. La razón por la que se tomó esta ruta es porque es una de las rutas que

conecta la parte urbana y rural del Distrito Metropolitano de Quito, en esta ruta podemos desarrollar al vehículo de mejor manera y así podremos obtener datos más fiables. Como se muestra en la figura 2-2.

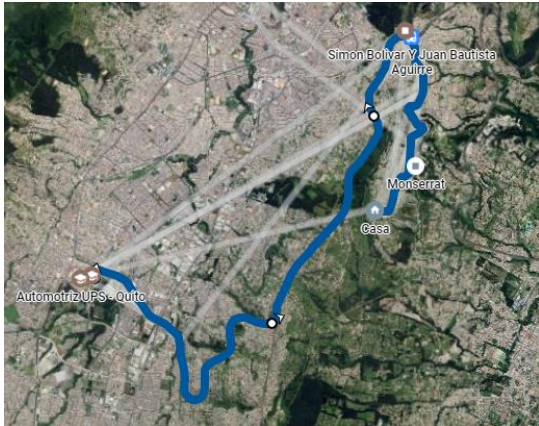


Figura 2-2. Ruta establecida.

Para realizar este estudio se utilizaron cinco vehículos en un rango de similar cilindraje los cuales tenían equipados el dispositivo reductor de emisiones contaminantes como se muestra en la tabla 2-1.

Tabla 2-1. Comparación de cilindraje de los autos. (Carlos Andrés Ortega Troncoso, 2021)

Vehículos	Cilindraje (L)
Vehículo 1 Kia Picanto	1.2
Vehículo 2 Renault Logan	1.4
Vehículo 3 Cgevrolet Sail	1.6
Vehículo 4 Chevrolet Corsa	1.8
Vehículo 5 Chevrolet Zafira	2.0

Para realizar el estudio se utilizó una interfaz de emisiones contaminantes el cual está diseñado para reducir el combustible y reducir las emisiones mediante el

monitoreo y la optimización de varios parámetros del motor.

El dispositivo reductor de emisiones contaminantes es una herramienta comercial para las personas que desean mejorar la eficiencia del combustible de su vehículo y reducir su impacto ambiental. Se muestra en la figura 2-3.



Figura 2-3. Dispositivo reductor de emisiones contaminantes

El equipo de medición de gases que se utilizó en el presente artículo fue el BrainBee AGS-688 (AGS-688, 2024), es un dispositivo que se utiliza para medir y analizar los gases de escape de los automóviles. Este tipo de analizador se utiliza comúnmente en talleres mecánicos y estaciones de inspección de vehículos para verificar el cumplimiento de las normas ambientales y de emisiones. Proporciona información detallada sobre las emisiones del vehículo, lo cual es esencial para garantizar que el vehículo cumpla con los estándares de emisiones y permite ajustar el motor si es necesario. Se muestra en la figura 2-4.



Figura 2-4. Analizador de gases AGS-688

El AGS-688 es capaz de medir en altas y bajas revoluciones y analizar una amplia gama de gases, incluidos dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Se muestra sus rangos en la tabla 2-2. (AGS-688, 2024)

Tabla 2-2. Ficha técnica del BrainBee AGS-688

Rangos de medición		
CO	0 - 9,99 %	RES.: 0,01
HC	0 - 9999 ppm	RES.: 0,1
CO ₂	0 - 19,9 %	RES.: 1
O ₂	0 – 25 %	RES.: 0,01
LAMBDA	0,5 – 5 L	RES.: 0,001
Nox	0 - 5 ppm	RES.: 1
RPM	300 - 9990 RPM	RES.: 10
TEMP	20 – 250 C	RES.: 1

2.1.1. Normativa de revisión técnica vehicular.

La RTV (Revisión Técnica del Vehículo) controla las emisiones contaminantes del vehículo para garantizar que cumple con las normas medioambientales rescritas. Durante la inspección se realizarán pruebas para medir y analizar los gases de escape del vehículo, hidrocarburos (HC), el monóxido de carbono (CO) y el oxígeno (O), las cuales se miden en altas revoluciones y bajas revoluciones. Como se muestra en la tabla 2-3 y la tabla 2-4. Estas pruebas proporcionan información detallada sobre las emisiones de tu vehículo y te permiten comprobar que cumplen con los límites marcados por la legislación medioambiental. Si un vehículo no cumple con los estándares de emisiones, puede ser necesario ajustar el motor o tomar otras medidas correctivas para garantizar que el vehículo emita un nivel aceptable del contaminante. (Transito, 2016).

Tabla 2-3. Normativa RTV para rangos de gases contaminantes en bajas revoluciones. (ralentí)

Año	HC	CO	O ₂
x>=2000 tipo1	60<=x<180	0.6%<=x<0.8%	3%<=x
x>=2000 tipo2	180<=x<200	0.8%<=x<1%	4%<=x<5%
x>=2000 tipo3	x>=200	x>=1%	x>=5%
x>=2000 tipo0	0<=x<160	0<=x<0.6%	0<=x<3%

Tabla 2-4. Normativa RTV para rangos de gases contaminantes en altas revoluciones. (2500rpm)

Año	HC	CO	O ₂
x>=2000 tipo1	160<=x<180	0.6%<=x<0.8%	3%<=x<4%
x>=2000 tipo2	180<=x<200	0.8%<=x<1%	4%<=x<5%
x>=2000 tipo3	x>=200	x>=1%	x>=5%
x>=2000 tipo0	0<=x<160	0<=x<0.6%	0<=x<3%

2.1.2. Catalizador

Un convertidor catalítico de automóvil es un dispositivo utilizado en el sistema de escape de un automóvil que transforma los gases de escape tóxicos en gases menos dañinos antes de que se liberen al medio ambiente. Los convertidores catalíticos de automóviles contienen metales preciosos como platino, paladio y rodio, que actúan como catalizadores que aceleran las reacciones químicas y convierten los gases nocivos en gases menos nocivos. (Heywood, 1988).

Hay muchas causas de daños a los convertidores catalíticos de los automóviles, como el envenenamiento por plomo, el enriquecimiento del combustible, el uso de combustible con alto contenido de azufre, el sobrecalentamiento del motor y la contaminación del aceite o del refrigerante. Este daño puede disminuir la

vida útil del motor y aumentar las emisiones. (Lapuerta, 2011)

Para obtener los datos con y sin el dispositivo se realizaron diez pruebas de ruta midiendo las emisiones contaminantes de cada uno de los vehículos.

En la primera fase de las pruebas, se realizó la toma de datos al final de cada ruta sin influencia del dispositivo para establecer un punto de referencia.

Una vez completada la primera fase, se procede a conectar la interfaz al vehículo y recorrer los 200 kilómetros necesarios que anuncia el fabricante para que el dispositivo cumpla con sus funciones y de igual manera se medirán las emisiones contaminantes al final de cada prueba.

Realizamos un análisis de los valores obtenidos seleccionando las pruebas para tener un mejor grupo de datos.

RStudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para el lenguaje de programación R, es un lenguaje de programación y un entorno de software ampliamente utilizado para estadísticas y análisis de datos. RStudio proporciona una interfaz amigable y funciones avanzadas para hacer que R sea más fácil de usar.

En el software RStudio se realizará un código que nos ayude a calcular la media aritmética, promedio, mediana, desviación estándar, la prueba t de Welch y el diagrama de cajas o bigotes, todo esto se interpretará mediante la hipótesis nula que dice que es la afirmación de que no hay diferencia significativa entre las medias poblacionales de los dos grupos (Antes y Después).

Se debe tomar en cuenta que las pruebas realizadas son estáticas ya que nos regimos a la normativa (RTV) Revisión Técnica Vehicular.

3. Resultados y Discusión

3.1. Vehículo de prueba 1 (KIA Picanto) cilindraje 1.2 L.

3.1.1. Bajas revoluciones.

En el primer vehículo que se realizó las pruebas en ruta en bajas revoluciones, con ayuda del programa RStudio obtendremos el diagrama de cajas o bigotes y si la hipótesis planteada es correcta o no.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto" son los siguientes:

Estadístico t: 0.57193

Grados de libertad: 8.2329

Valor p: 0.5826

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.03514239, 0.05847572)

El valor p obtenido es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que no hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto". Como se observa en la figura 3-1.

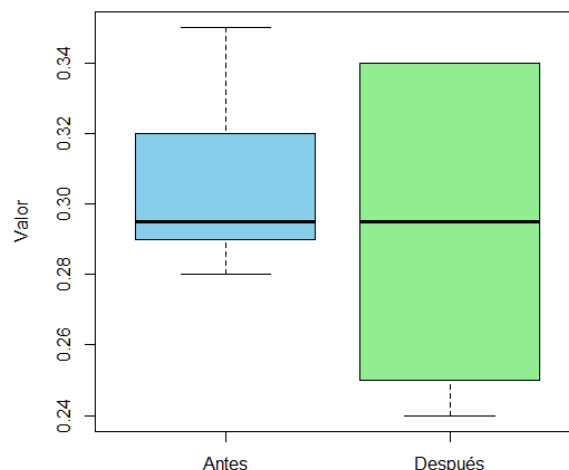


Figura 3-1. Comparación del Monóxido de Carbono en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto" son los siguientes:

Estadístico t: -19.781
 Grados de libertad: 6.2016
 Valor p: 7.73e-07
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-22.45458, -17.54542)

El valor p obtenido es mucho menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto". Como lo muestra la figura 3-2.

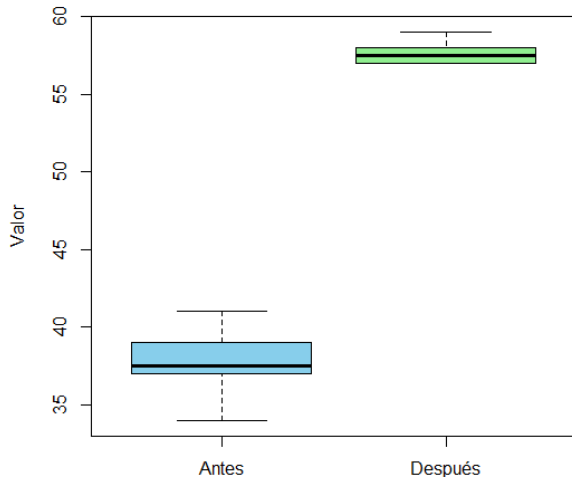


Figura 3-2. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O2) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto" son los siguientes:

Estadístico t: 3.5915
 Grados de libertad: 9.9999
 Valor p: 0.004917

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (0.6149706, 2.6250294)

El valor p obtenido es menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto". Como se muestra en la figura 3-3.

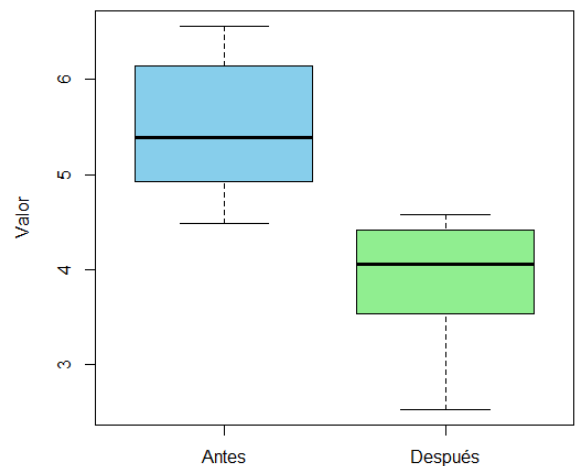


Figura 3-3. Comparación de la cantidad de Oxígeno en bajas revoluciones con y sin el dispositivo.

Altas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto" son los siguientes:

Estadístico t: -1.1499
 Grados de libertad: 6.0388
 Valor p: 0.2937
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.08332245, 0.02998911)

El valor p obtenido es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que no hay una

diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto". Como se muestra en la figura 3-4.

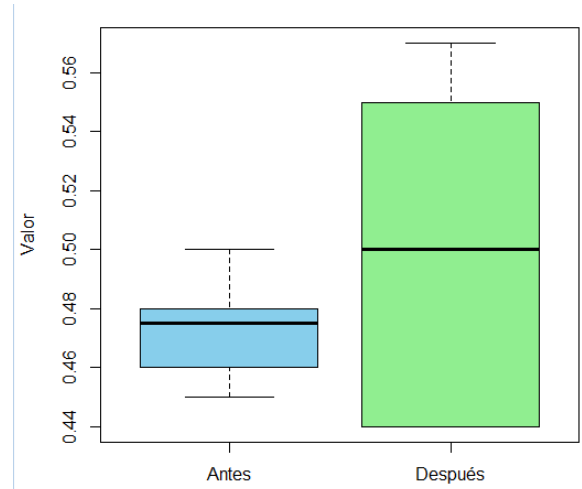


Figura 3-4. Comparación del Monóxido de Carbono en altas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto" son los siguientes:

Estadístico t: -5.7174

Grados de libertad: 5.9762

Valor p: 0.001258

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-33.32912, -13.33755)

El valor p obtenido es menor que el nivel de significancia alpha (0.05), lo que indica que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto". Como se muestra en la figura 3-5.

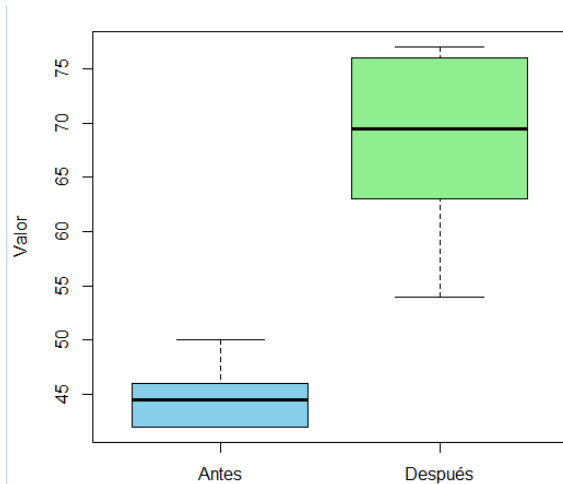


Figura 3-5. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en altas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de Oxígeno (O₂) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto" indican lo siguiente:

Estadístico t: -2.9421
 Grados de libertad: 6.6375
 Valor p: 0.02301
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.19335504, -0.01997829)

El valor p obtenido es menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Picanto". Como se muestra en la figura 3-6.

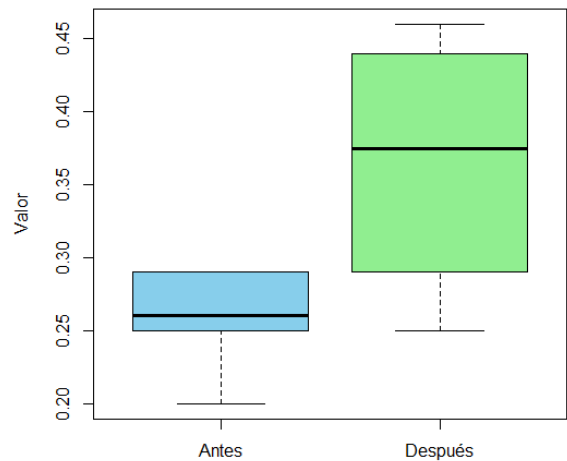


Figura 3-6. Comparación de la cantidad de Oxígeno en altas revoluciones con y sin el dispositivo.

3.2. Vehículo de prueba 2 (Renault Logan) cilindraje 1.4 L

3.2.1. Bajas revoluciones

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan" son los siguientes:

Estadístico t: -3.118
 Grados de libertad: 9.3775
 Valor p: 0.01299
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.04608994, -0.00791006)

El valor p obtenido es menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan". Como se muestra en la figura 3-7

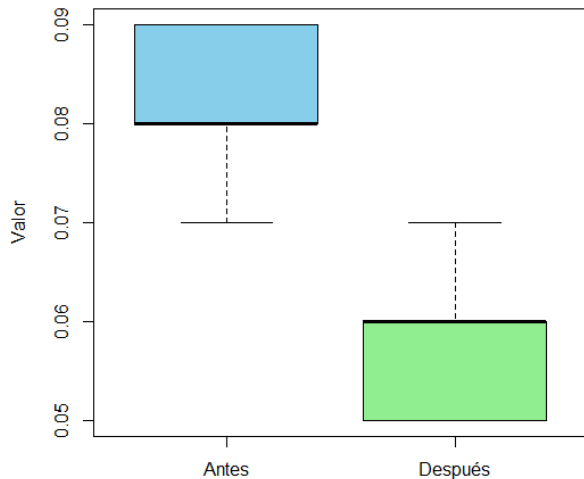


Figura 3-7. Comparación del Monóxido de Carbono en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan" son los siguientes:

Estadístico t: 2.6524
 Grados de libertad: 7.4106
 Valor p: 0.03118
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (0.7696498, 12.2303502)

El valor p obtenido es menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan". Como se muestra en la figura 3-8.

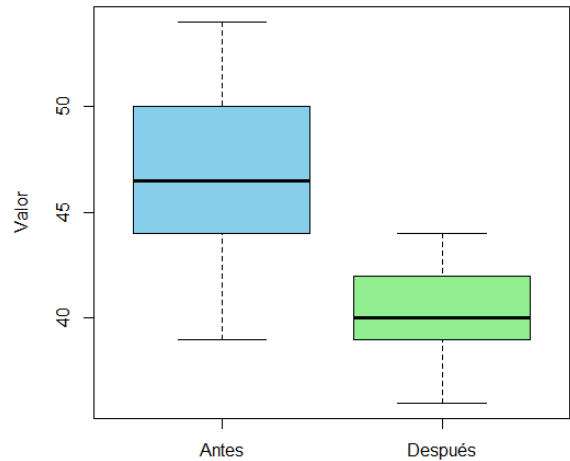


Figura 3-8. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O2) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan" son los siguientes:

Estadístico t: -2.0384
 Grados de libertad: 5.6081
 Valor p: 0.09093
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.15917449, 0.01584116)

El valor p obtenido es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica que no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta que las medias poblacionales son iguales. Como se muestra en la figura 3-9.

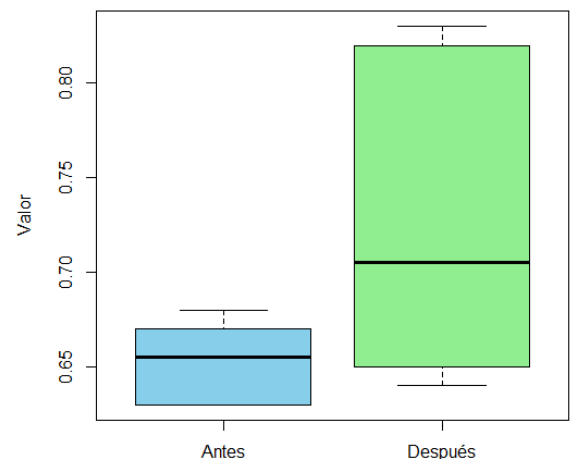


Figura 3-9. Comparación de la cantidad de Oxígeno en bajas revoluciones con y sin el dispositivo.

3.2.2. Altas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan" son los siguientes:

Estadístico t: 2.4931
Grados de libertad: 8.5346
Valor p: 0.03559
Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (0.002125717, 0.047874283)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan". El diagrama de cajas también muestra claramente esta diferencia en los valores. Como se muestra en la figura 3-10

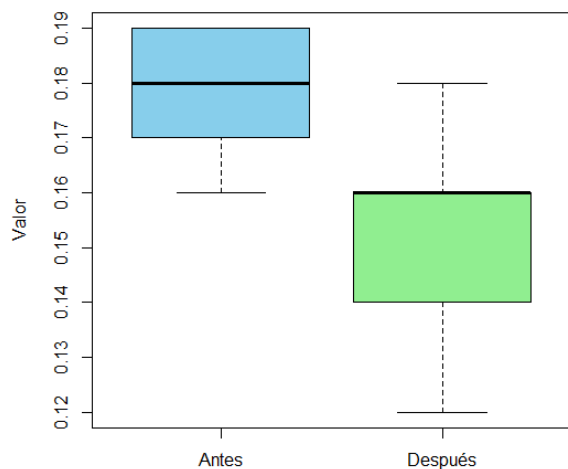


Figura 3-10. Comparación del Monóxido de Carbono en altas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan" son los siguientes:

Estadístico t: -0.69138
Grados de libertad: 9.4181
Valor p: 0.506
Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-7.083198, 3.749865)

Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que se acepta que las medias poblacionales son iguales. Como se muestra en la figura 3-11.

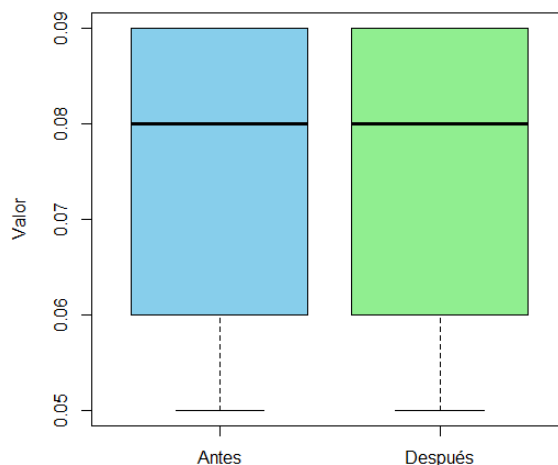


Figura 3-11. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en altas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O2) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Logan" son los siguientes:

Estadístico t: -1.8675
Grados de libertad: 7.4823
Valor p: 0.1013
Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.1049925, 0.0116592)

Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que se acepta que las medias poblacionales son iguales. Como se muestra en la figura 3-12

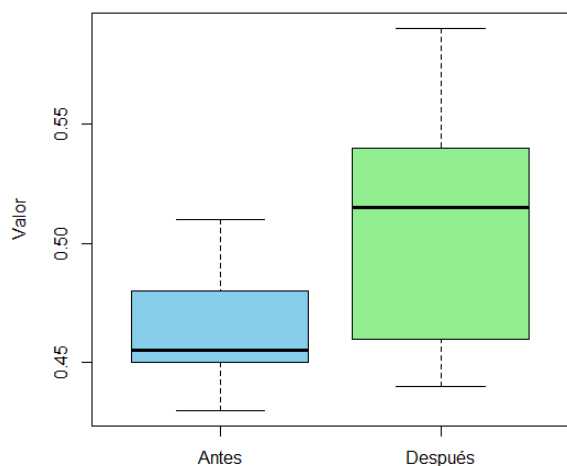


Figura 3-12. Comparación de la cantidad de Oxígeno en altas revoluciones con y sin el dispositivo.

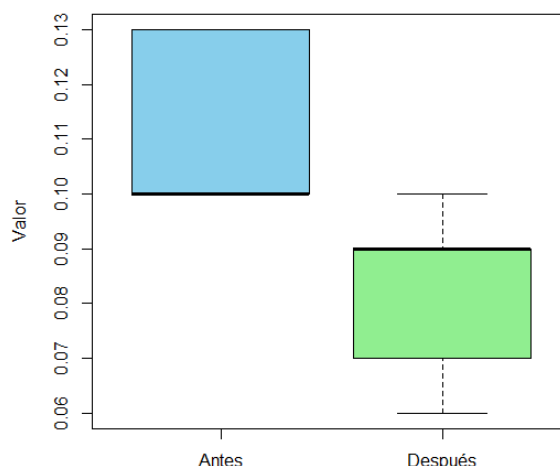


Figura 3-13. Comparación del Monóxido de Carbono en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

3.3. Vehículo de prueba 3 (Chevrolet Sail) cilindraje 1.6 L

3.3.1. Bajas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail" son los siguientes:

Estadístico t: 3.0237
 Grados de libertad: 9.9918
 Valor p: 0.01283
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (0.007014154, 0.046319179)

Estos resultados sugieren que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail". El estadístico t es mayor que el valor crítico y el valor p es menor que el nivel de significancia alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-13

En los hidrocarburos no combustiónados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail" son los siguientes:

Estadístico t: 2.2361
 Grados de libertad: 9.584
 Valor p: 0.05044
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.00939015, 8.00939015)

Estos resultados sugieren que, con un valor p ligeramente superior al nivel de significancia alpha (0.05), no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que se acepta que las medias poblacionales son iguales. El intervalo de confianza muestra que la diferencia en medias podría incluir el valor cero. Como se muestra en la figura 3-14

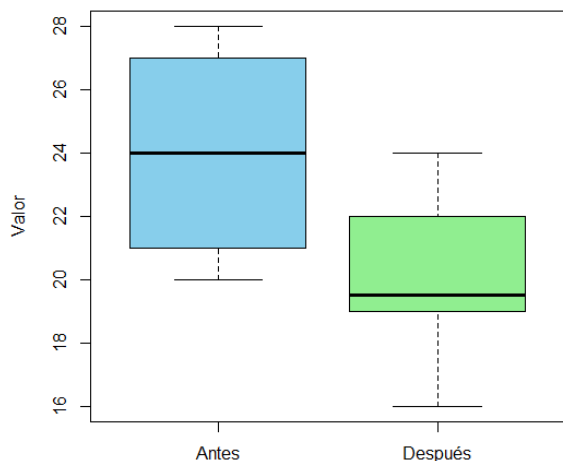


Figura 3-14. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O₂) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail" son los siguientes:

Estadístico t: -0.98021
 Grados de libertad: 6.0029
 Valor p: 0.3648
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-30.47787, 13.04216)

Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que se acepta que las medias poblacionales son iguales. Como se muestra en la figura 3-15

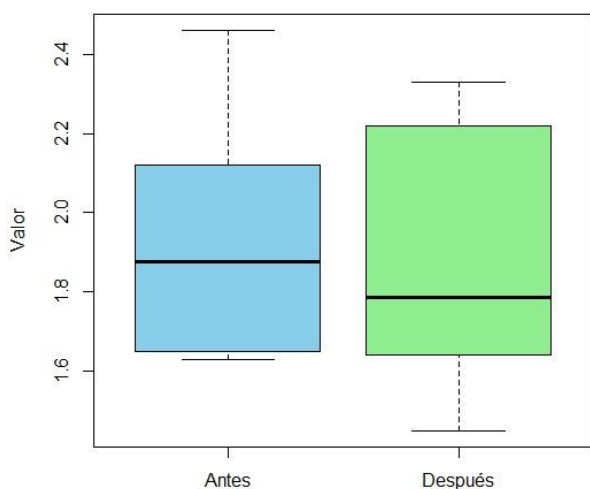


Figura 3-75. Comparación de la cantidad de Oxígeno en bajas revoluciones con y sin el dispositivo.

Altas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail" son los siguientes:

Los resultados de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail" son los siguientes:

Estadístico t: -0.917
 Grados de libertad: 9.984
 Valor p: 0.3784
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.078, 0.042)

Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que se acepta que las medias poblacionales son iguales. Como se muestra en la figura 3-16

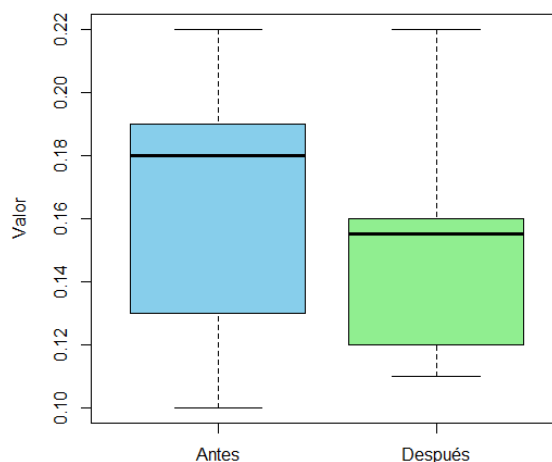


Figura 3-86. Comparación del Monóxido de Carbono en altas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail" son los siguientes:

Estadístico t: -0.63706
 Grados de libertad: 9.5352
 Valor p: 0.5391
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-7.534644, 4.201310)

Estos resultados indican que no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que se acepta que las medias poblacionales son iguales. El intervalo de confianza incluye el valor cero, lo que respalda la conclusión de que no hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail". Como se muestra en la figura 3-17

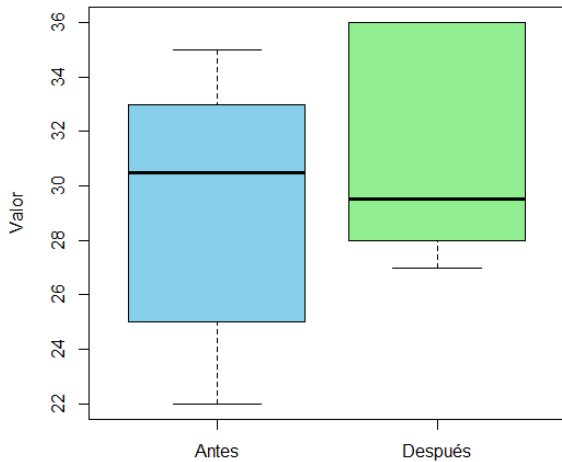


Figura 3-97. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en altas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O₂) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Sail" son los siguientes:

Estadístico t: -0.77003
 Grados de libertad: 9.8167
 Valor p: 0.4594
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.11052618, 0.05385951)

Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que se acepta que las medias poblacionales son iguales. Como se muestra en la figura 3-18

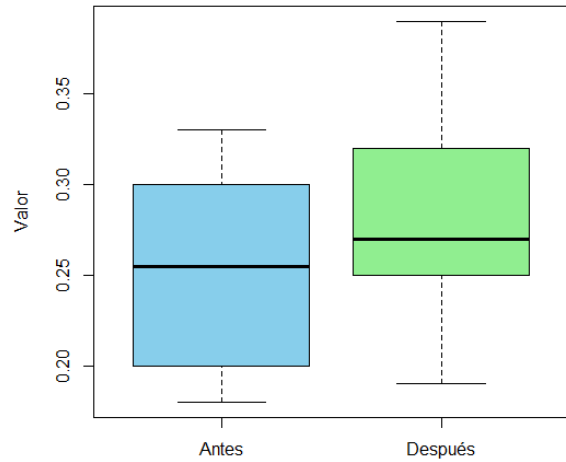


Figura 3-18. Comparación de la cantidad de Oxígeno en altas revoluciones con y sin el dispositivo.

Vehículo de prueba 4 (Chevrolet Corsa) cilindraje 1.8 L. 3.3.2. Bajas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa" son los siguientes:

Estadístico t: -3.1623
 Grados de libertad: 5
 Valor p: 0.02503
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.012085929, -0.001247404)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa". El valor p es menor que el nivel de significancia alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-19

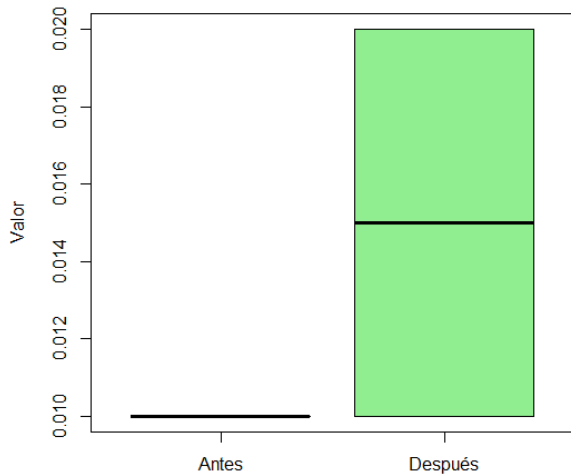


Figura 3-19. Comparación del Monóxido de Carbono en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa" son los siguientes:

Estadístico t: 2.9775

Grados de libertad: 7.4152

Valor p: 0.01926

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (2.21912, 18.44755)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa". El valor p es menor que el nivel de significancia alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-20.

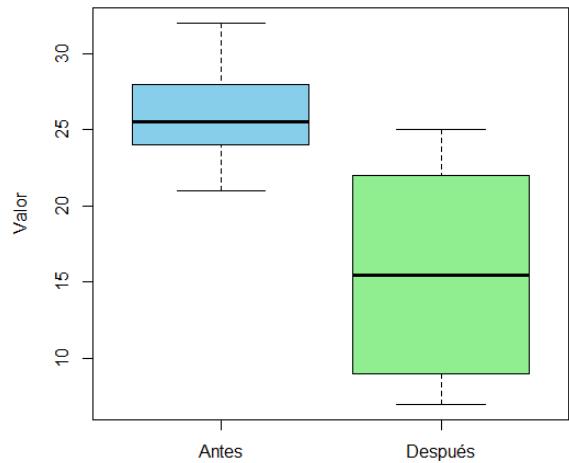


Figura 3-20. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O2) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa" son los siguientes:

Estadístico t: -12.466

Grados de libertad: 5.1249

Valor p: 4.988e-05

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-6.290531, -4.152802)

Estos resultados indican que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa". El valor p es mucho menor que el nivel de significancia alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-21

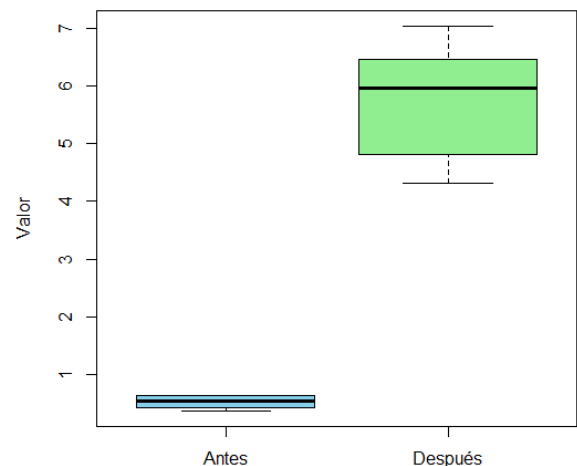


Figura 3-21. Comparación de la cantidad de Oxígeno en bajas revoluciones con y sin el dispositivo.

3.4.1. Altas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa" son los siguientes:

Estadístico t: 0
 Grados de libertad: 10
 Valor p: 1
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.01050355, 0.01050355)

Estos resultados indican que no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que se acepta que las medias poblacionales son iguales. El valor p es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-22

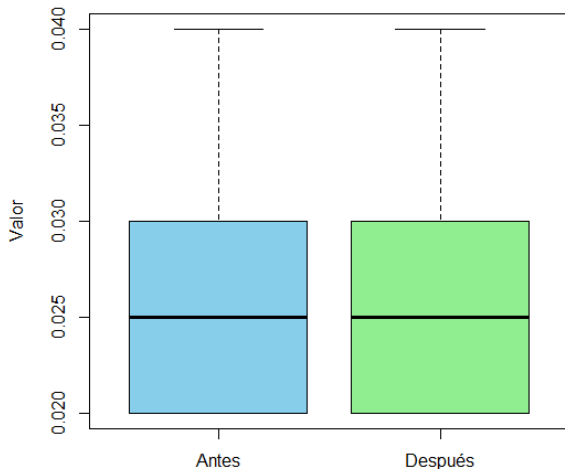


Figura 3-22. Comparación del Monóxido de Carbono en altas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa" son los siguientes:

Estadístico t: 4.9914
 Grados de libertad: 6.5601
 Valor p: 0.001911
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (2.945196, 8.388137)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa". El valor p es menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-23.

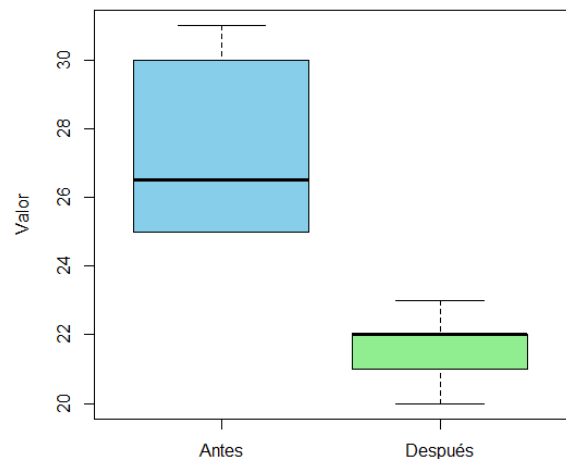


Figura 3-23. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en altas revoluciones con y sin dispositivo

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O2) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa" son los siguientes:

Estadístico t: -5.3533
 Grados de libertad: 7.9554
 Valor p: 0.0006959
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.22183321, -0.08816679)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Corsa". El valor p es menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-24.

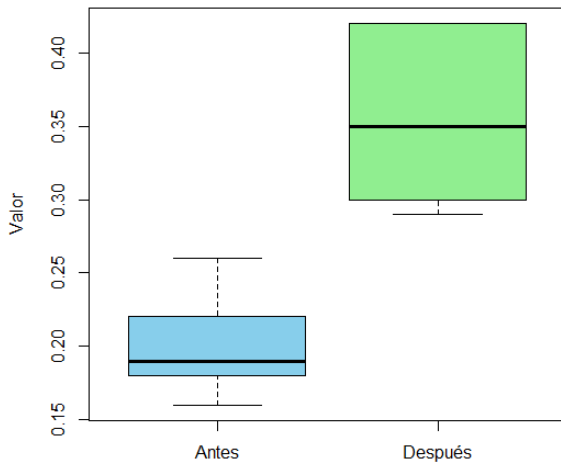


Figura 3-24. Comparación de la cantidad de Oxígeno en altas revoluciones con y sin el dispositivo.

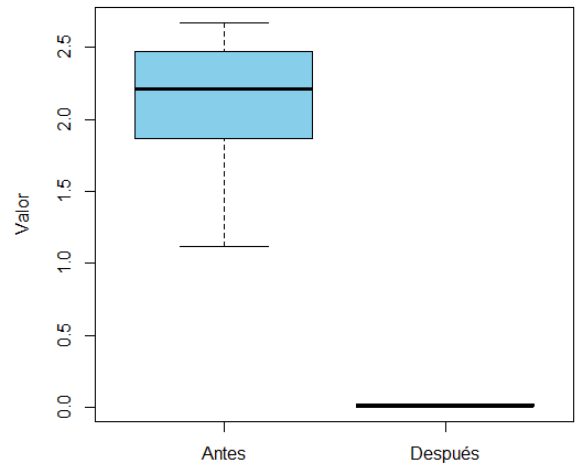


Figura 3-25. Comparación del Monóxido de Carbono en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

3.5. Vehículo de prueba 5 (Chevrolet Zafira) cilindraje 2.0 L.

3.5.1. Bajas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira" son los siguientes:

Estadístico t: 6.7917
 Grados de libertad: 5.0005
 Valor p: 0.001053
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (1.300020, 2.883314)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira". El valor p es menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-25.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira" son los siguientes:

Estadístico t: 9.2976
 Grados de libertad: 5.0009
 Valor p: 0.0002419
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (1.503753, 2.652914)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira". El valor p es menor que el nivel de significancia alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-26

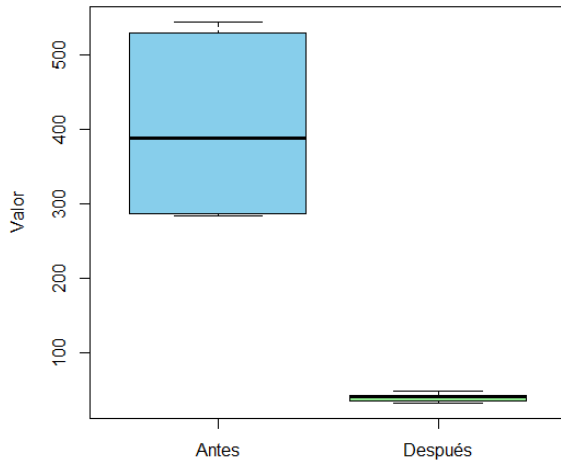


Figura 3-26. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en bajas revoluciones con y sin dispositivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O2) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira" son los siguientes:

Estadístico t: 1.859
 Grados de libertad: 9.0987
 Valor p: 0.09561
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (-0.2026791, 2.0893457)

Estos resultados sugieren que no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que se acepta que las medias poblacionales son iguales. El valor p es mayor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-27

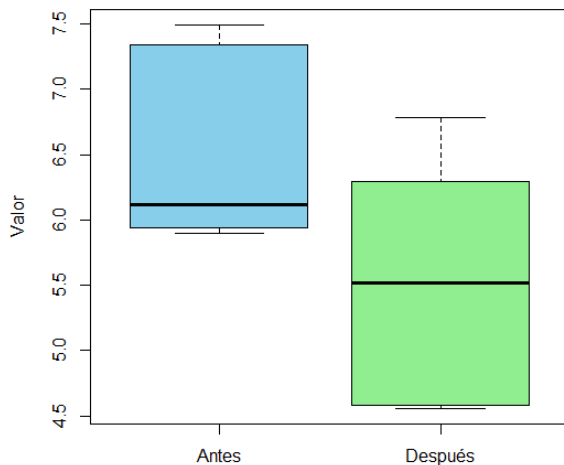


Figura 3-27. Comparación de la cantidad de Oxígeno en bajas revoluciones con y sin el dispositivo.

3.5.2. Altas revoluciones.

Los resultados obtenidos en el Monóxido de carbono (CO) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira" son los siguientes:

Estadístico t: 36.867
 Grados de libertad: 6.6374
 Valor p: 6.281e-09
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (1.597536, 1.819131)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira". El valor p es mucho menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-28

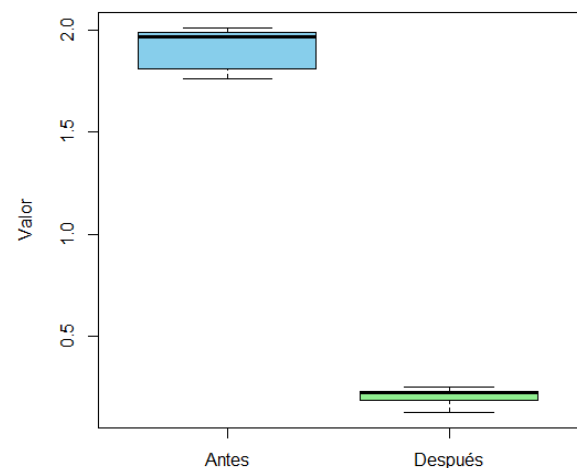


Figura 3-28. Comparación del Monóxido de Carbono en altas revoluciones con y sin dispositivo.

En los hidrocarburos no combustionados (HC) en bajas revoluciones los resultados obtenidos de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira" son los siguientes:

Estadístico t: 15.759
 Grados de libertad: 5.5941
 Valor p: 7.544e-06
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (93.59761, 128.73573)

Estos resultados indican que hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula, lo

que sugiere que hay una diferencia significativa entre los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira". El valor p es mucho menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que respalda esta conclusión. Como se muestra en la figura 3-29

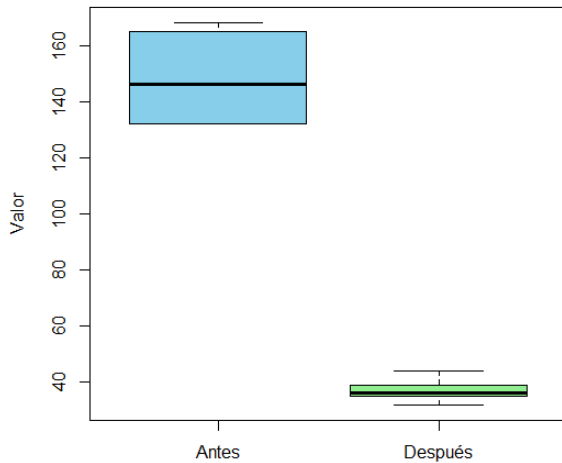


Figura 3-29. Comparación de los Hidrocarburos no Combustionados en altas revoluciones con y sin dispositivo

Los resultados obtenidos de la cantidad de Oxígeno (O2) de la prueba t de Welch para comparar los datos "Antes" y "Después" en los vehículos "Zafira" son los siguientes:

Estadístico t: 8.5977
 Grados de libertad (df): 6.8951
 Valor p (p-value): 6.26e-05 (o 0.0000626)
 Intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias: (0.2558559, 0.4508107)

Estos resultados sugieren que hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula de que las medias poblacionales de los dos grupos "Antes" y "Después" son iguales. El valor p es muy pequeño menor que el nivel de significancia Alpha (0.05), lo que indica una diferencia significativa entre las dos muestras. Como se muestra en la figura 3-30

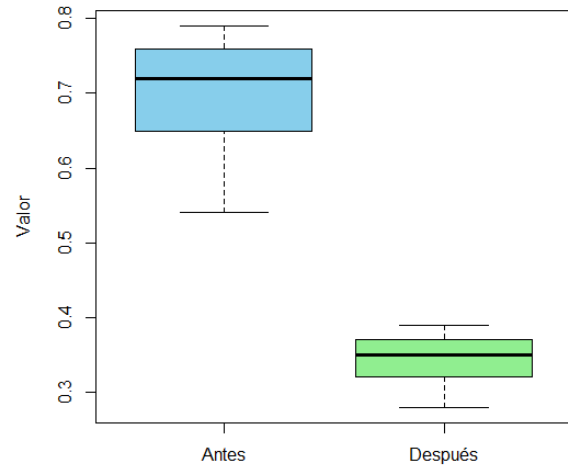


Figura 3-30. Comparación de la cantidad de Oxígeno en altas revoluciones con y sin el dispositivo.

4. Conclusiones

Para implementar este dispositivo, es importante realizar pruebas en una variedad de vehículos para garantizar su compatibilidad y funcionamiento óptimo en diferentes modelos y marcas de automóviles. Las pruebas incluyeron a varios vehículos con cilindrada similar y diferente año con esto se pudo constatar que la interfaz se adapta a los vehículos usados en este estudio ya que hubo una variación mínima en las mediciones realizadas.

Realizando las mediciones de gases contaminantes se observa que los valores son dispersos, ya que cuando el vehículo no estaba a su temperatura habitual de trabajo los valores crecían considerablemente y eso afectaba a las mediciones.

Se observa que existe una reducción no significativa en las emisiones contaminantes con el dispositivo instalado, se puede concluir que el dispositivo no está funcionando de manera óptima como indique el fabricante. Por otro lado, en el caso del vehículo de prueba 5 (Zafira) que tenía un problema en el catalizador se observa que afecta significativamente al conectar la interfaz, estos resultados sugieren que hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula de que las medias poblacionales de los dos grupos "Antes" y "Después" son iguales. Es

decir que en vehículos con el daño mencionado si modifica considerablemente dichos valores con la ayuda del dispositivo. Se sugiere realizar un estudio posterior de mediciones con el catalizador defectuoso y variar los vehículos para verificar su funcionamiento.

Referencias

- {Roy}. (2014 de 12 de 09). *Automotriz En Video*. Obtenido de Automotriz En Video:
<https://automotrizenvideo.com/analizador-de-gases-brain-bee-ags-688/>
- (2017). (D. e. Telegrafo, Entrevistador) *AGS-688*. (8 de Enero de 2024). Obtenido de Mahle.Com.:
<https://www.brainbee.mahle.com/brainbee/es/product-lines/emission/ags-688/>
- Alejandro, P. C. (s.f.). Implementacion de los parametros caracteristicos de desempeño del motor de combustion interna EFI al utilizar la interface eco obd2.
- Autocosmos. (8 de 01 de 2024). *Autocosmos*. Obtenido de Autocosmos:
<https://noticias.autocosmos.com.pe/2011/01/03/cuales-son-los-gases-contaminantes-mas-comunes-que-emiten-los-autos>
- Available. (24 de 01 de 2024). *Máxima Formación*. Obtenido de
<https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-r-software/>
- Cabrera, J. R. (2021). Emisiones contaminantes MCI.
- Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Zurita, D. B., & Milla, J. C. (08 de 01 de 2024). *Gob.ec*. Obtenido de
<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v9n2/1390-6542-enfoqueute-9-02-00149.pdf>
- El taller de coches*. (08 de 01 de 2024). Obtenido de El taller de coches:
<https://eltallerdecoches.com/eco-y-nitro-obd2/>
- Gustavo, P. D. (2017). Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales. *INNOVA*.
- Heywood. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill.
- Lapuerta, M. a. (2011). *Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body*. Springer.
- Leyva-Rodríguez, K. J. (2012). *Estadística para todos: estrategias de pensamiento y herramientas para la solución de problemas*. Mexico: Pearson.
- Marckwordt Aguilar, J. C. (2017). Estudio comparativo de emisiones de CO2 y rendimiento de combustible entre los motores de inyección directa e indirecta ciclo Otto.
- Pundir, B. P. (203). *Internal Combustion Engines and Air Pollution*.
- Quezada Vélez, S. F. (2022). Evaluación de emisiones contaminantes de un motor de encendido provocado utilizando mezcla gasolina-etanol mediante el protocolo im-240.
- RAMÍREZ, A. E. (2017). ANA ELIZABETH CHECA RAMÍREZ.
- Ruiz, J. A. (2023). Análisis de emisiones en un motor a gasolina con sistema de. 15-28.
- Stone, R. (1999). *Introduction to Internal Combustion Engine*. . Palgrave Macmillam.
- Tipanluisa, L. E. (2017). Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades. *Información tecnológica*.
- Transito, A. M. (2016). *Revision Tecnica Vehicular*. Quito.
- Troncoso, C. A. (2021). Comparativa de las normativas nacionales e internacionales que controlan las . 257.