



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo de integración Curricular previa a la obtención del título de Ingenieros en Automotriz.

AUTORES: Luis Olmos, Rodrigo León, Edison Riofrío

TUTOR: MSc. Gorky Reyes, MSc. Denny Guanuche

Análisis de emisiones en vehículos M1 con turbo (mono y biturbo) en función de la Tecnología Americana

Certificación de confidencialidad

CERTIFICACIÓN

Yo, Luis Fernando Olmos Ramírez declaro que la investigación denominada: “ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS M1 CON TURBO (MONO Y BITURBO) EN FUNCIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMERICANA” es de mi autoría y no ha sido presentado anteriormente para ningún grado académico y que se ha respetado todos los derechos intelectuales de terceros, dichas fuentes consultadas se añaden en la bibliografía de esta investigación.

Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en medios digitales e impresos, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual.



CERTIFICACIÓN

Yo, Rodrigo Javier León Tapia declaro que la investigación denominada: “ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS M1 CON TURBO (MONO Y BITURBO) EN FUNCIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMERICANA” es de mi autoría y no ha sido presentado anteriormente para ningún grado académico y que se ha respetado todos los derechos intelectuales de terceros, dichas fuentes consultadas se añaden en la bibliografía de esta investigación.

Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en medios digitales e impresos, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rodrigo León Tapia', with a horizontal line drawn through it.

CERTIFICACIÓN

Yo, Edison Alejandro Riofrío Vivanco declaro que la investigación denominada: “ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS M1 CON TURBO (MONO Y BITURBO) EN FUNCIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMERICANA” es de mi autoría y no ha sido presentado anteriormente para ningún grado académico y que se ha respetado todos los derechos intelectuales de terceros, dichas fuentes consultadas se añaden en la bibliografía de esta investigación.

Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en medios digitales e impresos, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edison Riofrío Vivanco', is centered on the page. The signature is stylized and cursive.

Dedicatoria

Este proyecto de titulación se lo dedico a Dios y a mi familia, porque a pesar de las adversidades que se me presentaron en esta larga etapa, ellos supieron guiarme y darme fuerzas para siempre dar lo mejor de mí, por lo que todo mi esfuerzo, constancia y dedicación que invertí en este proyecto es y siempre será para ellos.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero empezar agradeciendo infinitamente a Dios, ya que es mi fuente principal de fuerza e inspiración en todo momento. En segundo lugar, a mi mamá y mi hermano quienes siempre han estado a mi lado durante todo este trayecto y han sabido apoyarme incondicionalmente, y por último, pero no menos importante a los ingenieros Denny Guanuche y Gorky Reyes que junto a su gran conocimiento, carisma y tutela ayudaron en la culminación de este proyecto y todos poder decir ansiosos al final: ¡Lo logramos!

Índice de contenido

Certificación de confidencialidad.....	iii
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice de contenido	viii
Artículo.....	ix
Resumen	10
Introducción	11
Marco Teórico	12
Materiales y Métodos	13
Resultados	14
Discusión.....	16
Conclusiones	16
Bibliografía.....	17
Anexos.....	19
Anexos Prácticos	19
Anexos Introducción	29
Anexo 1 Fernández A.C. Marcas de coches que más contaminan.....	29
Anexo 2 Casas C. Novedades en automoción p.152.....	31
Anexo 3 Amir, M. y otros. Efectos de la turbo alimentación en los niveles de emisión de un motor de gasolina p. 743-746	32
Anexo 4 Ling, Qu y otros. Análisis multivariado entre las condiciones de conducción y las emisiones vehiculares para vehículos livianos a gasolina durante las horas pico	35
Anexos Fundamentación Teórica	51
Anexo 5 Larrea. Norma NTE INEN 2 204: 2000 p.1-7.....	51
Anexo 6 Chuva J.H. Contaminantes del aire producidos por los vehículos y sus efectos en la salud p. 11- 12.....	55
Anexo 7 Chuva J.H. Resultados de revisión técnica vehicular de categoría M1. Moda de Gases que influyen en la no aprobación por emisiones contaminantes p. 90- 132.....	57
Anexos Materiales Y Métodos	100
Anexo 8 Aeade. Sector automotor en cifras 2022 (junio, julio, agosto).....	100
Anexos Resultados Y Discusión	112
Anexo 9 Llanes E.A. y otros. Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura p. 150 – 156	112

Índice de tablas

Tabla 1. Límites según la Norma INEN 2 204	12
---------------------------------------------------------	----

Índice de figuras

Figura 1. Emisiones de Hidrocarburos (HC)	14
Figura 2. Emisiones de Monóxido de Carbono (CO)	15
Figura 3. Mediciones de O ₂	15

ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS M1 CON TURBO (MONO Y BITURBO) EN FUNCIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMERICANA

¹Ing. Gorky Reyes. MSc, Ing. Denny Guanuche. MSc², Luis Olmos³, Rodrigo León⁴, Edison Riofrío.⁵

¹ Master en Sistemas Automotrices – Ingeniero Mecánico Automotriz; gureyesca@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

² Master en Sistemas Automotrices – Ingeniero Mecánico Automotriz; deguanuchela@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

³ Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, luolmosra@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

⁴ Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, roleonta@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

⁵ Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, edriofriovi@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

RESUMEN

Introducción: Se realizó un estudio a cuatro vehículos con motor turbo, en los cuales se analizó tres tipos de emisiones de gases contaminantes. El objetivo fue determinar los porcentajes y cantidades de contaminación de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono y oxígeno (O₂), que genera cada modelo. **Metodología:** Para esto, se efectuaron dos pruebas de medición estática a 2800 metros sobre el nivel del mar, la primera en ralentí a 650 rpm y la segunda en aceleración a 2500 rpm, la metodología de las pruebas se hizo bajo la norma NTE INEN 2 203, en ambos casos la temperatura del motor fue 90°C. **Resultados:** Los resultados evidenciaron que de los cuatro modelos estudiados, el vehículo 1 emite el menor valor de hidrocarburos (HC) en ralentí, en cambio en plena carga el vehículo número 4 produce el mínimo valor de HC, los efectos en el test de monóxido de carbono (CO) indicaron que los valores obtenidos en esta emisión están dentro del rango permisible, los límites aceptables se dictan por la norma NTE INEN 2204. **Conclusión:** Una vez realizados todos los análisis se estableció que los niveles de emisiones contaminantes en vehículos que poseen motores turbo están dentro de los niveles máximos dispuestos por la norma (%CO<2, HC<400 ppm).

Palabras clave: Emisiones, turbo, hidrocarburos, monóxido de carbono, INEN 2204.

ABSTRACT

Introduction: A study was carried out on four vehicles with turbo engines, in which three types of pollutant gas emissions were analyzed. The objective was to determine the percentages and amounts of hydrocarbon (HC), carbon monoxide and oxygen (O₂) pollution generated by each model. **Methodology:** For this purpose, two static measurement tests were carried out at 2800 meters above sea level, the first at idling speed at 650 rpm and the second at acceleration at 2500 rpm, the test methodology was performed under the NTE INEN 2 203 standard, in both cases the engine temperature was 90°C. **Results:** The results showed that of the four models studied, vehicle 1 emits the lowest value of hydrocarbons (HC) at idle, while at full load vehicle number 4 produces the lowest value of HC, the effects in the carbon monoxide (CO) test indicated that the values obtained in this emission are within the permissible range, the acceptable limits are dictated by the NTE INEN 2204 standard. **Conclusion:** Once all the analyses were performed, it was established that the levels of contaminating emissions in vehicles with turbo engines are within the maximum levels established by the standard (%CO<2, HC<400 ppm).

Key words: Emissions, turbo, hydrocarbons, carbon monoxide, INEN 2204.

Introducción

Desde hace varios años atrás la contaminación ambiental viene en aumento, convirtiéndose en un problema global, una de las principales causas es el incremento vehicular, a pesar de existir entidades encargadas de controlar las emisiones contaminantes y la calidad del aire en zonas urbanas, además de las alternativas desarrolladas por las compañías encargadas de la fabricación de vehículos no se logra erradicar de forma total el problema.

Fernández (2019) presenta un informe donde se evidencian las marcas que más emisiones de CO₂ producen, el fabricante que encabeza esta lista es el grupo Volkswagen con marcas como Audi, Seat y por supuesto Volkswagen, en ese estudio también se nombran marcas mundialmente reconocidas y vendidas como Chevrolet, Toyota, Hyundai, Nissan entre otras. Diferentes investigaciones evidencian que existe un riesgo de cáncer a causa de la inhalación de compuestos de carbonilo que se encuentran presentes en vehículos de combustión a diésel, el porcentaje de emisiones depende también del tipo de vehículo y de la tecnología del motor.

En las distintas ciudades del mundo la carga vehicular cambia, por lo tanto, el porcentaje de contaminación es proporcional, mientras mayor sea la cantidad de automotores mayor es el nivel de emisiones contaminantes, de esto se habla en el artículo científico desarrollado por Casas (2015) donde se muestra que un 90% de los habitantes están expuestos a agentes contaminantes que resultan peligrosos para su salud. Un antecedente muy relevante es el entregado por la OMS, donde indican que alrededor de 3.7 millones de muertes tempranas se las puede atribuir a la contaminación vehicular. Se conoce que los motores diésel utilizan menor cantidad de combustible por ende emiten menos dióxido de carbono que los vehículos con inyección indirecta, pero en cambio la cantidad de óxidos de nitrógeno y de partículas en suspensión aumenta, esta investigación tiene como objetivos analizar las normativas existentes a nivel nacional e internacional en función de los vehículos con nuevas tecnologías, analizar cuáles son los vehículos que se ofertan a nivel nacional con turbo M1, analizar cuáles son los parámetros de medición que rigen las normativas nacional e internacional en función a una prueba estática, y finalmente realizar pruebas de campo para analizar en que porcentaje se diferencia del control de emisiones contaminantes estáticas en relación a la tecnología que viene de la mano con el turbo.

Es necesario conocer las opciones amigables con la disminución de emisiones contaminantes, dentro de estas se ofertan motores turbocargados para vehículos M1 (Amir et al., 2017, p. 11), después de ejecutar una simulación de los efectos de los motores con turbo concluye que estos logran un rendimiento de un motor potencial de aspiración natural, con la ventaja reducen el porcentaje de emisiones. Liang Qu et al. (2015), realizaron un estudio de las diferentes emisiones vehiculares mediante la norma EURO 5, se determinó que en estado estacionario el HC y CO no debe exceder el 15% y el CO₂ no puede ser mayor al 10%.

Es importante llevar a cabo un análisis de las emisiones en vehículos con turbo, ya que de esta manera se conoce las mejores alternativas para contribuir con la reducción del nivel de contaminación ambiental, otro beneficio de este análisis es que gracias al nivel de emisiones de Co y Co₂ de un motor se puede determinar el correcto comportamiento del ciclo de trabajo del motor. Para esta investigación se realizaron pruebas estáticas a cuatro vehículos diferentes, bajo la norma NTE INEN 2203:2000, en la máquina Gas Nox Texas, de este modo se determinó el porcentaje de Co, Hc, y O de cada uno.

Marco Teórico

Vehículos M1 turbo y biturbo: Los vehículos de categoría M1 son aquellos que no poseen más de 8 asientos, además de la plaza del conductor, los motores turbo generan igual cantidad de energía que un motor de mayor tamaño sin él, la ventaja del turbo es que usa menor cantidad de gasolina, ahorrando aproximadamente un 20% de combustible, otra característica de los motores turbo es que, a causa de su reducido tamaño y cilindraje el porcentaje de emisiones se disminuye, siendo más amigable con el ambiente (Ivan Arsie, 2015).

Norma NTE INEN 2 204 2000: Esta norma se dirige a vehículos con motor a gasolina, en esta se establecen los pasos a seguir para la calibración de la maquinaria y la medición de las emisiones contaminantes en el tubo de escape, las mediciones se realizan en condiciones de ralentí. Una vez establecido el procedimiento se deberá fijar los parámetros con la norma NTE INEN 2204, la misma establece que no debe existir emisiones de Co y HC fuera de los rangos que se indican a continuación, los requerimientos fundamentales para cumplir con esta norma son primero que el vehículo se encuentre en ralentí o marcha mínima y que posea una temperatura normal de operación (Larrea, 2016)

Tabla 1.

Límites según la Norma INEN 2 204

Año modelo	%CO		ppm HC	
	0-1500	1500-3000	0-1500	1500-3000
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1989 y anteriores	3,5	4,5	650	750

Fuente: Autores

Emisiones vehiculares: Los combustibles están formados principalmente de hidrocarburos, estos contienen hidrógeno y carbono, como el proceso de combustión interna no es perfecto genera varios tipos de contaminantes y algunos son perjudiciales para la salud y el ambiente. En este trabajo investigativo se hablará de las emisiones originadas por los vehículos a gasolina, principalmente del dióxido de carbono (Co₂), Hidrocarburo quemado (HC) y monóxido de carbono (Co) (Chuva, 2019).

Monóxido de carbono (CO): El monóxido de carbono es un compuesto tóxico, es inodoro e incoloro, en personas se adhiere con facilidad a la hemoglobina de la sangre lo que provoca una disminución del flujo sanguíneo.

Hidrocarburos (HC): Las emisiones de hidrocarburos resultan cuando no se quema completamente el combustible, existen varios hidrocarburos emitidos al ambiente, los compuestos orgánicos volátiles (COV) son los que más impacto tiene en la salud y el ambiente, pues causan irritación en los ojos, piel e incluso en los pulmones.

Dióxido de carbono (CO₂): El dióxido de carbono no causa daños en la salud, pero si produce un gran efecto hacia la capa de ozono, lo que hace es atrapar el calor y acelera el calentamiento global al igual que el Co es inodoro e incoloro.

Materiales y Métodos

En primera instancia se investigó que normativas internacionales se asemejan a las normativas nacionales vigentes, se determinó que la norma europea EURO 5 se aplica para motores a diésel y gasolina, esta norma fija los límites de emisiones contaminantes (Roldán, 2022) , gracias a esta norma se logró que en vehículos a gasolina se instale inyección electrónica directa, con la finalidad de disminuir el porcentaje de emisiones vehiculares, en cambio en Ecuador se aplica la norma NTE INEN 2204, la misma que decreta los límites permisibles de agentes contaminantes producidos por vehículos con motores a gasolina. Tanto en la norma Euro 5 como en la norma NTE INEN 2204 se determinan los porcentajes máximos de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC).

El análisis de emisiones se realizó en cuatro vehículos turbo de modelos superiores al año 2000, el vehículo 1 según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade, 2022) se encuentra dentro de los diez vehículos más vendidos en el país, este modelo se destaca por estar equipado con tecnología moderna, se encuentra en la categoría M1 (Borja, 2016). Se realizaron pruebas estáticas en dos estados bajo la norma NTE INEN 2 203:2000, que describe el método para determinar los porcentajes de emisiones, el primer test de medición se efectuó en revoluciones bajas o ralentí y el segundo test de medición en aceleración, el análisis se hizo en la ciudad de Quito a 2800 metros sobre el nivel del mar, con el vehículo encendido y estático en un lugar plano, el mismo procedimiento se repite para los 4 automotores.

El equipo que se usó en las mediciones estáticas fue GASBOX Autopower, es un analizador de gases de escape para motores a gasolina permite examinar CO, Dióxido de carbono (CO₂), Oxígeno (O₂) y HC.

La prueba se realizó a 2.850 metros a nivel del mar en un espacio abierto a temperatura ambiente. Una vez que el vehículo alcanzó su temperatura óptima de trabajo se pueden realizar las mediciones con la máquina GASBOX Autopower. Primero se enciende la máquina con el botón de encendido ubicado en el panel lateral, luego se inserta la sonda en la toma denominada “GAN IN” verificando que el tapón de la sonda se encuentre colocado, después se inicia el software de la máquina hasta que se enlace vía bluetooth con la computadora, a continuación ingresamos en TEST OFICIAL y colocamos los datos del vehículo. Dependiendo del año de fabricación en “categoría” ubicamos la opción que se aproxime al vehículo que se vaya a analizar, seleccionamos el tipo de combustible (gasolina), ajustamos los valores de ralentí y finalmente seguimos los pasos que nos refleja en la pantalla para obtener la medición de los gases.

El equipo debe analizar que los HC sean inferiores a 20 p.p.m, para ello se realizó la prueba en un espacio abierto y ventilado.

Resultados

Test de medición en ralentí

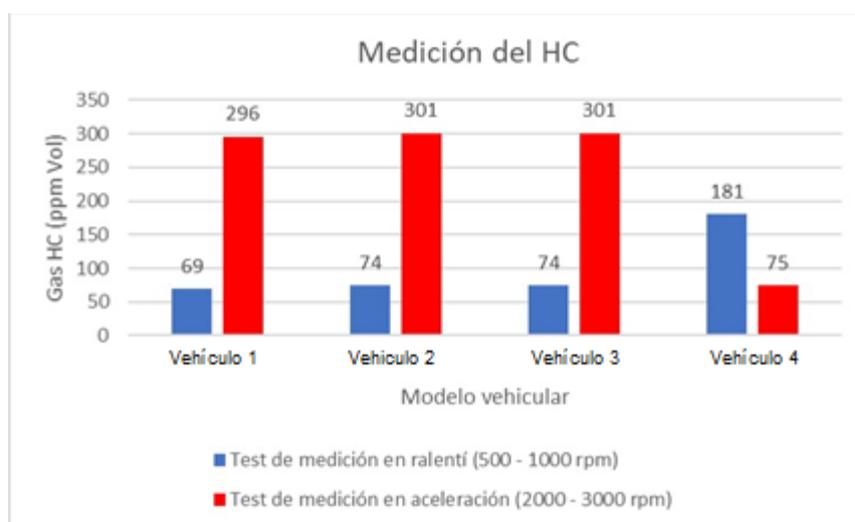
Los primeros test se hicieron a 2800 metros de altura sobre el nivel del mar con el vehículo Chevrolet Captiva, una vez encendido el vehículo se mantiene las revoluciones bajas a 650 rpm con la finalidad de mantener el motor a 90°C, los valores emitidos por el analizador se generan en base a las condiciones de altura de cada país.

Test de medición en aceleración

Los parámetros de la presente prueba estática son similares al test anterior, únicamente cambian el rpm, ahora se acelera hasta llegar a la condición estable (2500 rpm), el mismo procedimiento se realiza para los cuatro vehículos.

Figura 1.

Emisiones de Hidrocarburos (HC)

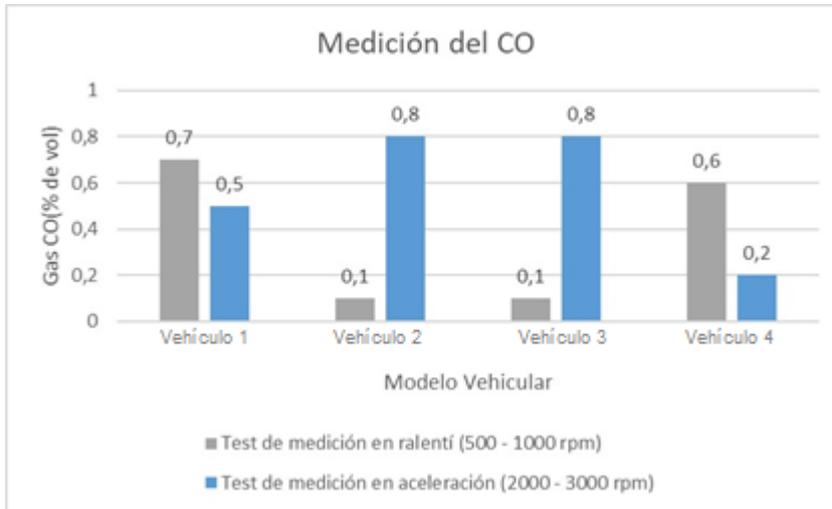


Fuente: Autores

En la Figura 1, se grafica las pruebas en ralentí y aceleración versus los valores de HC obtenidos en cada prueba, se observa que el vehículo 1 en ralentí tiene un valor de 69 HC ppm siendo el modelo de vehículo que menor emisión genera, el vehículo 4 emite la mayor cantidad de los cuatro automotores evaluados pues emite 181 HC ppm. Algo notable sucede en el test de aceleración pues el resultado se invierte, ahora el vehículo 1 da como resultado 296 HC ppm y el vehículo 4 baja significativamente a solo 75 HC ppm, el valor máximo de HC ppm que dicta la norma 2204 ES DE 400 HC ppm por lo tanto los resultados han superado con éxito esta medición. Hay que tomar en cuenta que al realizar la prueba el vehículo debe estar en óptimas condiciones de funcionamiento y que su sistema de escapes no presente fugas. Los 4 vehículos en ralentí en bajas supera la prueba, mientras que los vehículos 2, 3 y 4 no superan la prueba en altas, esto se debe a la falta de mantenimiento del sistema de inyección de gasolina.

Figura 2

Emisiones de Monóxido de Carbono (CO)

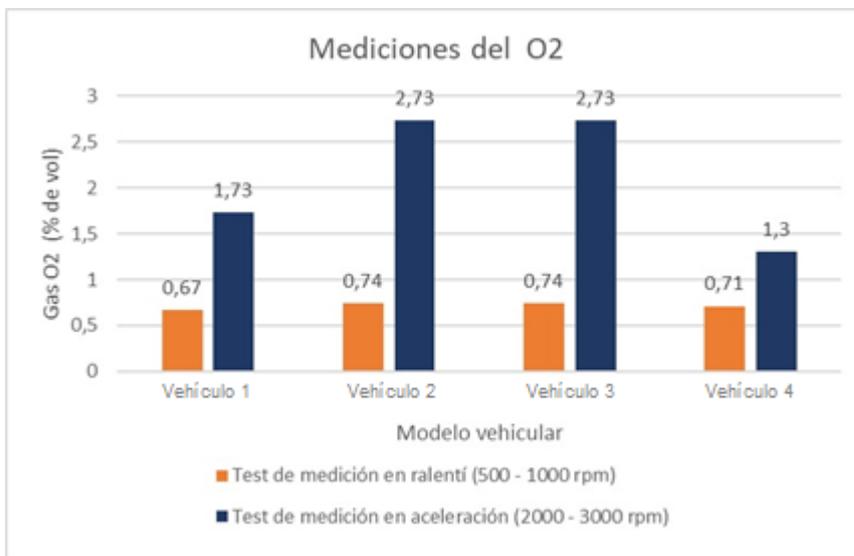


Fuente: Autores

Según la norma NTE INEN 2204 el porcentaje permisible máximo del CO es 2.0%. En la Figura 2, se presenta los efectos de las pruebas realizadas en ralentí el vehículo 1 genera un 0,7% y en medición de aceleración un 0,5%, por otro lado, el vehículo 4 en ralentí produce un 0,6% y en el segundo test disminuye 0,4%, en cuanto el vehículo 3 y el vehículo 2 en marcha mínima originan 0,1% de CO e incremental el mismo porcentaje en aceleración llegando a 0,8%, los cuatro vehículos están dentro del rango permisible. Influye mucho el uso de combustibles con mayor octanaje, ya que al tener una mejor combustión en la cámara del cilindro permite que la mezcla aire combustible, combustione de manera más eficiente y completa.

Figura 3

Mediciones de O2



Fuente: Autores

Como se presenta en la Figura 3, el valor más bajo del O₂ medido es de 0,67% de vol y pertenece al vehículo 1, en contraste con este porcentaje el más alto corresponde al vehículo 2 y el vehículo 3 con 0,74% de vol, se evidencia que solo un 0,03% de vol separa al Vehículo 4 de los modelos antes mencionados, finalmente en el caso del test de medición en aceleración el porcentaje de emisión del O₂ en el vehículo 2 y el vehículo 3 casi se cuadruplica, pues se obtuvo un valor de 2,73% de vol, en los otros casos el porcentaje supera el 1% de presencia de O₂. Prácticamente los valores altos de O₂ puede deberse al resultado de una mezcla pobre, combustiones que no se completan o un sistema de escape averiado.

Discusión

La cantidad de vehículos que circulan en las vías del mundo ha aumentado de forma exponencial, la situación se torna alarmante pues en la mayoría de centros urbanos las vías se encuentran saturadas, y esto se deriva de la utilización de automotores en casi todas las actividades económicas y comerciales, por estas razones los vehículos permanecen mayor tiempo en las vías, generado un incremento en la contaminación ambiental, el combustible usado por los carros se compone principalmente de hidrocarburos, estos contienen hidrógeno y carbono, se toma en cuenta que el proceso de combustión interna no es perfecto genera varios tipos de contaminantes, algunos de son perjudiciales no solo para el ambiente sino también para la salud.

Llanes et al. (2018) para su estudio realizó pruebas de emisiones contaminantes a un Chevrolet Aveo 1.6L en la ciudad de Quito, el combustible utilizado fue super, concluyó que las emisiones de HC y O₂ no superan el 1,5%, ya que se mantienen en el rango permitido por la norma INEN 2204, así mismo determina que el combustible super garantiza un nivel de emisiones estable, mientras que con otros combustibles el valor es cambiante. Con los datos generados por el trabajo mencionado se realizó una comparación de porcentajes de emisiones contaminantes en vehículos turbo versus vehículos que no poseen esta tecnología, en ambos casos, se realizaron pruebas estáticas, se utilizó combustible super y los test se efectuaron en la ciudad de Quito, es decir al mismo nivel del mar. Conforme a la norma NTE INEN 2204, se determina que los resultados obtenidos en las pruebas estáticas a vehículos turbo están dentro de los rangos permisibles, al igual que los vehículos que poseen un motor convencional.

Conclusiones

Los niveles de emisiones contaminantes en vehículos con tecnología turbo, cumplen con los parámetros dispuestos por la norma vigente, tanto para el test en ralentí como para la medición acelerada los valores no sobrepasaron el límite permitido, ni siquiera existió riesgo de acercamiento al borde.

El vehículo que obtuvo mejores resultados con respecto a los hidrocarburos en los test de medición en ralentí a 2800 metros sobre el nivel del mar es el vehículo 1, los HC ppm medidos fueron el 17.25% del límite máximo permitido por la norma NTE INEN 2204.

Los vehículos 2 y 3, generaron valores idénticos en cada una de las pruebas estáticas, tanto en ralentí como en aceleración, es posible estimar que los dos modelos de vehículos turbo generan porcentajes exactos de HC, CO y O₂, en las condiciones detalladas en el trabajo. Lo que significa que la tecnología de los vehículos turbo a pesar de ser eficientes en rendimiento y consumo también son de gran ayuda para disminuir la contaminación siempre y cuando el vehículo tenga sus correctos mantenimientos y se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento.

Bibliografía

- Aeade. (12 de junio de 2022). *Aeade*. <https://www.aeade.net/boletin-sector-automotor-en-cifras/>
- Amir, M., Iman, K., & Mohsen, G. (2017). Simulación de los efectos de la turboalimentación en los niveles de emisión de un motor de gasolina. *Science Direct*, 56(4), 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.03.005>
- Borja, D. (22 de septiembre de 2016). *Servicio ecuatoriano de normalización*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf
- Casas, G. d. (2015). Un paso atrás en la contaminación del aire: novedades en automoción. *Science Direct*, 29(2), 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2014.09.008>
- Chuva, J. (mayo de 2019). *Análisis de vehículos de la subcategoría M1 subcategoría M3 tipo bus y subcategoría N1 que no aprueban el control de gases contaminantes en el cantón Cuenca - Ecuador*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana SEDE Cuenca.
- Fernández, A. (10 de 09 de 2019). *Greenpeace*. <https://es.greenpeace.org/es/noticias/estas-son-las-marcas-de-coches-que-mas-contaminan/>
- Ivan Arsie, A. C. (2015). Evaluation of CO₂ reduction in SI engines with Electric Turbo-Compound by dynamic powertrain modelling. *ScienceDirect*, 48, 93-100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.10.014>
- Larrea, E. (16 de diciembre de 2016). *INEN*. Servicio ecuatoriano de normalización: <https://www.normalizacion.gob.ec>
- Liang, Q., Dong, C., Mengliang, L., Kaibo, L., Taosheng, J., & Xiaohong, X. (2015). Análisis multivariado entre las condiciones de conducción y las emisiones vehiculares para vehículos livianos a gasolina durante las horas pico. *Elsevier*, 110, 3-5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.03.038>
- Llanes, C. E., Rocha, J. C., Peralta, D., & Leguísamo, J. (18 de julio de 2018). Evaluación de emisiones de gases en vehículos ligeros a gasolina en condiciones de altura. Estudio de caso Quito, Ecuador. *Enfoque Revista UTE*, vol. 19, n°2.
- Roldán, J. (06 de octubre de 2022). *KIPDF*. https://kipdf.com/norma-euro-5-generalidades_5aadeb621723dd3b6adcb514.html

Silvana Arias, M. B. (2022). Mezclas de combustible diesel/pentanol: evaluación del riesgo de cáncer por inhalación y el potencial de formación de ozono a partir de las emisiones de carbonilo emitidas por un motor diesel de automóvil. *Science Direct*, 321, 1.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124054>

Anexos

Anexos prácticos

La prueba se realizó a temperatura ambiente en un espacio abierto con el vehículo previamente preparado para realizar la prueba. Como la temperatura ideal de trabajo del motor a 90 grados centígrados. Además, la prueba se realiza con el vehículo encendido y estático en un lugar normalmente plano. El procedimiento fue el siguiente:

1. El vehículo se ubica en un lugar abierto, por precaución de encierro de gases contaminantes o nocivos.
2. Se enciende en vehículo, y se mantiene a revoluciones bajas 650 rpm a fin de mantener la temperatura del motor en parámetros de funcionamiento 90°C
3. Se enciende el equipo con el botón de encendido, ubicado en la parte lateral.



Nota: Foto panorámica de la sonda



Se debe instalar la sonda en la toma de “gas In”

Se mantiene encendido hasta que la sonda se caliente.

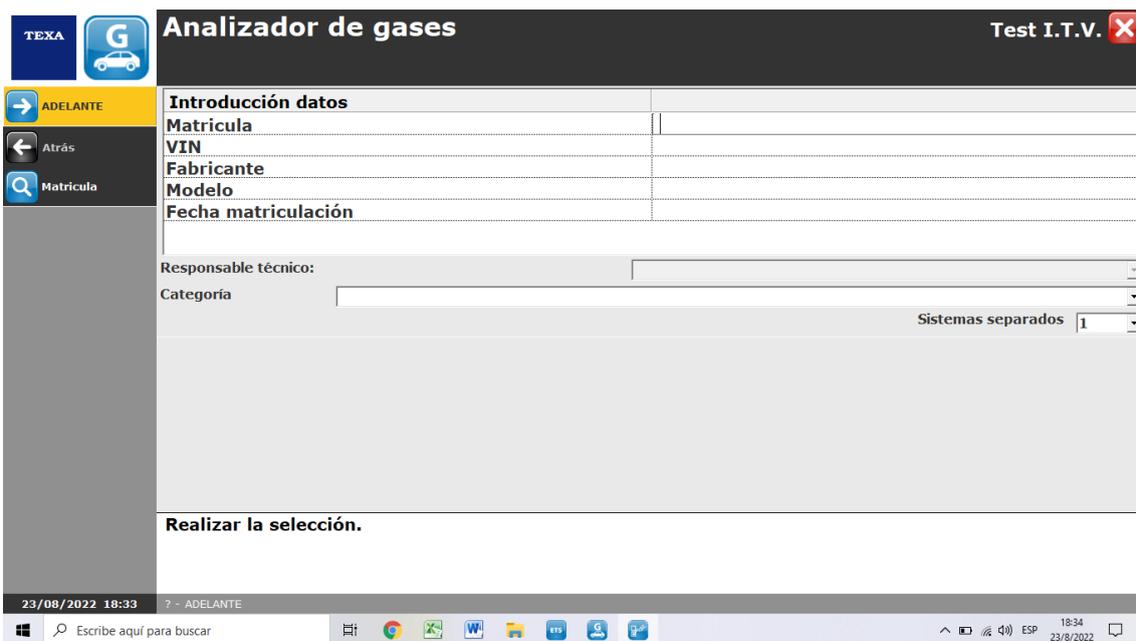
Se mantiene tapado la entrada de la sonda hasta que la maquina indique lo contrario.



Pantalla inicial del software:



Nota: Iniciar con click en TEST OFICIAL.



Ingreso de datos del vehículo a medir, matricula, VIN, fabricante, modelo

En fecha de matriculación, poner la fecha que se está realizando las pruebas.

TEXA **Analizador de gases** Test I.T.V. X

→ ADELANTE
← Atrás
🔍 Matricula

Introducción datos

Matricula: PCL3371
VIN: KMJWA37HAEU649276
Fabricante: HYUNDAI
Modelo: 2014
Fecha matriculación: 23/08/2022

Responsable técnico: _____
Categoría: **automóvil del 2000 en adelante**
 automóvil de 1990 a 1999
 automóvil de 1989 y anteriores
 motocicleta del 2000 en adelante
 motocicleta de 1990 a 1999
 motocicleta de 1989 y anteriores

Realizar la selección.

23/08/2022 18:33 ? - ADELANTE

Dependiendo del año de fabricación, en categoría ubicamos la opción que se acerque al vehículo que se vaya a medir, en este caso todos los vehículos fueron superiores al año 2000.

TEXA **Analizador de gases** Test I.T.V. X

→ ADELANTE
← Atrás
🔍 Matricula

Introducción datos

Matricula: PCL
VIN: KMJWA37HAEU649276
Fabricante: HYUNDAI
Modelo: 2014
Fecha matriculación: 23/08/2022

Responsable técnico: _____
Categoría: **automóvil del 2000 en adelante**
Combustible: Gasolina Sistemas separados 1

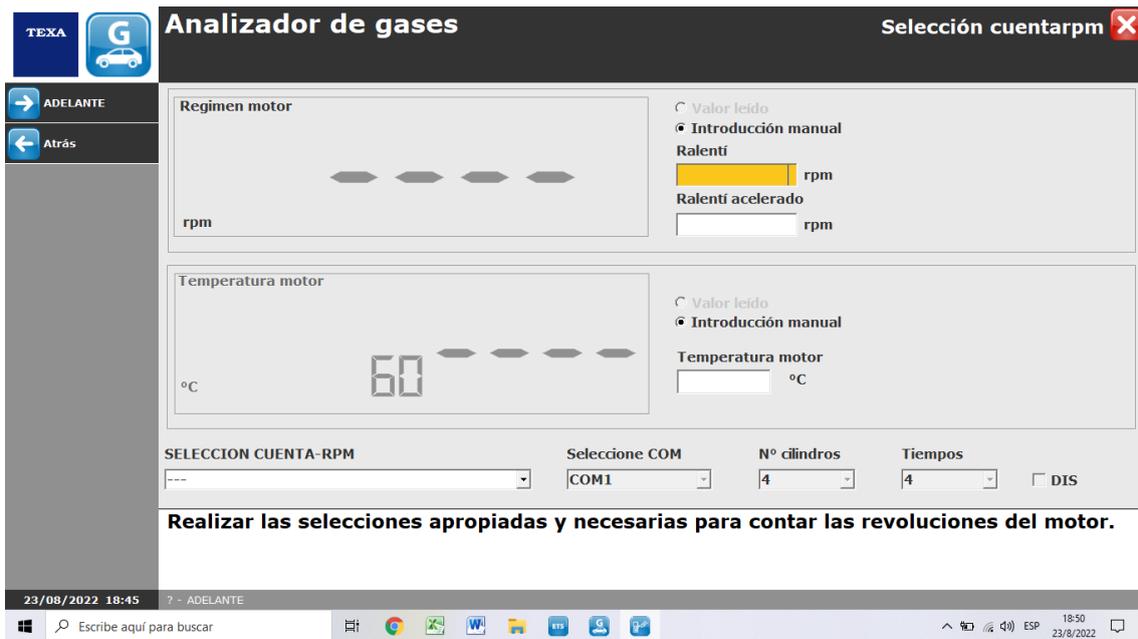
Límites	Min	Max
HC (ralentí)		400
Revoluciones ralentí acelerado	2000	3000
Contenido CO a ralentí acelerado		2,0
HC (ralentí acelerado)		400
Lambda a ralentí acelerado	0,970	1,030
Temp. aceite motor	60	

Realizar la selección.

23/08/2022 18:45 ? - ADELANTE

Seleccionamos el tipo de combustible, en este caso todos los vehículos fueron a gasolina Super.

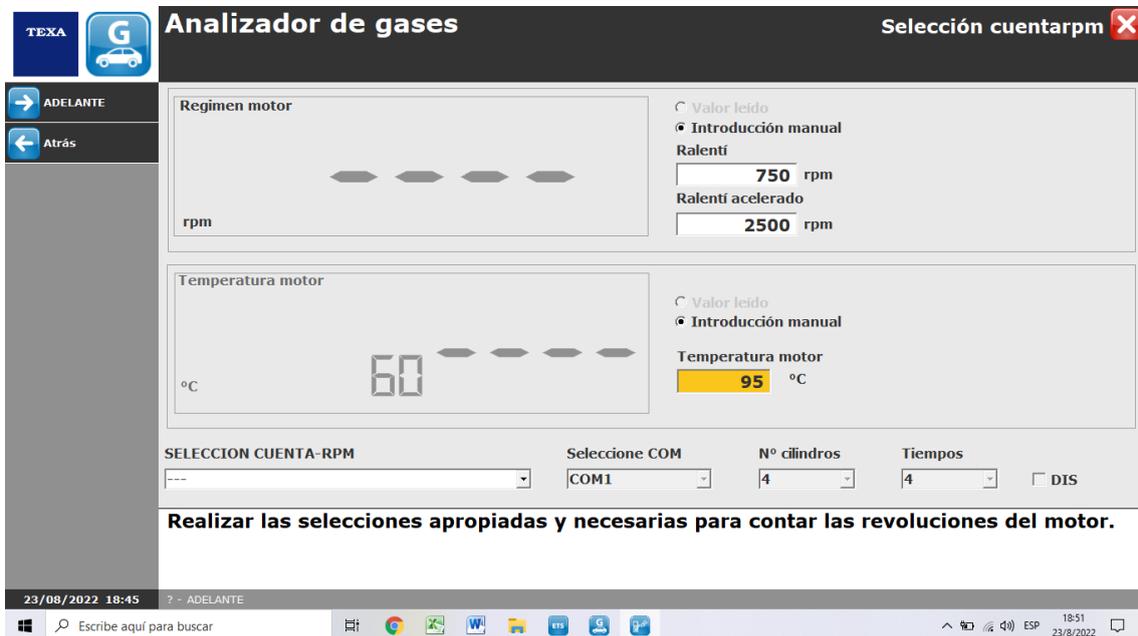
Los valores establecidos se dan automáticamente, en base a las condiciones del país. Esto se da como valores preestablecidos ya que la maquina se encuentra configurada a la altura de Quito y automáticamente, los valores quedan registrados.



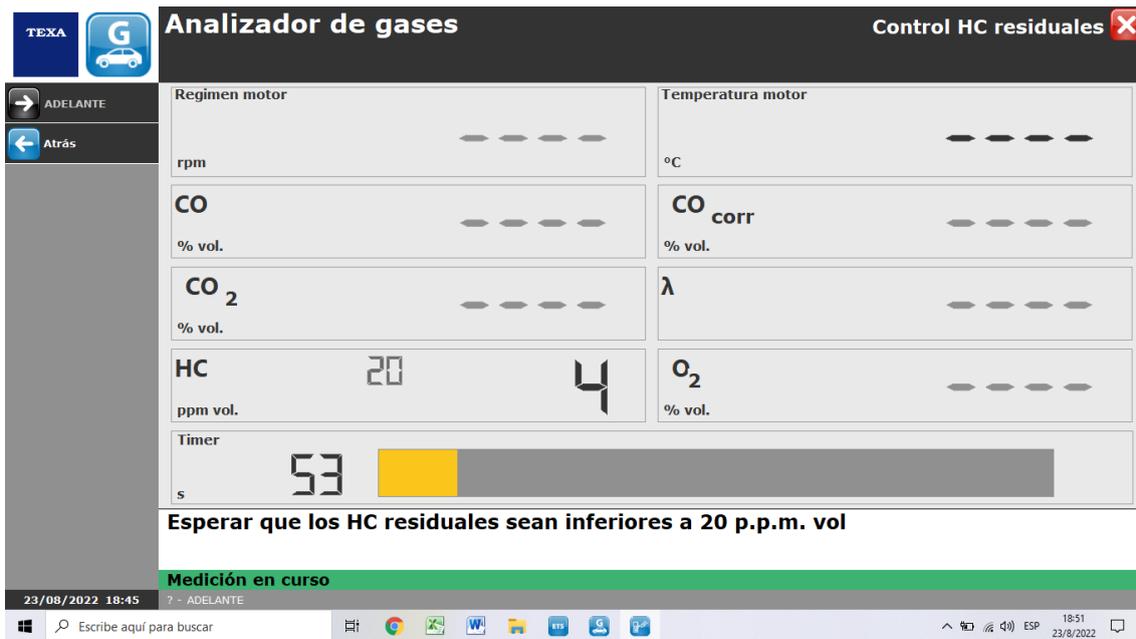
La primera prueba se realiza en revoluciones en ralentí en bajas (de 650 rpm) y en ralentí acelerado a 2500 rpm

La temperatura del motor debe estar dentro de los valores ya mencionado.

Presionar adelante



Presionar adelante y el equipo empieza a realizar las pruebas de calibración al momento, antes de medir

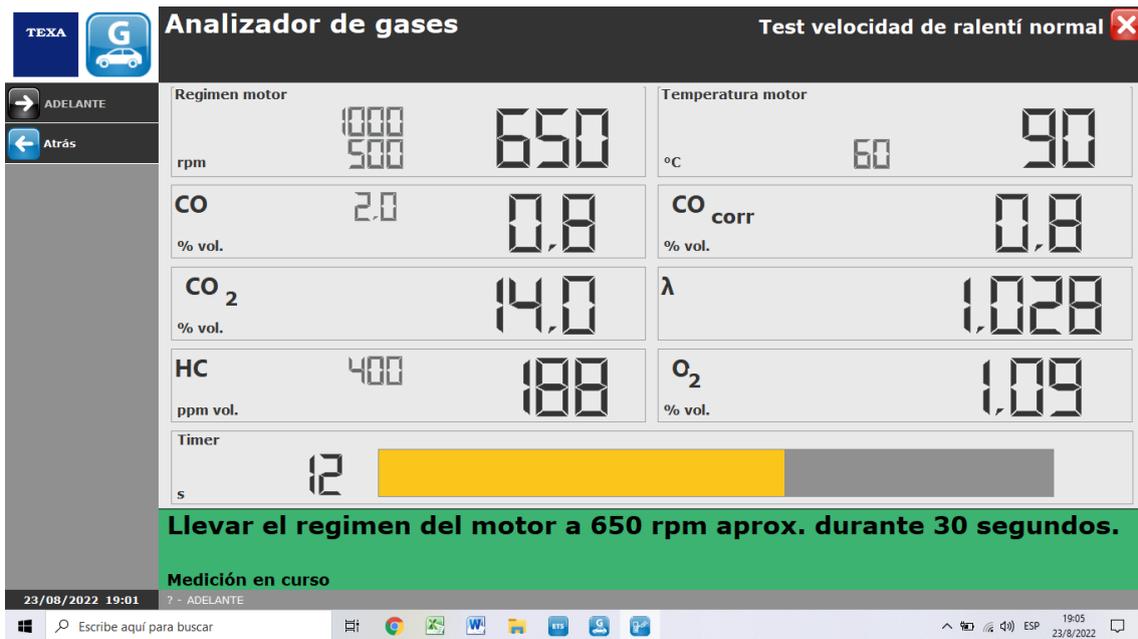


En este paso, el equipo debe analizar que los HC sean inferiores a 20 ppm, para ellos se realizó la prueba en un espacio abierto y ventilado.

Los HC residuales, es la pureza del aire ambiente, si el equipo lee que los HC son mayores a 20 ppm de volumen en el ambiente, no mide.

Para esto la sonda del equipo debe estar al aire libre



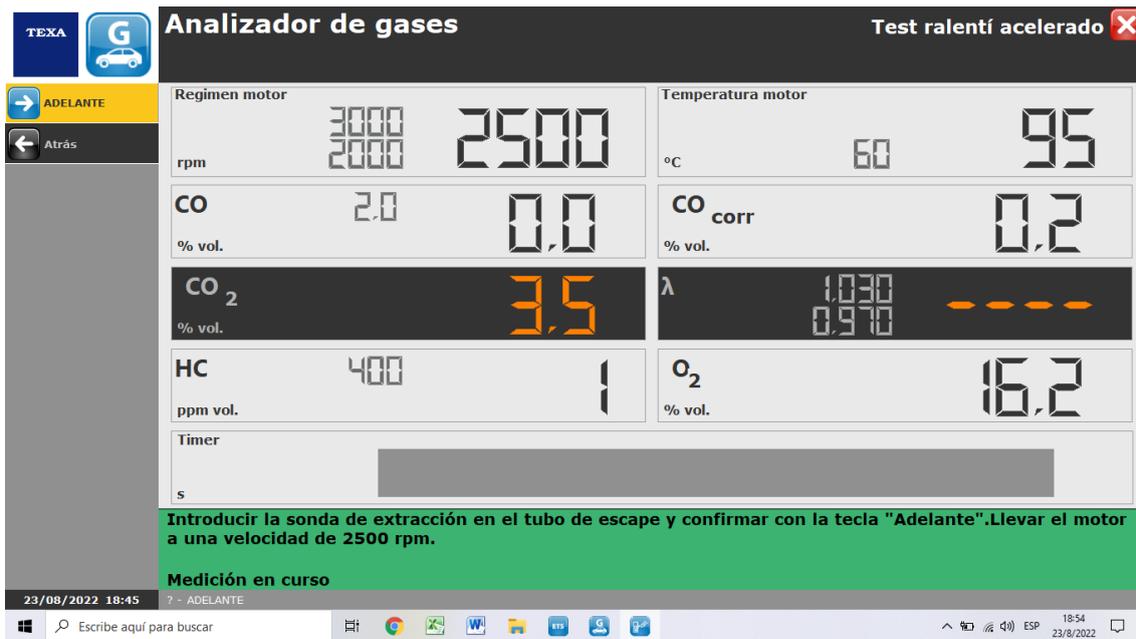


Después dejar de acelerar y mantener en 650 rpm hasta que el equipo lo indique.

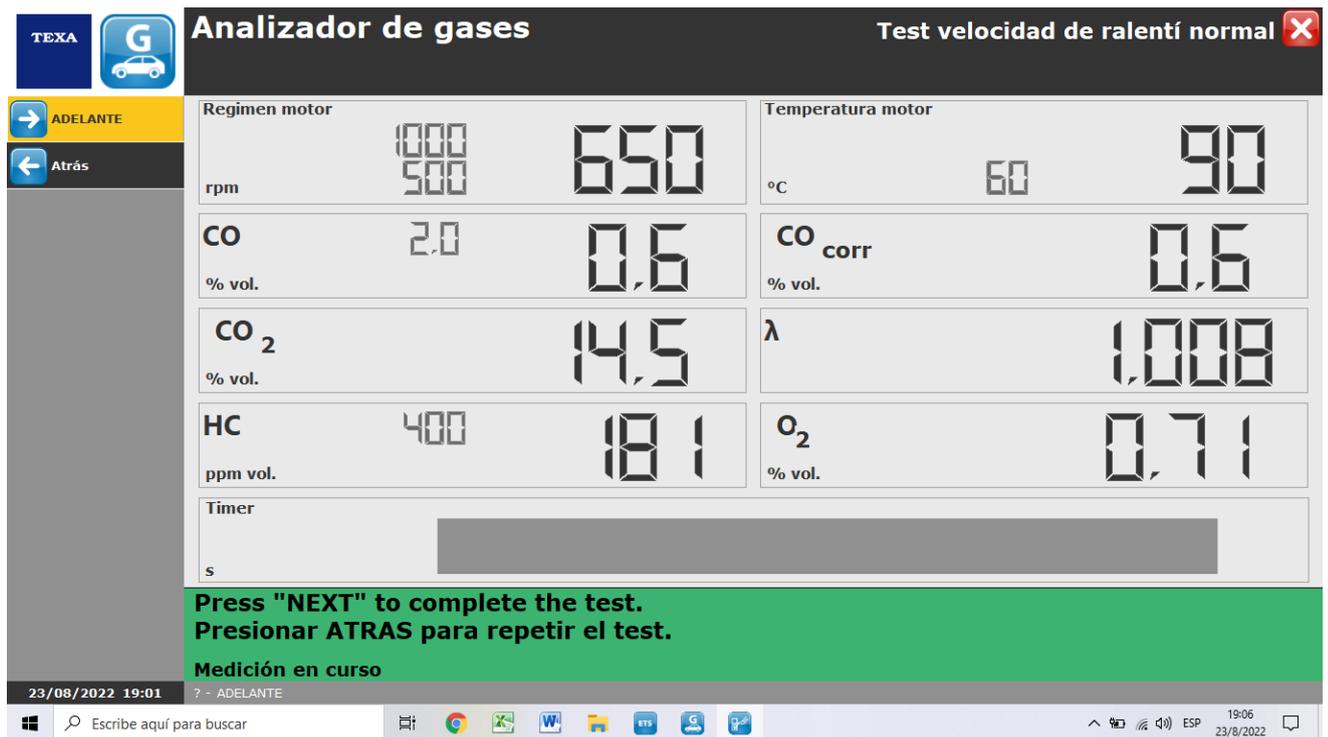
Para la segunda prueba se debe acelerar el vehículo hasta el 2500 rpm, en este caso



Cuadro de la izquierda, se mantiene acelerado a los rpm determinados.



Seguir las instrucciones del equipo. Colocar la sonda en el tubo de escape y acelerar a 2500 rpm y mantener hasta que el equipo lo indique



Finalmente, se terminan las pruebas, y se imprime el pdf de los resultados.

DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

GASBOX Autopower: es un analizador de gases de escape para motores gasolina, GPL, metano equipado con la cámara de análisis diseñada por TEXA, con un trolley que permite desplazarlo cómodamente dentro del taller.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GASBOX Autopower DIMENSIONES	460 x 200 x 250 mm
PESO	6,5 kg (con Trolley e Power Pack 15 kg)
ALIMENTACIÓN	dE alimentazione rete 220 V - 50 Hz 2 baterías Pb de 12 V 7,5 A/h; Absorción Max: 80 W
SALIDA SERIAL	RS232 estándar
SALIDA WIRELESS	Bluetooth
SOFTWARE	ETS o IDC5
PUESTA A CERO Y CALIBRACIÓN	electrónica y automática
TECNOLOGIA	NDIR
DESCARGA DE CONDENSACIÓN	continua y automática
TIEMPO DE RESPUESTA	< 10 secondi
TIEMPO DE CALENTAMIENTO	Max. 60 segundos

ANEXOS INTRODUCCIÓN

Anexos 1 Fernández A.C. Marcas de coches que más contaminan

Si los fabricantes de coches fueran un país, serían el tercer estado más contaminante del planeta, solo por detrás de China y Estados Unidos. En el informe “Aceleradores del cambio climático: las marcas de coche más contaminantes” hemos calculado que los 86 millones de turismos fabricados en 2018 suponen una huella de carbono de 4,8 Gigatoneladas de CO₂ equivalente, más que toda la Unión Europea junta. Unas cifras que, lejos de descender, nos alejan del objetivo de reducción de emisiones imprescindible para frenar la actual crisis climática.

Este informe, que lanzamos a las puertas de la Semana de la Movilidad, analiza las principales compañías y su impacto en el clima. Dentro de los doce fabricantes más “sucios”, el mayor emisor es el grupo Volkswagen (SEAT, Škoda y Audi) el cual, junto a Renault-Nissan, Toyota, General Motors y Hyundai-Kia, completan el ‘top 5’ de los más contaminantes de la industria del automóvil*.

Figura 4.

Las marcas de coches que más contaminan

FABRICANTES	MARCAS	EMISIONES DE CO ₂ (MT)
GRUPO VOLKSWAGEN		582
RENAULT-NISSAN ALLIANCE		577
TOYOTA		562
GENERAL MOTORS		530
HYUNDAI-KIA		401

La industria del automóvil no puede seguir mirando hacia otro lado. Los coches que salen hoy de las fábricas -la mayoría diésel y gasolina- emitirán el 9% de todo el CO₂ equivalente del mundo a lo largo de su vida útil. Y las marcas son responsables de estas emisiones, pues su modelo de negocio sigue basado en vendernos más y más coches mientras siguen empeñados en alargar el motor de combustión interna.

La transición hacia vehículos cero emisiones es necesaria no solo para frenar el cambio climático, sino también para evitar los miles de muertes por la mala calidad del aire en las ciudades. Un ejercicio de irresponsabilidad que los gobiernos apenas intentan tocar. España ha fijado en 2040 la fecha final para dejar de vender diésel y gasolina. ¡Son más de 20 años! Pero el lobby del motor ya presiona para rebajar la medida, llegando incluso a eliminar la palabra “prohibición” para proteger sus intereses.

Las escasas mejoras debidas a la eficiencia y a los nuevos modelos híbridos se ven anuladas por el aumento de vehículos como los SUV, más contaminantes por su mayor peso y peor aerodinámica. En Europa, la cuota de mercado de SUV se ha cuadruplicado en la última década (del 8% en 2008 al 32% en 2018) mientras que el total de ventas de SUV en Estados Unidos casi alcanzó el 70% en 2018. La promoción de los SUV para

entornos urbanos es un ataque al sentido común: en lugar de promover vehículos ligeros, compartidos y de bajas emisiones, la industria insiste en que cada uno de nosotros nos compremos un ‘todo camino’ más grande que el anterior, aunque no lo necesitemos.

Si los fabricantes intentan alargar el motor de combustión mientras el gobierno les deje, no solo estarán poniendo en peligro nuestra salud y nuestro clima. También estarán condenando a la obsolescencia un sector que aporta el 11% de nuestro PIB. Por este motivo es urgente que España, que exporta el 85% de los coches que fabrica, lidere la transición hacia tecnologías cero emisiones, antes de que el mercado europeo busque en otro lugar los vehículos limpios que necesitamos.

Esta semana comienza el Salón del Automóvil de Frankfurt, que reúne a grandes fabricantes y políticos en la mayor exposición del mundo. En los próximos días, desde Greenpeace participaremos junto a otros colectivos en varias actividades, incluyendo una gran marcha donde 15.000 activistas llenarán el Salón de Frankfurt para exigir el fin de los coches contaminantes y que los fabricantes cumplan con los objetivos del Acuerdo de París. Con este objetivo, en Greenpeace también pedimos a los gobiernos europeos que limiten la venta de nuevos vehículos diésel y gasolina no más tarde de 2028.

Como ciudadanía, la decisión final sobre cómo nos movemos a diario es nuestra. Pero la inacción de la industria del automóvil está limitando nuestra capacidad para elegir un transporte limpio y menos dañino para la salud y para el clima.

Anexo 2 Casas C. Novedades en automoción p.152

Según la Organización Mundial de la Salud, en 2012 se produjeron 3,7 millones de muertes prematuras atribuibles a la contaminación atmosférica en todo el mundo. dependiendo de la ciudad, los medios de transporte suponen entre un 15% y un 70% de la contaminación atmosférica en las zonas urbanas. En la Unión Europea (UE), un 90% de la población está expuesta a niveles de contaminación peligrosa para la salud, y un tercio lo está por encima de los límites legales, lo que se relaciona periódicamente con 406.000 muertes prematuras y 100 millones de jornadas laborales perdidas, con un coste atribuible de entre 330.000 y 940.000 millones de euros. La fuente principal de partículas pequeñas finas (PM_{2,5}) en los ambientes urbanos de la UE proviene de los vehículos, siendo el diésel uno de los más demandados y de los que se ha demostrado su capacidad carcinógena.

Los motores diésel utilizan menos combustible y emiten menos CO₂ que los de gasolina de inyección indirecta, pero emiten mayor cantidad de óxidos de nitrógeno y de partículas en suspensión. Aunque los nuevos motores de gasolina de inyección directa han reducido el consumo de gasolina y las emisiones de CO₂, generan entre 10 y 40 veces más partículas en masa y 1000 veces más partículas en número que los de inyección indirecta, lo que supone unas emisiones 10 veces superior a las de los propios

diésel. Para evitar este exceso de emisiones por la inyección directa de gasolina, se ha propuesto la utilización de filtros antipartículas que han demostrado reducirlas por un factor de 1000 o más durante todas las fases de la conducción, y funcionar más eficientemente que en los vehículos diésel. Además, se ha estimado que su implantación generaría un beneficio para la sociedad al menos de la misma magnitud que su coste.

Sin embargo, los fabricantes han conseguido retrasar la implantación de los filtros aduciendo el desarrollo de otras estrategias para la reducción de partículas con potencial beneficio sobre el consumo de gasolina. De esta forma, la reciente norma (EURO6b) que desde septiembre de 2014 limita las emisiones del diésel, pues no se utilizarán a los vehículos de gasolina de inyección directa hasta 2017 (EURO6c). Este retraso, unido a la desinformación del consumidor, hará que durante unos años respiremos en la ciudad un aire incluso más contaminado que el actual. Y todo ello a pesar de haber estimado que el sobre coste de la implementación de los filtros desde 2014 no sería significativo para la industria ni para el consumidor, al mismo tiempo que las evidencias disponibles hasta la fecha apuntan a que las otras estrategias en desarrollo no conseguirán reducir las partículas de manera continua al límite propuesto.

Con esta oportunidad perdida se hace aún más necesario mejorar tanto la promoción del transporte colectivo como la protección de otras alternativas no contaminantes, tales como la bicicleta, minimizando el uso del vehículo privado a motor. Por otra parte, este último debería abandonar cuanto antes su dependencia del combustible fósil, para lo que se necesita acelerar el despliegue de la infraestructura para el vehículo eléctrico.

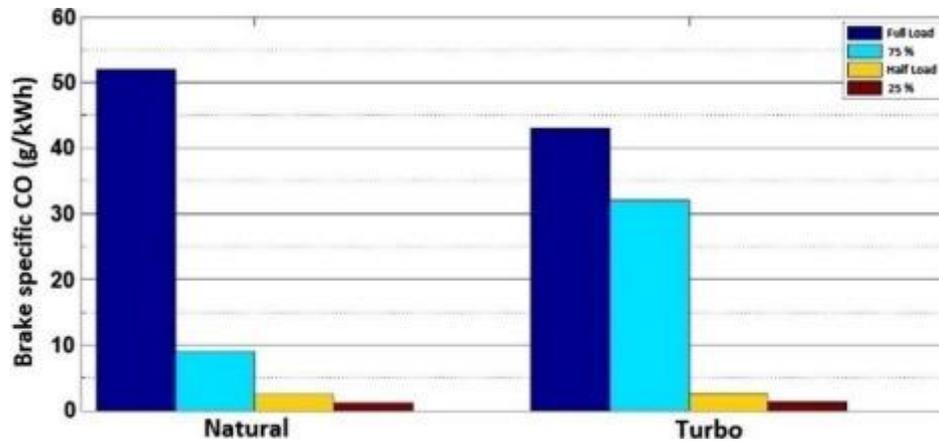
Anexo 3 Amir, M. y otros. Efectos de la turbo alimentación en los niveles de emisión de un motor de gasolina p. 743-746

Las emisiones de monóxido de carbono (CO) de los motores de combustión interna se controlan principalmente mediante la relación de equivalencia aire-combustible. Para las mezclas ricas en combustible, las concentraciones de CO en los gases de escape aumentan constantemente con el aumento de la relación de equivalencia, a medida que aumenta la cantidad de combustible en exceso y la combustión se enfrenta a una falta de oxígeno más grave. Para mezclas pobres en combustible, las concentraciones de CO en el escape varían poco con la relación de equivalencia. Dado que los motores de encendido por chispa a menudo funcionan cerca de la estequiometría a carga parcial y ricos en combustible a plena carga, las emisiones de CO₂ son significativas y deben reducirse.

Como era de esperar en base a lo que se percibe en el gráfico de concentraciones de CO, las cantidades específicas de monóxido de carbono del freno disminuyen en la condición turbo cargada (Fig. 10). Esto se produce cuando la concentración aumenta solo en cantidades mínimas, mientras que el poder disminuye de manera más influyente, como se aplica a este caso.

Figura 10.

CO específico del freno en motores de aspiración natural (izquierda) y turboalimentados (derecha) a 4500 rpm. Las diferentes cargas se dibujan en diferentes colores.



En general, considerando el aumento de potencia y torque en el motor turboalimentado, podemos afirmar que este motor produce menos gases de efecto invernadero por unidad de potencia y, por lo tanto, es más eficiente en este aspecto.

Se han propuesto cuatro posibles mecanismos de formación de emisiones de HC para motores de encendido por chispa (donde la mezcla de aire y combustible es esencialmente premezclada): (1) extinción de la llama en las paredes de la cámara de combustión, dejando una capa de mezcla de aire y combustible sin quemar adyacente a la pared; (2) el llenado de los volúmenes de grietas con una mezcla no quemada que, dado que la llama se apaga en la entrada de la grieta, escapa al proceso de combustión primaria; (3) absorción de vapor de combustible en capas de aceite en la pared del cilindro durante la admisión y la compresión, seguida de desorción de vapor de combustible en el cilindro durante la expansión y el escape; y (4) incompleta en una fracción de los ciclos de funcionamiento del motor (ya sea quemado parcial o fallo de encendido completo), que ocurre cuando la calidad de la combustión es deficiente.

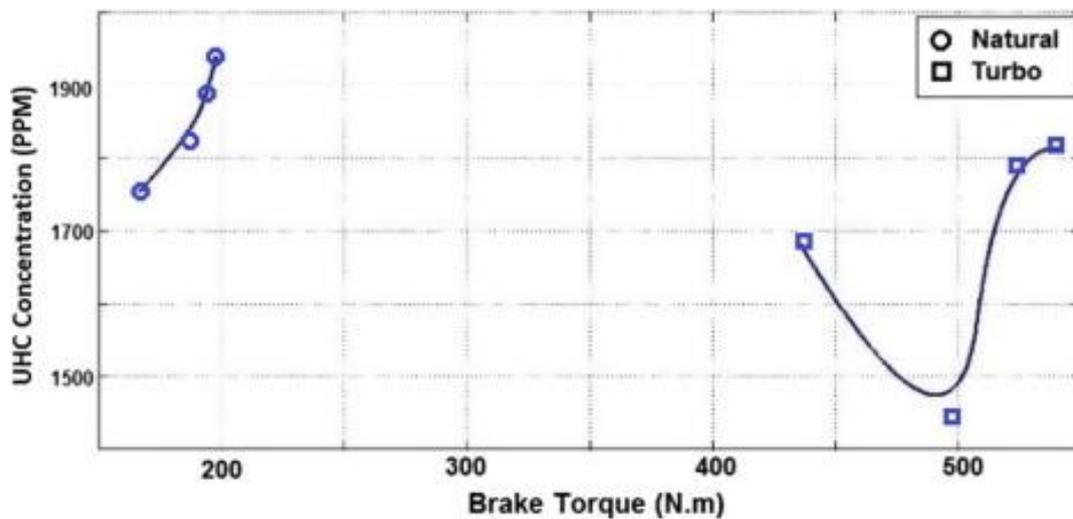
Al graficar la concentración de hidrocarburos no quemados frente a la relación aire-combustible de equivalencia, primero experimenta una caída hasta que la relación aire-combustible está muy por debajo de la estequiométrica, y luego se recupera rápidamente. Este comportamiento es justificable teniendo en cuenta el fenómeno de fallas de encendido que ocurre en mezclas excesivamente pobres donde la propagación de la llama enfrenta dificultades y el desempeño del motor se vuelve errático. Además, más tarde, en mezclas más ricas de aire y combustible, la presencia más densa de moléculas de combustible genera temperaturas más bajas, y ambas contribuyen a concentraciones más altas de hidrocarburos no quemados en los gases de escape.

Las concentraciones de hidrocarburos no quemados en el escape de los motores de aspiración natural y turboalimentados a 4500 rpm se observan en la Fig. 11. En mezclas

muy pobres en combustible, la concentración de UHC es relativamente más alta debido a fallos de encendido. Es decir, la combustión no puede propagarse correctamente de una molécula a otra, ya que están demasiado separadas entre sí. También en las mezclas ricas en combustible, la concentración de UHC vuelve a aumentar debido a la reducción de la temperatura. Otro punto importante en esta figura es que la concentración de hidrocarburos no quemados es excepcionalmente menor en los gases de escape que salen por el tubo de escape del motor turboalimentado. Aparentemente, esto se debe a una mayor presión y temperatura causada por la intensa combustión en el motor turboalimentado, que impulsa el coeficiente de equilibrio químico para avanzar más hacia la oxidación de estas moléculas más adelante en la carrera de potencia y durante la carrera de escape. Debe existir suficiente oxígeno adyacente a las moléculas de combustible para oxidarlas durante el procedimiento antes mencionado.

Figura 11.

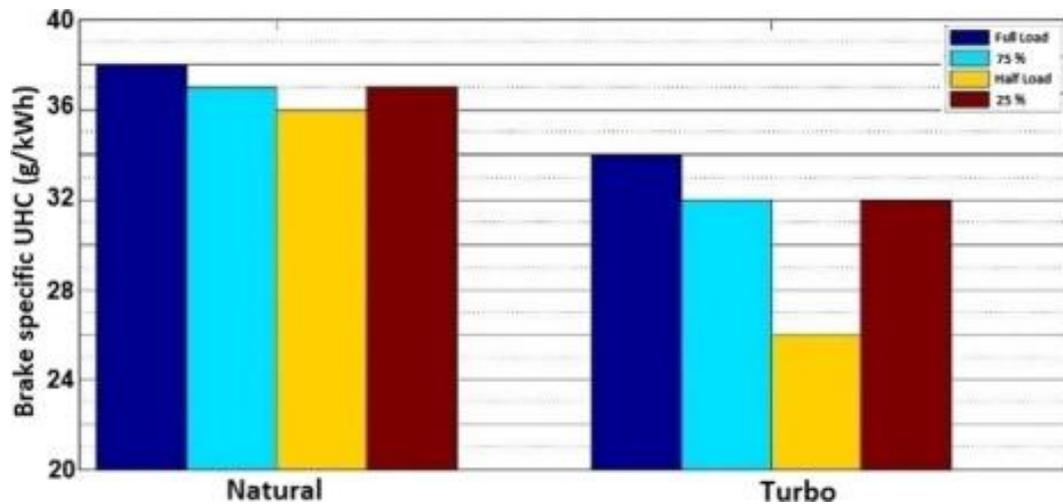
Dependencia de la concentración de UHC en el par de frenado, en motor de aspiración natural (izquierda) y turboalimentado (derecha), a 4500 rpm.



La emisión de hidrocarburos no quemados (HC) específica del freno sigue la tendencia de las concentraciones y es mínima a media carga (Fig. 12). En la Fig. 12 , a partir de la condición de carga completa y siguiendo el gráfico de cualquiera de los motores hasta la condición de media carga, la concentración de HC está cayendo en picada en una medida que se hace cargo por completo de la disminución de potencia, lo que resulta en una disminución de la capacidad de frenado. emisiones específicas. A partir de la condición de media carga, la página da la vuelta y la concentración de HC, como lo confirma la Fig. 11 , está en un crecimiento que hace que el numerador del freno específico sea mayor y el gráfico específico del freno (Fig. 12) representa un aumento en la carga del 25 por ciento.

Figura 12.

Freno UHC específico en motor de aspiración natural (izquierda) y turboalimentado (derecha) a 4500 rpm. Las diferentes cargas se dibujan en diferentes colores.



Además, después de haber sido examinado, el gráfico de la Fig. 12 revela que el motor turboalimentado deja menos hidrocarburos sin quemar para la producción de potencia unitaria. Esto se debe a las menores concentraciones de HC debido a las temperaturas más altas en la condición turboalimentada que, como se explicó en la sección anterior, quema los restos de hidrocarburos y evita que ingresen al escape. Además, los niveles de potencia en el motor turboalimentado son considerablemente más altos.

Anexo 4 Ling, Qu y otros. Análisis multivariado entre las condiciones de conducción y las emisiones vehiculares para vehículos livianos a gasolina durante las horas pico p. 34-50
Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible en Ruta

Se obtiene, en la tabla 14, los resultados del consumo de combustible de cada uno de los vehículos, en donde nos indica el impacto que tiene el consumo de combustible al aplicar el modo de conducción ecológica o ecodriving en condiciones de ruta.

Tabla 14
Consumo de combustible en Ruta

Kia picanto			Chevrolet sail		Vw gol	
Conducción	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving
Prueba	Consumo Combustible					
	(l/ km)					
1	0,088	0,086	0,086	0,084	0,088	0,086
2	0,087	0,071	0,092	0,077	0,096	0,088
3	0,092	0,077	0,091	0,083	0,092	0,084
Promedio	0,089	0,079	0,090	0,081	0,092	0,086

Fuente: Autor

Con respecto al kia picanto podemos decir que utiliza en promedio 0,089 l/km de

combustible en una distancia de 17 km con conducción normal, mientras que al aplicar conducción ecodriving utiliza en promedio 0,079 l/km de combustible en la misma distancia recorrida, lo cual representa una diferencia del 11.24%, como se indica en la gráfica 10.

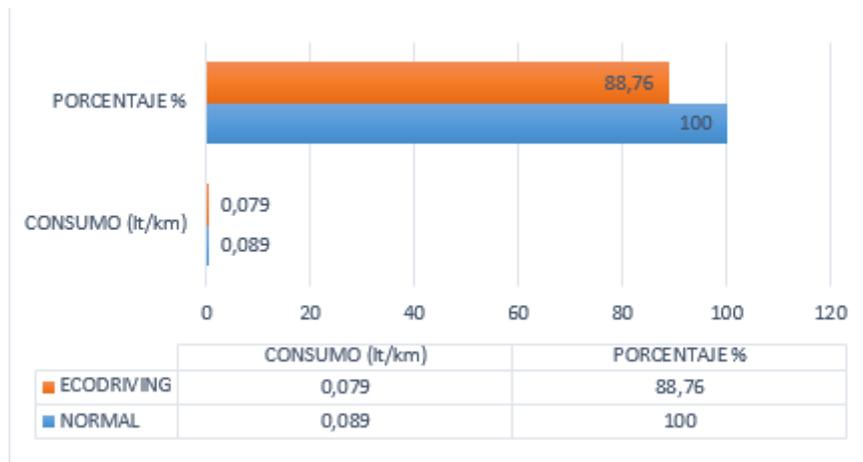


Figura 10. Gráfica consumo combustible
Picanto Fuente: Autor

Además, una vez obtenidos los datos del consumo de combustible del Chevrolet sail, se dice que utiliza en promedio 0,090 l/km de combustible en una distancia de 17 km con conducción normal, mientras que al aplicar conducción ecodriving utiliza en promedio 0,081 l/km de combustible en la misma distancia recorrida, lo cual representa una diferencia del 10 %, como se indica en la gráfica 11.

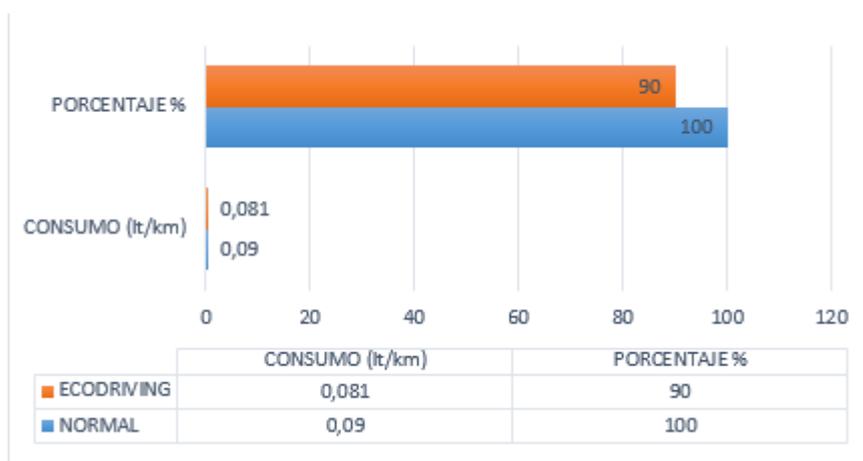


Figura 11. Gráfica
consumo combustible Sail
Fuente: Autor

Finalmente, y con los resultados tabulados del consumo de combustible del vehículo

Volkswagen gol, se analiza que, utiliza en promedio 0,092 l/km de combustible en una distancia de 17 km con conducción normal, mientras que al aplicar conducción ecodriving utiliza en promedio 0,086 l/km de combustible en la misma distancia recorrida, lo cual representa una diferencia del 6.52 %, como se indica en la gráfica 12.

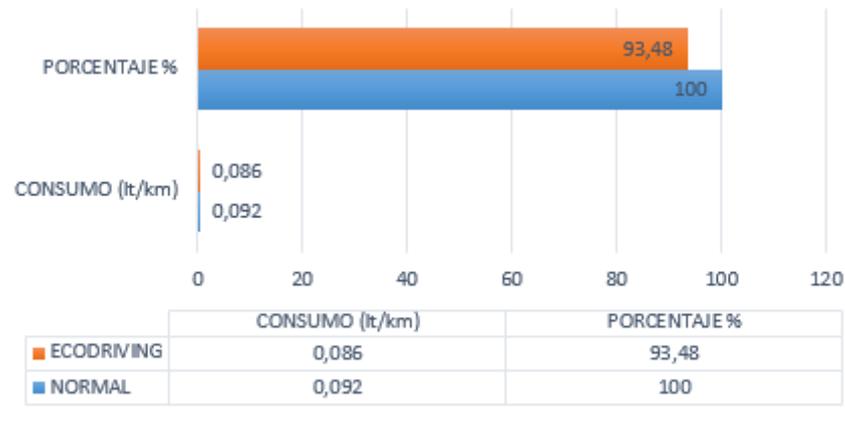


Figura 12. Gráfica consumo combustible

Gol

Fuente: Autor

Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible en Dinamómetro
A continuación, en la tabla 15, se han obtenido los resultados del consumo de combustible efectuados en condiciones de dinamómetro, tanto para conducción normal como para conducción ecodriving.

Tabla 15

Consumo de combustible en Dinamómetro

Kia picanto			Chevrolet sail		Vw gol	
Conducción	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving
Prueba	Consumo Combustible					
	(l/ km)					
1	0,077	0,054	0,077	0,065	0,091	0,075
2	0,070	0,060	0,084	0,065	0,099	0,072
3	0,067	0,058	0,076	0,063	0,094	0,075
Promedio	0,071	0,057	0,079	0,064	0,095	0,074

Fuente: Autor

Para ello, se ha analizado lo siguiente:

El Kia Picanto consumió en promedio 0,071 l/km en una distancia de 4.16 km con conducción normal, mientras que aplicando conducción ecológica o ecodriving en la misma distancia recorrida consumió 0,057 l/km, en donde el consumo de combustible presenta una diferencia del 19.72 %, como se indica en la gráfica 13.

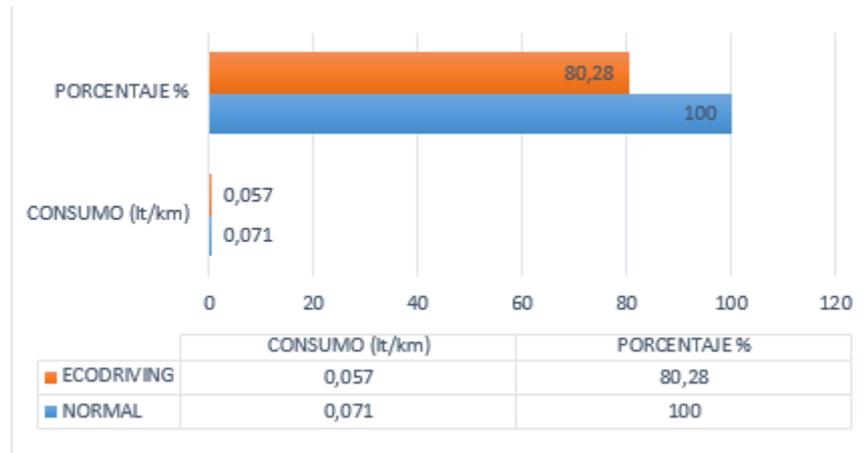


Figura 13. Gráfica consumo combustible Picanto
Fuente: Autor

En base a los resultados del consumo de combustible en el Chevrolet Sail, se diserta que; con el modo de conducción normal, consumió 0,079 l/km en una distancia de 4.16 km, mientras que al aplicar conducción ecológica en la misma distancia recorrida consumió 0,064 l/km, teniendo una diferencia del 18.99 %, misma reducción se observa en la gráfica 14.

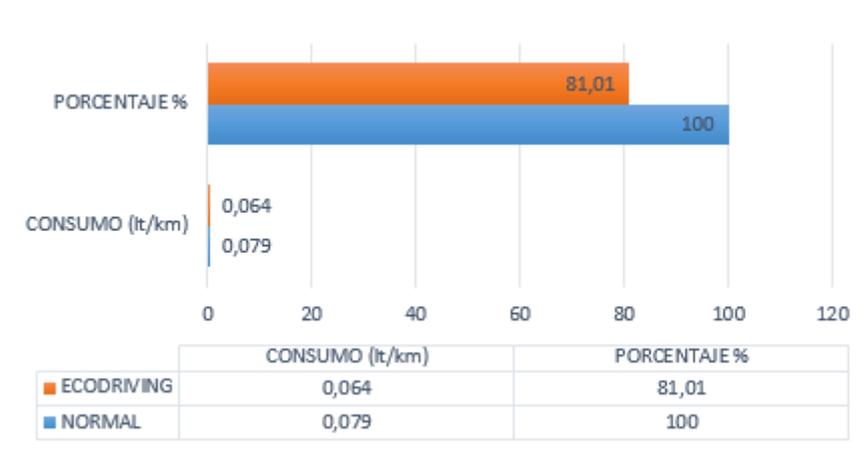


Figura 14. Gráfica consumo combustible Sail
Fuente: Autor

Con respecto al consumo de combustible que tuvo el Volkswagen gol, se puede decir que, consumió aplicando modo de conducción normal un promedio de 0,095 l/km en una distancia recorrida de 4.16 km, a diferencia de que al aplicar el modo de conducción ecológica consume en promedio 0,074 l/km la misma distancia, de esta manera se reduce en un 22.11 %, como muestra la gráfica 15.

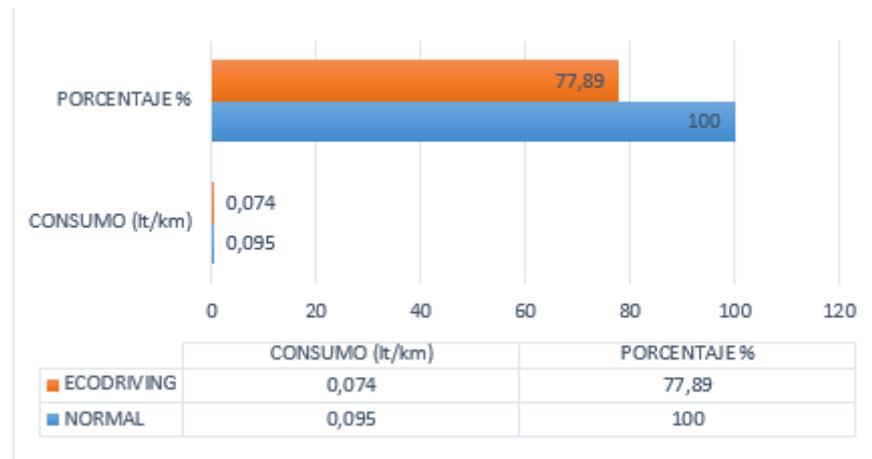


Figura 15. Gráfica consumo combustible Gol
Fuente: Autor

Estos resultados son similares con el estudio de (Baric & Zobak, 2013), en los cuales el consumo de combustible del conductor antes del entrenamiento en condiciones de ruta ascendía 27,64 L/100km y después de la formación a 20,9 L/100 km que significa una reducción del 24.38 %. Además, coincide con lo referenciado (Luján, Guardiota, & Pla, 2018), donde refieren que al conducir siguiendo una conducción ecológica se reduce el consumo de combustible en un 14 % en comparación con los estilos de conducción normales.

Comparativa Pruebas en Ruta Vs Comparativa Pruebas en Dinamómetro

En la figura 16, se puede apreciar de manera gráfica, que, en condiciones de ruta, utilizando cada uno de los promedios resultantes de las tres mediciones tanto en conducción normal y conducción ecodriving, el consumo de combustible difiere para cada modelo, esto depende de la cilindrada que maneja cada auto, se tiene los mejores resultados con cilindradas menores.

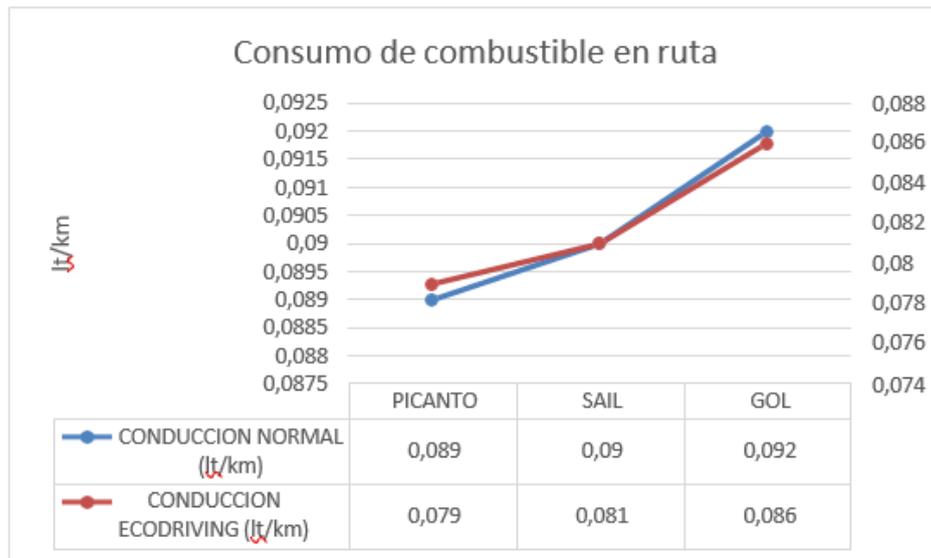


Figura 16. Gráfica de consumo de combustible en ruta
Fuente: Autor

Además, en la figura 17, se puede apreciar de manera gráfica, que, en condiciones de dinamómetro, utilizando cada uno de los promedios resultantes de las tres mediciones tanto en conducción normal y conducción ecodriving, el consumo de combustible difiere para cada modelo, esto depende de igual manera de la cilindrada que maneja cada uno de los modelos de vehículos.

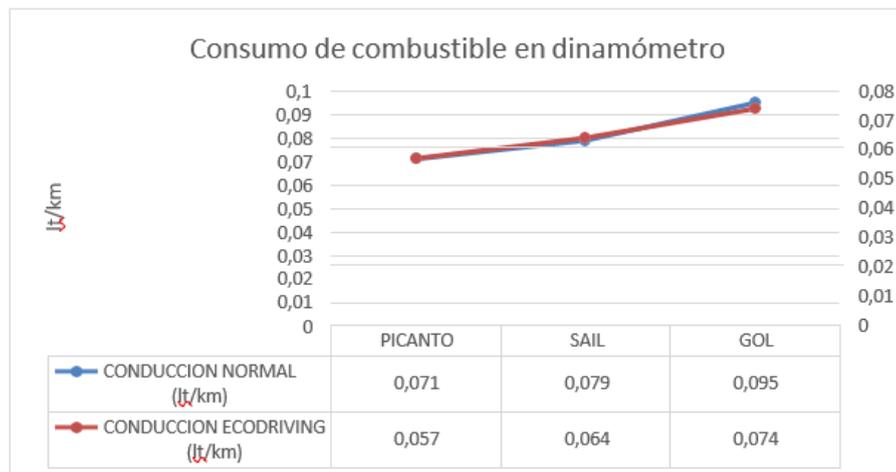


Figura 17. Gráfica de consumo de combustible en dinamómetro

Se puede finalizar diciendo que, en condiciones de dinamómetro el consumo de combustible fue menor en relación al consumo en ruta, esto debido a que el ciclo de conducción elegido (10-15 japonés) en dinamómetro no es similar en relación a un ciclo en ruta ya que intervienen factores muy importantes que son: condiciones atmosféricas, tránsito vehicular, semáforos, estado de vía, altura, temperatura ambiente, por ende al estar expuestos a esta serie de factores el consumo en ruta va a ser mayor.

Además, se puede añadir que, al aplicar ecodriving tanto en pruebas de ruta como en dinamómetro si existe diferencia en reducción de combustible, el auto más económico con respecto al rendimiento de combustible es el kia picanto, le sigue el Chevrolet Sail y finalmente el Volkswagen gol, esto se traduce a que mientras menor sea su cilindrada mayor es el rendimiento de combustible.

Este análisis se puede acotar en la figura 18, en donde se muestran los efectos de cada una de las variables independientemente donde: el vehículo a medida que disminuye su cilindrada contribuye a aumentar el rendimiento, así cuando se aplica conducción *Ecodriving* y en condiciones de dinamómetro.

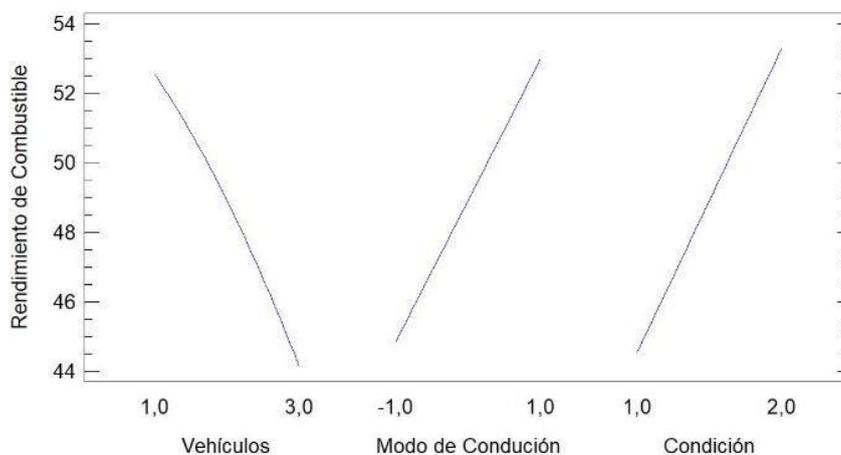


Figura 18. Efectos principales para el rendimiento de combustible

Según (Mensing, Bideaux, Trigui, & Ribet, 2014), el factor que permite elevar el rendimiento y la eficiencia de energía térmica son los motores con capacidades volumétricas inferiores, debido a que estos poseen bloques más modernos, tecnologías modernas, utilizan menos pistones, por ende, menor cilindrada y mayor potencia específica.

En las figuras 19 y 20, se representa la relación que posee el rendimiento de combustible en función del tipo de vehículo y el modo de conducción para las diferentes condiciones de prueba; se puede apreciar que los mejores resultados se presentan en ambos casos (pruebas

en dinámometro y ruta) para los vehículos con menores cilindradas en el modo de conducción ecodriving.

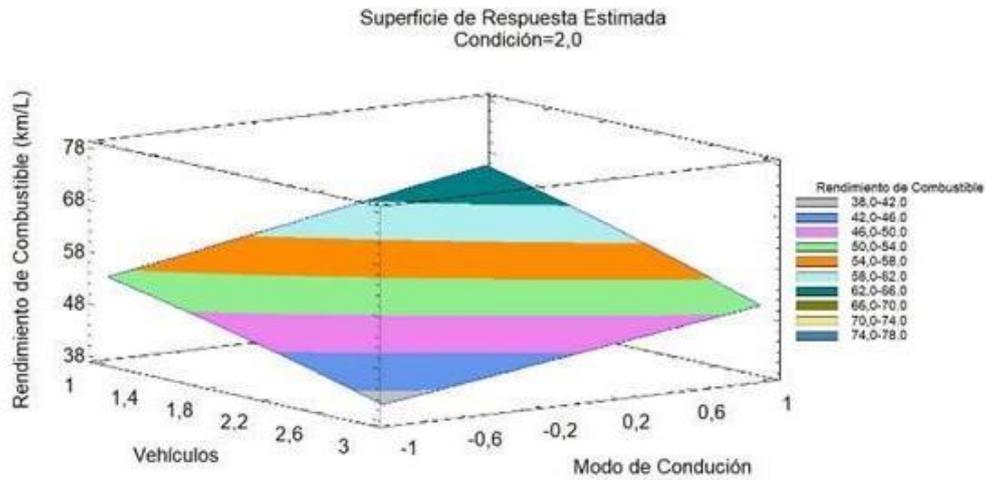


Figura 19. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible en condiciones de dinámometro
Fuente: Autor

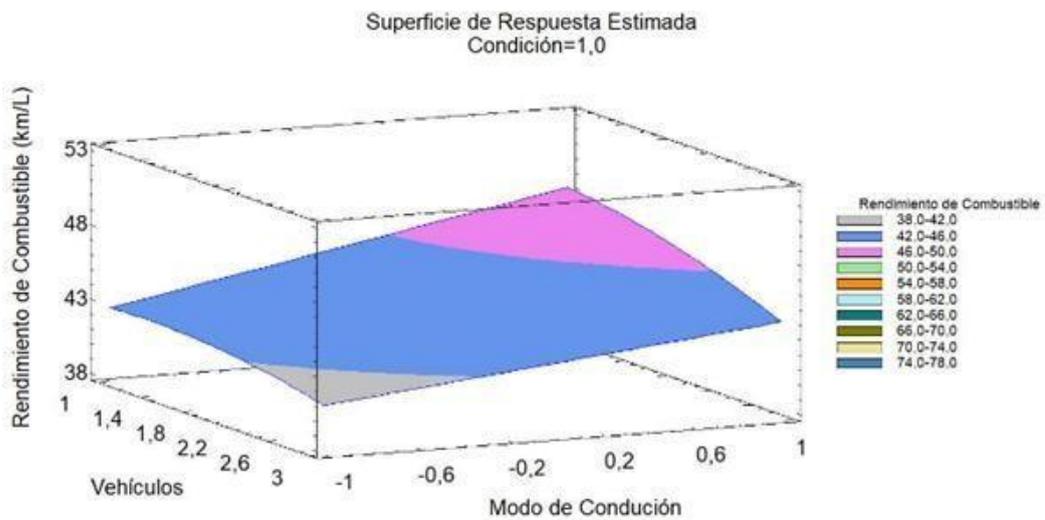


Figura 20. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible en condiciones de ruta

En la figura 21, se aprecia con el diagrama de Pareto que los factores con mayor incidencia en el rendimiento son: el vehículo (el cual representa el cambio de la cilindrada), la condición de la prueba y el modo de conducción y sus interacciones.

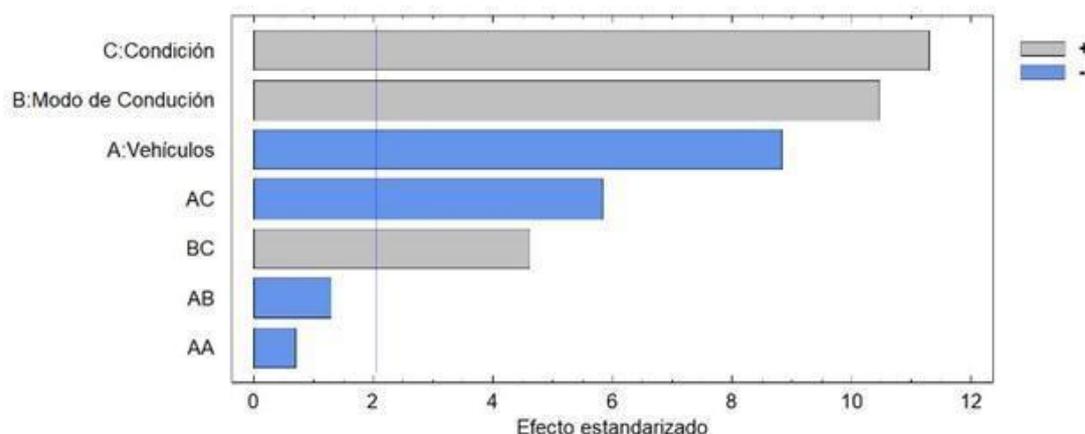


Figura 21. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible
Fuente: Autor

Análisis de resultados de Factores de Emisión Análisis de los resultados para los factores de emisión en dinamómetro

Se obtiene, en las tablas 16, tabla 17 y tabla 18, los resultados de los factores de emisión tantopara FCO, FHC y FNOx en conducción normal y conducción ecodriving para cada modelo devehículo.

Tabla 16
Factores de emisión kia Picanto

Prueba	Conducción Normal (1)				Conducción Ecológica (2)			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	0,077	2,345	0,027	0,013	0,054	2,079	0,029	0,009
2	0,070	2,013	0,022	0,011	0,060	2,186	0,030	0,008
3	0,067	1,861	0,020	0,010	0,058	2,200	0,030	0,008
Promedio	0,071	2,073	0,023	0,011	0,057	2,155	0,030	0,008

Fuente: Autor

Tabla 17
Factores de emisión Chevrolet sail

Prueba	Conducción Normal (1)				Conducción Ecológica (2)			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	0,077	2,049	0,032	0,053	0,065	1,600	0,028	0,051
2	0,084	1,550	0,034	0,061	0,065	1,614	0,023	0,044
3	0,076	1,839	0,026	0,044	0,063	1,423	0,018	0,041
Promedio	0,079	1,813	0,031	0,051	0,064	1,546	0,023	0,046

Fuente: Autor

Tabla 18*Factores de emisión Volkswagen Gol*

Prueba	Conducción Normal (1)				Conducción Ecológica (2)			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	0,091	4,749	0,095	0,068	0,075	3,567	0,076	0,057
2	0,099	3,827	0,074	0,073	0,072	3,554	0,064	0,055
3	0,094	4,495	0,095	0,071	0,075	3,871	0,078	0,061
Promedio	0,095	4,357	0,088	0,071	0,074	3,664	0,073	0,058

Fuente: Autor

Análisis de Factor de Emisión CO

De las tablas antes presentadas se ha escogido los datos promedios de FCO tanto en conducción normal como en conducción ecodriving de cada uno de los modelos de vehículos, presentando los resultados en la tabla 19.

Tabla 19*Media Factor de emisión CO*

AUTOS	FCO (gr/km)
PICANTO	2,114
SAIL	1,679
GOL	4,01

Fuente: Autor

En donde, en la figura 22, se puede apreciar gráficamente que el vehículo que menos porcentaje de factor de emisión CO emitió a la atmósfera fue el Chevrolet Sail con una cilindrada de 1.4 cc, representando únicamente el 22 % de emisión, a comparación del Kia Picanto con una cilindrada de 1.2 cc con 27 % y Volkswagen Gol con un 51 % teniendo una cilindrada de 1.6 cc.

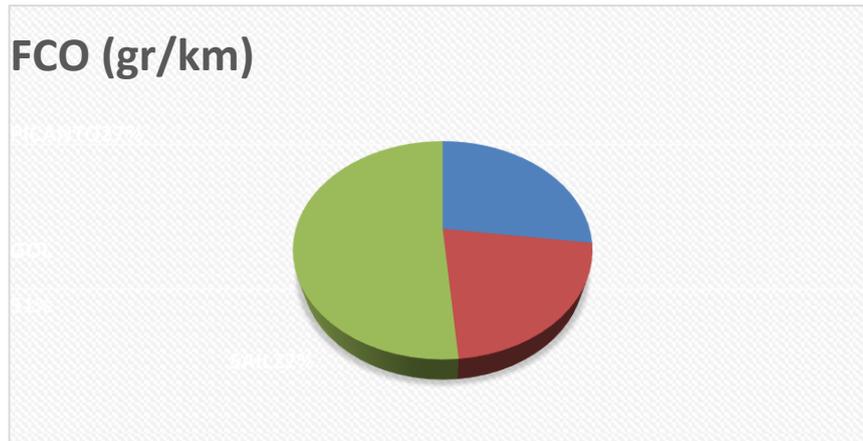


Figura 22. Porcentajes de emisión para FCO
Fuente: Autor

Se puede comprobar dichos resultados con el programa Statgraphics con respecto a los FCO, en donde haciendo énfasis en la tabla 20 y figura 23, existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindradas medias de 1.4 cc, independientemente del modo de conducción, aunque se debe destacar que en conducción Ecodriving los valores son menores. Los resultados más críticos se obtienen para las mayores cilindradas.

Tabla 20
Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para el FCO

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T4 FCO	3	1,54567	X
T3 FCO	3	1,81267	XX
T1 FCO	3	2,073	X
T2 FCO	3	2,155	X
T6 FCO	3	3,664	X
T5 FCO	3	4,357	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD
Fuente: Autor

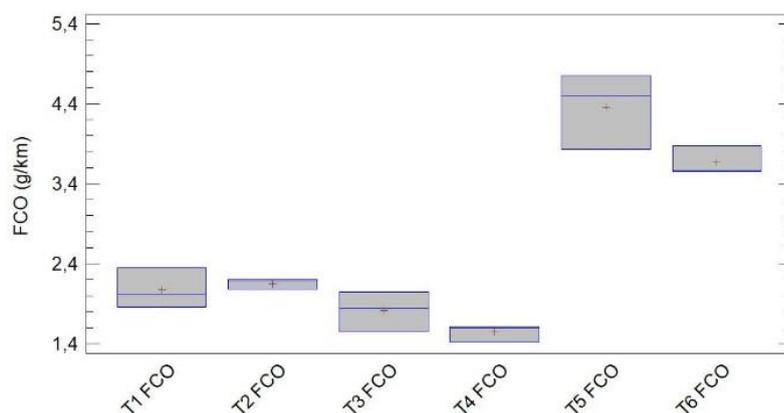


Figura 23. Gráfico comparativo para FCO

Fuente: Autor

Los factores para el incremento del CO constituyen un alto par motor, alto cilindraje, número de revoluciones y el coeficiente de aire (Gongbin, 2013), en el caso de la conducción eficiente se trata de mantener constantes las rpm y par motor medio, lo que indica que la variación de CO es mayor debido a que se tiene un coeficiente de aire de modo casi lineal con tendencia a mezcla rica. En el estudio desarrollado por ^(Haworth, 2001), concluye que la conducción ecológica no necesariamente produce reducción de CO, porque se llevan a cabo en diferentes ambientes especificados de prueba y limitaciones, tales como tipo de vehículo, ciclo de conducción, etc., lo cual corrobora con los datos obtenidos en el presente estudio.

Análisis de Factor de Emisión HC

De las tablas antes presentadas se ha escogido los datos promedios de FHC tanto en conducción normal como en conducción ecodriving de cada uno de los modelos de vehículos, presentandolos resultados en la tabla 21.

Tabla 21

Media Factor de emisión HC

AUTOS	FHC (gr/km)
PICANTO	0,03
SAIL	0,03
GOL	0,08

Fuente: Autor

En donde, en la figura 24, se puede apreciar gráficamente que los vehículos que menos porcentaje de factor de emisión HC emiten a la atmósfera fueron el Kia Picanto con una cilindrada de 1.2 cc con el 22 % y el Chevrolet sail con una cilindrada de 1.4cc con el 21 %, a comparación del Volkswagen gol con un 51 % de emisión mismo que posee una cilindrada de 1.6 cc.



Figura 24. Porcentajes de emisión para FHC
Fuente: Autor

Se corrobora con los resultados obtenidos mediante el programa Statgraphics, en el cual, y haciendo referencia en la tabla 22 y figura 25, con respecto a los FHC, se deserta que, existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindradas entre 1.2 y 1.4 cc, independientemente del modo de conducción. Paravehículos con cilindradas superiores los mejores resultados se obtienen en conducción *Ecodriving*.

Tabla 22
Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para el FHC

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T4 FHC	3	0,023	X
T1 FHC	3	0,023	X
T2 FHC	3	0,0296667	X
T3 FHC	3	0,0306667	X
T6 FHC	3	0,0726667	X
T5 FHC	3	0,088	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD
Fuente: Autor

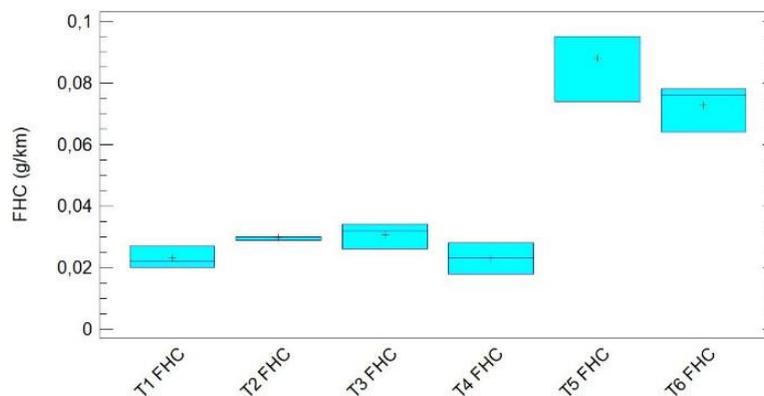


Figura 25. Gráfico comparativo para FHC
Fuente: Autor

Se determinó además que, existe diferencia significativa entre los modos de conducción para el caso del factor de emisión HC, lo cual coincide con estudios realizados por (Mensing, Bideaux, Trigui, & Ribet, 2014), donde se obtiene una reducción de los HC del 7.4 % en vehículos de bajas cilindradas entre (1.0 a 1.5cc) en una simulación de un vehículo liviano a una altura de 169 msnm aplicando la conducción eficiente, la diferencia de dichos resultados puede estar dada por las condiciones de altura a la cual se realizaron los estudios a más del

ciclo de prueba escogido para la experimentación en el laboratorio.

Análisis de Factor de Emisión NOx

De las tablas antes presentadas se ha escogido los datos promedios de FNOx tanto en conducción normal como en conducción ecodriving de cada uno de los modelos de vehículos, presentando los resultados en la tabla 23.

Tabla 23
Media Factor de emisión FNOx

AUTOS	FNOx (gr/km)
PICANTO	0,009
SAIL	0,05
GOL	0,06

Fuente: Autor

En donde, en la figura 26, se puede apreciar gráficamente que el vehículo que menos porcentaje de factor de emisión FNOx emite a la atmósfera fue el Kia Picanto con una cilindrada de 1.2 cc con el 8 %, el Chevrolet sail con una cilindrada de 1.4 cc con el 42 %, y el Volkswagen gol con una cilindrada de 1.6 cc con el 51 % de emisión.



Figura 26. Porcentajes de emisión para FNOx

Fuente: Autor

El análisis realizado anteriormente se corrobora utilizando el programa statgraphics, el cual nos indica que en base a la tabla 24 y figura 27, con respecto al FNOx, concluye que existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindrada de 1.2 cc, independientemente del modo de conducción; aunque se debe destacar que en conducción *Ecodriving* los valores son menores.

Tabla 24

Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para FNOx

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2 FNOx	3	0,0083333 3	X
T1 FNOx	3	0,0113333	X
T4 FNOx	3	0,0453333	X
T3 FNOx	3	0,0526667	XX
T6 FNOx	3	0,0576667	X
T5 FNOx	3	0,0706667	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD

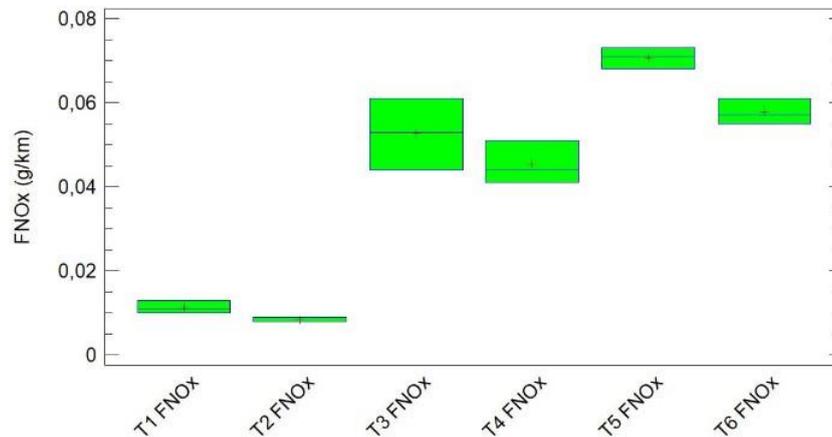


Figura 27. Gráfico comparativo para FNOx

Fuente: Autor

Estos resultados se revalidan con el estudio desarrollado por (Haworth, 2001), donde se manifestó que al aplicar conducción normal y conducción eficiente con una velocidad media entre 60 km/h y 80 km/h con cilindradas bajas, se reducen estas emisiones, debido a que el régimen de trabajo es más lineal y por tanto las temperaturas de trabajo en el interior del cilindro son más estables.

Cálculo Anual de consumo de combustible en cada uno de los vehículos

Para el cálculo de consumo anual de combustible se va a tomar como referencia si un vehículo en promedio recorre 20.000 Kms, para ello se ha tomado en cuenta las medias de los consumos en lt/km para cada vehículo tanto para conducción normal y conducción ecodriving realizados en ruta con una distancia de 17km y con un costo de \$ 2,89 el galón de combustible súper, los resultados se **Tabla 25**

Cálculo anual de consumo de combustible en cada uno de los vehículos

Auto	Conducción	Distancia (km)	Consumo (Lt/km)	Consumo (Lt/20000km)	Consumo (gal)	Costo (\$)
Picanto	Normal	17	0,089	1780	470,22	\$ 1358,94
	Eco	17	0,079	1580	417,39	\$ 1206,26
Sail	Normal	17	0,09	1800	475,51	\$ 1374,52
	Eco	17	0,081	1620	427,96	\$ 1236,80
Gol	Normal	17	0,092	1840	486,08	\$ 1404,77
	Eco	17	0,086	1720	454,37	\$ 1313,13

Fuente: Autor

Posterior al análisis del consumo de combustible al año con un promedio de 20000 kms de recorrido se tiene que en el Kia Picanto en conducción normal nos consumiría 470.22 gal con un gasto anual de \$ 1358.94 USD, mientras que aplicando conducción ecodriving nos consumiría 417.39 gal con un gasto anual de \$ 1206.26 USD, teniendo un ahorro de \$ 152.68 USD anuales y una reducción de 52,83 galones al año.

Con un promedio de 20000 kms de recorrido se tiene que en el Chevrolet Sail en conducción normal nos consumiría 475.51 gal con un gasto anual de \$ 1374.22 USD, mientras que aplicando conducción ecodriving el consumo disminuiría a 427.96 gal con un gasto anual de \$1236.80 USD, teniendo un ahorro de \$ 137.42 USD anuales y una reducción de 47,55 galones al año.

Mientras que en la misma distancia de recorrido en el Volkswagen Gol en conducción normal nos consumiría 486.08 gal con un gasto anual de \$ 1404.77 USD, mientras que aplicando conducción ecodriving el consumo disminuiría a 454.37 gal con un gasto anual de \$ 1313.13 USD, teniendo un ahorro de \$ 91.64 USD anuales y una reducción de 31,71 galones.

ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Anexo 5 Larrea. Norma NTE INEN 2 204: 2000 p.1-7

GESTIÓN AMBIENTAL AIRE

VEHÍCULOS AUTOMOTORES

LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

3.1 Año modelo

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2 Ciclo

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuentes móviles equipadas con

electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.3 Ciclos de prueba

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

3.3.1 Ciclo ECE + EUDC

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.3.2 Ciclo FTP-75

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.4 Dinamómetro

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.5 Emisión de escape

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.6 Fuente móvil

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.7 Marcha mínima o ralentí

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

3.8 Motor

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.9 Peso bruto vehicular (PBV)

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

3.10 Peso de vehículo en vacío (tara)

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

3.11 Peso de referencia (PR)

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

3.12 Prueba dinámica

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

3.13 Temperatura normal de operación

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.14 Vehículo automotor

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.15 Vehículo prototipo

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

3.16 Categoría M

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

3.17 Categoría N

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

3.17.1 Subcategoría N1

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

4. REQUISITOS

4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años ^a			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

^a Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.

Abreviaturas:

PBV Peso bruto vehicular
 LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)
 ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)LDT
 Camión ligero
 LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)
 HLDT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M ^a	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A)
N1 ^b	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤ 1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

^a Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.
^b Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 Kg.

5. MÉTODOS DE ENSAYO

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203.

Anexo 6 Chuva J.H. Contaminantes del aire producidos por los vehículos y sus efectos en la salud p. 11- 12

En esta sección se detallan los gases que se producen por los vehículos al momento de la combustión, también se describe los efectos en la salud de las personas que producen este tipo de gases contaminantes.

Dióxido De Nitrógeno (NO2)

De acuerdo con la (Municipalidad, 2015), este gas es altamente tóxico, irritante y hasta reactivo en altas cantidades de concentración, generando irritación de los alvéolos e infección en los pulmones. Otro término utilizado para denominar el dióxido de nitrógeno es el de óxidos de nitrógeno (NOx), las emisiones más relevantes de este tipo de gas se generan en la combustión de los motores de los vehículos.

Material Particulado

La (Municipalidad, 2015), indica que este material particulado se forma por la mezcla de partículas sólidas y líquidas. Existen dos tipos de fuentes para la formación de este material, como puede ser de la emisión de fuentes primarias o fuentes secundarias como la condensación de los contaminantes gaseosos. La generación de material particulado con un diámetro menor a 10 μm (MP10) se da por consecuencia del tráfico vehicular en carreteras sin pavimento, así también por las cosechas agrícolas y por trabajos de construcción. Este tipo de partículas pueden generar irritación en la garganta, nariz y ojos, también pueden ingresar en los pulmones, siendo tan pequeñas que pueden ser absorbidas por el torrente sanguíneo. Las partículas finas, con un diámetro de 2.5 μm (MP2.5), se producen generalmente por el proceso de combustión en los vehículos, la generación de energía en las centrales térmicas, procesos industriales, chimeneas y estufas de madera. Estas partículas pueden ingresar de forma directa a los alveolos de los pulmones, puede generar defectos en la visibilidad cuando las partículas oscilan en tamaños de 0.4 y 0.7 μm . Estas partículas pueden llegar hasta la zona donde se intercambian gases en los pulmones generando irritación pulmonar u otras enfermedades, ya que el MP2.5 es un agente contaminante cancerígeno.

Dióxido De Azufre (SO₂)

En cuanto a este gas, la (Municipalidad, 2015), señala que en grandes concentraciones 12 genera irritaciones oculares, como también en las vías respiratorias, produce la disminución de las defensas en el sistema respiratorio y aumenta la gravedad de enfermedades del corazón o cardiovasculares. Las personas que más afectadas se ven con este tipo de gas contaminante son personas con enfermedades crónicas respiratorias, personas con asma o con problemas cardiovasculares.

Monóxido De Carbono (CO)

Según (Municipalidad, 2015), este tipo de gas puede generar contaminación crítica en espacios cerrados, es por esto por lo que muchas de las veces se dan las muertes por asfixia, ya que la acumulación de monóxido de carbono genera la contaminación del aire ya sea de viviendas u otros lugares que permanezcan cerrados o no tengan una ventilación eficiente. El Cantón Cuenca cuenta con una altura de 2550 msnm, generando una baja considerable de disponibilidad de oxígeno, es por esto que el proceso de combustión de gasolina y diésel tiene una menor eficiencia, provocando mayores emisiones de CO.

Dióxido De Carbono (CO₂)

En los motores a gasolina según (Movilidad Sostenible) registra una emisión de 2,3kg de CO₂ por litro, y en los motores a diésel se registra un 2,6 kg por litro. Cuando el vehículo emite cantidades altas de (CO₂) producen complicaciones en la salud de las personas que inhalan estas concentraciones, afectando directamente a la funcionalidad pulmonar reduciendo su funcionamiento.

Anexo 7 Chuva J.H. Resultados de revisión técnica vehicular de categoría M1. Moda de Gases que influyen en la no aprobación por emisiones contaminantes p. 90- 132

Resultados del año 2015 de la revisión técnica vehicular

Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

En la tabla 7.43, se observa el valor de R.cuad. Que tiene mayor significancia es HC a 2500rpm con un valor de R.cuad de 56.12%.

Tabla 7.43 Subcategoría M1. Modelos hasta 1989

Año 2015. Subcategoría M1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	P	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	21.24	0	42.96	A-B
Hc 2500	56.12	0	69.97	A-B
CO ralentí	33.67	0	44.40	A-B
CO 2500	45.10	0	45.87	A-B
O2 bajas	0.04	0.296	2.91	A-A

Fuente: Autores

El valor de p en todos los gases es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

En la columna de agrupación se aprecia que los gases HC ralentí, HC 2500, CO ralentí, CO 2500 pertenecen al grupo A-B, y en el caso del O2 bajas no tiene una diferencia de medias significativa, sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma.

El gas que más influye en la contaminación es el HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 69.97%.

En la figura 7.50, se presentan los valores de la diferencia de medias de forma gráfica, en la cual se observa que el gas más influyente en los vehículos con año fabricación hasta 1989, son los HC a 2500 rpm

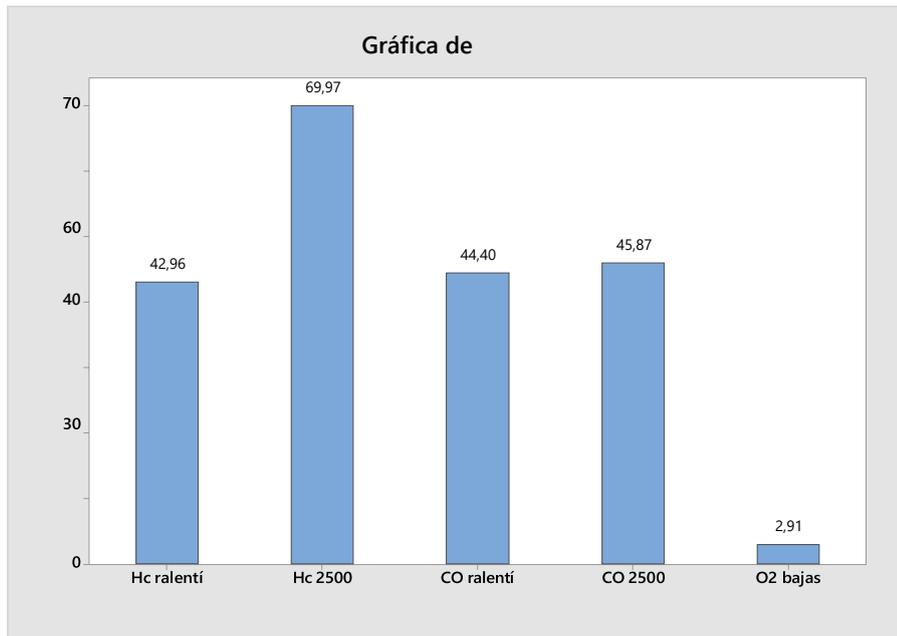


Figura 7.50 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

En la tabla 7.44, se muestra los valores obtenidos de cada gas analizado es el software estadístico, se observa que el gas que tiene el valor de R.cuad. De mayor significancia es HC a2500 rpm con un valor de R.cuad de 55.89%.

En la columna del valor de p en todos los gases es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

En la columna de agrupación se aprecia que los gases tienen una diferencia de medias significativas.

Se determina que los vehículos hasta el año de fabricación de 1999, el gas que más influye en la contaminación es los HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 68.54%.

Tabla 7.44 Subcategoría M1. Modelos hasta 1999

Año 2015. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	P	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	20.55	0	40.95	A-B
Hc 2500	55.89	0	68.54	A-B
CO ralentí	27.06	0	47.36	A-B
CO 2500	28.56	0	44.85	A-B
O2 bajas	2.19	0	17.56	A-B
Año 2015. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	P	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	35.59%	0	45.21	A-B

Fuente: Autores

En la figura 7.51, se observa que el gas más influyente con respecto a la diferencia de

medias en los vehículos con año fabricación hasta 1999, son los HC a 2500 rpm.

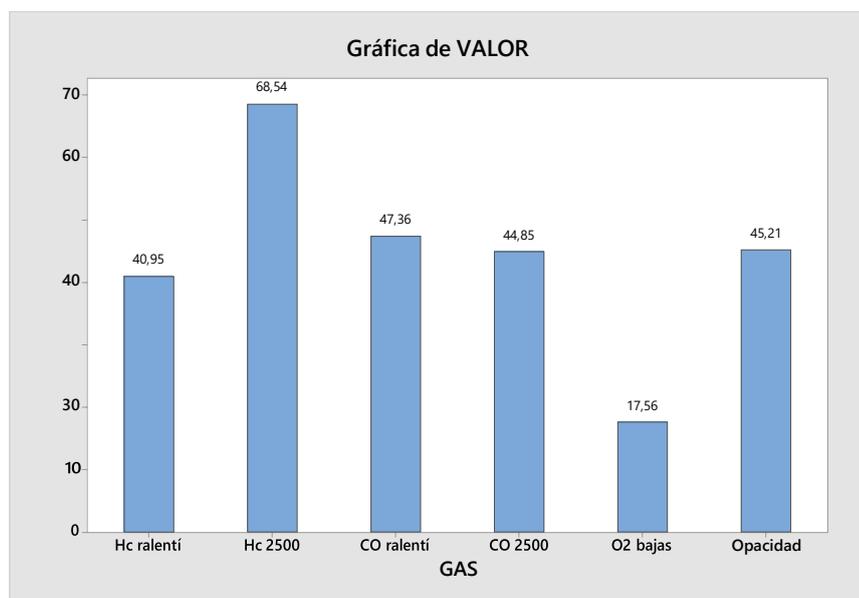


Figura 7.51 Gráfica de barras, modelos hasta 1999 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.45, se presenta los valores obtenidos de los gases analizados, en donde se observa que el valor de R.cuad. Tiene mayor significancia en el gas de HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 45.45%, CO a Ralentí rpm con un valor de R.cuad de 47.94%.

El valor de p en todos los gases se observa que es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

Por último, se determina que los vehículos desde el año 2000 de fabricación hasta la actualidad, cuyos gases que más contaminan son los HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 71.94%, el CO a Ralentí con una diferencia de medias de 71.84%.

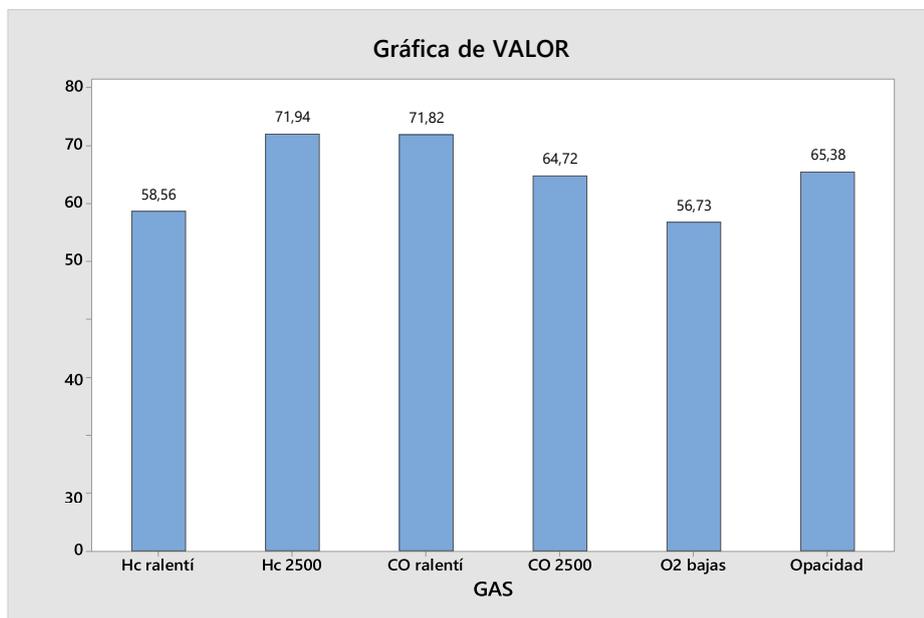
Tabla 7.45 Subcategoría M1. Modelos desde el 2000

Año 2015. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	P	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralenti	28.95	0	58.56	A-B
Hc 2500	45.45	0	71.94	A-B
CO ralenti	47.94	0	71.82	A-B
CO 2500	43.26	0	64.72	A-B
O2 bajas	29.60	0	56.73	A-B
Año 2015. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	P	Dife.medias [%]	Agrupación

Opacidad	55.11	0	65.38	A-B
----------	-------	---	-------	-----

Fuente: Autores

Figura 7.52 Gráfica de barras, modelos desde el 2000 Fuente: Autores



En la figura 7.52, el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación desde el 2000 hasta la actualidad, son los HC a 2500 rpm y el CO a Ralentí.

Resultados del Año 2015 de la revisión técnica vehicular subcategoría N1
Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

En la tabla 7.46, se presenta los valores de los gases analizados, en donde se observa que el valor de R.cuad. Tiene mayor significancia en el gas de HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 32.14%.

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05, excepto el valor de O2 bajas que tiene un valor de 0.237.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa y en el caso del O2 bajas no tiene una diferencia de medias significativa, sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma.

Por último, se dice que el gas más influyente para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 67.37%.

Tabla 7.46 Subcategoría N1. Modelos hasta 1989

Año 2015. Subcategoría N1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	19.54	0	40.75	A-B
Hc 2500	43.22	0	67.37	A-B
CO ralentí	31.14	0	42.29	A-B
CO 2500	38.49	0	42.24	A-B
O2 bajas	0.09	0.237	3.96	A-A

Fuente: Autores

En la figura 7.53, el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación hasta 1989 son los HC a 2500 rpm.

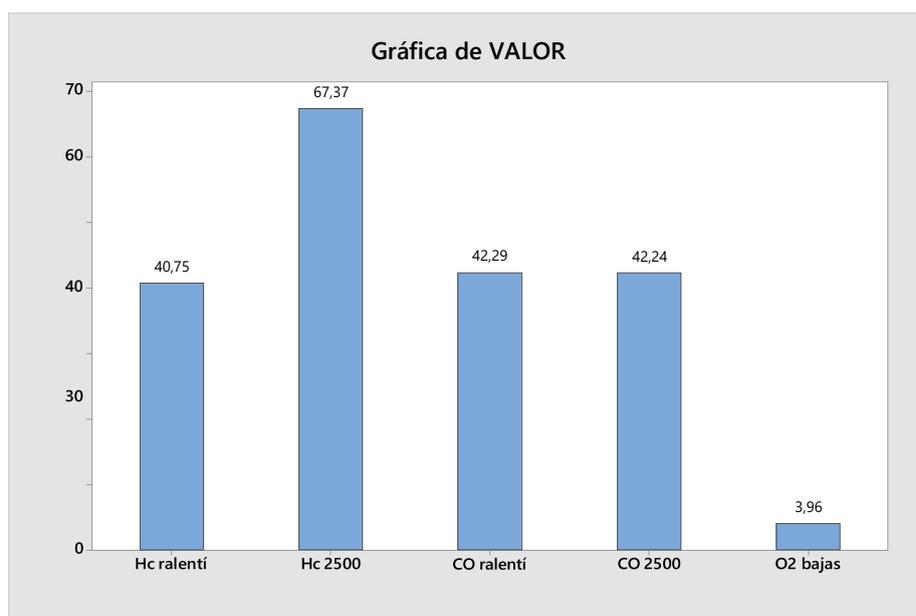


Figura 7.53 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

En la tabla 7.47, se presenta el valor de R.cuad del gas de HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 70.32% y el valor de R.cuad del gas de Opacidad con un valor de R.cuad de 56.5% siendo estos los significantes.

Tabla 7.47 Subcategoría N1. Modelos hasta 1989

Año 2015. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	16.07	0	42.21	A-B
Hc 2500	40.55	0	70.32	A-B
CO ralentí	23.85	0	43.69	A-B
CO 2500	21.65	0	35.50	A-B
O2 bajas	1.07	0	13.11	A-B
Año 2015. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	56.52	0	64.15	A-B

Fuente: Autores

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa.

Por último, se observa que los gases más influyentes para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 70.32% y Opacidad con un valor de diferencia de medias de 64.15%.

En la figura 7.54, mediante gráfica de barras se observa que los gases más influyentes a la contaminación ambiental son los HC a 2500 rpm y la Opacidad.

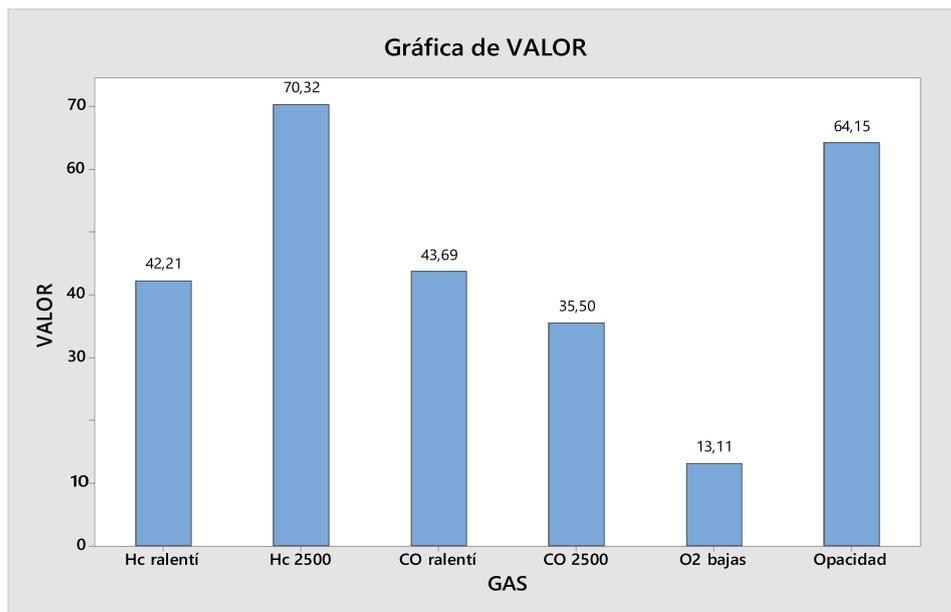


Figura 7.54 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.48, se presenta el valor de R.cuad. Del gas de HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 64.12% el cual tiene mayor significancia.

Tabla 7.48 Subcategoría N1. Modelos desde 1989

Año 2015. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	27.66	0	57.80	A-B
Hc 2500	64.12	0	77.75	A-B
CO ralentí	42.27	0	68.65	A-B
CO 2500	38.56	0	58.02	A-B
O2 bajas	7.78	0	36.1	A-B
Año 2015. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	16.22	0	49.36	A-B

Fuente: Autores

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05.

La Agrupación indicada que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa.

Por último, se observa que los gases más influyentes para la contaminación son HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 77.75%.

En la figura 7.55, se observa que el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación desde el 2000 hasta la actualidad, son los HC a 2500 rpm.

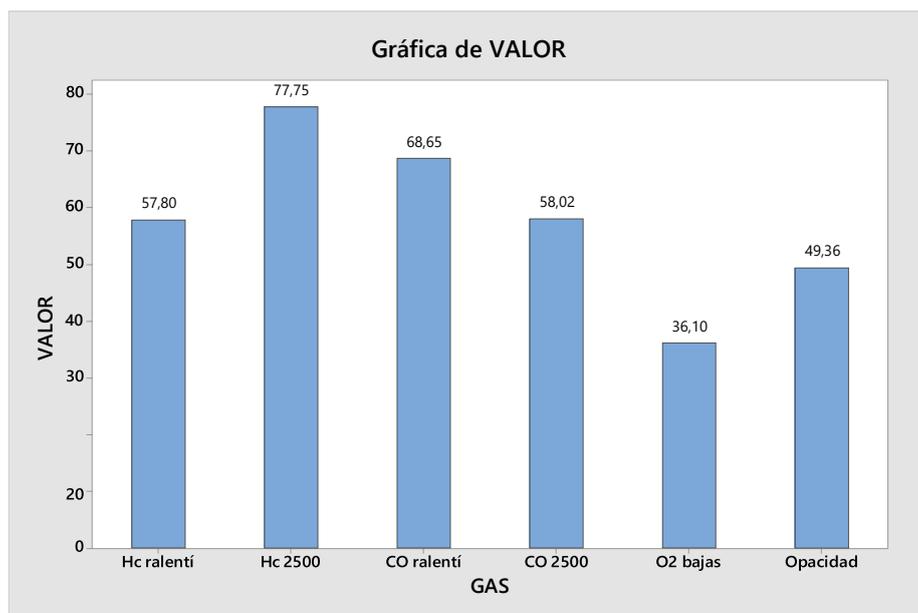


Figura 7.55 Gráfica de barras, modelos desde el 2000 Fuente: Autores

Resultados del Año 2016 de la revisión técnica vehicular subcategoría M1

Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

En la tabla 7.49, se observa el valor de R.cuad. Que tiene mayor significancia es HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 55.69%.

El valor de p en todos los gases es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05, excepto el valor de O2 bajas que tiene un valor de 0.059.

En la agrupación se observa que los gases HC ralentí, HC 2500, CO ralentí, CO 2500 pertenecen al grupo A-B, no es el caso del gas O2 bajas que no tiene una diferencia de medias significativa, sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma. El gas que más influye en la contaminación es el HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 68.25%.

Tabla 7.49 Subcategoría M1. Modelos hasta 1989

Año 2016. Subcategoría M1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	29.96	0	46.13	A-B
Hc 2500	55.69	0	68.25	A-B
CO ralentí	32.62	0	43.09	A-B
CO 2500	38.92	0	42.14	A-B
O2 bajas	0.19	0.059	5.92	A-A

Fuente: Autores

La figura 7.56, muestra los valores de la diferencia de medias de forma gráfica, en la cual se observa que el gas más influyente en los vehículos con año fabricación hasta 1989, son los HC a 2500 rpm.

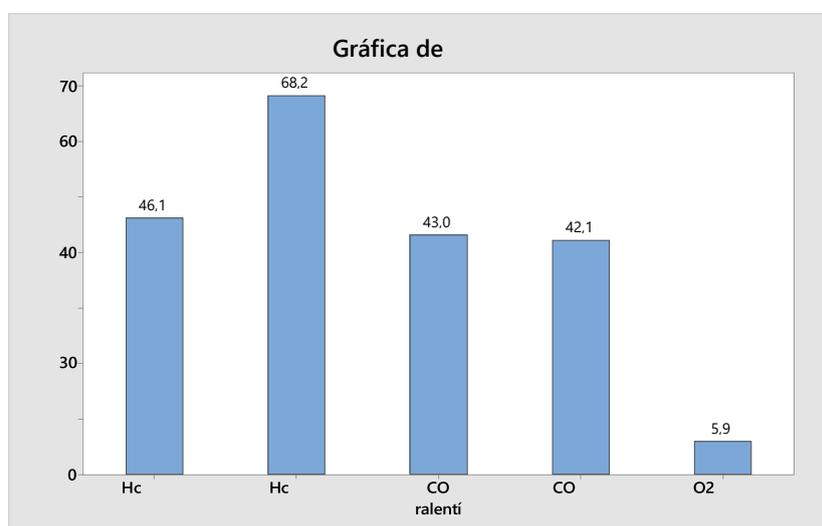


Figura 7.56 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

La tabla 7.50, muestra los valores que se obtienen de cada gas analizado es el software estadístico, se observa que el gas que tiene el valor de R.cuad. De mayor significancia es CO 2500 rpm con un valor de R.cuad de 54.50%.

En la columna del valor de p en todos los gases es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

En la columna de agrupación se aprecia que los gases tienen una diferencia de medias significativa.

Se determina que los vehículos hasta el año de fabricación de 1999, el gas que más influye en la contaminación es los HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 68.26%.

Tabla 7.50 Subcategoría M1. Modelos hasta 1999

Año 2016. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	24	0	42.84	A-B
Hc 2500	50	0	68.26	A-B
CO ralentí	53.16	0	62.21	A-B
CO 2500	54.50	0	58.54	A-B
O2 bajas	30.60	0	47.69	A-B
Año 2016. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	49.65	0	51.38	A-B

Fuente: Autores

La figura 7.57, indica que el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación hasta 1999, son los HC a 2500 rpm.

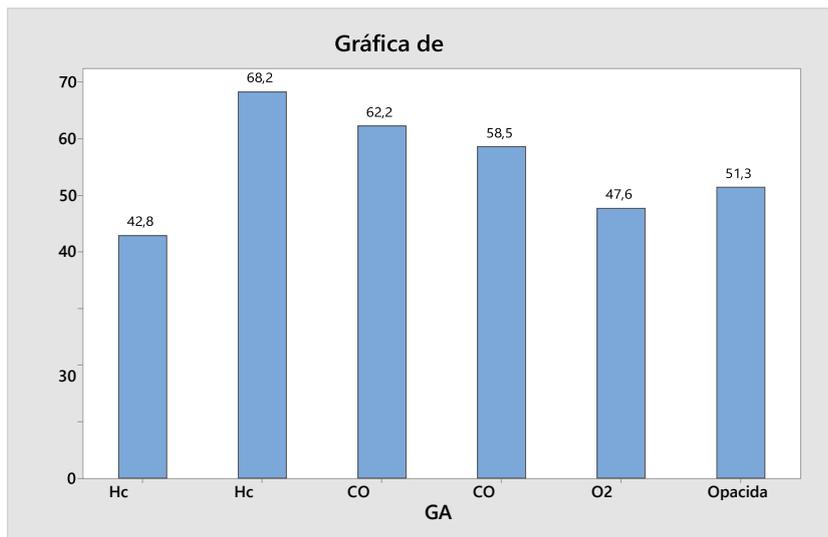


Figura 7.57 Gráfica de barras, modelos hasta 1999 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.51, se presenta los valores obtenidos de cada gas analizado, en donde se observa que el valor de R.cuad. Tiene mayor significancia en el gas de HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 56.39% y la Opacidad con un valor de R.cuad de 65.35%.

Tabla 7.51 Subcategoría M1. Modelos desde el 2000

Año 2016. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	33.93	0	59.96	A-B
Hc 2500	56.39	0	72.76	A-B
CO ralentí	46.47	0	71.52	A-B
CO 2500	42.15	0	65.07	A-B
O2 bajas	54.23	0	60.81	A-B
Año 2016. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	65.35	0	72.76	A-B

Fuente: Autores

El valor de p en todos los gases se observa que es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

Por último, se determina que los vehículos desde el año 2000 de fabricación hasta la actualidad, cuyos gases que más contaminan son los HC 2500 rpm con una diferencia de

medias de 72.76%, y la Opacidad con una diferencia de medias de 72.76%.

En la figura 7.58, se observa que el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación desde el 2000 hasta la actualidad, son los HC a 2500 rpm y la Opacidad.

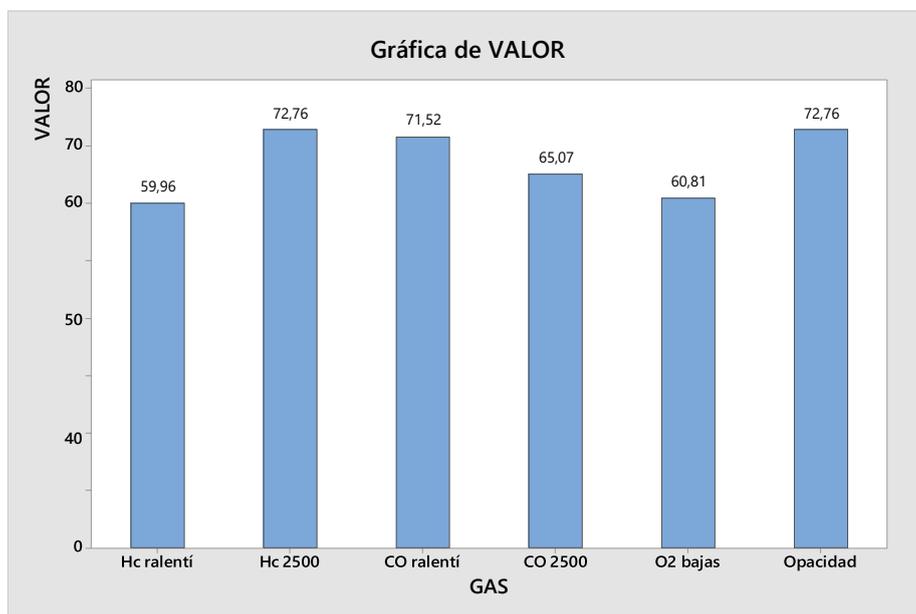


Figura 7.58 Gráfica de barras, modelos desde el 2000 Fuente: Autores

Resultados del Año 2016 de la revisión técnica vehicular subcategoría N1 Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

En la tabla 7.52, se observa que el valor de R.cuad. De HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 54.92% tiene mayor significancia.

Tabla 7.52 Subcategoría N1. Modelos hasta 1989

Año 2016. Subcategoría N1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	19.09	0	39.06	A-B
Hc 2500	54.92	0	68.32	A-B
CO ralentí	32.05	0	42.89	A-B
CO 2500	37.04	0	40.69	A-B
O2 bajas	0.62	0.005	9.63	A-A

Fuente: Autores

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa y en el caso del O2 bajas no tiene una diferencia de medias significativa, sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma.

Por último, se dice que el gas más influyente para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 68.32%.

En la figura 7.59, se observa que el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación hasta 1989 son los HC a2500 rpm.

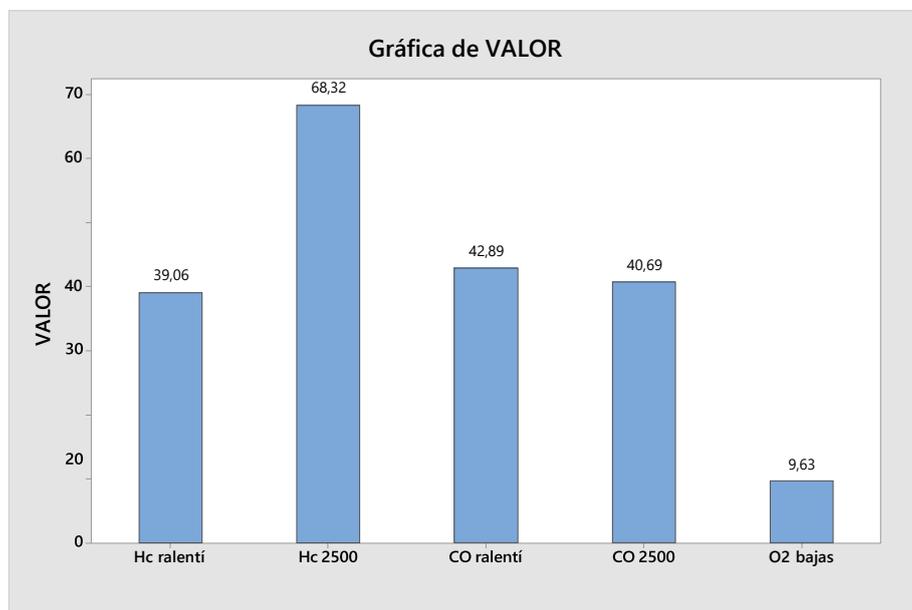


Figura 7.59 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

En la tabla 7.53, se presenta el valor de R.cuad ya que es el más significativo HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 70.32%.

Tabla 7.53 Subcategoría N1. Modelos hasta 1999

Año 2016. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	26.30	0	44.63	A-B
Hc 2500	61.63	0	71.15	A-B
CO ralentí	25.60	0	45.82	A-B
CO 2500	19.59	0	34.81	A-B
O2 bajas	1.72	0	16.5	A-B
Año 2016. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	11.11	0	27.26	A-A

Fuente: Autores

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de

medias significativa y en el caso de la Opacidad no tiene una diferencia de medias significativa, ya que sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma. Por último, se observa que los gases más influyentes para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 77.15%.

En la figura 7.60, mediante gráfica de barras se observa que el gas más influyente a la contaminación ambiental son los HC a2500 rpm.

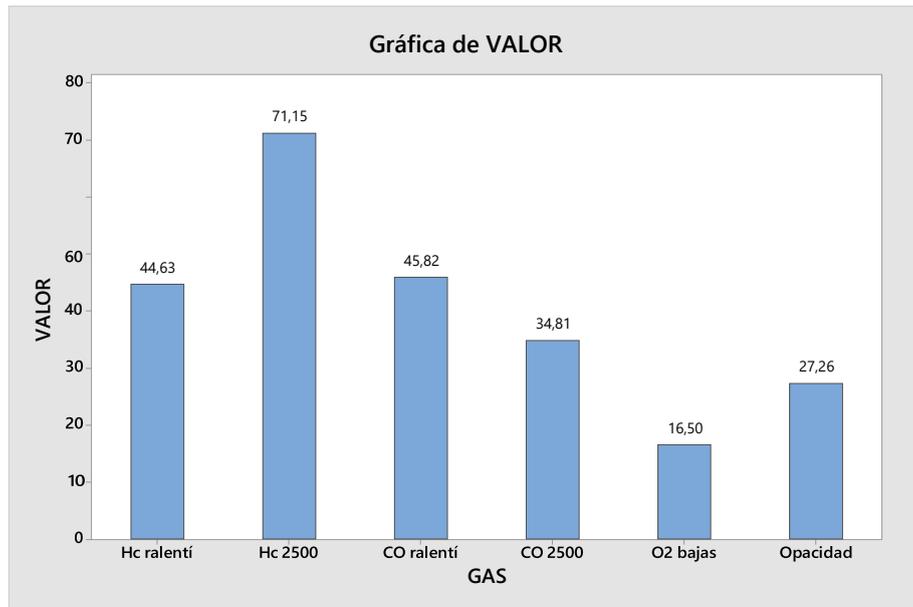


Figura 7.60 Gráfica de barras, modelos hasta 1999 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.54, se presenta el valor de R.cuad. Siendo el gas de HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 61.34% el cual tiene mayor significancia.

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05, excepto el valor de la Opacidad que tiene un valor superior eso dice q su valor no es significativo.

La Agrupación indicada que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa y en el caso del Opacidad no tiene una diferencia de medias significativa, ya que sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma.

Por último, se observa que los gases más influyentes para la contaminación son HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 76.10% y CO Ralentí con un valor de diferencia de medias de 66.71%.

Tabla 7.54 Subcategoría N1. Modelos desde el 2000

Año 2016. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación

Hc ralentí	30.09	0	56.94	A-B
Hc 2500	61.34	0	76.10	A-B
CO ralentí	39.23	0	66.71	A-B
CO 2500	29.46	0	53.74	A-B
O2 bajas	31.61	0	59.25	A-B
Año 2016. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	0.05	0.149	35.6	A-A

Fuente: Autores

En la figura 7.61, se muestra el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación desde el 2000 hasta la actualidad, son los HC a 2500 rpm y CO a Ralentí.

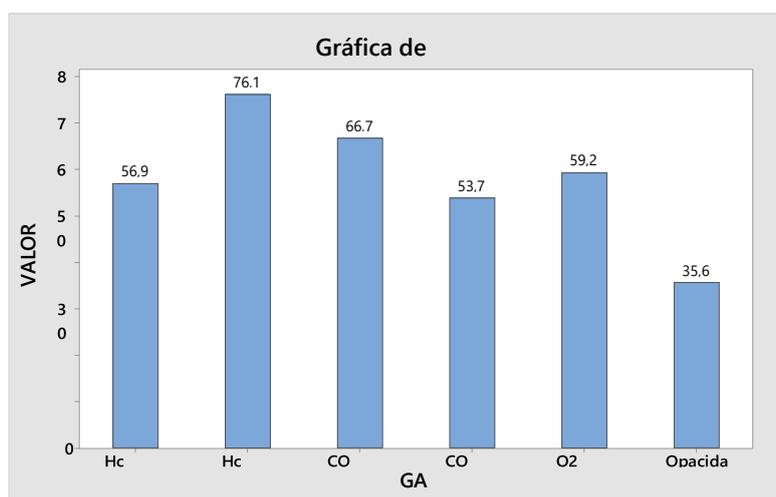


Figura 7.61 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Resultados del Año 2017 de la revisión técnica vehicular subcategoría M1
Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

En la tabla 7.55, se observa el valor de R.cuad. De mayor significancia es HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 63.11%.

El valor de p en todos los gases es de 0 esto significa que son significativos.

En la agrupación se observa que los gases HC ralentí, HC 2500, CO ralentí, CO 2500 y O2 bajas pertenecen a un mismo grupo y tienen medias significantes.

El gas que más influye en la contaminación es el HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 69.45%.

Tabla 7.55 Subcategoría M1. Modelos hasta 1989

Año 2017. Subcategoría M1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	29.70	0	43.79	A-B
Hc 2500	63.11	0	69.45	A-B
CO ralentí	43.12	0	50.33	A-B
CO 2500	46.99	0	47.75	A-B
O2 bajas	1.62	0	17.03	A-B

Fuente: Autores

En la figura 7.62, se presentan los valores de la diferencia de medias de forma gráfica, en donde se observa que el gas más influyente en los vehículos con año fabricación hasta 1989, son los HC a 2500 rpm.

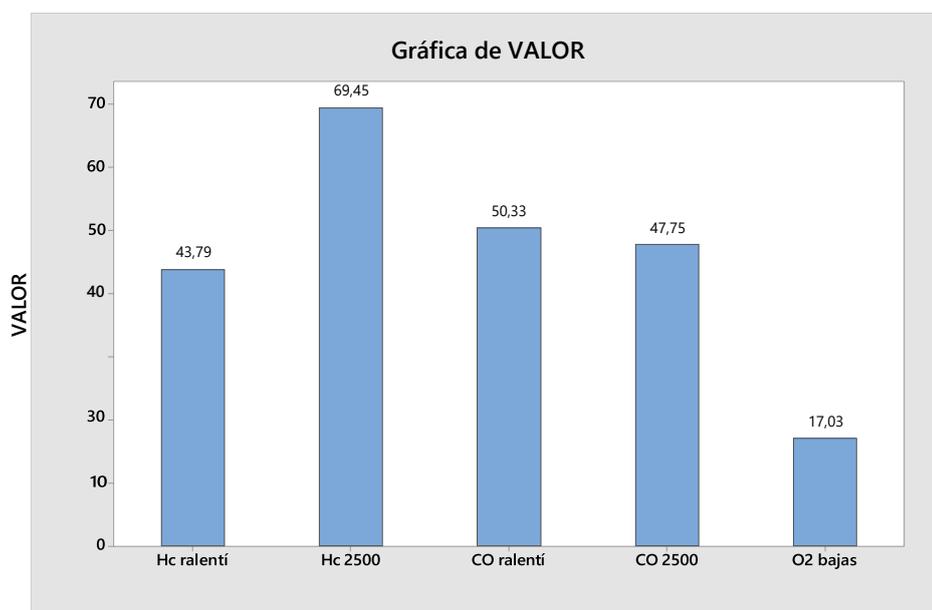


Figura 7.62 Gráfica de barras, modelos hasta 1989Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

En la tabla 7.56, se muestra los valores obtenidos en el software estadístico, en donde se observa que el gas que tiene el valor de R.cuad. De mayor significancia es HC 2500 rpm con un valor de R.cuad de 65.37%.

Tabla 7.56 Subcategoría M1. Modelos hasta 1999

Año 2017. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación

Hc ralentí	30.14	0	43.73	A-B
Hc 2500	65.37	0	69.94	A-B
CO ralentí	35.27	0	53.30	A-B
CO 2500	35.35	0	49.88	A-B
O2 bajas	4.76	0	24.95	A-B
Año 2017. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	47.16	0	49.11	A-B

Fuente: Autores

En la columna del valor de p en todos los gases es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

En la columna de agrupación se aprecia que los gases tienen una diferencia de medias significativa.

Se determina que los vehículos hasta el año de fabricación de 1999, el gas que más influye en la contaminación es los HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 69.94%.

La figura 7.63, muestra que el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias son los HC a 2500 rpm.

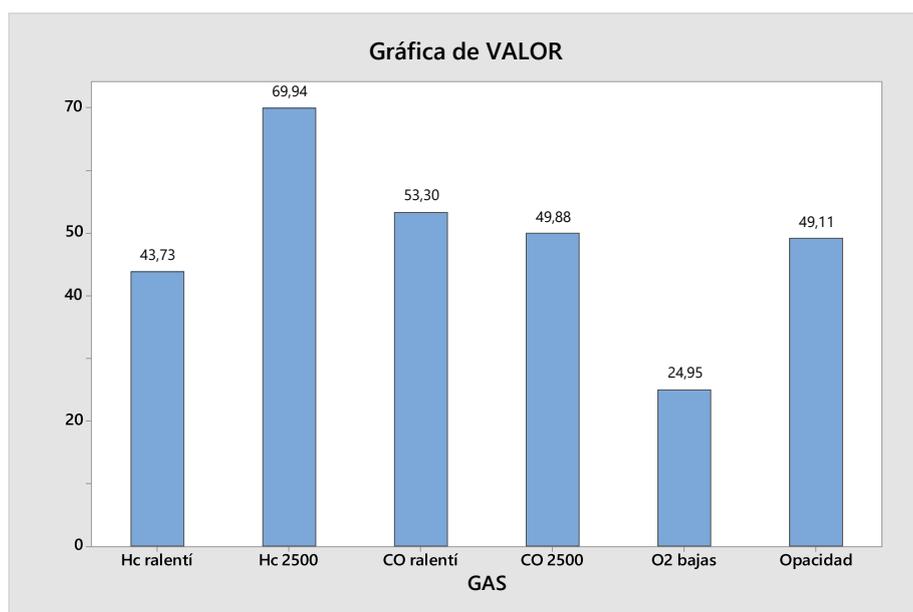


Figura 7.63 Gráfica de barras, modelos hasta 1999Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.57, se presenta los valores obtenidos de cada gas analizado, en donde se observa que el valor de R.cuad. Tiene mayor significancia en el gas de HC a 2500 rpm con unvalor de R.cuad de 44.13%.

Tabla 7.57 Subcategoría M1. Modelos desde el 2000

Año 2017. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	32.74	0	57.83	A-B
Hc 2500	44.13	0	70.19	A-B
CO ralentí	37.50	0	70.02	A-B
CO 2500	39.57	0	64.56	A-B
O2 bajas	34.46	0	63.305	A-B
Año 2017. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	23.73	0	51.43	A-B

Fuente: Autores

El valor de p en todos los gases se observa que es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

Por último, se determina que los vehículos desde el año 2000 de fabricación, cuyos gases que más contaminan son los HC 2500 rpm con una diferencia de medias de 70.19%, y la CO aRalentí con una diferencia de medias de 70.02%.

En la figura 7.64, se muestra los gases más influyentes con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación desde el 2000 hasta la actualidad, son los HC a 2500 rpm y la CO Ralentí.

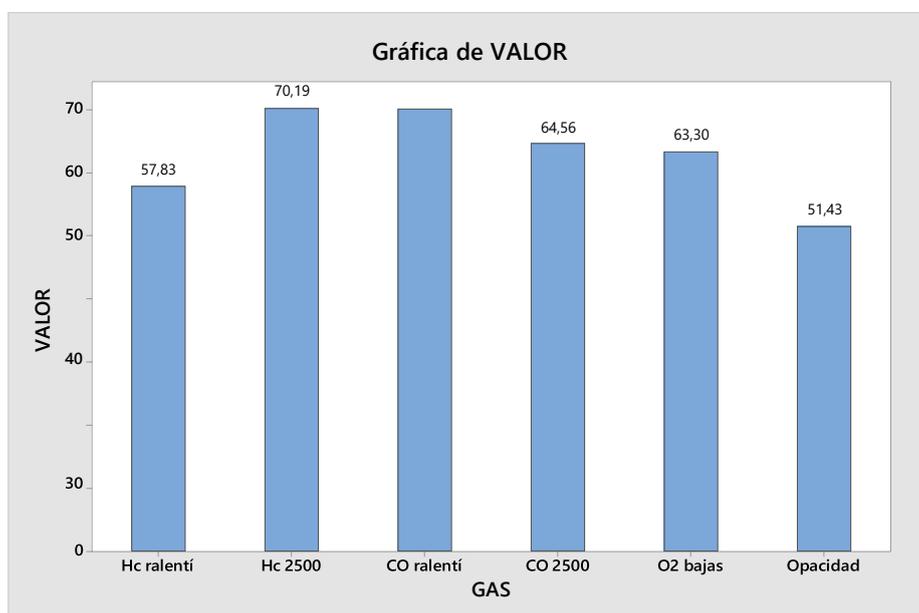


Figura 7.64 Gráfica de barras, modelos desde el 2000 Fuente: Autores

Resultados del Año 2017 de la revisión técnica vehicular subcategoría N1

Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

Se observa que en la tabla 7.58, el valor de R.cuad. De HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 45.59% tiene mayor significancia.

Tabla 7.58 Subcategoría N1. Modelos hasta 1989

Año 2017. Subcategoría N1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	18.74	0	40.27	A-B
Hc 2500	45.59	0	66.87	A-B
CO ralentí	35.13	0	44.83	A-B
CO 2500	42.36	0	43.86	A-B
O2 bajas	2.46	0	19.16	A-B

Fuente: Autores

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de medias.

Por último, se dice que el gas que más influyente para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 66.87%.

En la figura 7.65, se observa que el gas más contaminante con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación hasta 1989 son los HC a2500 rpm.

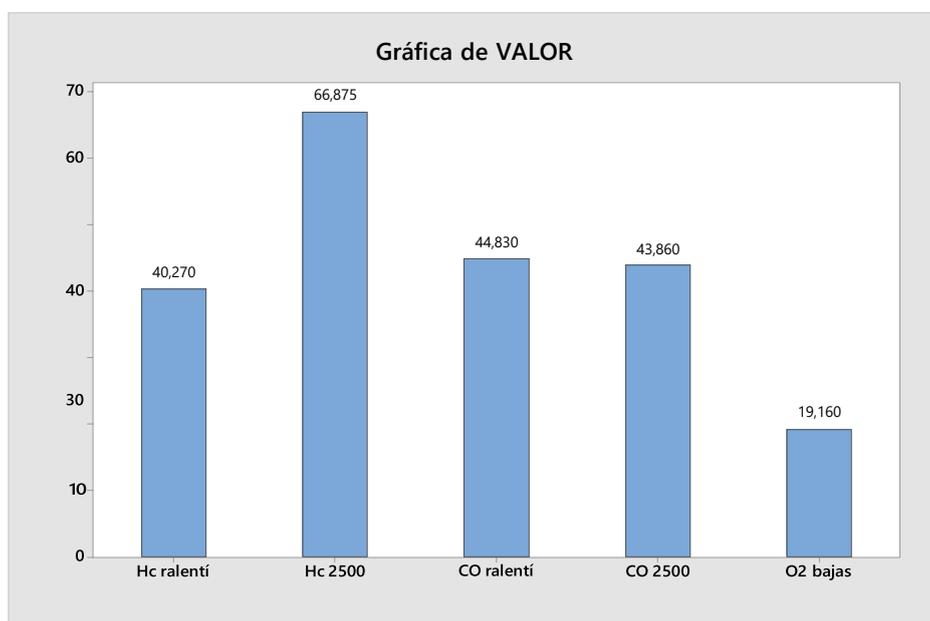


Figura 7.65 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

En la tabla 7.59, se presenta una columna del valor de R.cuad. Siendo el más significativo HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 67.69%.

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05 y son valores significativos, excepto la Opacidad ya que este tiene un valor de 0.387 que es un valor no significativo.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa y en el caso de la Opacidad no tiene una diferencia de medias significativa, ya que sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma. Por último, se observa que los gases más influyentes para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 72.17%.

Tabla 7.59 Subcategoría N1. Modelos hasta 1999

Año 2017. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	29.52	0	46.04	A-B
Hc 2500	67.69	0	72.17	A-B
CO ralentí	35.11	0	53.28	A-B
CO 2500	28.11	0	41.89	A-B
O2 bajas	2.47	0	12.53	A-B
Año 2017. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	4.71	0.387	14.26	A-A

Fuente: Autores

En la figura 7.66, mediante gráfica de barras se observa que los gases más influyentes a la contaminación ambiental son los HC a 2500 rpm.

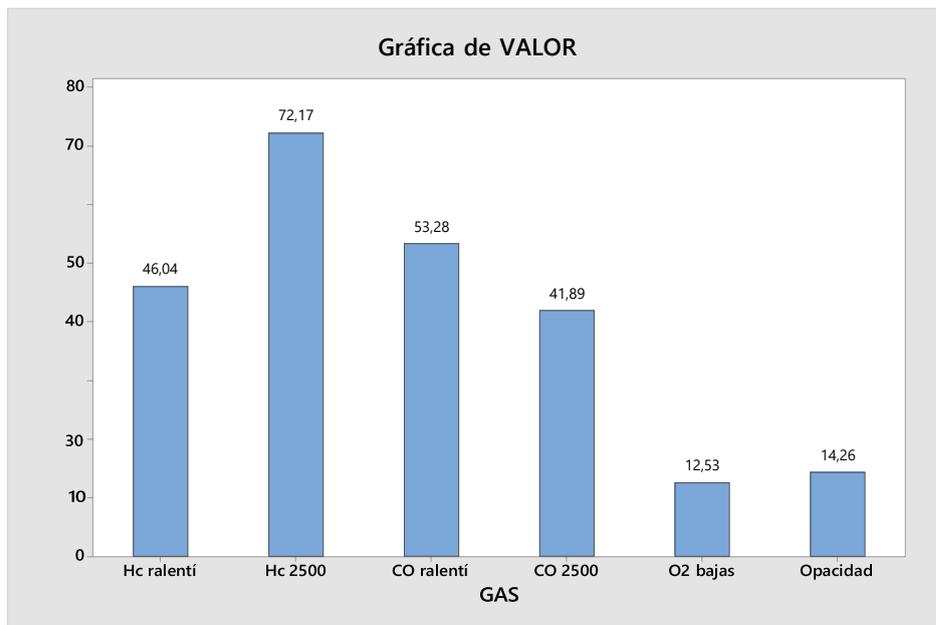


Figura 7.66 Gráfica de barras, modelos hasta 1999 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.60, se presenta el valor de R.cuad siendo el gas de HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 51.03% y de Opacidad con un valor de R.cuad de 73.29% siendo los dos gases de mayor significancia.

El valor de p, se observa que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05, esto quiere decir que son valores significativos.

La Agrupación indicada que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa. Por último, se observa que los gases más influyentes para la contaminación son HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 73.80% y la Opacidad con un valor de diferencia de medias de 77.07%.

Tabla 7.60 Subcategoría N1. Modelos hasta 1989

Año 2017. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	13.22	0	42.55	A-B
Hc 2500	51.03	0	73.80	A-B
CO ralentí	37.31	0	66.10	A-B
CO 2500	32.01	0	53.82	A-B
O2 bajas	34.33	0	61.66	A-B
Año 2017. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				

	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	73.29	0	77.07	A-B

Fuente: Autores

En la figura 7.67, se indica que el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación desde el 2000 hasta la actualidad, son los HC a 2500 rpm CO a Ralentí.

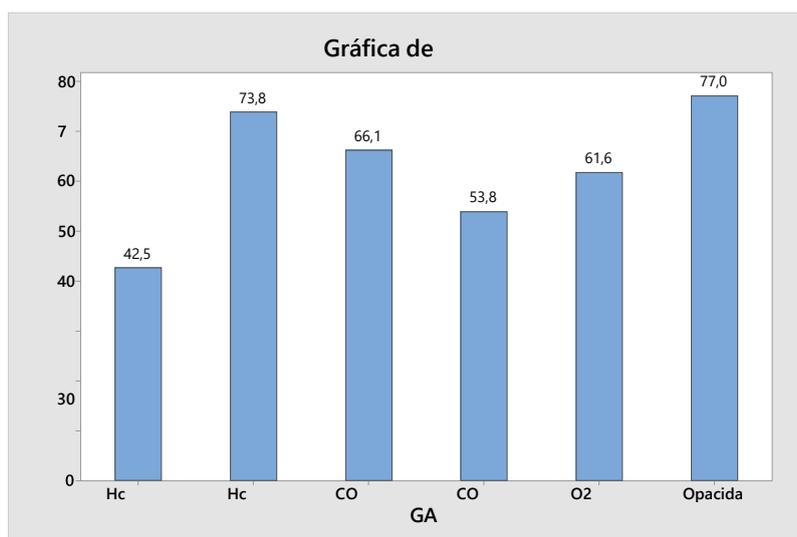


Figura 7.67 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

Resultados del Año 2018 de la revisión técnica vehicular subcategoría M1

Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

En la tabla 7.61, se observa el valor de R.cuad. De mayor significancia es CO a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 53.57%, siendo este gas es el que más se acerca al modelo de la normal.

El valor de p en todos los gases es de 0 esto significa que son significativos ya que son menores al valor de confiabilidad de 0.05.

En la agrupación se observa que los gases HC ralentí, HC 2500, CO ralentí, CO 2500 y O2 bajas pertenecen a un mismo grupo y tienen medias significantes ya que están en un grupo diferente que es de la norma.

VAL

Tabla 7.61 Subcategoría M1. Modelos hasta 1989

Año 2018. Subcategoría M1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	34.08	0	47.14	A-B
Hc 2500	52.21	0	68.19	A-B
CO ralentí	38.51	0	78.36	A-B

CO 2500	53.57	0	51.17	A-B
O2 bajas	5.81	0	27.71	A-B

Fuente: Autores

En la figura 7.68, se presentan los valores de la diferencia de medias de forma gráfica, en donde se observa que el gas más influyente en los vehículos con año fabricación hasta 1989, son los CO a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 78.36%.

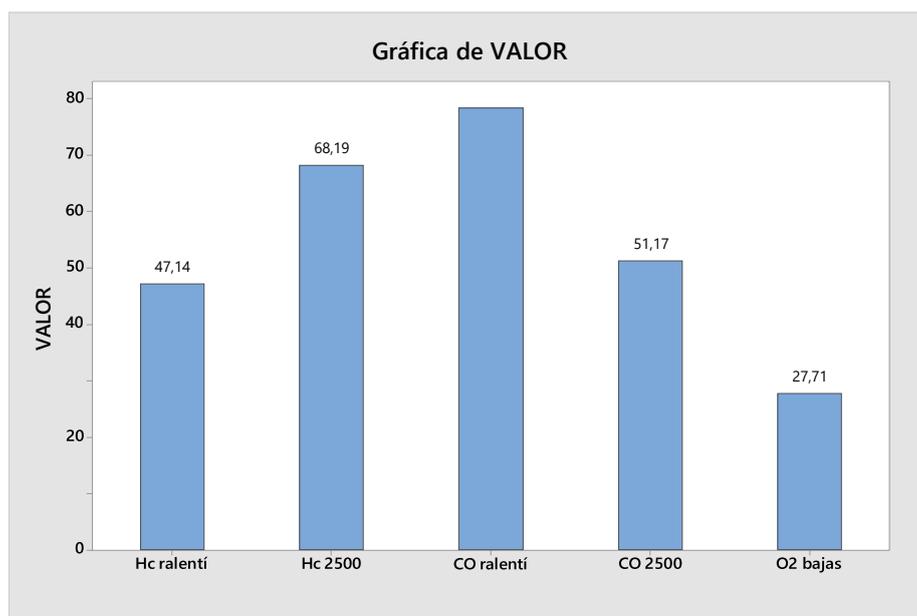


Figura 7.68 Gráfica de barras, modelos hasta 1989Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

En la tabla 7.62, se observa el gas que tiene el valor de R.cuad de mayor significancia es la Opacidad con un valor de R.cuad de 84.19%.

Tabla 7.62 Subcategoría M1. Modelos hasta 1999

Año 2018. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	27.03	0	46.44	A-B
Hc 2500	62.46	0	71.31	A-B
CO ralentí	38.04	0	56.38	A-B
CO 2500	37.62	0	51.35	A-B
O2 bajas	10.71	0	32.71	A-B
Año 2018. Subcategoría M1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	P	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	84.19	0	74	A-B

Fuente: Autores

En la columna del valor de p en todos los gases es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05 ya que son valores confiables.

En la columna de agrupación se aprecia que los gases tienen una diferencia de medias significativa.

En la figura 7.69, se observa que el gas más influyente con respecto a la diferencia de medias es la Opacidad con una diferencia de medias de 74%.

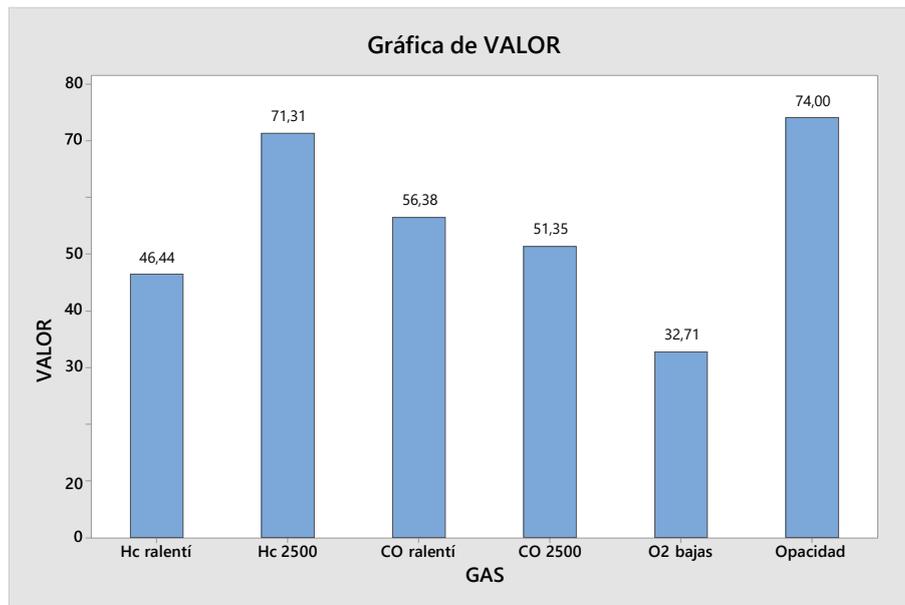


Figura 7.69 Gráfica de barras, modelos hasta 1999 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.63, se presentan los valores de cada gas analizado, en donde se observa que el valor de R.cuad. Tiene mayor significancia en el gas de Opacidad con un valor de R.cuad de 80.03% siendo este valor el que más se ajusta al modelo de la normal.

El valor de p en todos los gases se observa que es de 0, por lo tanto, los valores tienden a ser significativos ya que están con un valor por debajo de 0.05.

Por último, se determina que los vehículos desde el año 2000 de fabricación, cuyos gases que más contaminan es la Opacidad con una diferencia de medias de 77.49% y HC a Ralenti con una diferencia de medias de 73.15%.

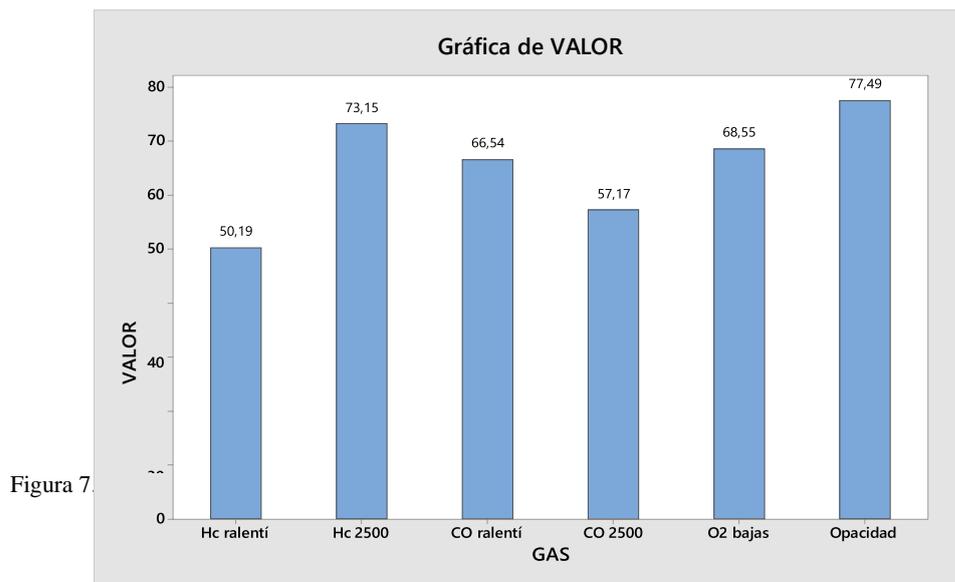
Tabla 7.63 Subcategoría M1. Modelos desde el 2000

Año 2018. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación

Hc ralentí	23.97	0	50.19	A-B
Hc 2500	52.20	0	73.15	A-B
CO ralentí	37.43	0	66.54	A-B
CO 2500	30.37	0	57.17	A-B
O2 bajas	54.11	0	68.55	A-B
Año 2018. Subcategoría M1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	80.03	0	77.49	A-B

Fuente: Autores

La figura 7.70, muestra los gases más influyentes con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación desde el 2000 hasta la actualidad, son los HC a 2500 rpm y la Opacidad.



Resultados del Año 2018 de la revisión técnica vehicular subcategoría N1 Vehículos hasta el año de fabricación de 1989

Se observa que en la tabla 7.64, el valor de R.cuad. De HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 53.62% tiene mayor significancia ya que se ajusta mejor al modelo.

Tabla 7.64 Subcategoría N1. Modelos hasta 1989

Año 2018. Subcategoría N1. Hasta modelos 1989				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	24.89	0	42.1	A-B
Hc 2500	53.62	0	66.96	A-B
CO ralentí	39.36	0	48.36	A-B

CO 2500	41.82	0	46.47	A-B
O2 bajas	3.34	0	22.46	A-B

Fuente: Autores

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de medias ya que todos los gases están en un grupo diferente al de la norma.

Por último, se dice que el gas que más influyente para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 66.96%.

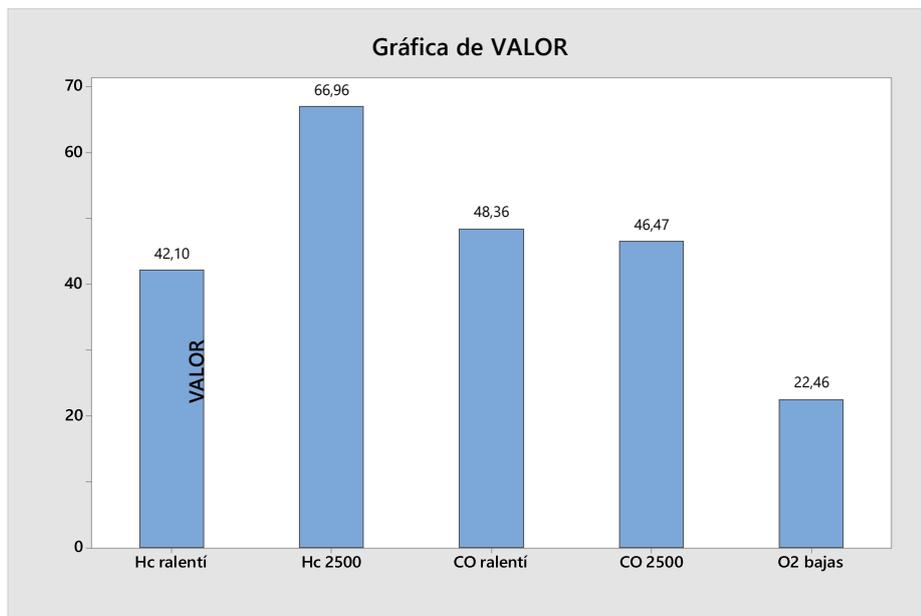


Figura 7.71 Gráfica de barras, modelos hasta 1989 Fuente: Autores

La figura 7.71, indica que el gas más contaminante con respecto a la diferencia de medias en los vehículos con año fabricación hasta 1989 son los HC a 2500 rpm.

Vehículos hasta el año de fabricación de 1999

En la tabla 7.65, se presenta el valor de R.cuad ya que el gas más significativo es HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 54.64%.

Tabla 7.65 Subcategoría N1. Modelos hasta 1999

Año 2018. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	36.67	0	50.03	A-B
Hc 2500	54.64	0	72.12	A-B
CO ralentí	33.51	0	53.33	A-B
CO 2500	34.10	0	46.80	A-B
O2 bajas	6.96	0	29.39	A-B

Año 2018. Subcategoría N1. Hasta modelos 1999				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	46.22	0.021	43.22	A-B

Fuente: Autores

El valor de p, se aprecia que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05 y son valores significativos, excepto la Opacidad ya que este tiene un valor de 0.021 que viene a ser un valor no significativo.

La Agrupación indicada en la tabla muestra que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa, pero no es en el caso de la Opacidad no tiene una diferencia de medias significativa, ya que sus valores son parecidos a los valores de comparación de la norma.

Por último, se observa que los gases más influyentes para la contaminación es los HC a 2500 rpm con un valor de diferencia de medias de 72.12%.

En la figura 7.72, se observa que el gas más influyente a la contaminación ambiental son los HC a 2500 rpm.

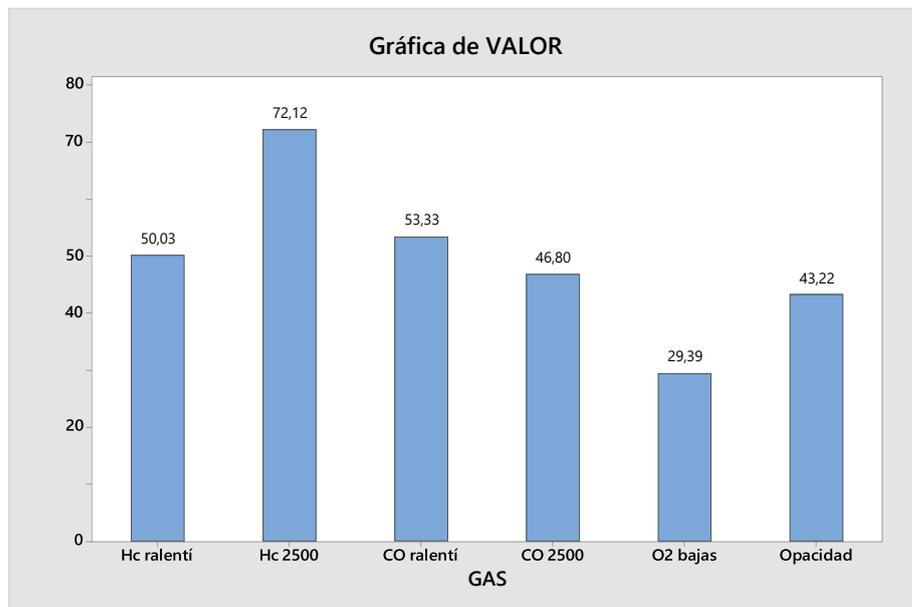


Figura 7.72 Gráfica de barras, modelos hasta 1999 Fuente: Autores

Vehículos hasta el año de fabricación de 2000

En la tabla 7.66, se presenta el valor de R.cuad los HC a 2500 rpm con un valor de R.cuad de 66.17% y de Opacidad con un valor de R.cuad de 79.39% siendo los dos gases de mayor significancia que se ajustan mejor al modelo.

Tabla 7.66 Subcategoría N1. Modelos hasta 2000

Año 2018. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Hc ralentí	32.77	0	55.85	A-B
Hc 2500	66.17	0	76.16	A-B
CO ralentí	35.98	0	66.08	A-B
CO 2500	29.95	0	54.38	A-B
O2 bajas	56.97	0	70.71	A-B
Año 2018. Subcategoría N1. Modelos desde el 2000				
	R.cuad [%]	p	Dife.medias [%]	Agrupación
Opacidad	79.39	0	80.58	A-B

Fuente: Autores

El valor de p, se observa que todos los valores de los gases están por debajo de 0.05, esto quiere decir que son valores significativos.

La Agrupación indicada que todos los gases tienen una diferencia de medias significativa, ya que son valores diferentes a los valores de la norma.

Por último, mediante la diferencia de medias los gases que más influyen en la contaminación son HC a 2500 rpm con un valor 76.16% y la Opacidad con un valor de 80.58%.

En la figura 7.73, se observa que el gas más influyente en la contaminación son los HC a 2500 rpm y Opacidad.

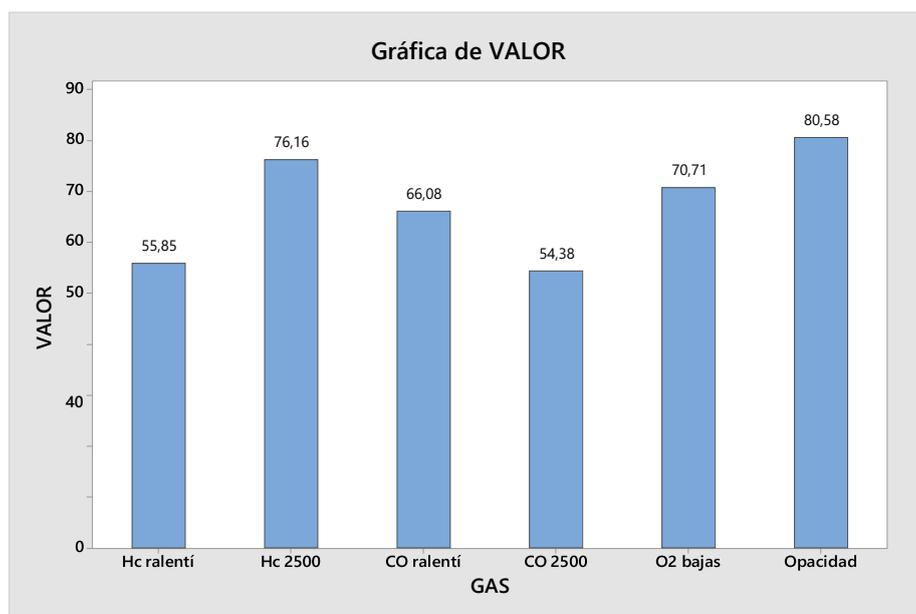


Figura 7.73 Gráfica de barras, modelos hasta 2000 Fuente: Autores

Análisis de Moda de la Tabla General de Resultados

Para determinar cuál es el gas que más influye en la no aprobación por emisiones contaminantes de la revisión técnica vehicular, se procede a sacar la moda de las tablas 7.68 en el caso de la subcategoría M1 y la tabla 7.69 en el caso de la subcategoría N1.

Para realizar el análisis en el software estadístico se procede a asignar variables numéricas a cada gas, indicados en la tabla 7.67.

Tabla 7.67 Asignación de variables numéricas a cada gas

Gas	Variable Numérica
HC Ralentí	1
HC 2500	2
CO Ralentí	3
CO 2500	4
O2 Bajas	5
Opacidad	6

Fuente: Autores

Análisis de Moda de los resultados de la subcategoría M1

En la tabla 7.68, se muestra los gases más influyentes para la no aprobación de la revisión técnica vehicular de cada año en cuanto a los vehículos de subcategoría M1.

Tabla 7.68 Resultados de los gases, vehículos de subcategoría M1

AÑO	CATEGORÍA	RANGO EN AÑOS	GAS DE MAYOR INFLUENCIA	
2008	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	O2 Bajas	5
			HC 2500	2
			CO Ralentí	3
2009	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
			CO Ralentí	3

		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO 2500	4
2010	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	CO Ralentí	3
			CO 2500	4
			HC 2500	2
2011	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	CO Ralentí	3
			HC 2500	3
			CO 2500	4
2012	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO Ralentí	3
			Opacidad	6
2013	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO Ralentí	3
			Opacidad	6
2014	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO 2500	4
		HASTA 1989	HC 2500	2

2015	M1	HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO Ralentí	3
2016	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			Opacidad	6
2017	M1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO Ralentí	3
2018	M1	HASTA 1989	CO Ralentí	3
		HASTA 1999	Opacidad	6
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			Opacidad	6

Siguiendo los pasos para la obtención de la Moda en el software estadístico de las emisiones contaminantes de los vehículos de subcategoría M1, obtenemos la siguiente tabla de resultados que se muestran en la figura 7.74.

Estadísticos descriptivos: Moda

Estadísticas

Variable	N	Modo	N para moda
Moda	50	2	30

Figura 7.74 Moda de los gases de los vehículos de subcategoría M1 Fuente: Autores

Se observa que el valor 2 que pertenece a los HC 2500 se repite en 30 ocasiones en la tabla que se analiza (tabla 7.68), dando como resultado el gas que más influye en la no aprobación de emisiones contaminantes en la subcategoría M1.

Análisis de Moda de los resultados de la subcategoría N1

En la tabla 7.69, se muestra los gases más influyentes para la no aprobación de la revisión técnica vehicular de cada año en cuanto a los vehículos de subcategoría N1.

Tabla 7.69 Resultados de los gases, vehículos de subcategoría N1

AÑO	CATEGORÍA	RANGO EN AÑOS	GAS DE MAYOR INFLUENCIA	
2008	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	O2 Bajas	5
			HC 2500	2
			Opacidad	6
2009	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO Ralentí	3
			Opacidad	6
2010	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	CO Ralentí	3
			HC 2500	2
			Opacidad	6
2011	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO Ralentí	3
			Opacidad	6
2012	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL	HC 2500	2
			Opacidad	6

		2000	CO Ralentí	3
2013	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			CO Ralentí	3
			Opacidad	6
2014	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			Opacidad	6
			HASTA 1989	HC 2500
2015	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
			Opacidad	6
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
		2016	N1	HASTA 1989
HASTA 1999	HC 2500			2
MAYORES AL 2000	HC 2500			2
	CO Ralentí			3
	HASTA 1989			HC 2500
2017	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			Opacidad	6
			HASTA 1989	HC 2500
2018	N1	HASTA 1989	HC 2500	2
		HASTA 1999	HC 2500	2
		MAYORES AL 2000	HC 2500	2
			Opacidad	6
			HASTA 1989	HC 2500

Fuente: Autores

Realizando el análisis para obtener la moda a los valores de la tabla 7.69, se obtiene los siguientes resultados.

De igual forma como se muestra en la figura 7.75, con un universo de N = 50 valores, se obtiene que la moda es el valor numérico 2, que pertenece a los HC 2500 se repite en 30 veces en la tabla 7.69, lo cual indica que en la subcategoría N1 la mayoría de los vehículos que no aprueban emisiones contaminantes es por este gas.

Estadísticos descriptivos: Moda

Estadísticas

Variable	N	Modo	N para moda
Moda	50	2	30

Figura 7.75 Moda de los gases de los vehículos de subcategoría N1 Fuente: Autores

Análisis de Opacidad en los vehículos de subcategoría M3

En esta subcategoría de vehículos se realiza un análisis de Opacidad, ya que, en la Revisión Técnica Vehicular, este es el único gas que se mide en la subcategoría M3 de vehículos.

Se procede a analizar el año que más influyo este gas en la contaminación para el medio ambiente. Por ende, valores altos de opacidad provocan la no aprobación de la Revisión Técnica vehicular.

En la tabla 7.70, se muestra una diferencia de medias de la opacidad de cada uno de los años de los vehículos de subcategoría M3.

Tabla 7.70 Resultados de opacidad en vehículos de subcategoría M3

RESULTADOS DE OPACIDAD EN VEHÍCULOS DE SUBCATEGORÍA M3		
Categoría	Año	Dif.medias [%]
M3	2008	34.44
M3	2009	50.22
M3	2010	52.52
M3	2011	59.66
M3	2012	63.04
M3	2013	69.5
M3	2014	61.36

M3	2015	54.91
M3	2016	50.82
M3	2017	32.28
M3	2018	57.4

Fuente: Autores

En la figura 7.76, se aprecia que el año con más influencia en cuanto a la contaminación es en el año 2013.

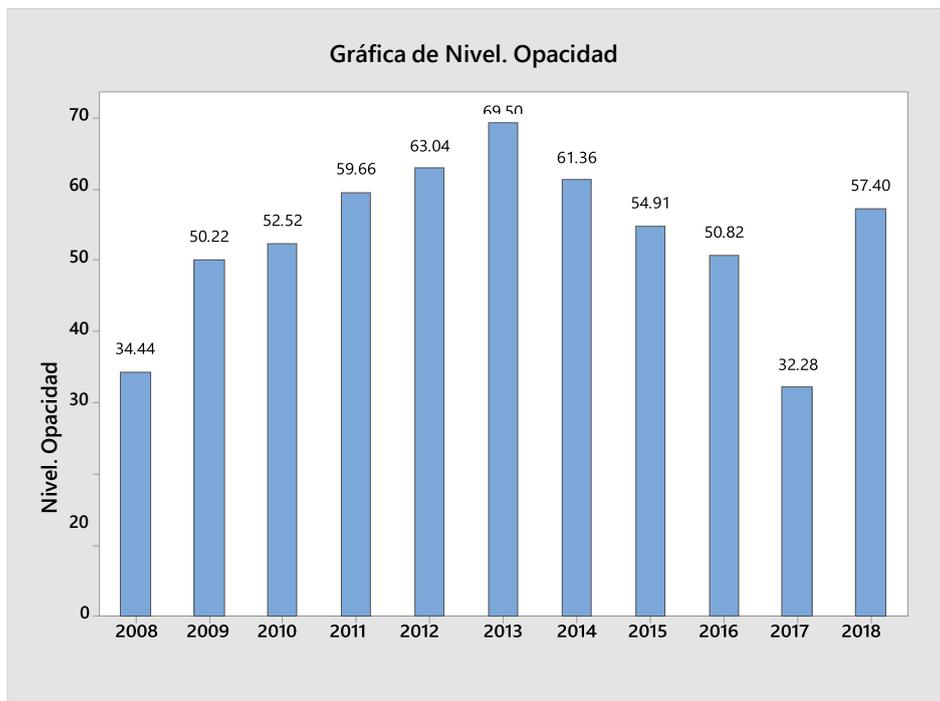


Figura 7.76 Opacidad en vehículos de subcategoría M3

RESULTADOS DEL ANALISIS DE PARETO

Análisis De Pareto Vehículos De Subcategoría M1

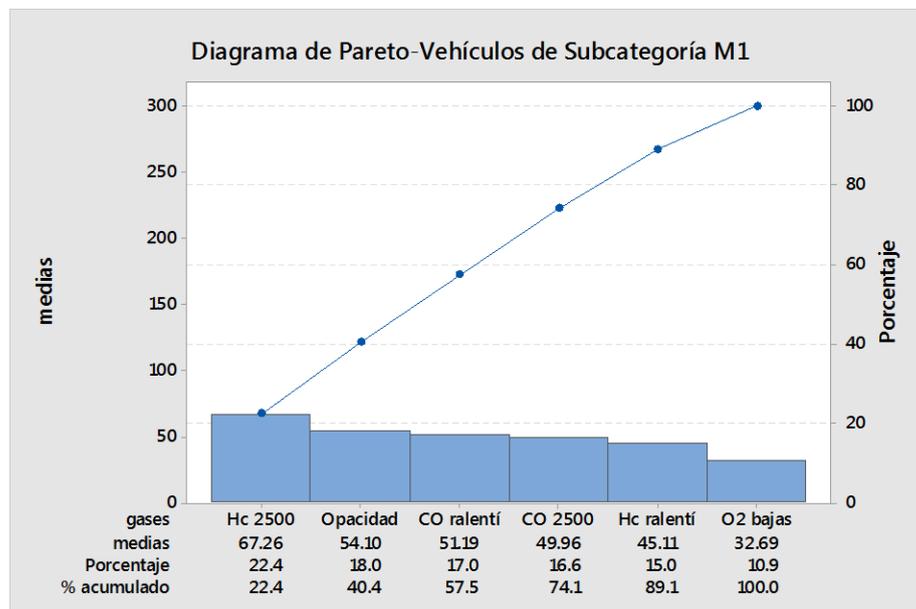


Figura 7.77 Diagrama de Pareto-Vehículos de Subcategoría M1

Fuente: Autores

En la figura 7.77, muestra los gases más relevantes para la no aprobación de la RTV en los vehículos de subcategoría M1. En la gráfica se aprecia que los HC 2500 rpm tiene mayor impacto para la no aprobación de la RTV en comparación a los demás gases con un valor de 22.4 %, seguido de la Opacidad, CO Ralentí y CO 2500 rpm. Siendo estos cuatro gases los más relevantes ya que cumplen con la regla 80/20 que plantea Pareto.

Análisis De Pareto Vehículos De Subcategoría N1

Para el caso de los vehículos de subcategoría N1 se aprecia en la representación con el diagrama de Pareto mostrada en la figura 7.78 que, el gas con mayor incidencia para restringirla aprobación de la revisión técnica vehicular son los HC 2500 rpm con un 24.1%, teniendo a la Opacidad, el CO Ralentí y por último los HC Ralentí dentro de la regla del 80/20 que plantea Pareto, siendo estos cuatro gases los que más influyen en la contaminación en los vehículos de subcategoría N1.

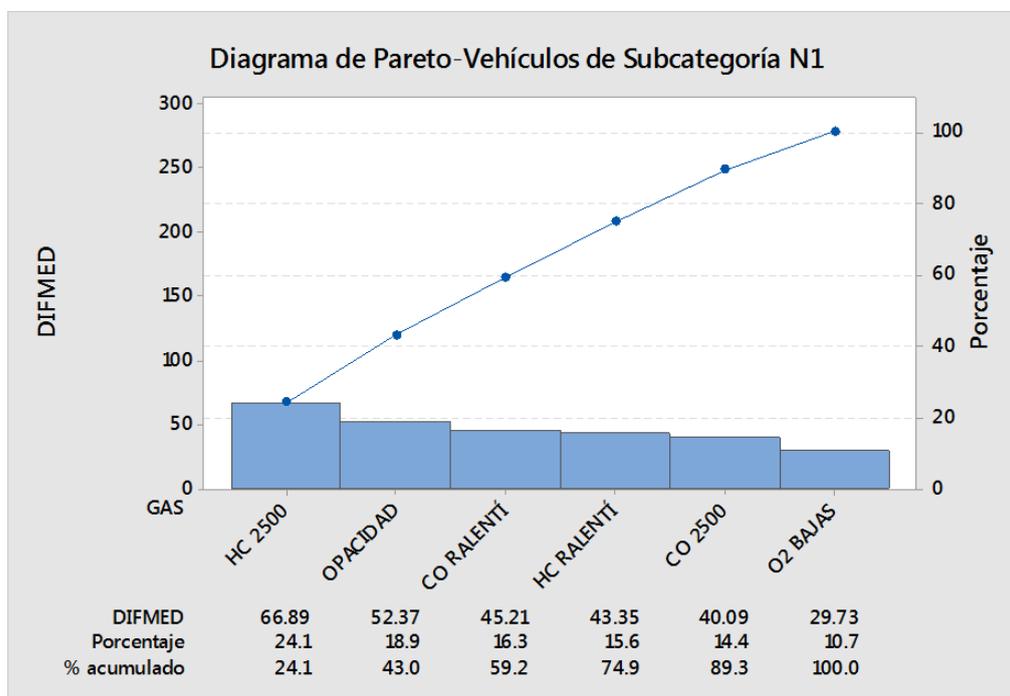


Figura 7.78 Diagrama de Pareto-Vehículos de Subcategoría N1

Fuente: Autores

ANÁLISIS DE RESULTADOS CON SERIES TEMPORALES

A continuación, en este análisis se utilizó el método de series temporales con modelo

multiplicativo y con los componentes del modelo de tendencia más estacionaria; para los gases HC 2500 rpm, Opacidad, CO Ralentí y CO 2500 rpm, ya que estos gases son los que más influyen en la no aprobación de la RTV según el diagrama de Pareto.

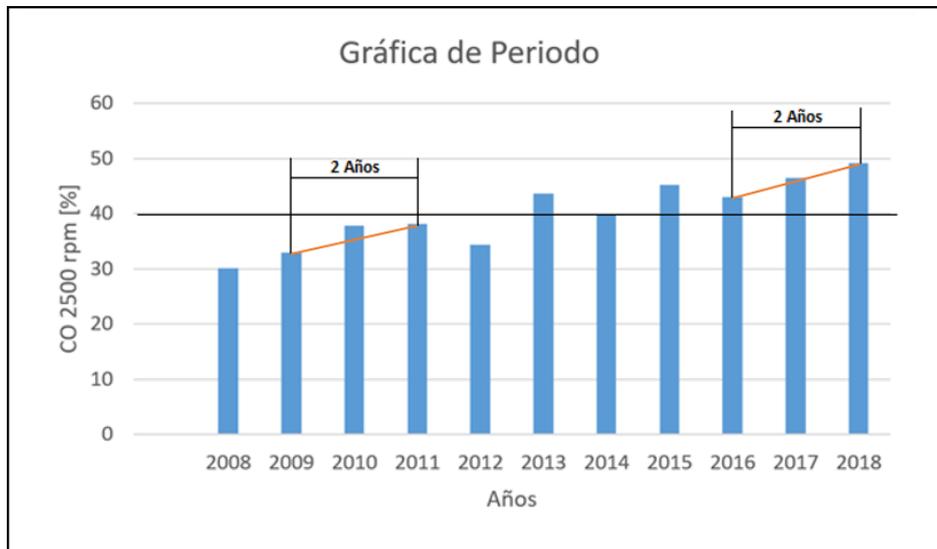


Figura 7.79 Período Series Temporales Fuente: Autores

Cabe recalcar que este análisis se realiza con un periodo de tiempo de 2 años, debido a que el histórico de los datos en el año 2009 hasta el 2011 tiene un comportamiento similar al año 2016 con respecto al 2018, como se ilustra en la figura 7.79.

Subcategoría M1 HC 2500

En la Figura 7.80 se observa que los HC a 2500 rpm en los vehículos de la subcategoría M1, representa un crecimiento del 4.10 % en el año 2020 con respecto al 2018.

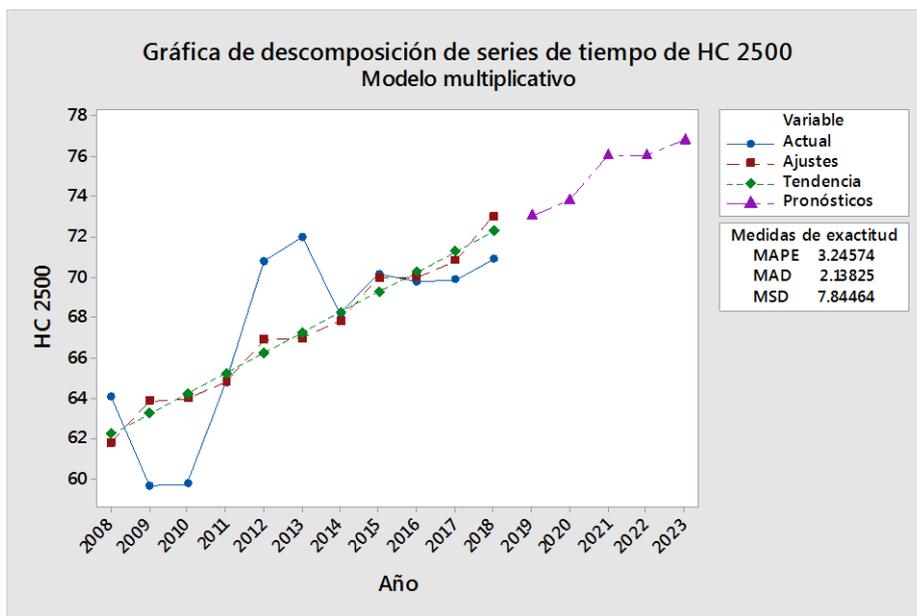


Figura 7.80 Proyecciones HC 2500, subcategoría M1

Fuente: Autores

Subcategoría N1 HC 2500

Para el caso de los HC a 2500 rpm, en la subcategoría N1, en la Figura 7.81 se muestra crecimiento del 4.16 % en el año 2020 con respecto al año 2018.

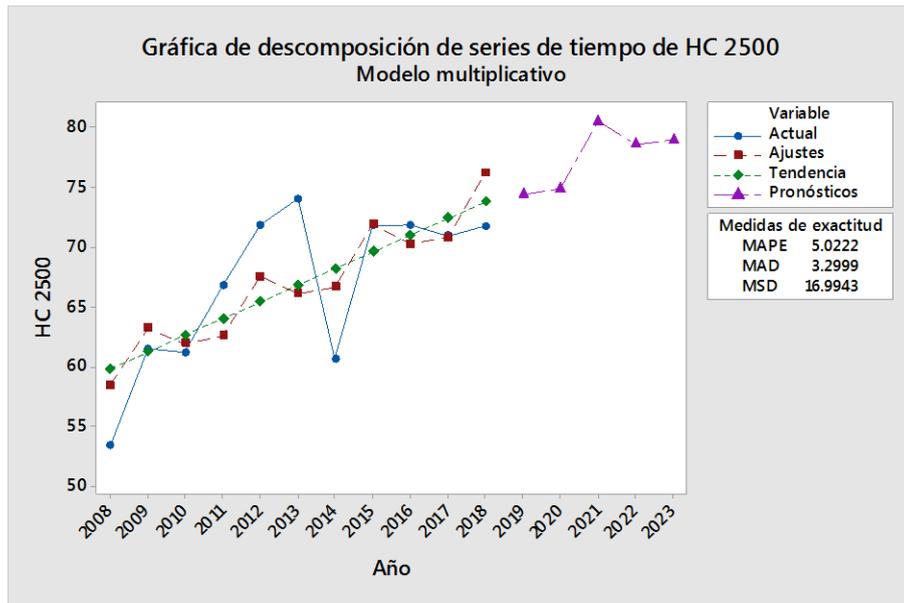


Figura 7.81 Proyecciones HC 2500, subcategoría N1

Fuente: Autores

Subcategoría M1 Opacidad En el caso de la opacidad de los vehículos de la subcategoría M1, en la Figura 7.82 se indica un decrecimiento del 5.25 % en el año 2020 con respecto al 2018.

Subcategoría N1 Opacidad

En la Figura 7.83, se visualiza un decrecimiento del 9.84 % en el año 2020 con respecto al año 2018.

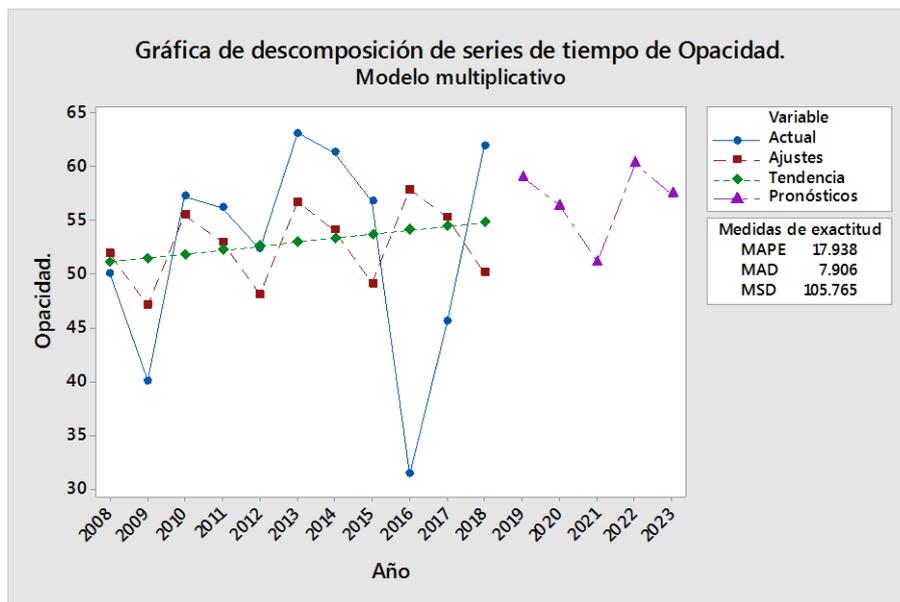


Figura 7.83 Proyecciones Opacidad, subcategoría N1

Subcategoría M1 CO Ralentí

Fuente: Autores

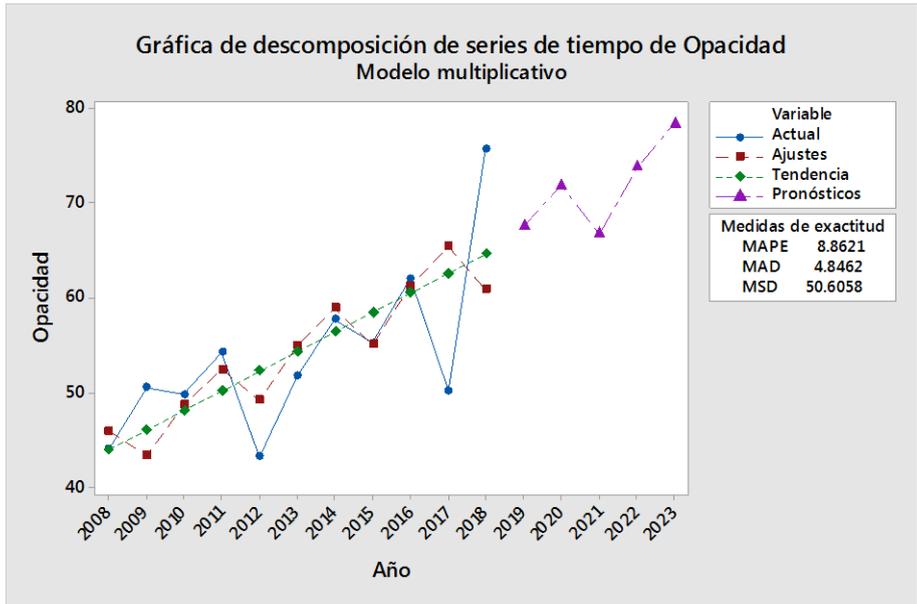


Figura 7.82 Proyecciones Opacidad, subcategoría M1

Fuente: Autores

Para el CO Ralentí de los vehículos de la subcategoría M1 de la Figura 7.84, se tienen un decrecimiento del 13.17 % en el año 2020 con respecto al año 2018.

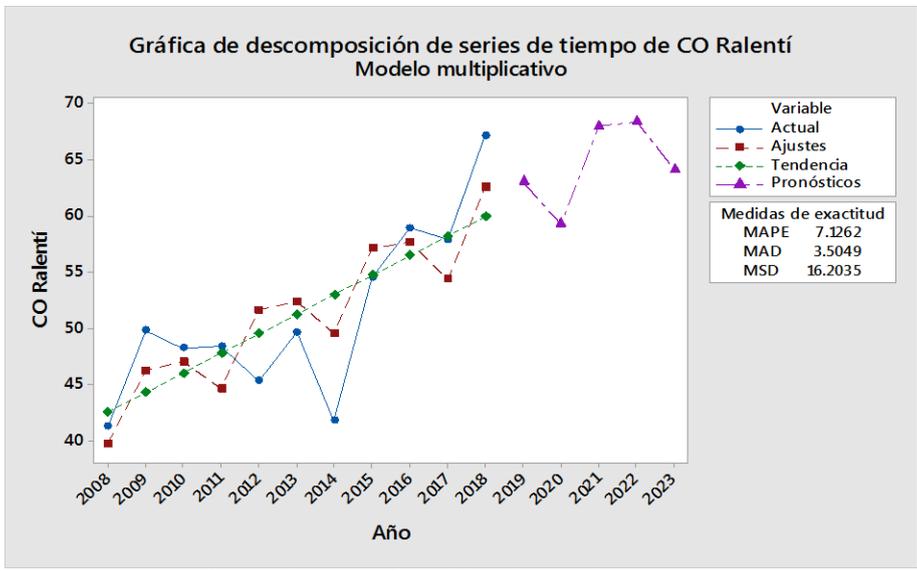


Figura 7.84 Proyecciones CO Ralentí, subcategoría M1

Fuente: Autores

Subcategoría N1 CO Ralentí

Para los vehículos de la subcategoría N1. Se puede visualizar en la Figura 7.85 un crecimiento del 9 % en el 2020 con respecto al 2018.

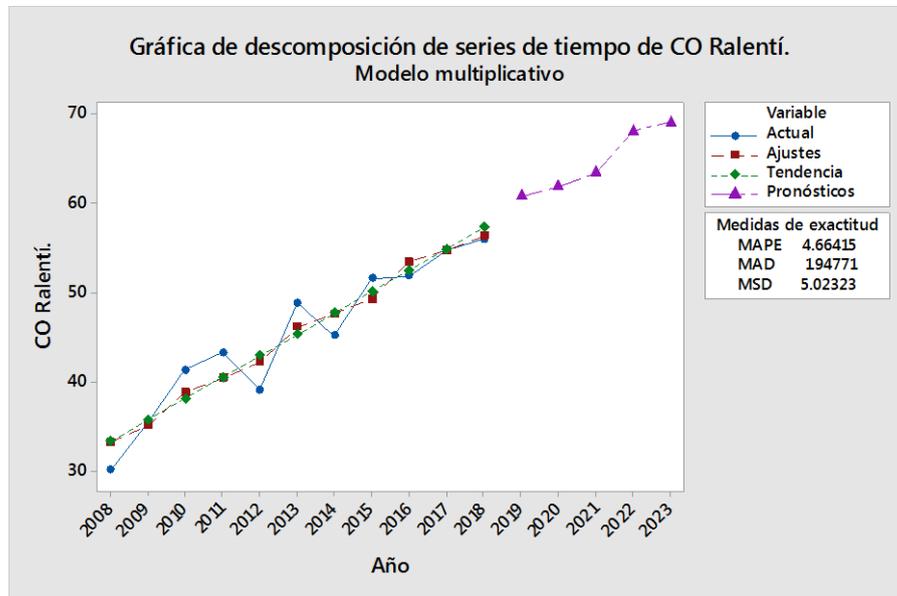


Figura 7.85 Proyecciones CO Ralentí, subcategoría N1

Fuente: Autores

Subcategoría M1 CO 2500

Para el caso de los CO 2500 rpm, en la Figura 15 se observa un crecimiento del 4.43 % en el año 2020 con respecto al año 2018.

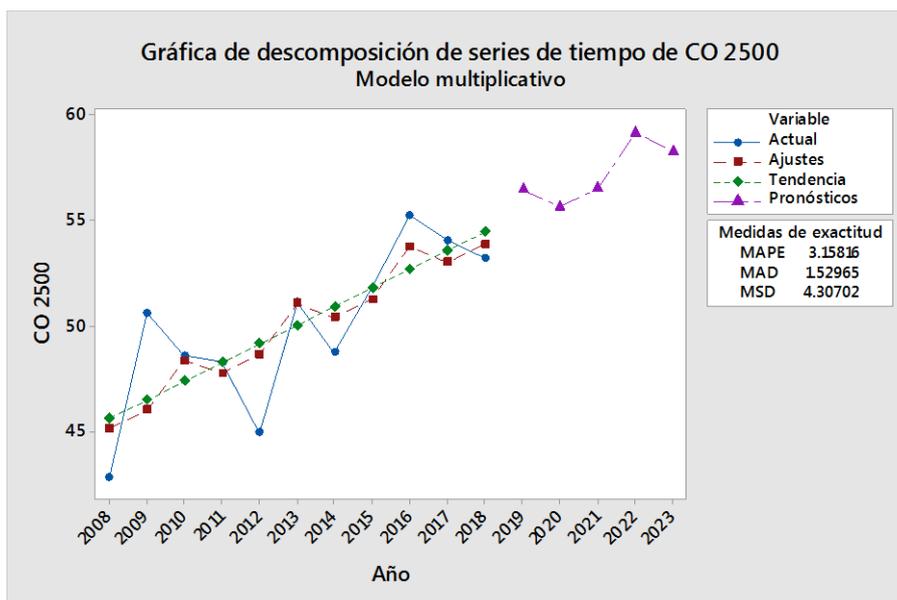


Figura 7.86 Proyecciones CO 2500, subcategoría M1

Fuente: Autores

Subcategoría N1 CO 2500

En el caso de los vehículos de subcategoría N1, en la Figura 16 presenta un crecimiento del 5.51 % en el año 220 con respecto al año 2018.

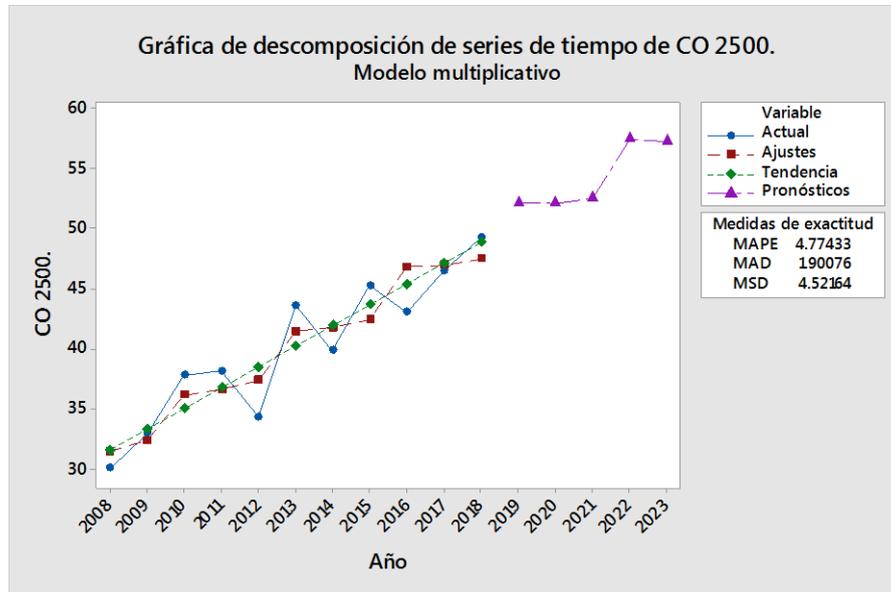


Figura 7.87 Proyecciones CO 2500, subcategoría N1

Fuente: Autores

POSIBLES CAUSAS PARA VALORES DE GASES CONTAMINANTES FUERA DE LOS UMBRALES.

A continuación, se describe las posibles causas que pueden afectar para la alteración de los valores de gases contaminantes.

Hidrocarburos

- Un voltaje más bajo alarga el pulso de inyección y si la inyección no es adecuada se quema mal el combustible.
- Fallas en el sistema de encendido:
 - ya sea por una chispa pobre a causa de bujías en mal estado.
 - Alta resistencia de circuito de alta tensión (cables, distribuidor y bobina).
- Exceso de avance en encendido.
- Mal ajuste en sistema de alimentación de combustible.
- Falta de compresión del motor.
- Fuga de aceite hacia los cilindros por la junta de culata.
- Mal funcionamiento de sensores MAF, MAP o caudalímetro.
- Mezcla rica de combustible.

Monóxido de Carbono

- Mal funcionamiento del carburador en arranque en frío.
- Bomba de aceleración defectuosa (carburador).
- Chicleros del carburador muy grandes.
- Filtro de aire sucio o dañado.
- Conductos de aire obstruidos.
- Fallas en el colector de admisión.
- Empaque de culata dañado.
- Aceite contaminado.
- Mal funcionamiento de sensores MAF, MAP o caudalímetro.

O2 Bajas

- Defectos en el sistema de encendido por irregularidad en el salto de la chispa de ignición.
- Tubo de escape roto o con fisuras.
- Mala instalación de la sonda lambda o carbonizada.
- Tomas de aire en el sistema de admisión que originan mezclas muy pobres.

Opacidad

- Bomba de inyección defectuosa.
- Mala calibración de bomba
- Falta de compresión en los cilindros del motor.

ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS

Anexo 8 Aeade. Sector automotor en cifras 2022 (junio, julio, agosto)



Tributos (empresas importadoras y ensambladoras)

2014	1.317 millones
2015	1.111 millones
2016	895 millones
2017	1.221 millones
2018	1.633 millones
2019	1.554 millones
2020	1.204 millones
2021	1.432 millones

Fuente: Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE), 2021; Servicio de Rentas Internas (SRI), 2021



472 millones	357 millones	218 millones	212 millones	87 millones	69 millones	9 millones	9 millones
IVA	Advalorem	Impuesto a los vehículos motorizados	ICE Advalorem	ISD	Impuesto a la renta	Impuesto a la contaminación ambiental	FODINFA

Indicadores macroeconómicos

Balanza comercial total (Abril 2022)	412 millones USD FOB
Precio promedio del petróleo WTI (Abril 2022)	101,77 USD
Inflación anual (Mayo 2022)	3,38%
Variación anual del PIB (Ene-Dic 2021/2020)	4,2 %

Fuente:

Crédito



Consumo:

Ene - Abr 2022
USD 1.730 millones

Fuente:

Mercado de vehículos livianos* y comerciales**



Importación (CBU)

Ene - May 2022
49.426
unidades



Ventas de ensamblados:

Ene - May 2022
7.260
unidades



Exportación:

Ene - May 2022
87
unidades



Ventas totales:

Ene - May 2022
55.390
unidades

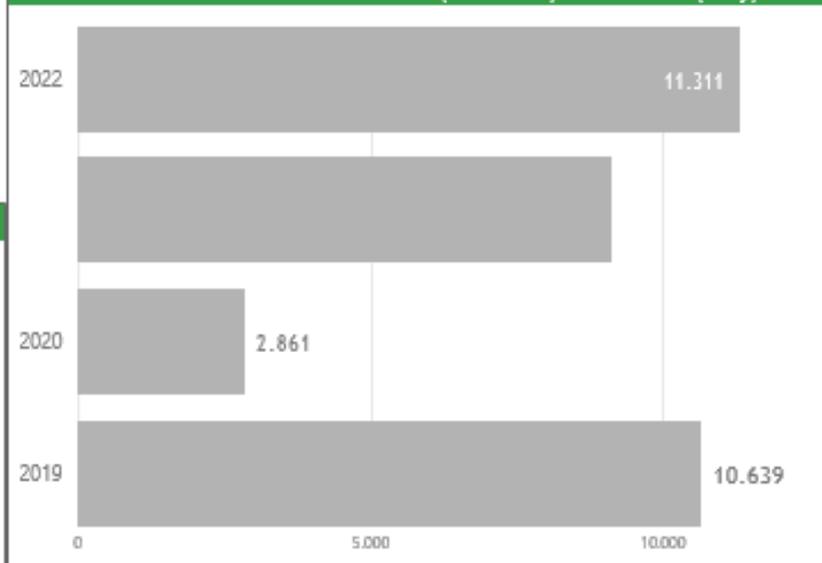
*Vehículos livianos: automóviles, camionetas, SUV **Vehículos comerciales: VAN, camiones, buses

Fuente:

Venta de vehículos por segmento

Segmento	May 22	May 21	Ene-May 22	Ene-May 21	Var May/Abr 22	Var May 22/21	Var Ene-May 22/21
SUV	5.149	3.449	25.151	17.334	-9,3 %	49,3 %	45,1 %
AUTOMOVIL	2.726	2.948	14.200	14.163	-7,2 %	-7,5 %	0,3 %
CAMIONETA	2.125	1.615	9.471	7.326	7,9 %	31,6 %	29,3 %
CAMION	896	800	4.592	3.894	-7,8 %	12,0 %	17,9 %
VAN	350	299	1.726	1.335	-9,8 %	17,1 %	29,3 %
BUS	65	28	250	100	16,1 %	132,1 %	150,0 %
Total	11.311	9.139	55.390	44.152	-5,8 %	23,8 %	25,5 %

Ventas históricas de vehículos (unidades) 2019-2022 (May)

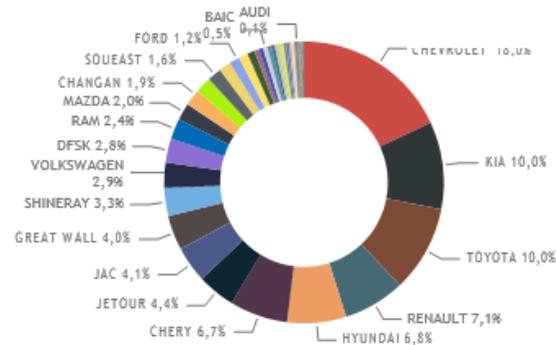


Ventas mensuales de vehículos

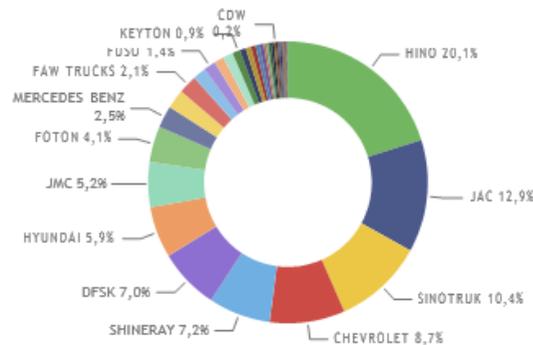




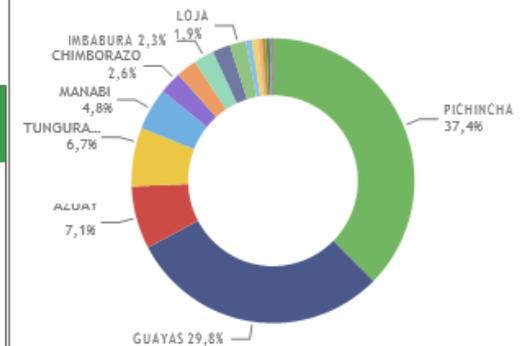
Participación de ventas por marca (unidades) vehículos livianos* 2022 (May)



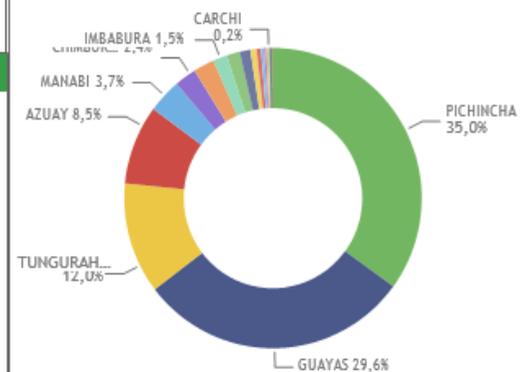
Participación de ventas por marca (unidades) vehículos comerciales** 2022 (May)



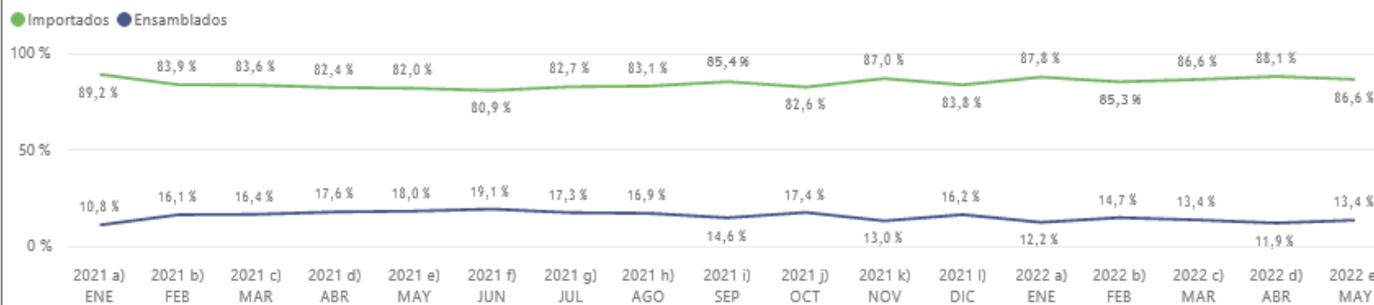
Participación por provincia (unidades) vehículos livianos* 2022 (May)



Participación por provincia (unidades) vehículos comerciales** 2022 (May)



Participación importados vs ensamblados





Fabricación de vehículos

Actividad	# trabajadores
Fabricación de vehículos, carrocerías, remolques y semirremolques	2.125
Fabricación de autopartes	850
Subtotal	2.975



Generación de puestos de trabajo 2021

Total de empleos 2021: 155.943

Fuente: Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. (ENEMDU), 2021



Comercio y reparación de vehículos y motocicletas

Actividad	# trabajadores
Venta de vehículos	22.095
Mantenimiento y reparación de vehículos	87.107
Venta de autopartes	33.143
Venta y mantenimiento de motocicletas	10.623
Subtotal	152.968

Tributos (empresas importadoras y ensambladoras)

2014	1.317 millones
2015	1.111 millones
2016	895 millones
2017	1.221 millones
2018	1.633 millones
2019	1.554 millones
2020	1.204 millones
2021	1.432 millones



Fuente: Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE), 2021; Servicio de Rentas Internas (SRI), 2021



Indicadores macroeconómicos

Balanza comercial total	(Mayo 2022)	348 millones USD FOB
Precio promedio del petróleo WTI	(Mayo 2022)	109,86 USD
Inflación anual	(Junio 2022)	4,23%
Variación anual del PIB	(Ene-Dic 2021/2020)	4,2 %

Fuente:



Crédito



Consumo:

Ene - May 2022
USD 2.190 millones

Fuente:



Mercado de vehículos livianos* y comerciales**



Importación (CBU)

Ene - Jun 2022
59.316
unidades



Ventas de ensamblados:

Ene - Jun 2022
8.452
unidades



Exportación:

Ene - Jun 2022
96
unidades



Ventas totales:

Ene - Jun 2022
65.510
unidades

*Vehículos livianos: automóviles, camionetas, SUV **Vehículos comerciales: VAN, camiones, buses

Fuente: Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (Sense), 2021;
Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade), 2021

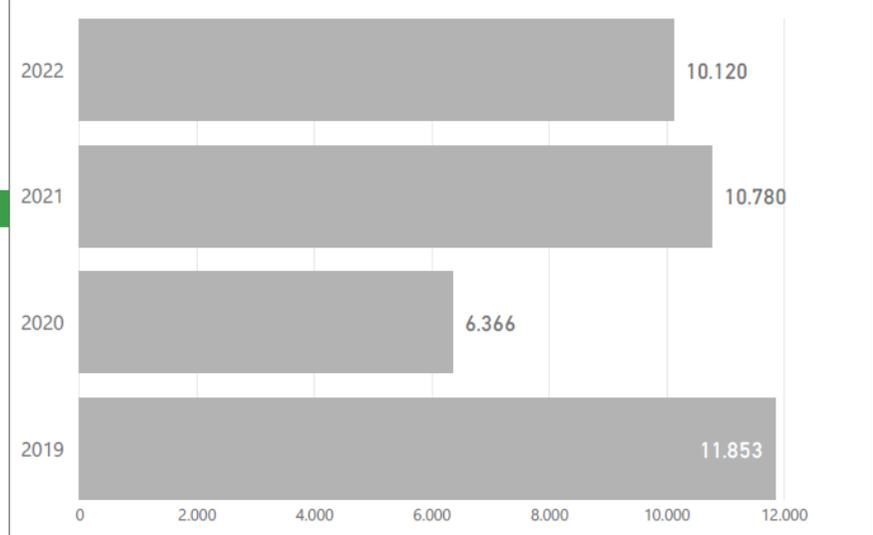


Ventas de vehículos

Venta de vehículos por segmento

Segmento	Jun 22	Jun 21	Ene-Jun 22	Ene-Jun 21	Var Jun/May 22	Var Jun 22/21	Var Ene-Jun 22/21
SUV	4.586	4.576	29.739	21.910	-10,9 %	0,2 %	35,7 %
AUTOMOVIL	2.548	3.124	16.746	17.287	-6,5 %	-18,4 %	-3,1 %
CAMIONETA	1.792	1.904	11.263	9.230	-15,7 %	-5,9 %	22,0 %
CAMION	677	830	5.269	4.724	-24,4 %	-18,4 %	11,5 %
VAN	440	330	2.166	1.665	25,7 %	33,3 %	30,1 %
BUS	77	16	327	116	18,5 %	381,3 %	181,9 %
Total	10.120	10.780	65.510	54.932	-10,5 %	-6,1 %	19,3 %

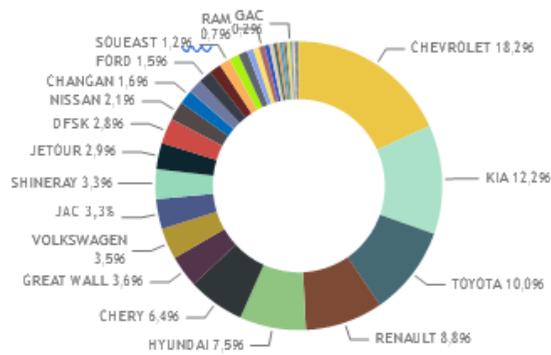
Ventas históricas de vehículos (unidades) 2019-2022 (Jun)



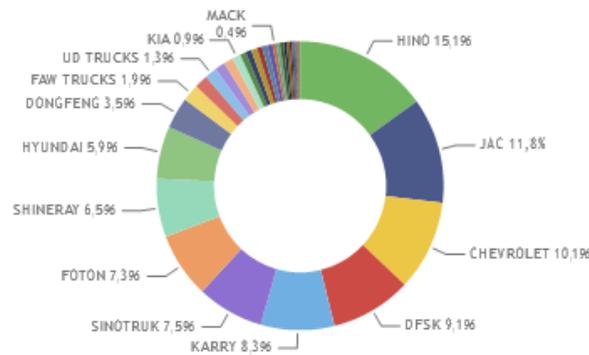
Ventas mensuales de vehículos



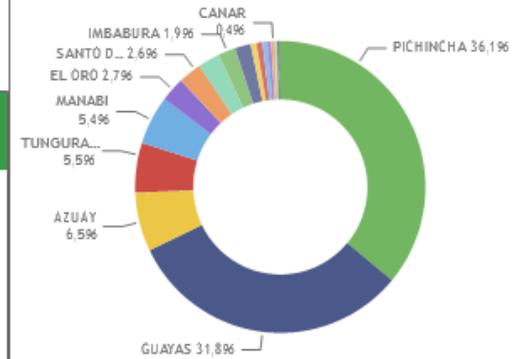
Participación de ventas por marca (unidades) vehículos livianos* 2022 (Jun)



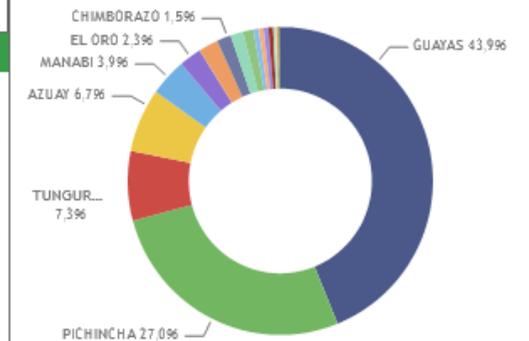
Participación de ventas por marca (unidades) vehículos comerciales** 2022 (Jun)



Participación por provincia (unidades) vehículos livianos* 2022 (Jun)



Participación por provincia (unidades) vehículos comerciales** 2022 (Jun)



Participación importados vs ensamblados





**Fabricación de
vehículos**

Actividad	# trabajadores
Fabricación de vehículos, carrocerías, remolques y semirremolques	2.125
Fabricación de autopartes	850
Subtotal	2.975



Generación de puestos de trabajo 2021

Total de empleos 2021: 155.943

Fuente: Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. (ENEMDU), 2021



**Comercio y reparación de
vehículos y motocicletas**

Actividad	# trabajadores
Venta de vehículos	22.095
Mantenimiento y reparación de vehículos	87.107
Venta de autopartes	33.143
Venta y mantenimiento de motocicletas	10.623
Subtotal	152.968

**Tributos (empresas importadoras
y ensambladoras)**



Fuente: Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE), 2021; Servicio de Rentas Internas (SRI), 2021



Indicadores macroeconómicos

Balanza comercial total (Junio 2022)	305 millones USD FOB
Precio promedio del petróleo WTI (Junio 2022)	114,36 USD
Inflación anual (Julio 2022)	3,86%
Variación anual del PIB (Ene-Dic 2021/2020)	4,2 %

Fuente:



Crédito



Consumo:

Ene - Jul 2022
USD 3.100 millones

Fuente:



Mercado de vehículos livianos* y comerciales**



Importación (CBU)

Ene - Jul 2022
69.876
unidades



Ventas de ensamblados:

Ene - Jul 2022
10.158
unidades



Exportación:

Ene - Jul 2022
114
unidades



Ventas totales:

Ene - Jul 2022
77.171
unidades

*Vehículos livianos: automóviles, camionetas, SUV **Vehículos comerciales: VAN, camiones, buses

Fuente: Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (Sense), 2021;
Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade), 2021

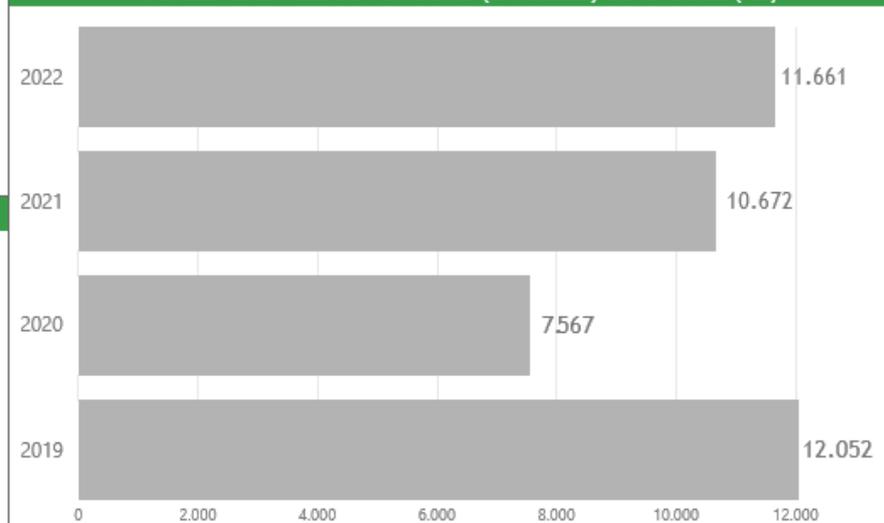


Ventas de vehículos

Venta de vehículos por segmento

Segmento	Jul 22	Jul 21	Ene-Jul 22	Ene-Jul 21	Var Jul/Jun 22	Var Jul 22/21	Var Ene-Jul 22/21
SUV	5.371	4.554	35.110	26.464	17,1 %	17,9 %	32,7 %
AUTOMOVIL	2.573	3.212	19.319	20.499	1,0 %	-19,9 %	-5,8 %
CAMIONETA	2.269	1.763	13.532	10.993	26,6 %	28,7 %	23,1 %
CAMION	943	829	6.212	5.553	39,3 %	13,8 %	11,9 %
VAN	392	289	2.558	1.954	-10,9 %	35,6 %	30,9 %
BUS	113	25	440	141	46,8 %	352,0 %	212,1 %
Total	11.661	10.672	77.171	65.604	15,2 %	9,3 %	17,6 %

Ventas históricas de vehículos (unidades) 2019-2022 (Jul)

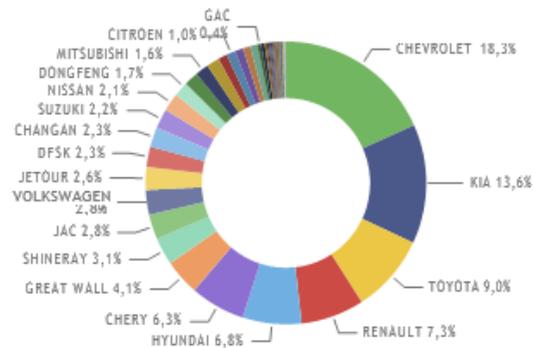


Ventas mensuales de vehículos

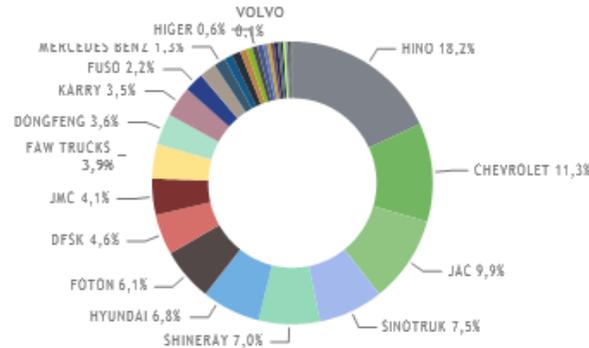




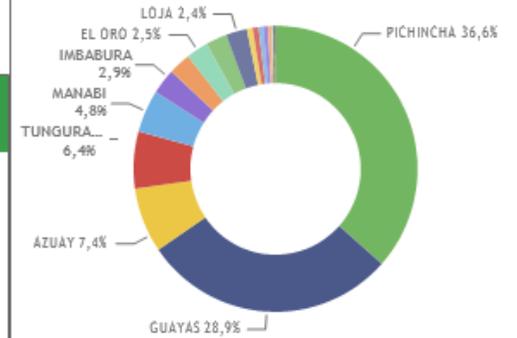
Participación de ventas por marca (unidades) vehículos livianos* 2022 (Jul)



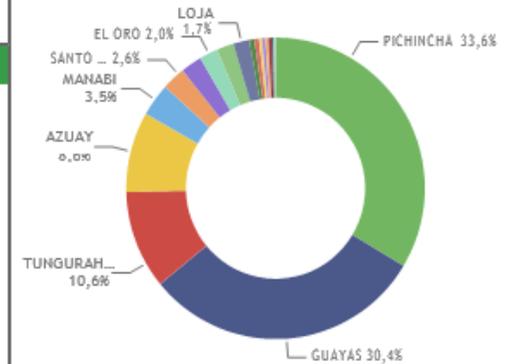
Participación de ventas por marca (unidades) vehículos comerciales** 2022 (Jul)



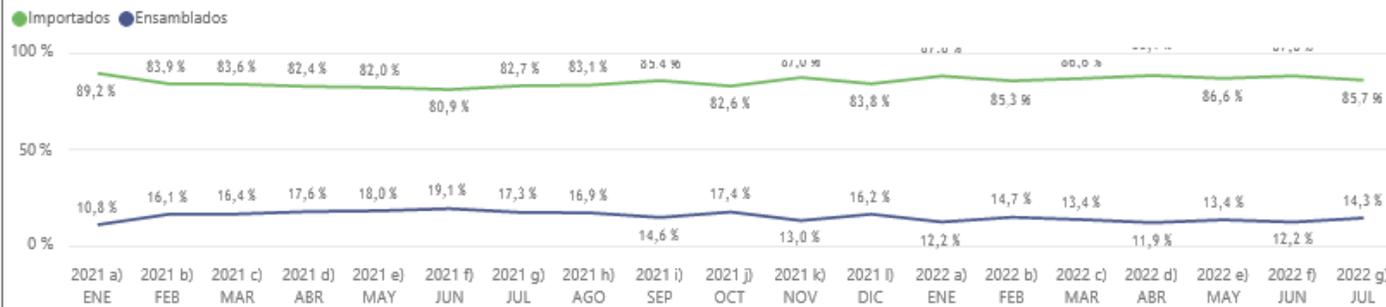
Participación por provincia (unidades) vehículos livianos* 2022 (Jul)



Participación por provincia (unidades) vehículos comerciales** 2022 (Jul)



Participación importados vs ensamblados



Anexos Resultados y discusión

Anexo 9 Llanes E.A. y otros. Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura p. 150 – 156

Introducción

Las emisiones vehiculares contribuyen sustancialmente a los inventarios nacionales y locales de emisiones de hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), tienen un serio impacto en la salud pública por su concentración de contaminantes atmosféricos en el aire capitalino. En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) en el Ecuador, lo anteriormente referenciado se puede relacionar a un mayor efecto de los arranques en frío, pues las mayores concentraciones se las encuentran en las horas y meses con menores temperaturas (WHO, 2016). Una de las principales fuentes de contaminantes atmosférico son las fuentes móviles (vehículos a gasolina y a diésel), lo cual ha motivado que a nivel mundial se establezcan normas que regulan el nivel de contaminación vehicular según su año de fabricación, sistema de alimentación y tipo de combustible.

La contaminación aérea por material particulado afecta negativamente la calidad del aire y la salud de las personas (Rojano, Mendoza, Arregoces, y Restrepo, 2016). De hecho, tal como lo señalan las investigaciones, esta contaminación en las ciudades está ligada directamente a las actividades antropogénicas donde se conjugan el transporte vehicular, la actividad y el microclima característico de las urbes (Belis et al., 2013). Además, de acuerdo con los análisis de la Organización Mundial de la Salud (OMS) 2012 - 2013, las ciudades del Ecuador sobrepasan los niveles internacionales de contaminación (El comercio, 2016; Rocha-Hoyos, Tipanluisa, Reina, y Ayabaca, 2017). En el informe de calidad del aire en Quito, se plantea que no se han registrado superaciones a la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire (NECA) durante el año 2015, sin embargo, la concentración máxima promedio de 1 hora fue de 10 mg/m³ en febrero en la estación Los Chillos, 60 % mayor a la máxima alcanzada en el 2014; la máxima promedio en 8 horas fue de 3.7 mg/m³ registrada en la estación Centro en febrero con un 15 % mayor a la alcanzada en el 2014 (Rocha et al., 2017; Secretaria del Ambiente DMQ, 2016).

Los factores de emisión del automóvil se han basado en experimentos dinamométricos siguiendo ciclos de conducción estándar (Weiss, Bonnel, Hummel, Provenza, y Manfredi, 2011). Estos experimentos permiten estudiar factores de emisión en varias condiciones experimentales: tipos de vehículos (ligeros y pesados), características (marca, edad, kilometraje, etc.), combustible utilizado (gasolina y diesel), entre otros. Esto permitió la determinación de una amplia gama de factores de emisión para contaminantes individuales y su dependencia con las condiciones de operación (Ait-Helal et al., 2015; Park et al., 2011; Wu et al., 2017).

Guasgua, Campaña, y Paredes (2016), experimentan varias gasolinas comercializadas en la Comunidad Andina en un vehículo Chevrolet modelo Sail, efectuando la medición de los gases contaminantes por medio de pruebas estáticas bajo la norma NTE INEN 2203:1999 y pruebas dinámicas según los ciclos americanos ASM 25/25 y 50/15, determinándose que para los combustibles analizados todos cumplen con la normativa. Sin embargo, estos métodos no reproducen la realidad en la circulación del vehículo sometido a los cambios de temperatura, humedad, presencia de lluvias, entre otros.

En el Ecuador, se emplean diferentes gasolinas las cuales se designan en función de su número de octano como la denominada Extra (87 octanos) y la gasolina Súper, equivalente al combustible Premium con 93 octanos, no obstante, existe actualmente en el país un biocombustible a base de combustible Extra y 5 % de bioetanol a base de caña de azúcar, denominado Ecopaís. Este combustible tiene las propiedades similares a la base del Extra salvo por la adición del bioetanol como alternativa a combustibles no fósiles; el mismo se comercializa en zonas a nivel del mar.

A partir de los antecedentes ya mencionados, la presente investigación tiene como objetivo principal, evaluar los factores de emisión en ruta de tres combustibles utilizados principalmente por vehículos livianos en el Ecuador (gasolina Súper con 93 octanos; gasolina Extra con 87 octanos y gasolina Ecopaís) mediante la instalación de estación on-board de emisiones y ruta de carretera para la determinación del comportamiento de cada combustible a 2610 msnm.

2. Metodología

Para la realización del estudio fue necesario seleccionar previamente el vehículo, para lo cual se tuvo como referencia la estadística del Anuario de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador- AEADE (2017), donde el vehículo AVEO EMOTION 1.6 L 4P GLS es el más vendido (70 % de ventas) en la provincia de Pichincha, Quito. Se seleccionó una ruta de carretera previamente caracterizada, para luego proceder a la toma de emisiones on-board.

Vehículo de prueba

La selección del vehículo es en base a las características del parque automotor del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), que se considera el más representativo en automotores. En la Tabla 1 se detallan las características del vehículo seleccionado, el mismo posee sistemas de inyección electrónica multipunto. Para determinar el consumo de combustible, se emplea un tanque de presión de combustible que consta de mangueras de ingreso y retorno.

Tabla 1. Características del vehículo de prueba

Modelo del vehículo	Transmisión	Kilometraje	Cilindrada [L]	Potencia kW/rpm	Relación de Compresión
---------------------	-------------	-------------	----------------	-----------------	------------------------

2011 Chevrolet Aveo emotion 1.6L 4P GLS	Manual	109730	1.6	76.81@60 00	9.5:1
-----------------------------------------	--------	--------	-----	----------------	-------

2.2. Estimación de factores de emisión

2.2.1. Circuito carretera

Para la realización del experimento se selecciona la ruta de carretera por la avenida Simón Bolívar en Quito, Ecuador; el punto de partida comienza en el redondel de Llano Chico sentido norte circunvalando el redondel de Carapungo hacia el redondel de Zámbriza para finalmente retornar al punto de inicio, con un recorrido total de 12 kilómetros. Se realiza un levantamiento completo de altura, distancias y tiempos característicos de la ruta para mantener la velocidad promedio de 40 kilómetros por hora (Hernández, Menchaca, y Mendoza, 2014).

En la Figura 1, se muestra el levantamiento del mapa satelital con escala 1000:2 de la ruta seleccionada, donde el promedio de elevamiento es de 2 610 msnm.

2.2.2. Sistema de adquisición de datos de emisión portable

Para la medición de los gases de escape se emplea el equipo on-board de marca Axion modelo OEM-2100AX (ver Tabla 2), el cual brinda información sobre las concentraciones volumétricas producidas a través de la conexión al vehículo por el puerto de datos OBD2.

En la Figura 2, se muestra el equipamiento empleado y su instalación en el vehículo experimental.



Figura 1. Recorrido de la prueba de carretera

Tabla 2. Características técnicas del equipo 2100AX (Global MRV, 2017)

TIPO	RANGO DE MEDICIÓN	PRECISIÓN	RESOLUCIÓN
Medición de O ₂ (Sensor)	Mayor o igual de (0.01 a25% Vol.)	Mayor o iguala ±0.1% abs.	Mayor o igual a0.01% Vol.
Medición deCO (NDIR)	Mayor o igual de (0.001 a10% Vol.)	Mayor o iguala ±0.02% abs.	Mayor o igual a0.001% Vol.
Medición de NO _x (Sensor)	Mayor o igual de (0 a4000 ppm)	Mayor o igual a ±25 ppm abs.	Mayor o igual a 1ppm
Medición de CO ₂ (NDIR)	Mayor o igual de (0.01-16% Vol.)	Mayor o iguala ±0.30% abs.	Mayor o igual a0.01% Vol.
Medición deHC (NDIR)	Mayor o igual de (1 a15000 ppm)	Mayor o iguala ±4 ppm abs.	Mayor o igual a 1ppm



Figura 2. Instalación on-board del equipo de medición de emisiones Axion OEM-2100AX

2.2.3. Estimación de factores de emisión

El modelo simplificado de combustión representa la conversión de la mezcla aire-combustible en sus principales productos según la Ecuación 1, donde las variables a, b, c, d, e, f y m son coeficientes estequiométricos desconocidos y definidos en moles formados por mol de combustible consumido; en vista que el CO₂, CO y HC son resultados de la combustión que contienen carbono, es posible desarrollar un balance de masa respecto a la cantidad de carbono presente en el combustible y en estos tres productos de la combustión. Los productos se consideran como base para el análisis de las emisiones y las características medias de los combustibles, por tanto, del balance de masa para el carbono se puede escribir como la Ecuación 1 y 2 (Frey, Unal, Roupail, y Colyar, 2003; Frey y Eichenberger, 1997).



$$1 = a + 3c + d \quad (2)$$

Los contaminantes genéricos son medidos en el tubo de escape y se analizan según la Ecuación 3, donde: RCO es la relación de CO respecto a CO₂ en porcentaje y RHC es la relación de HC respecto a CO₂ en porcentaje. El equipo de medición de gases entrega datos segundo a segundo sobre una base de volumen de todos los resultados de la combustión, y aplicando las relaciones anteriores se obtiene la porción de CO₂, presentada en la Ecuación 3:

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \quad (3)$$

Mediante la Ecuación 4 se determinan los factores de emisión (FE_i) en gramos de contaminante por kilómetro recorrido, donde el subíndice i se relaciona con los contaminantes CO, HC y NOx, MW_{comb} al peso molecular equivalente del combustible,

MW_i al peso molecular equivalente de los contaminantes, ρ_{comb} es la densidad del combustible en g/m³ y $c. c.$ es el consumo de combustible por distancia recorrida en m³/km (Frey y Eichenberger, 1997; Franco et al., 2013).

$$FE_i = \frac{R_i}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \times \frac{MW_i}{MW_{comb}} \times \rho_{comb} \times c. c. \quad [g/km] \quad (4)$$

3. Resultados y Discusión

A partir de las mediciones en la ruta seleccionada, se obtuvo el perfil de velocidad el cual permitió evaluar que las condiciones asignadas al experimento fueran cumplidas.

En la Figura 3, se presentan los datos de velocidades por distancia de la ruta, donde se observa la variación de la velocidad debido a las condiciones externas como son: tráfico, redondeles o eventos en la ruta no programados. Estos se ven reflejados en la variación de la figura con máximos y mínimos entre 70 y prácticamente 0 km/h. Sin embargo, se observa una línea de tendencia adecuada alrededor de los 40 km/h velocidad ideal de la prueba.

3.1. Propiedades fisicoquímicas de los combustibles

En la Tabla 3 se presentan las propiedades de los combustibles experimentados para su aplicación en el vehículo de prueba.

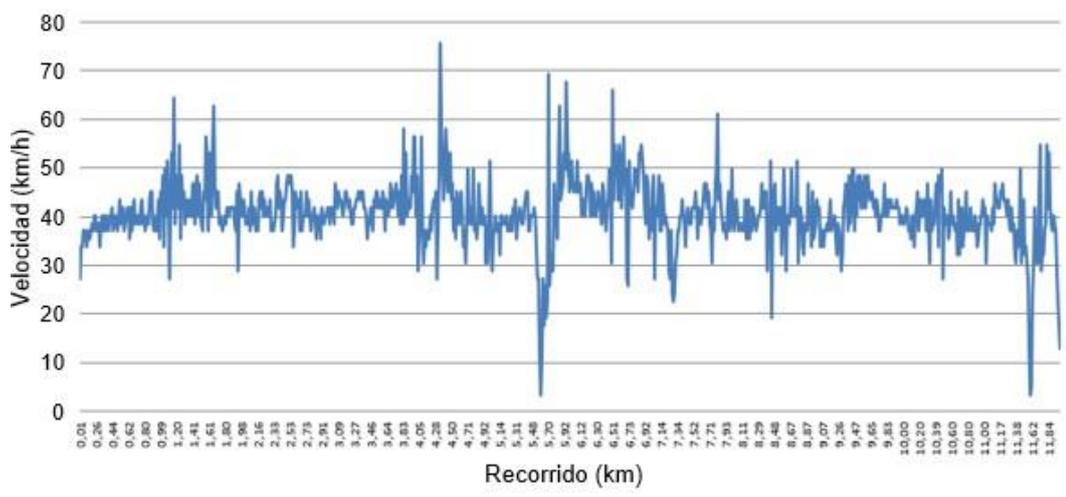


Figura 3. Análisis de la velocidad respecto a la distancia recorrida en la prueba

Tabla 3. Propiedades de los combustibles (Rocha y Zambrano, 2015)

Propiedades del combustible	Norm NTE INEN: 935:2012	Gasolina 87 octanos	Gasolina con 5% de Etanol
Números de octanos	87 min.	88.3	85.1
Curva de Destilación			
T ₁₀ – 10% evap., °C	70 max.	50	56
T ₅₀ – 50% evap., °C	77 – 121	99	105
T ₉₀ – 90% evap., °C	189 max.	163	167.5
Residuo de destilación %	98 min.	98.5	98.5
Presión de vapor de Reid, kPa	60 max.	58.6	50
Corrosión a la lámina de cobre (3h at 50°C)	1	1	1
Contenido de azufre	650 max.	169	190
Contenido de gomas (mg/cm ³)	3 max.	1	1

El contenido de CO₂ aumentó durante los primeros segundos y luego se estabilizó, el O₂ siguió exactamente el comportamiento opuesto. El CO, HC y NO_x alcanzaron su punto máximo al comienzo de la prueba y luego la concentración disminuyó hasta su estabilización; una vez que se alcanzó la temperatura óptima (alrededor de 400 °C) para el convertidor catalítico las emisiones disminuyeron y se estabilizaron, este comportamiento coincide con los estudios realizados por Lee, et al. (2012) y Hernández et al. (2014).

En la Figura 4, se muestran los resultados de las pruebas referentes a los gases de emisión. El CO₂ evidencia una tendencia similar para los tres combustibles en el período de prueba, con un promedio del 13 % CO₂; el gas de emisión CO experimenta oscilaciones en los primeros segundos y mientras transcurre la prueba decrece hasta valores del 1 % CO para luego estabilizarse, estos resultados en ruta muestran variaciones superiores a la obtenidas por Guasgua, Campaña, y Paredes (2016) las cuales no superan 0.13 % en situaciones controladas; las partes por millón de gas de escape HC inicialmente oscilan alrededor de 500 ppm y terminan por debajo de los 50 ppm hasta que el factor Lambda es igual a 1. El comportamiento del NO_x debe mantenerse por debajo de los 100 ppm, sin embargo, se observa que el componente oscila permanentemente identificando una operación normal, pero para la gasolina Súper se presenta un ligero incremento en esta etapa, finalmente el O₂ debe mantenerse

por debajo del 2 % observándose que el componente oscila permanentemente identificándose una operación normal. En ninguno de los casos se superan los valores establecidos en la NTE INEN 2204 (2002) luego de que se estabiliza el flujo de gases.

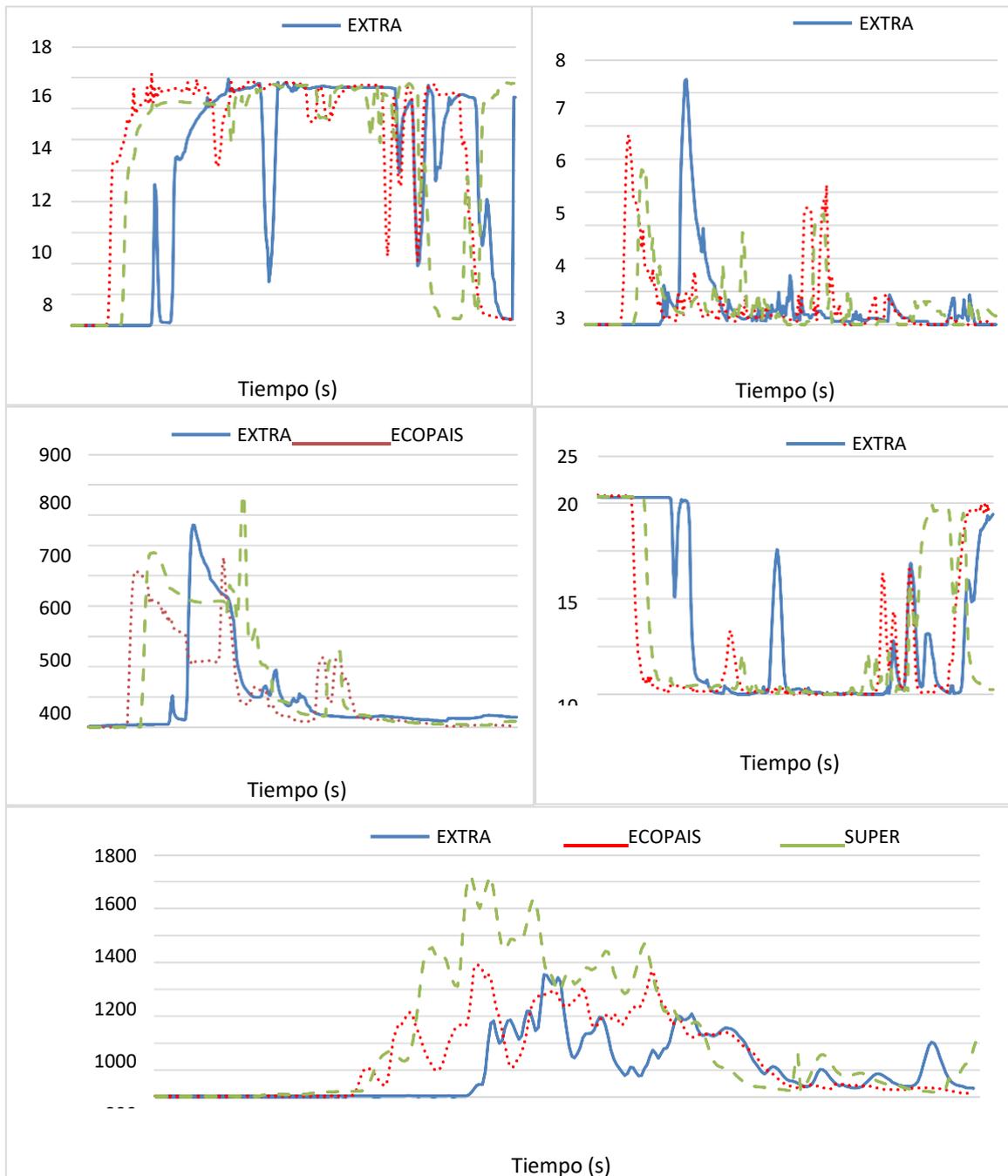


Figura 4. Comportamiento de los gases de escape durante los 300 segundos para los tres combustibles.

3.2. Análisis de la variabilidad en los factores de emisión

Para determinar si entre los grupos experimentales existe diferencia significativa o no en cuanto al factor de emisión, se aplica el análisis ANOVA (Tabla 5).

Como el valor P es inferior al 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula de la prueba F del análisis de la varianza, o sea, aquella que plantea que entre las medias no hay variación.

Con el objetivo de determinar cuáles de las medias son significativas, es necesario aplicar pruebas de comparación múltiple de medias, para este caso se aplica la LSD (Least Significant Difference).

Tabla 5: ANOVA aplicado a los grupos experimentales

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	211.623	8	26.459	97.66	0.0000
Intragrupos	9.75154	36	0.270876		
Total (Corr.)	221.375	44			

En la Tabla 6, se muestra el resultado al aplicar la prueba LSD, se puede contractar que para el caso de las emisiones de HC y NO_x en ruta, la gasolina Extra, Súper y Ecopaís no poseen diferencia significativa, en el caso de las emisiones de CO existe diferencia significativa entre las 3 gasolinas experimentadas, teniéndose los mejores resultados para la gasolina Extra.

Tabla 6: Pruebas de múltiples rangos de los factores de emisión (Método: 95.0 porcentaje LSD)

Factores de emisión	Casos	Media	Grupos Homogéneos
EXTRA EFHC [gHC/km]	5	0.0606	X
ECO EFHC [gHC/km]	5	0.0766	X
SÚPER EFHC [gHC/km]	5	0.086	X
EXTRA EFNO _x [gNO _x /km]	5	0.1372	X
ECO EFNO _x [gNO _x /km]	5	0.2052	X
SÚPER EFNO _x [gNO _x /km]	5	0.2638	X
EXTRA EFCO [gCO/km]	5	3.1196	X
SÚPER EFCO [gCO/km]	5	4.8132	X
ECO EFCO [gCO/km]	5	5.7034	X

En la Figura 5, se muestran los factores de emisión evaluados en el vehículo de forma gráfica por el método on-board, donde se puede visualizar con mayor exactitud la

diferencia anteriormente mencionada para el caso del CO para las diferentes gasolinas experimentadas.

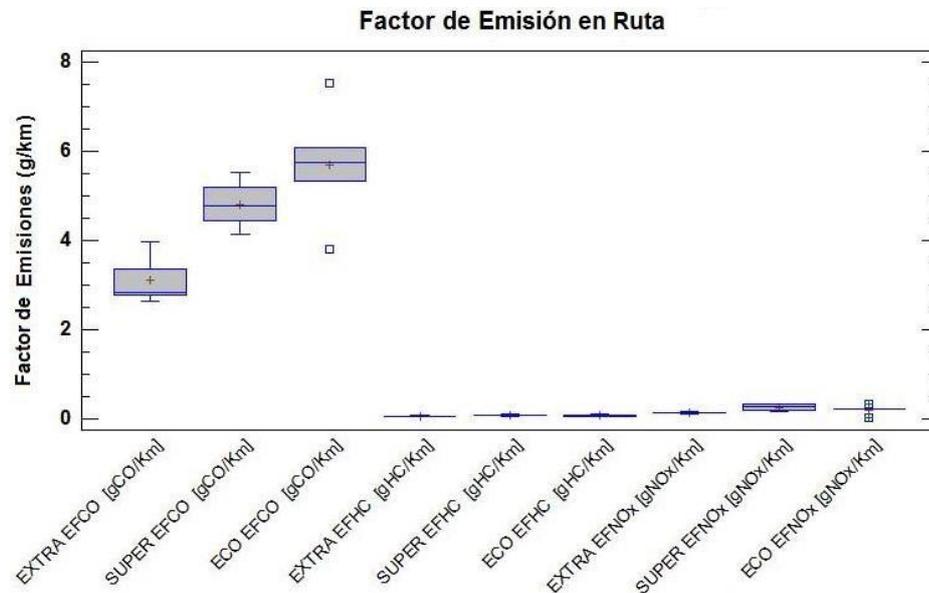


Figura 5: Gráfico comparativo de las medias para los diferentes factores de los contaminantes

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 y Figura 5, se analizan las diferencias en las emisiones de HC y NO_x, evidenciándose que no existe una diferencia significativa, mientras que en el CO fueron más evidentes las desviaciones entre los combustibles experimentados. Las emisiones de CO se redujeron cuando se usaron los combustibles tradicionales como Extra y Súper; contrario a lo referido por Hernández et al. (2014) y Schifter, Díaz, Rodríguez, y Salazar (2011), los cuales obtuvieron reducciones con las mezclas de etanol, causa fundamental de las diferencias se sustentan en que la actual investigación se desarrolla a 2600 msnm. La disminución del 25 % al 35 % en las emisiones de HC cuando se usaron mezclas de etanol coinciden con los resultados obtenidos por Hernández et al. (2014) y Li et al. (2015). En contraste a Hernández et al. (2014) en donde con el empleo de mezclas de etanol existe una tendencia a la reducción de los NO_x, en el presente estudio a los 2600 msnm el empleo del Ecopaís experimenta un valor medio entre los combustibles Extra y Súper.