

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL
COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN EN MOTORES DE
ENCENDIDO PROVOCADO A 2850 MSNM**

Realizado por:
ESTEBAN JOSÉ FLORES TERÁN

Director del proyecto
Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.

Como requisito para la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Quito, 20 de octubre del 2022

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ESTEBAN JOSÉ FLORES TERÁN, ecuatoriano, con cédula de identidad # 1804001715 declaro bajo juramento que el trabajo desarrollado a continuación es de autoría propia, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

E. Jose Flores

Esteban José Flores Terán

C.I.:1804001715

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



PhD. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

PROFESORES INFORMANTES

Ing. Jesús Lopez Villada

Ing. Wilson Fabian Ayala Vega

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su
defensa oral ante el tribunal examinador.

Ing. Jesús Lopez Villada

Ing. Wilson Fabian Ayala Vega

Quito, 20 de Octubre de 2022

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

E. Jose Flores

Esteban José Flores Terán

C.I.: 1804001715

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a:

A Dios, quien fue el que me guío por el buen camino, me dio fuerzas para continuar con mi carrera y no desmayarme ante las adversidades.

A mis padres Gerardo y Mercedes quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo.

Mi hermano Cristian por ser mi mentor e inspiración día a día, quien me enseñó que con el trabajo y perseverancia se encuentra el éxito.

Mi hermana Cristina y mi gran amiga, por todo tu cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

Mi tío Dennis por ser parte de este gran reto de vida quien me apoyo en este ultimo lapso sin el cual no hubiera podido graduarme.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis profesores por brindarme su apoyo cuando más las necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el cariño brindado cada día, siempre los llevaré en mi corazón.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Listado de Contenido

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.....	1
Resumen	12
INTRODUCCIÓN.....	14
MÉTODO	21
Área de estudio	21
Vehículo de prueba 1.....	22
Vehículo de prueba # 2.....	23
Equipos empleados en las pruebas	26
Pruebas Dinámicas Ciclo Inspección y Mantenimiento IM240	33
Protocolo de Prueba con el Ciclo IM240.....	34
Determinación de los Factores de Emisión	41
Diseño experimental.....	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
Análisis del consumo de combustible	47
Análisis de los resultados para los Factores de emisión.....	48

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Factor de emisión del CO (FCO).....	48
Factor de emisión del HC (FHC).....	52
Factor de emisión del NOx (FNOx)	55
CONCLUSIONES.....	61
BIBLIOGRAFIA	63
ANEXOS	65

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Indice de Figuras

FIGURA 1 IMAGEN DEL CCICEV	21
FIGURA 2 VEHÍCULO DE PRUEBA 1 CHEVROLET AVEO	22
FIGURA 3 VEHÍCULO DE PRUEBA 1 CHEVROLET AVEO	22
FIGURA 4 VEHÍCULO DE PRUEBA 2 HYUNDAI ELANTRA	24
FIGURA 5 VEHÍCULO DE PRUEBA 2 HYUNDAI ELANTRA	24
FIGURA 6 ANALIZADOR DE GASES COMBINADO PARA GASOLINA MAHA MGT5.....	26
FIGURA 7 DINAMÓMETRO DE CHASIS LPS3000.....	28
FIGURA 8 CAJA DE INTERFACES	29
FIGURA 9 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE ESCAPE.....	29
FIGURA 10 SONDA DE GASES DE COMBUSTIÓN.....	30
FIGURA 11 TANQUE DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE	30
FIGURA 12 PROBETA DE 1000ML	32
FIGURA 13 MATRAZ ERLLENMEYER DE 5000ML.....	33
FIGURA 14 INGRESO A FOSA DE REVISIÓN. CHEVROLET AVEO.....	34
FIGURA 15 INGRESO A FOSA DE REVISIÓN. HYUNDAI ELANTRA	35
FIGURA 16	36
FIGURA 17 SUJECCIÓN DEL AUTOMOTOR AL DINAMÓMETRO. HYUNDAI ELANTRA.....	36
FIGURA 18 ANALIZADOR DE GASES EN EL TUBO DE ESCAPE	37
FIGURA 19 ACOPLE DEL TANQUE EXTERNO DE COMBUSTIBLE A LAS TOMAS DE INGRESO Y RETORNO DE GASOLINA DEL MOTOR. CHEVROLET AVEO	37
FIGURA 20 ACOPLES DEL TANQUE EXTERNO DE COMBUSTIBLE A LAS TOMAS DE INGRESO Y RETORNO DE GASOLINA DEL MOTOR. HYUNDAI ELANTRA	38
FIGURA 21 ENCENDER LPS 3000 LWK.....	38
FIGURA 22 MEDICIÓN DE GASES EN EQUIPO LPS3000.....	39

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

FIGURA 23 RUTA PREESTABLECIDA POR EL EQUIPO	40
FIGURA 24 EXTRACCIÓN DEL CONSUMO DE GASOLINA OBTENIDO EN LA PRUEBA IM240	40
FIGURA 25 MEDICIÓN DE LA PRUEBA IM240, EN EL MATRAZ ERLLENMEYER Y PROBETA41	
FIGURA 26 CONSUMO DEL COMBUSTIBLE PARA AMBOS VEHÍCULOS	47
FIGURA 27 DIAGRAMA DE PARETO PARA CADA FACTOR Y SUS INTERACCIONES DEL FCO	50
FIGURA 28 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FCO CON EL COMBUSTIBLE EVOL-T.....	51
FIGURA 29 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FCO CON EL COMBUSTIBLE G-PRIX	51
FIGURA 30 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FCO SIN AIRE ACONDICIONADO.....	52
FIGURA 31 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FCO CON AIRE ACONDICIONADO	52
FIGURA 32 DIAGRAMA DE PARETO PARA CADA FACTOR Y SUS INTERACCIONES DEL FHC	54
FIGURA 33 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FHC CON EL COMBUSTIBLE	54
FIGURA 34 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FHC CON EL ACONDICIONAMIENTO	55
FIGURA 35 DIAGRAMA DE PARETO PARA CADA FACTOR Y SUS INTERACCIONES DEL FNOx.....	57
FIGURA 36 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FNOx CON EL COMBUSTIBLE G-PRIX...	58
FIGURA 37 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FNOx CON EL COMBUSTIBLE EVOL-T ..	58
FIGURA 38 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FNOx SIN AIRE ACONDICIONADO	59
FIGURA 39 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL FNOx CON AIRE ACONDICIONADO	59

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Índice de Tablas

TABLA 1	DATOS GENERALES CHEVROLET AVEO	23
TABLA 2	DATOS GENERALES HYUNDAI ELANTRA	25
TABLA 3	CARACTERÍSTICAS DEL ANALIZADOR DE GASES	27
TABLA 4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS LPS3000	28
TABLA 5	CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA EXTERNA.....	31
TABLA 6	VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.....	45
TABLA 7	TRATAMIENTOS PARA EL ANÁLISIS DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS (VARIABLE RESPUESTA: FACTORES DE EMISIÓN).....	46
TABLA 8	PROMEDIO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE AMBOS VEHÍCULOS	47
TABLA 9	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FCO.....	49
TABLA 10	OPTIMIZACIÓN DE LOS FACTORES FCO PARA UN MÍNIMO DE EMISIONES Y SU MODELO MATEMÁTICO	49
TABLA 11	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FHC.....	53
TABLA 12	OPTIMIZACIÓN DE LOS FACTORES FHC PARA UN MÍNIMO DE EMISIONES Y SU MODELO MATEMÁTICO	53
TABLA 13	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FNOX.....	55
TABLA 14	OPTIMIZACIÓN DE LOS FACTORES FNOX PARA UN MÍNIMO DE EMISIONES Y SU MODELO MATEMÁTICO	56
TABLA 15	VALORES MÍNIMOS DE LOS FACTORES DE EMISIÓN EN EL VEHÍCULO DE REFERENCIA	60

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Resumen

Debido al alto impacto del transporte en la eficiencia energética de la industria, los datos obtenidos en los últimos años, se puede apreciar un aumento del parque automotor evidenciándose un mayor porcentaje de emisiones contaminantes hacia el ambiente. El presente trabajo tuvo como objetivo: Determinar los factores de emisión mediante ciclos simulados en dinamómetro de chasis (ciclo IM240), con dos motores de encendido provocado de inyección indirecta y directa alimentado con dos tipos de combustible: Súper G-Prix y Súper Evol-T, para la identificación de la mejor variante en los parámetros analizados. El primero vehículo marca Chevrolet modelo Aveo del año 2017 incorpora un motor de combustión interna de inyección electrónica multipunto. Por otra parte, el vehículo marca Hyundai modelo Elantra del año 2010, posee un motor de combustión interna de inyección directa y de tipo atmosférico. En las pruebas se usa un equipo de dinamómetro de chasis con rodillos. Se aplican la prueba de ruta IM240, con finalidad de analizar el consumo de combustible y el estudio de las emisiones que genera el vehículo. Para cada una de las pruebas se realizan tres repeticiones usando cada uno de los dos tipos de combustibles, empleando pruebas sin aire acondicionado y otras con el aire acondicionado encendido. Para el estudio se empleó el laboratorio del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) a una altura de 2850 mnsn. Posteriormente, se hace un análisis estadístico de los datos obtenidos. Teniendo el mejor resultado al Hyundai Elantra con gasolina super G-Prix sin aire acondicionado obteniendo los menores valores de FCO (3,661 g/Km), FHC (0,097 g/Km) y FNOx (0,576 g/Km).

Palabras claves: Emisiones contaminantes, Ciclo IM240, Aire acondicionado, combustible, octanaje.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Abstract

Due to the high impact of transportation on the energy efficiency of the industry, the data obtained in recent years, an increase in the number of vehicles can be seen, evidencing a higher percentage of polluting emissions into the environment. The objective of this work was to determine the emission factors by means of simulated cycles in chassis dynamometer (IM240 cycle), with two engines of indirect and direct injection with two types of fuel: Super G-Prix and Super Evol-T, to identify the best variant in the parameters analyzed. The first vehicle branded Chevrolet Aveo model year 2017 incorporates a multipoint electronic injection internal combustion engine. On the other hand, the Hyundai vehicle, Elantra model year 2010, has an internal combustion engine with direct injection and atmospheric type. A chassis dynamometer equipment with rollers is used in the tests. The IM240 road test is applied in order to analyze fuel consumption and study the emissions generated by the vehicle. For each of the tests, three repetitions are carried out using each of the two types of fuel, using tests without air conditioning and others with the air conditioning on. For the study, the laboratory of the Technology Transfer Center for Training and Research in Vehicle Emissions Control (CCICEV) was used at an altitude of 2850 meters above sea level. Subsequently, a statistical analysis of the data obtained was performed. The best result was obtained for the Hyundai Elantra with super G-Prix gasoline without air conditioning, obtaining the lowest values of FCO (3.661 g/Km), FHC (0.097 g/Km) and FNO_x (0.576 g/Km).

Key words: Pollutant emissions, IM240 cycle, air conditioning, fuel, octane rating.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

INTRODUCCIÓN

Todo motor de combustión interna funciona transformando energía química (combustible) a energía de calor (potencia) a energía mecánica (movimiento) utilizada para proveer potencia a una maquina o equipo. Esta energía provee de un beneficio al poner en movimiento el vehículo y también genera productos dañinos al medio ambiente (Velasco, 2009). El sistema de propulsión más utilizado en la actualidad, es el motor de combustión interna alternativo MCIA. (Council, 2011)

En este punto, no hay duda que los contaminantes más preocupantes a nivel urbano son los nox, sox y material particulado provenientes de los tubos de escape de los automóviles. Las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema de combustible (ya sea gasolina, diésel u otros como gas licuado o biocombustibles) e incluyen una gama de contaminantes como: monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y las partículas. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible, como el azufre y el plomo hasta hace unos años, se liberan al medio ambiente a través del proceso de combustión.

Las emisiones de los tubos de escape dependen de las características del vehículo, la tecnología y los sistemas de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a producir mayores emisiones por kilómetro recorrido, y las normas que rigen la construcción de vehículos determinan su tecnología y si las emisiones están presentes poseen un equipo de control, como convertidores catalíticos. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, la velocidad del vehículo, la frecuencia e intensidad de la aceleración y las propiedades del combustible, como el contenido de azufre, juegan un papel decisivo en las emisiones.

Considerando que la contaminación vehicular ha sido la segunda causa de contaminación del aire a nivel mundial durante muchos años, es imperativo reconocer la magnitud del problema y tomar medidas preventivas, cuyas consecuencias repercuten en

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

la protección de los seres vivos y el entorno en el que vivimos (IEA, International Energy Agency).

Esto ha llevado a que se promulguen leyes a nivel mundial para evitar que los motores de combustión liberen contaminantes a la atmósfera sin control, razón por la cual los fabricantes, como los vehículos híbridos y eléctricos puros, continúan desarrollando tecnologías innovadoras. Sin embargo, como estas nuevas tecnologías no responden a las expectativas del público, se ha mantenido el uso del propio motor de combustión interna, optando por la colocación de elementos que producen más eficiencia energéticamente, y manteniendo el uso de combustibles fósiles.

Los factores de emisión son la cantidad promedio de contaminantes emitidos por un tipo de vehículo (Binder, 2014). Estos se expresan en términos de masa de contaminante emitido por unidad de distancia recorrida o por unidad de combustible consumido.

Evaluar el funcionamiento de un motor de combustión interna depende de una serie de factores, como el tipo de combustible, que pueden afectar el desempeño del vehículo además de la degradación temprana de los componentes internos del motor por el uso de combustible de mala calidad.

Los motores a gasolina utilizan un sistema de inyección de combustible que es el sucesor del carburador. Esta tecnología dosifica mejor el combustible y regula las diferentes fases de funcionamiento, considerando el tipo de manejo del conductor y las emisiones.

Debido a los cambios que ocurren durante el proceso de combustión, es difícil lograr obtener una combustión perfecta, por esto se generan otros componentes como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), los cuales reaccionan de forma dañina con nuestra atmosfera (Özener, 2014).

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

El proceso comienza en un tanque de combustible, donde se extrae mediante una bomba eléctrica. Luego pasa por un filtro hasta llegar a las galerías, donde la presión es estabilizada por un regulador. Con combustible, desde la sala de exposición principal, se suministran cilindros e inyectores de arranque en frío. La cantidad de combustible inyectado depende del aire entrante del motor, medido por el medidor de flujo de paleta y el sensor de temperatura. Esta información va a la centralita que calcula el tiempo de apertura del inyector por ciclo y determina la frecuencia de apertura en función del régimen del motor.

La aceleración hace que el acelerador se cierre y se abra y permite reducir la cantidad de inyección en el motor, lo que reduce el consumo y contamina los gases. Alternativamente, se puede utilizar un sensor de oxígeno ubicado en la salida del escape, llamado sonda lambda, que junto con el acelerador logra una mezcla equilibrada de combustible y aire, regulando las fugas de combustible.

La eficiencia térmica de un motor de gasolina varía según el modelo, el diseño y el uso previsto del vehículo. Pero en general, los motores de gasolina convierten el 20% de la energía del combustible en energía mecánica, de la cual solo el 15% se utiliza para mover las ruedas, y el resto se pierde por la fricción(Afework, 2019).

La eficiencia térmica es una medida de la eficiencia de un motor de combustión interna. En general, estos motores fueron intrínsecamente infructuosos, incluso con motores avanzados como los modernos monoplasas de Fórmula 1. Son muy ineficientes para convertir la energía disponible en la mezcla de combustible y aire para impulsar las ruedas.

Los sistemas de control climatizados han avanzado mucho, en comparación con sus orígenes dependiendo de los módulos de control electrónicos automotriz. Se debe tener en cuenta el factor del aire acondicionado cuando está en uso, se nota una pérdida

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

de potencia y energía, esto se debe a que el compresor se acopla al giro del motor, mediante una correa, y cuando trabaja lo hace por medio de la fuerza que produce el propulsor del vehículo. Por lo tanto, la tarea recae sobre la propia mecánica que al tener que ayudar al compresor, consumiendo mas energía por lo tanto un mayor consumo de combustible.

Hoy en día decidir el tipo de combustible adecuado para un vehículo se relaciona directamente con el precio y para otros con la calidad. En realidad, el mejor mecanismo para seleccionar el tipo es revisando el nivel de octanaje del vehículo. El octanaje es una cualidad de la gasolina que permite resistir la presión y las altas temperaturas que se generan dentro de la cámara de combustión del motor.

Es importante identificar la gasolina disponible en el mercado ecuatoriano con el mejor desempeño y las menores emisiones, ya que esto permite a los consumidores tener una mejor visión del tipo de gasolina que se comercializa.

En Ecuador se comercializa cuatro tipos de gasolinas que son Ecopais, Extra, Súper, y Super aditivada (Súper G-Prix-Súper Evol-T):

- Gasolina de 78 octanos (Gasolina Ecopais y Extra).
- Gasolina de 91 octanos (Gasolina Super).
- Gasolina de 92 octanos (Gasolina Super G-Prix y Evol-T)

En el caso de la gasolina Súper G-Prix y Súper Evol-T se tratan de gasolina con aditivos que no solo mejora el octanaje de la gasolina súper convencional, sino que mejora la calidad del combustible.

Países como Estados Unidos, Japón y Europa han puesto en marcha normativas que permiten certificar los vehículos para reducir las emisiones contaminantes que producen(Ambiente, 2019).

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

La normalización (INEN) encargado de establecer los parámetros de normalización, certificación y metrología necesarios para identificar los valores aceptables de emisiones de gases. Mediante la aplicación de la norma NTE INEN 2204:2002 se establece los valores aceptables para minimizar las emisiones contaminantes de gases emitidas por los motores vehiculares (NTE INEN 2204:2002, 2013).

Las normas ambientales que rigen al Distrito Metropolitana de Quito se encuentran algunas que permiten evaluar y mantener las emisiones contaminantes de los vehículos a gasolina bajo estrictos parámetros de control. Hace mención a una revisión técnica del vehículo, que no es más que un proceso de mantenimiento e inspección que se realiza a un vehículo para determinar el nivel de emisiones y por ende el estado mecánico del mismo.

Una prueba de dinamómetro es un método de medición de las emisiones de los vehículos que se realiza en condiciones de laboratorio, durante un ciclo de conducción que simula la operación de los vehículos en las carreteras. Un ciclo de conducción es aquel que está compuesto por un perfil de paradas, arranques, aceleraciones y desaceleraciones, su principal característica es que las pruebas se realizan durante un gran porcentaje del tiempo a velocidad constante.

Mediante pruebas dinámicas, se implemento el protocolo IM240, este es un análisis corto desarrollado para vehículos, especialmente por el propósito de tener una prueba rápida cuyos resultados sean correlativos.

El ciclo de manejo dura 240 segundos, simula un recorrido de 3,1 km a una velocidad media de 47,3 km/h y con una velocidad máxima de 91,2 km/h. Este tipo de prueba se realiza en un dinamómetro de chasis y utiliza un software que permite al operador implementar y mantener las condiciones de conducción necesarias durante todo el ciclo, para determinar el grado de contaminación a altas velocidades. (Sagebiel, 1996).

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Esta prueba es importante para detectar fallas en el funcionamiento del vehículo. Para determinar el nivel de emisión, las mediciones se realizan segundo a segundo y se combinan mediante una computadora. La computadora utiliza algoritmos de aprobación/rechazo para identificar vehículos particularmente contaminantes o sucios.

Para la medición de combustible, se puede realizar a partir de los datos de volumen de combustible existentes antes y después de la prueba, y también se puede calcular indirectamente a partir de mediciones de emisiones de gases, como HC, CO y CO_2 (Giakoumis, 2017).

Problema:

¿Como inciden los sistemas de inyección y calidad de combustible en motores de encendido provocado a 2850 mns/m ?

Obejtivo general

Determinar los factores de emisión mediante ciclos predeterminados en el dinamómetro de chasis (ciclo IM240), con dos motores de encendido provocado de inyección indirecta y directa alimentado con dos tipos de combustible: Súper G-Prix y Súper Evol-T, para la identificación de la mejor variante en los parámetros analizados.

Obejtivo especificos

- Obtener medidas de consumo de combustible para las gasolinas Súper G-Prix y Evol-T en los vehículos con sistema de inyección multipunto y directa mediante ensayos en un ciclo dinámico IM240.
- Adquirir las medidas de las emisiones de; Carbono (CO), Hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NOx) en los vehículos de prueba, con el uso de equipos de medición de gases.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Comparar las medidas de emisiones entre los dos tipos de combustible súper, las incidencias del aire acondicionado y encontrar cuál de los dos tipos de combustible tiene mejor rendimiento y menor cantidad de emisiones.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

MÉTODO

En la investigación de seguimiento se aplicó un análisis cuantitativo que pretende a través de los datos obtenidos en el estudio determinar los valores de emisión de contaminantes emitidos al medio ambiente; Esto tiene en cuenta el combustible utilizado y las condiciones del aire acondicionado.

Área de estudio

El presente trabajo fue realizado en los laboratorios del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV), instalaciones que pertenecen a la Escuela Politécnica Nacional.

Se encuentra ubicado en el la ciudad de Quito, con una altitud de 2850 msnm, con una temperatura que fluctúa entre los 18 °C a los 25 °C.

Figura 1

Imagen del CCICEV



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Vehículo de prueba 1

Para el desarrollo de este estudio se utilizó un vehículo tipo sedán marca Chevrolet modelo Aveo Family AC 1.6/4*2/ TM como se identifica en la figura 2 y 3. Es un vehículo de turismo del segmento B, el cual fue producido por GM Daewoo y a la vez por General Motors para el mercado sudamericano.

Figura 2

Vehículo de Prueba 1 Chevrolet Aveo



Figura 3

Vehículo de Prueba 1 Chevrolet Aveo



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tabla 1

Datos Generales Chevrolet Aveo

Especificaciones		Especificaciones	
Marca	Chevrolet	Placa	PCX-1712
Modelo	Aveo Family STD	Versión	N/D
Fabricante	General Motors	Kilometraje	72475
Motor (Datos del Fabricante)			
Fabricante Motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de Motor	Delantera	No. Motor	F15S317110046
	Transversal		
No. De Cilindros	4 cilindros en	Cilindrada (cm³)	1498
	Línea		
Máxima	62 KW @ 5600	Máximo Torque	127,5Nm @ 3000
Potencia(kw/rpm)	RPM	(Nm/rpm)	RPM
Sistema de	Refrigerante	Tipo Aspiración	Atmosférico
Enfriamiento			
Combustible	Gasolina Super G-	Tipo	Sedan
Fuente de Energía	Prix		
Subcategoría	M_1	Año Modelo	2018
Tonelaje	1.445	País Origen	Ecuador

Vehículo de prueba # 2

Para el desarrollo de este estudio se utilizó el segundo vehículo tipo sedán marca Hyundai modelo Elantra AC 1.6/4*2/TM como se identifica en la figura 4 y 5. Es un vehículo de turismo del segmento C, producido por el fabricante surcoreano Hyundai

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Motor Company. Es cinco plazas con motor delantero, inyección directa y tracción delantera.

Figura 4

Vehículo de Prueba 2 Hyundai Elantra



Figura 5

Vehículo de Prueba 2 Hyundai Elantra



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tabla 2

Datos Generales Hyundai Elantra

	Especificaciones		Especificaciones
Marca	Hyundai	Placa	PBK4437
Modelo	Elantra 4DR1.6TM	Versión	N/D
Fabricante	N/D	Kilometraje	217037
Motor (Datos del Fabricante)			
Fabricante Motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de Motor	Delantera Transversal	No. Motor	G4FCPU730973
No. De Cilindros	4 cilindros en Línea	Cilindrada (cm³)	1600
Máxima	97 KW @ 6300	Máximo Torque	158Nm @ 4850
Potencia(kw/rpm)	RPM	(Nm/rpm)	RPM
Sistema de	Refrigerante	Tipo Aspiración	Atmosférico
Enfriamiento			
Combustible	Gasolina Super G-	Tipo	Sedan
Fuente de Energía	Prix		
Subcategoría	M_1	Año Modelo	2010
Tonelaje	1.8	País Origen	Corea del Sur

Los vehículos antes de ser sometido a las pruebas dinámicas, pasaron por un riguroso chequeo mecánico para que todas las condiciones de funcionamiento y manejo de automóvil se encuentren en optimas condiciones.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Teniendo en cuenta el cambio de aceite, filtros de aire y de combustible, chequeo de sistema de inyección, presión en los neumáticos son aspectos que deben tomar en cuenta antes de iniciar la investigación propuesta.

Equipos empleados en las pruebas

Los equipos que se usaron en la realización de las pruebas de medición de emisiones están ubicados en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares- CCICEV de la Escuela Politécnica Nacional, estos son:

Analizador de gases combinado para gasolina MAHA MGT5.- Con este equipo se puede medir las concentraciones de emisiones contaminantes en automóviles a gasolina, en condiciones determinadas, figura 6. Las características que mantiene este equipo se pueden observar en la Tabla 3, en el Anexo A se puede observar las especificaciones del equipo.

Figura 6

Analizador de Gases Combinado para Gasolina MAHA MGT5



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tabla 3

Características del Analizador de Gases

DETALLE	VALOR
Gases analizables	CO, CO ₂ , HC, O ₂ , NO
Deriva del margen de medición	Inferior a +/- 0,6 % del valor final del alcance
Valor Lambda	Margen indicador: 0,500 – 9,999 w Resolución: 0,001 w
Cantidad total de flujo	Máx. 3,5 l/min – mín. 1,5 l/min
Caudal – gas de medición	Máx. 2,5 l/min – bomba de membrana
Presión de servicio	750 – 1100 mbar
Fluctuación de la presión	Máx. errores 0,2% con fluctuaciones de 5 kPa
Alimentación	85 V – 280 V ; 50 Hz ; 65W/12V-24DC
Temperatura de servicio	+ 5 ° - + 45 °C • tolerancia ± 2 °C
Dimensiones	560 x 240 x 300 mm 4.3.2

Dinamómetro de chasis LPS3000.- Este equipo facilita la medición del torque y potencia del motor de un automóvil, en condiciones definidas; de igual manera se realiza el test de opacidad dinámica Lug Down, simulador de carga, mediciones de la elasticidad de un motor, control de tacómetro, consumo de combustible, análisis de emisiones contaminantes, se muestra en la figura 7. Sus elementos principales son:

- Consola de mando
- Juego de rodillos R200/1
- Cajas de interfases- sonda de temperatura de aceite

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Sistema de extracción de gases de escape

Figura 7

Dinamómetro de Chasis LPS3000



A continuación, en la Tabla 4 se identifican algunas características del dinamómetro de Chasis LPS3000 y las especificaciones detalladas las encontramos en el Anexo A.

Tabla 4

Especificaciones Técnicas del Dinamómetro de Chasis LPS3000

DETALLE	VALOR
Revoluciones del motor	0-10000 rpm
Precisión potencia de rueda +/-	2% del valor de la medición
Tensión de alimentación	400V/50 Hz
Potencia de rueda	30-máx. 400kW
Velocidad de prueba máx.	200 km/h
Fuerza de tracción máxima	15000 N
Carga máxima por eje (t)	15
Diámetro mínimo de rueda para ensayar	12"

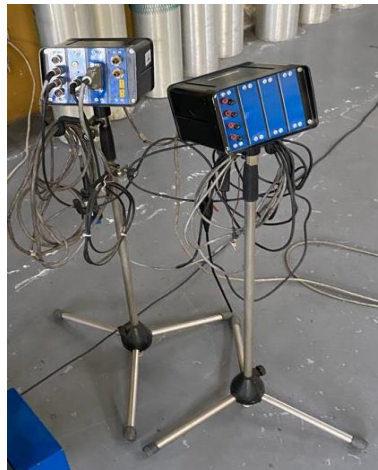
INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Fuente: M.G.C.KG. "LPS 3000 para camiones, ed, 2005-11-24

Cajas Interfaces. - Las medidas que se registran en las pruebas son guardadas en las cajas de interfaces, de igual manera se ubican los números de revoluciones, parámetros medioambientales y temperatura de aceite de motor, ver Figura 8.

Figura 8

Caja de Interfaces



Sistema de Extracción. - Las emisiones contaminantes de los gases de escape son eliminadas mediante un sistema de extracción, estas se producen durante el proceso de ejecución de las pruebas, ver figura 9.

Figura 9

Sistema de Extracción de Gases de Escape



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Sonda de gases de combustión. -Esta sonda permite la recolección de emisiones que se producen en el motor Figura 10 y son enviadas al analizador de gases.

Figura 10

Sonda de Gases de Combustión



Tanque externo de combustible. - Es un tanque que reemplaza al tanque interno de combustible, su funcionalidad es poder identificar con facilidad el consumo de combustible por el vehículo en el transcurso de la prueba IM240. Es un purificador del sistema de inyección del motor, de fácil conexión ya que la misma se hace en base a acoples adaptables entre el equipo y los ductos de combustible, ver Figura 11

Figura 11

Tanque de Presión de Combustible



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

En la Tabla 5 se establecen las características del Tanque externo de combustible.

Tabla 5

Características de la Bomba Externa

Cantidad de llenado máxima	5 litros
Contenido total del depósito	7 litros
Sobrepresión admisible de servicio	7 bares
Peso de la unidad	4.5 kg
Dispositivo de seguridad	Válvula de seguridad
	Manómetro
	Válvula de descarga de presión

Fuente: Recalde (2015)

Probeta de 1000ml.- Este elemento permite realizar la medición del volumen de combustible consumido durante la prueba. Ayuda a obtener con una precisión de $\pm 10ml$ la cantidad de cada tipo de gasolina utilizada en cada ensayo. En la figura 12 se observa este elemento.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 12

Probeta de 1000ml

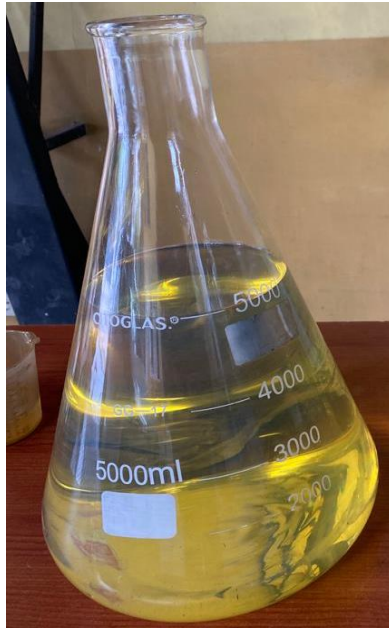


Matraz Erlenmeyer de 5000 ml.- Es un recipiente transparente de forma cónica con una gran abertura en el extremo angosto, generalmente prolongado con un cuello cilíndrico. Suele incluir algunas marcas de graduación. La estructura del matraz cuenta con una alta resistencia contra altas temperaturas, pérdidas de la sustancia o solución contenida (por medio de agitación o evaporación). Este elemento permite realizar la medición del volumen de combustible que entra en el tanque externo antes de iniciar cada ensayo. En la Figura 13 se observa este elemento.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 13

Matraz Erlenmeyer de 5000ml



Pruebas Dinámicas Ciclo Inspección y Mantenimiento IM240

El ensayo IM240 es un ensayo dinámico transitorio, que se realiza en un dinamómetro de chasis de un vehículo ligero con un ciclo de conducción de 240 s. El dinamómetro simula una carga externa e intenta esto sigue un camino preestablecido en el software del dispositivo de medición. Junto al dispositivo se encuentra un analizador de gases para medir las emisiones de: CO, HC y NOx.

El proceso se realizó en los laboratorios del Centro de Emisiones Vehiculares (CCICEV), con software específicos y personal capacitado.

Dentro de los equipos que se necesitan para el desarrollo de la prueba se mencionan:

- Analizador de gases MAHA MGTE5
- Equipo para procesamiento de información (computador)
- Equipo LPS 3000

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Caja de Interfaces
- Extractor de gases
- Tanque externo de presión de combustible
- Probeta de 1000ml
- Matraz Erlenmeyer de 5000ml

Protocolo de Prueba con el Ciclo IM240.

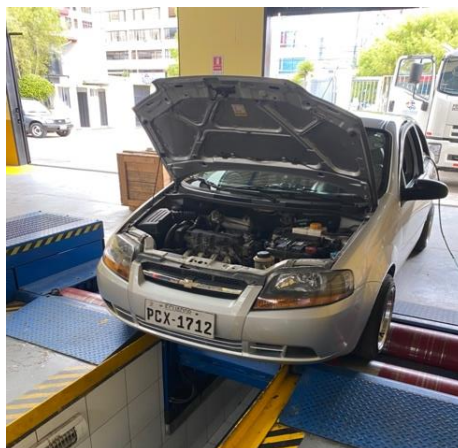
Las pruebas se realizan con dos tipos de gasolina (Super G-Prix y Super Evol-T). En cada prueba de combustible se realiza el recorrido de 6 ciclos IM240. Las primeras tres pruebas sin aire acondicionado y las tres siguientes pruebas con aire acondicionado. Los procedimientos realizados durante la prueba se detallan a continuación.

Se deben realizar los siguientes pasos:

- Identificar condiciones óptimas del vehículo.
- Identificar el buen estado del sistema de escape (sin fugas ni perforaciones).
- Posicionar las ruedas motrices del vehículo (en este caso ambos vehículos tenían tracción delantera) sobre los rodillos del dinamómetro de chasis de forma recta en dirección de marcha. Como se muestra en la figura 14 y 15 respectivamente de cada vehículo.

Figura 14

Ingreso a fosa de revisión. Chevrolet Aveo



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 15

Ingreso a fosa de revisión. Hyundai Elantra



- Fijar el vehículo al dinamómetro por medio de correas de tensión al eje trasero del automotor. Como se indican en la figura 16 y 17.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 16

Sujeción del automotor al dinamómetro. Chevrolet Aveo

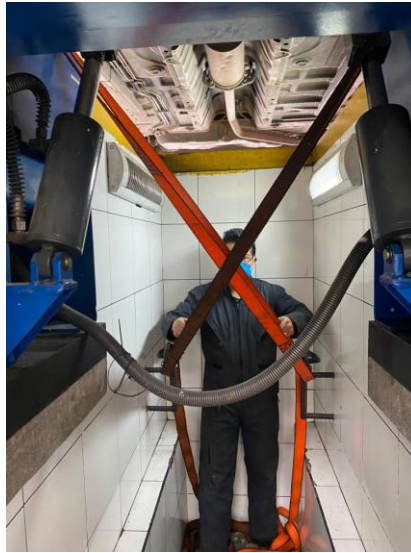


Figura 17

Sujeción del automotor al Dinamómetro. Hyundai Elantra



- Instala la sonda de gases al final del tubo de escape. Se muestra en la figura 18.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 18

Analizador de gases en el tubo de escape



- Poner el extractor de gases a la salida de las emisiones contaminantes del motor.
- Acoplar el tanque de presión externo de combustible en las tomas de ingreso y retorno de gasolina del motor, este equipo debe instalarse a una presión similar a la del funcionamiento de la bomba de combustible, que en vehículos es de 50 PSI. Respectivamente en las figuras 19 y 20.

Figura 19

Acople del tanque externo de combustible a las tomas de ingreso y retorno de gasolina del motor. Chevrolet Aveo



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 20

Acoples del tanque externo de combustible a las tomas de ingreso y retorno de gasolina del motor. Hyundai Elantra



- Activar el analizador de gases LPS3000. Como se muestra en la figura 21.
- Antes de comenzar la medición de gases, el motor debe estar en su temperatura normal 95°C.

Figura 21

Encender LPS 3000 LWK



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Procedemos a dar inicio al ciclo IM240 y medición de gases en el equipo LPS3000. Como se indica en la figura 22.

Figura 22

Medición de gases en Equipo LPS3000

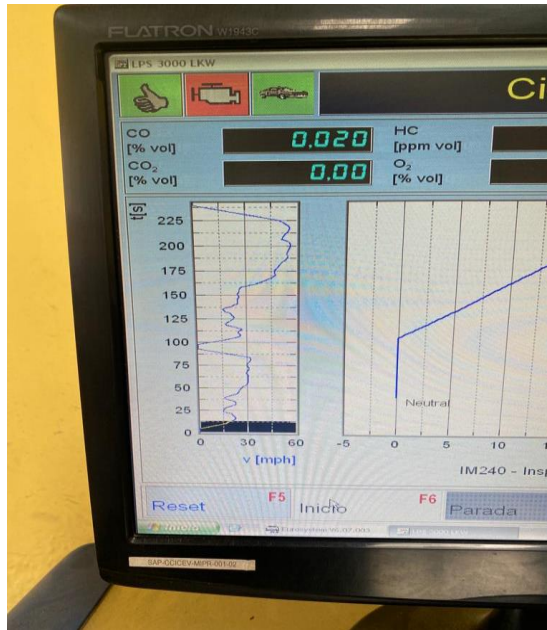


- Se debe conducir el vehículo siguiendo la ruta preestablecida por el equipo, procurando estar dentro de la zona de tolerancia de la prueba y evitar que esta sea cancelada por el equipo. Figura 23.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 23

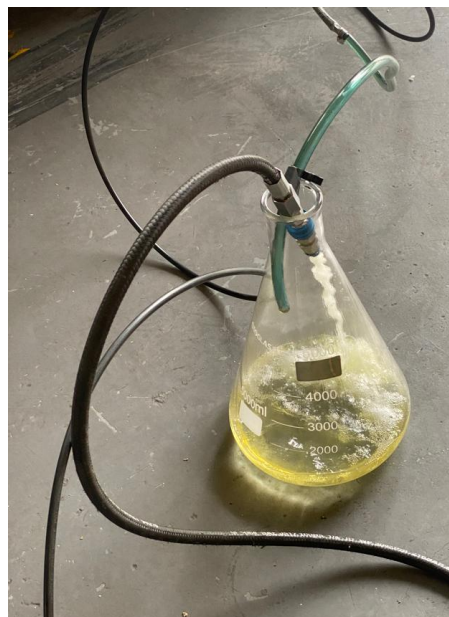
Ruta Preestablecida por el Equipo



- Se procede a sacar el combustible del tanque externo para verificar el consumo obtenido en la prueba IM240. Como se muestra en la figura 24.

Figura 24

Extracción del Consumo de gasolina obtenido en la prueba IM240



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Medir y registrar la cantidad de combustible consumido en el tanque de presión utilizando la probeta de 1000ml. Como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Medición de la prueba IM240, en el Matraz Erlenmeyer y probeta



- Repetir el ciclo IM240 6 veces por vehículo de forma consecutiva para obtener los resultados.
- Desinstalar los equipos.

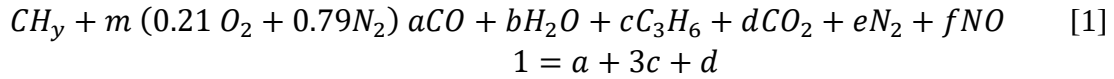
Determinación de los Factores de Emisión

Los factores de emisión son estimadas a través de los datos obtenidos experimentalmente del equipo de medición. A continuación, se presenta un resumen del modelo de la combustión en la mezcla del comburente aire-combustible en sus principales productos.

Donde las variables son coeficientes estequiométricas (a , b , c , d , e , f y m) que corresponden a coeficientes estequiométricos desconocidos y determinados por mol de combustible consumido. Se desarrolla un balance de masa respecto a la cantidad de carbono, debido a que como fruto de la combustión se obtiene emisiones contaminantes

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

de CO_2 , CO y HC resultado de la combustión. El balance de masa para el carbono se puede escribir como la Ecuación 1 (Leguísamo Milla, 2019).



Donde:

m = Moles de aire consumido por mol de combustible consumido.

a = Moles formados de CO por mol de combustible consumido.

b = moles formados de H_2O por mol de combustible consumido

c = moles formados de C_3H_6 por mol de combustible consumido

d = moles formados de CO_2 por mol de combustible consumido

e = moles formados de N_2 por mol de combustible consumido

f = moles formados de NO por mol de combustible consumido

Las emisiones contaminantes son medidas desde el sistema de escape del vehículo y son analizados correspondientemente a la ecuación 2.

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \quad [2]$$

Donde:

R_{CO} = Es la relación de CO con respecto al CO_2 dado en porcentaje.

R_{HC} = Es la relación de HC con respecto al CO_2 dado en porcentaje.

Se toma en cuenta como base principal del combustible al octano C_8H_{18} (equivalente $CH_{2.25}$) y se procede a determinar el peso molecular del combustible como se muestra en la Ecuación [3].

$$MW_{Co} = \frac{12gC}{molC} \times \left(\frac{1molC}{mol comb} \right) + \frac{1gH}{molH} \times \left(\frac{ymolH}{mol comb} \right) = 14,25 \frac{gcomb}{mol comb}$$

$$= 0,01425 \frac{Kgcomb}{mol comb} \quad [3]$$

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Utilizando la densidad del combustible (kg/m^3) y el consumo por distancia recorrida ($FC\ m^3/km$), cómo se puede observar en las Ecuaciones 4,5 y 6.

$$F_{CO} = \frac{R_{CO}}{R_{CO+3R_{HC}+1}} \frac{MW_{CO}}{MW_{comb}} \quad [4]$$

$$F_{HC} = \frac{R_{HC}}{R_{HC} + 3R_{HC} + 1} \frac{MW_{HC}}{MW_{comb}} \quad [5]$$

$$F_{NO} = \frac{R_{CO}}{R_{CO+3R_{HC}+1}} \frac{MW_{NO}}{MW_{comb}} \quad [6]$$

Dónde:

F_{CO} Corresponde a factor de emisión de CO

R_{CO} Razón de % de CO con respecto a la concentración de CO_2

R_{CH} razón de % de HC en cuanto a la concentración de CO_2

R_{NO} razón de % de NOX_x en cuanto a la concentración de CO_2

MW_{CO} peso molecular del CO

MW_{HC} peso molecular de HC

MW_{NO} peso molecular de NO

MW_{COMB} peso molecular del combustible

La densidad del combustible $\delta_{com}(kg/m^3)$ con un valor de $744\ kg/m^3$ a $15^\circ C$ es una variable independiente en estas fórmulas al igual que el consumo de combustible por distancia recorrida en la ruta de prueba (J.C. Leguisamo Milla et al., 2020).

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

El equipo encargado de realizar las respectivas mediciones de gases en todo el transcurso de la prueba del ciclo de manejo IM240 así realizando una base de volumen de los resultados de las emisiones en los gases de escape, obteniendo así la relación de la ecuación 1.

En la ecuación 3 se muestra la determinación de los factores de emisión (FE_i) (ecuación 4) en unidades de gramos de contaminación por cada kilómetro [g/km], el subíndice i muestra la relación con las emisiones contaminantes anteriormente mencionadas.

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

Donde:

MW_{comb} = Peso molecular equivalente del combustible.

MW_i = Peso molecular equivalente de las emisiones contaminantes.

ρ_{comb} = Densidad del combustible expresado en [g/m^3].

$c.c$ = Consumo de combustible por la distancia recorrida expresado en [m^3/km].

Diseño experimental

Para la determinación de las emisiones contaminantes ($CO\%$, $CO_2\%$, $O_2\%$, $NO_x\%$ y $HC\%$); se utilizó un dinamómetro de chasis bajo el ciclo de conducción IM240 y un analizador de gases. Se experimentó con gasolina Súper G-Prix y Súper Evol-T para un Chevrolet Aveo (inyección multipunto) y Hyundai Elantra (inyección directa) al utilizar el aire acondicionado. En la tabla 6 se representan los factores y sus niveles como variables independientes además de la variable dependiente.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tabla 6

Variables dependientes e independientes

Factores (variables independientes)	Niveles de los factores	Variable dependiente (variables respuestas)
Tipo de combustible (TC)	G-Prix Evol-T	Factores de emisión
Sistema de inyección (SI)	Chevrolet Aveo Hyundai Elantra	(FCO, FHC, FNO _x)
Acondicionamiento (A)	Sin aire acondicionado Con aire acondicionado	

De la tabla 6 se tiene un diseño de experimento multifactorial 2^3 , obteniéndose 8 tratamientos (combinaciones) que se muestran en la tabla 7. Para el análisis y comparación de los resultados se emplea el software *Statgraphics Centurion XVI*, realizándose un análisis de varianza (ANOVA).

Se realiza un análisis por superficie de respuesta para las combinaciones que se muestran en la tabla 7. Se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento según lo establecido por la norma NTE INEN 2205 en el apartado 6 sobre métodos de ensayo donde en el punto 6.1.5.4 refiere “Registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada prueba”.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tabla 7

Tratamientos para el análisis de diferencias significativas (Variable respuesta:

Factores de Emisión)

	Autos	Gasolina	Aire	DENOTACIÓN
Tratamientos	(sistema de inyección)		acondicionado	
T1	Chevrolet	Evol-T	Con (6)	IMETC
	Aveo (IM-1)	(4)		
T2	Chevrolet	Evol-T	Sin (5)	IMETS
	Aveo (IM-1)	(4)		
T3	Chevrolet	G-Prix (3)	Con (6)	IMGPC
	Aveo (IM-1)			
T4	Chevrolet	G-Prix (3)	Sin (5)	IMGPS
	Aveo (IM-1)			
T5	Hyundai	Evol-T	Con (6)	IDETC
	Elantra (ID-2)	(4)		
T6	Hyundai	Evol-T	Sin (5)	IDETS
	Elantra (ID-2)	(4)		
T7	Hyundai	G-Prix (3)	Con (6)	IDGPC
	Elantra (ID-2)			
T8	Hyundai	G-Prix (3)	Sin (5)	IDGPS
	Elantra (ID-2)			

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del consumo de combustible

El análisis de consumo del combustible se ve reflejado en la tabla 8 y figura 26, donde podemos apreciar que el menor consumo de combustible se obtiene cuando no está encendido el aire acondicionado, y el vehículo Hyundai Elantra obtiene los mejores resultados para ambas condiciones. Teniendo en cuenta que al ser activado el aire acondicionado exige un mayor consumo.

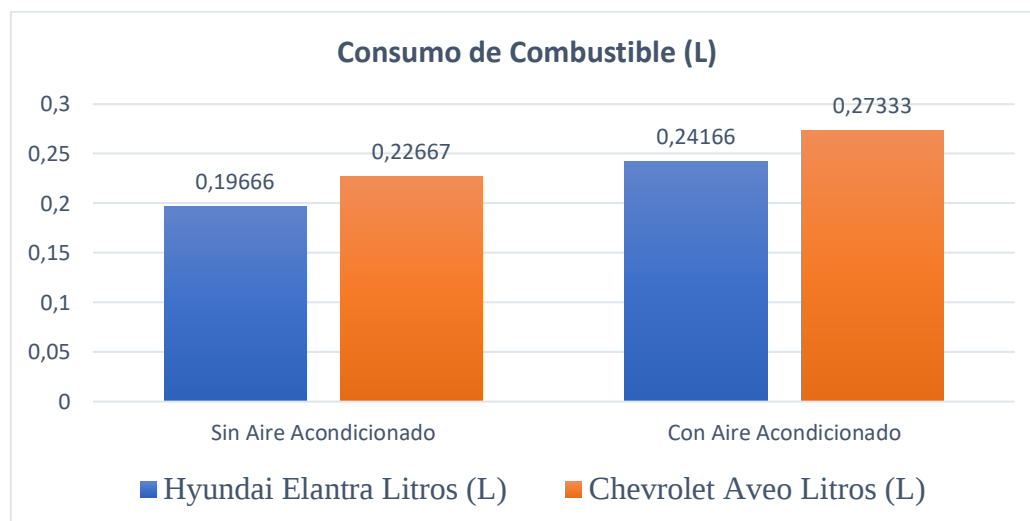
Tabla 8

Promedio del consumo de combustible de ambos vehículos

Promedio del Consumo de Combustible			
Vehículos	Medida	Sin Aire	Con Aire
Hyundai Elantra	Litros (L)	0,19666	0,24166
Chevrolet Aveo F	Litros (L)	0,226667	0,273333

Figura 26

Consumo del combustible para ambos vehículos



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Análisis de los resultados para los Factores de emisión

Para el análisis y comparación de los resultados de las emisiones contaminantes, se emplea el software *Statgraphics Centurion XVI*, aplicándose un análisis de superficie de respuesta para las combinaciones o tratamientos mostrados en el método (tabla 7).

Factor de emisión del CO (FCO)

En la tabla 9 se presenta los valores de P, donde se puede apreciar que para el sistema de inyección y la interacción Sistema de inyección – Tipo de combustible hay diferencia significativa, lo cual se corrobora con el diagrama de Pareto (figura 27). En la tabla 10 se muestran los valores para los cuales se obtienen los menores valores del FCO y su modelo matemático, lo cual corresponde al Hyundai Elantra – G-Prix- Sin Aire acondicionado.

Resultado de emisiones similares a los de los vehículos utilizados en este estudio según Recalde (2015) “donde se hace la prueba dinámica aplicando la ruta IM240 utilizando un vehículo Toyota de 1800 cc. En este caso los valores de CO son similares a los de este estudio”. En cambio, en el caso de Rocha Hoyos (2019) “se comparan 3 gasolinas la Súper, la Extra y la Ecopais y no se obtiene una diferencia significativa entre las emisiones HC y NOx para cada tipo de gasolina mientras que en el caso del CO las emisiones son mayores para la gasolina Ecopais que es una mezcla de etanol con Extra. Esto difiere de los datos obtenidos donde la menor cantidad de gases emitidos se logra con una gasolina de mejor calidad y octanaje. Esto puede deberse al modelo, cilindraje y año del vehículo utilizado”

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

Tabla 9

Análisis de Varianza para FCO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor-P
A:SI	35,9342	1	35,9342	35,85	0,0000
B:TC	0,00490204	1	0,00490204	0,00	0,9452
C:A	0,494501	1	0,494501	0,49	0,4932
AB	7,11226	1	7,11226	7,09	0,0177
AC	0,465652	1	0,465652	0,46	0,5059
BC	0,027676	1	0,027676	0,03	0,8703
bloques	0,64158	2	0,32079	0,32	0,7310
Error total	15,0371	15	1,00247		
Total	59,7179	23			
(corr.)					

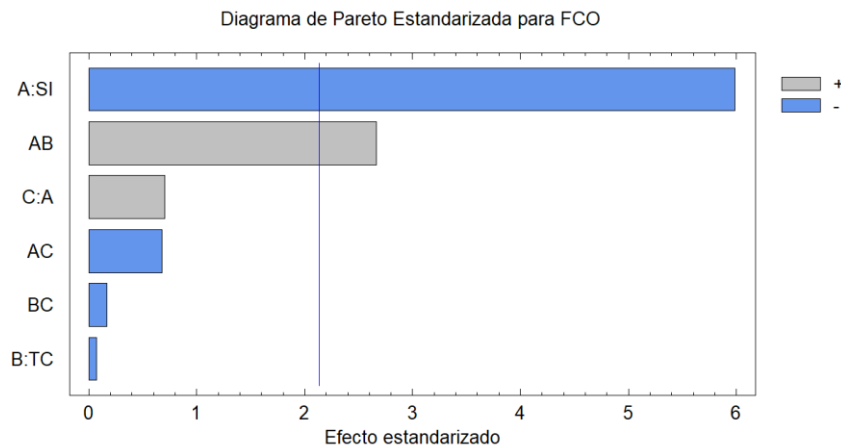
Tabla 10

Optimización de los factores FCO para un mínimo de Emisiones y su modelo matemático

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
SI	1,0	2,0	2,0
TC	3,0	4,0	3,0
A	5,0	6,0	5,0
$FCO = 12,1441 - 7,00408*SI - 2,54775*TC + 1,59825*A +$ $2,1775*SI*TC - 0,557167*SI*A - 0,135833*TC*A$			

Figura 27

Diagrama de Pareto para cada Factor y sus interacciones del FCO



En las figuras 28, 29, 30 y 31, se muestra la superficie de respuesta para la interacción del Sistema de inyección con el Acondicionamiento y con el tipo de combustible; en el caso de las figuras 28 y 29 se muestra para el caso del Hyundai Elantra el aire acondicionado no incide en el FCO, no siendo así en el caso del Chevrolet Aveo donde se incrementan las emisiones al utilizar el aire acondicionado (para ambos combustibles experimentados). En las figuras 30 y 31 se aprecia como los menores valores de FCO se obtienen para el caso del Hyundai Elantra con G-Prix, sin embargo, en caso del Chevrolet Aveo los valores menores son con la gasolina súper Evol-T; para ambos casos de Acondicionamiento.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 28

Superficie de respuesta para el FCO con el combustible Evol-T

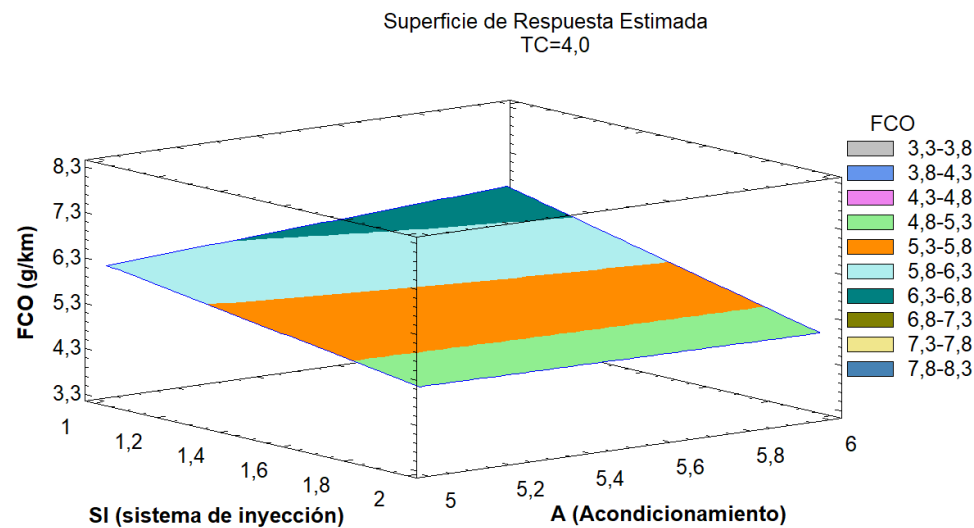
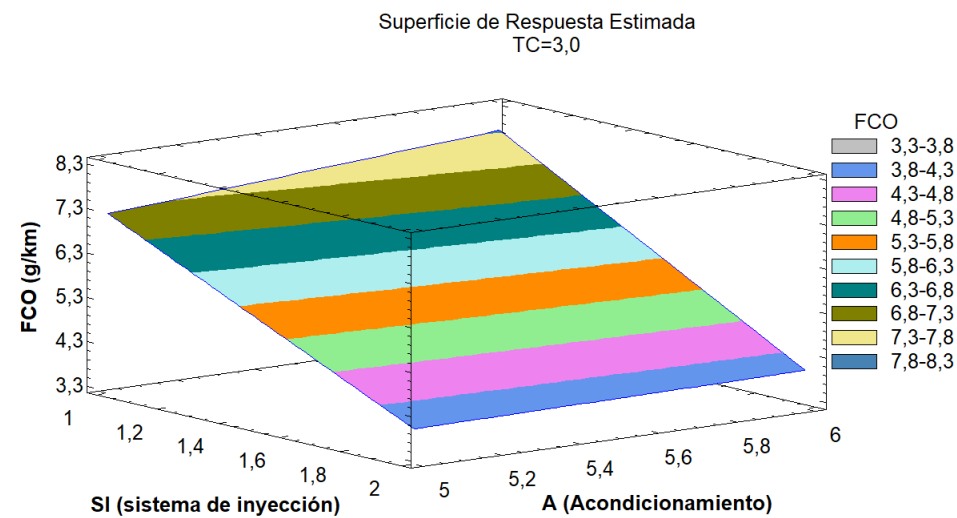


Figura 29

Superficie de respuesta para el FCO con el combustible G-Prix



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 30

Superficie de respuesta para el FCO sin aire acondicionado

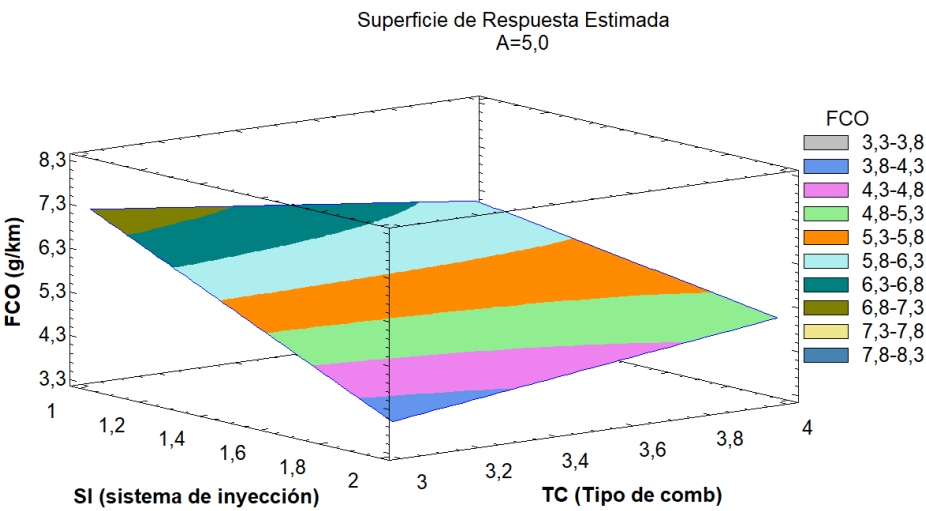
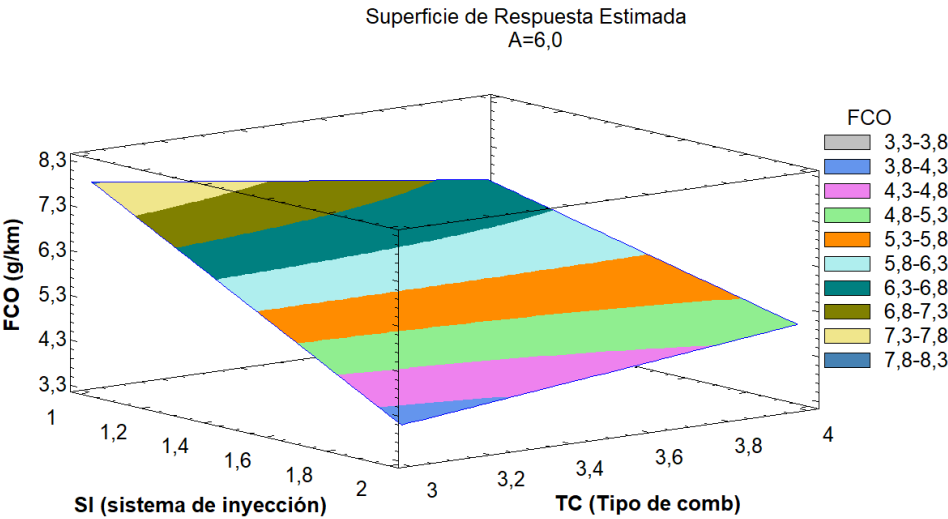


Figura 31

Superficie de respuesta para el FCO con aire acondicionado



Factor de emisión del HC (FHC)

En la tabla 11 se presenta los valores de P, donde se puede apreciar que no hay diferencia significativa, lo cual se corrobora con el diagrama de Pareto (figura 32). En la tabla 12 se muestran los valores para los cuales se obtienen los menores valores del FHC y su modelo matemático, lo cual corresponde al Hyundai Elantra – G-Prix- Sin Aire acondicionado.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tabla 11

Análisis de Varianza para FHC

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
A:SI	2,82632	1	2,82632	1,05	0,3212
B:TC	2,2829	1	2,2829	0,85	0,3711
C:A	2,1636	1	2,1636	0,81	0,3835
AB	3,42015	1	3,42015	1,27	0,2768
AC	3,05592	1	3,05592	1,14	0,3029
BC	2,91067	1	2,91067	1,08	0,3143
bloques	4,97755	2	2,48877	0,93	0,4173
Error total	40,2744	15	2,68496		
Total	61,9116	23			
(corr.)					

Tabla 12

Optimización de los factores FHC para un mínimo de emisiones y su modelo matemático

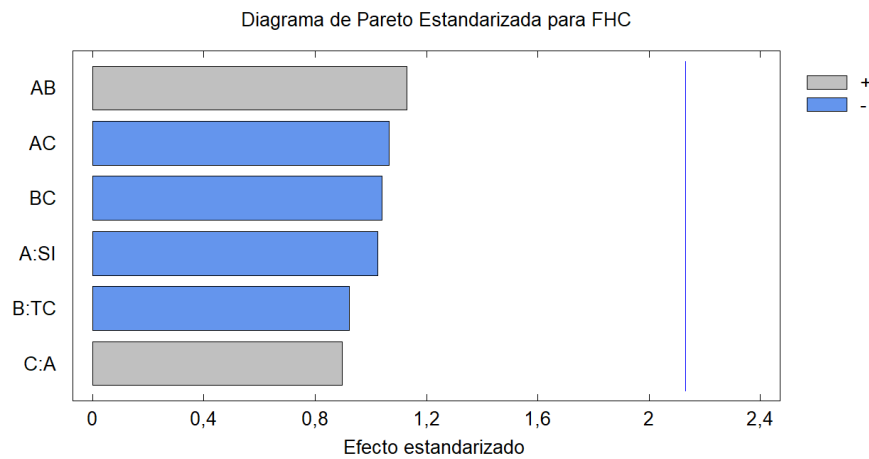
Factor	Bajo	Alto	Óptimo
SI	1,0	2,0	2,0
TC	3,0	4,0	3,0
A	5,0	6,0	5,0

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

$$\begin{aligned} FHC = & -30,2542 + 1,879*SI + 4,77967*TC + 7,617*A + \\ & 1,51*SI*TC - 1,42733*SI*A - 1,393*TC*A \end{aligned}$$

Figura 32

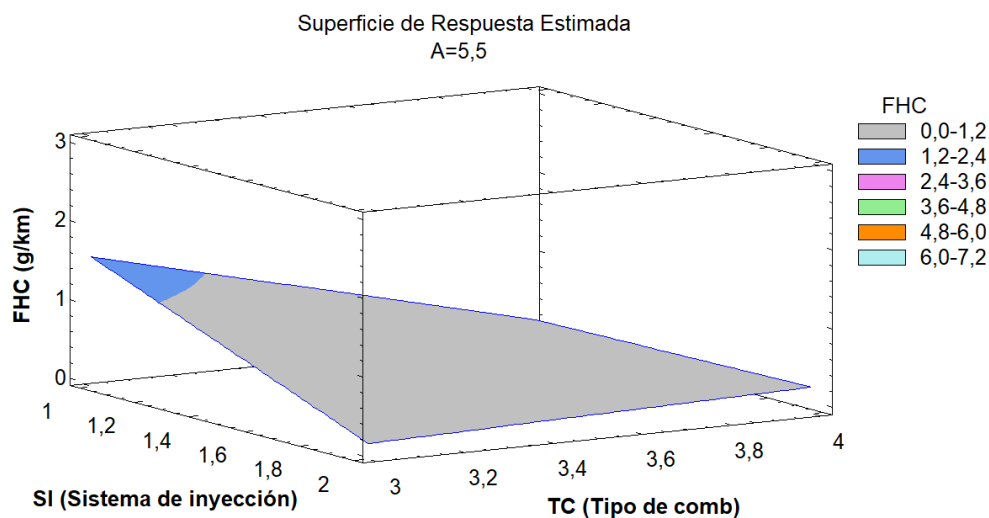
Diagrama de Pareto para cada Factor y sus interacciones del FHC



En las figuras 33 y 34, se muestra la superficie de respuesta para la interacción del sistema de inyección con el Acondicionamiento y con el tipo de combustible; en ambos casos Hyundai Elantra presenta los menores valores de FHC.

Figura 33

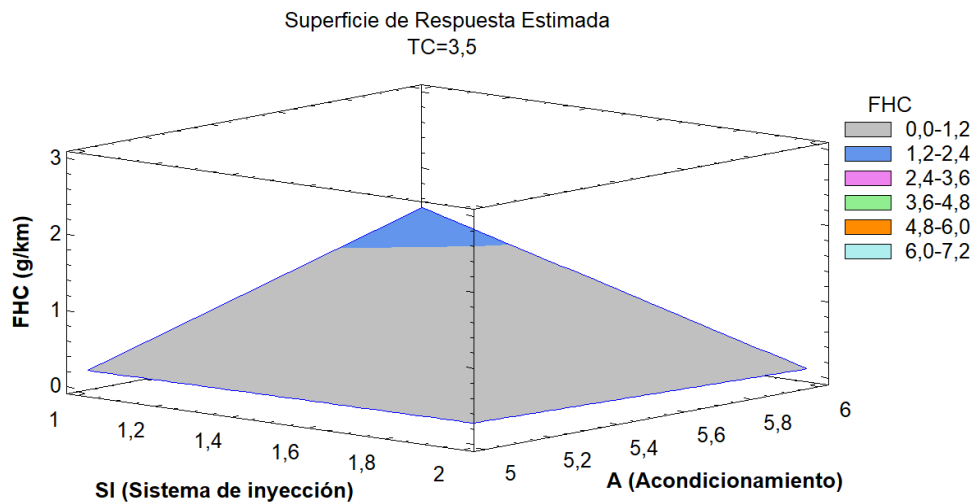
Superficie de respuesta para el FHC con el combustible



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 34

Superficie de respuesta para el FHC con el Acondicionamiento



Factor de emisión del NO_x (FNO_x)

En la tabla 13 se presenta los valores de P, donde se puede apreciar que existe diferencia significativa para la mayoría de los factores y sus interacciones a excepción de la interacción Tipo de combustible - Acondicionamiento, lo cual se corrobora con el diagrama de Pareto (figura 35). En la tabla 14 se muestran los valores para los cuales se obtienen los menores valores del FNO_x y su modelo matemático, lo cual corresponde al Hyundai Elantra – GPrix- Sin Aire acondicionado.

Tabla 13

Análisis de Varianza para FNO_x

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor-P
A:SI	2,65801	1	2,65801	214,23	0,0000
B:TC	0,066676	1	0,066676	5,37	0,0350
C:A	1,17086	1	1,17086	94,37	0,0000
AB	0,141834	1	0,141834	11,43	0,0041

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

AC	0,217551	1	0,217551	17,53	0,0008
BC	0,000135375	1	0,000135375	0,01	0,9182
bloques	0,0279422	2	0,0139711	1,13	0,3502
Error total	0,186111	15	0,0124074		
Total	4,46912	23			
(corr.)					

Tabla 14

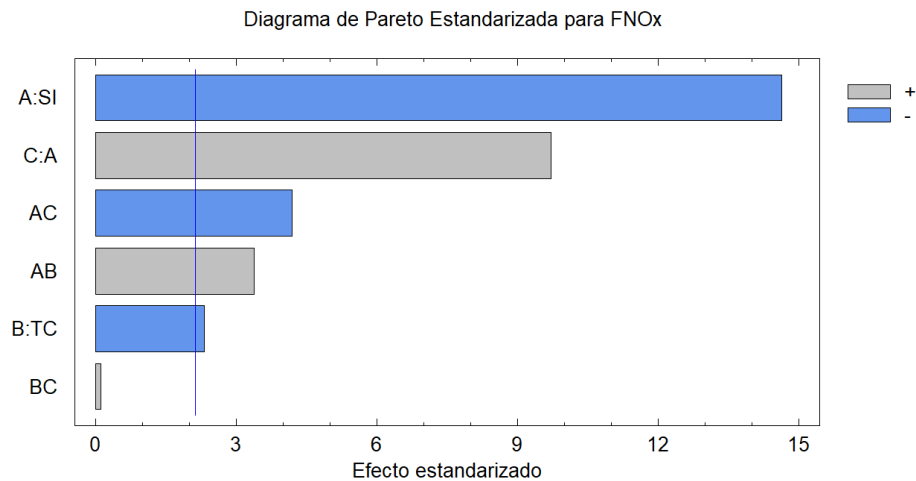
Optimización de los factores FNOx para un mínimo de emisiones y su modelo matemático

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
SI	1,0	2,0	2,0
TC	3,0	4,0	3,0
A	5,0	6,0	5,0
$FNO_x = -1,34529 + 0,35275*SI - 0,618917*TC + 0,97975*A + 0,3075*SI*TC - 0,380833*SI*A + 0,0095*TC*A$			

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 35

Diagrama de Pareto para cada Factor y sus interacciones del FNOx



En las figuras 36, 37, 38, y 39, se muestra la superficie de respuesta para la interacción del sistema de inyección con el Acondicionamiento y con el tipo de combustible; en el caso de las figuras 36 y 37 se muestra como para el caso de ambos vehículos los menores valores de emisión se obtienen (para ambos combustibles) cuando no sea acciona el aire acondicionado, presentándose los mejores resultados para el Hyundai Elantra. En las figuras 38 y 39 se aprecia como los menores valores de FNOx se obtienen para el caso del Hyundai Elantra, en el mismo el uso del combustible no tiene una incidencia significativa; sin embargo, en caso del Chevrolet Aveo los valores menores son con la gasolina súper Evol-T; para ambos casos de Acondicionamiento.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 36

Superficie de respuesta para el FNOx con el combustible G-Prix

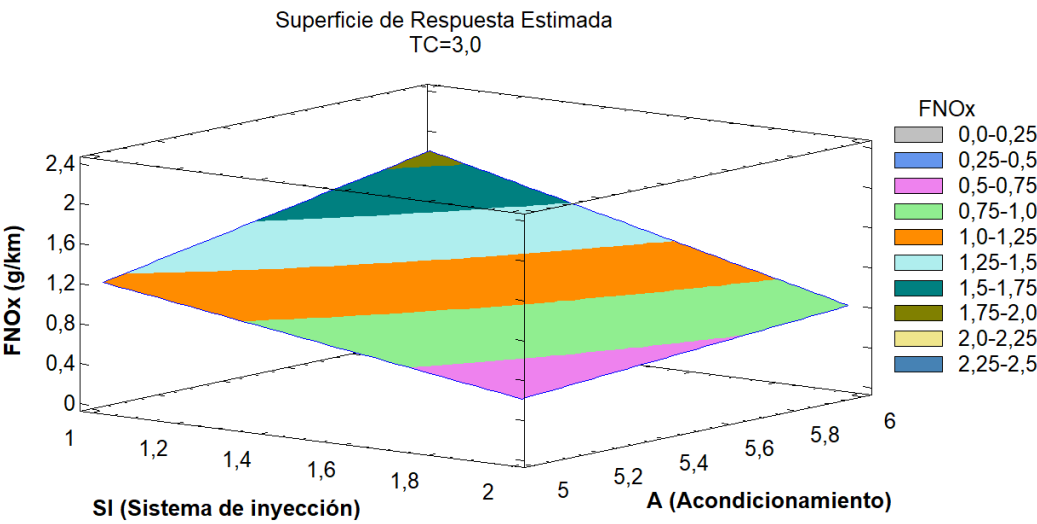
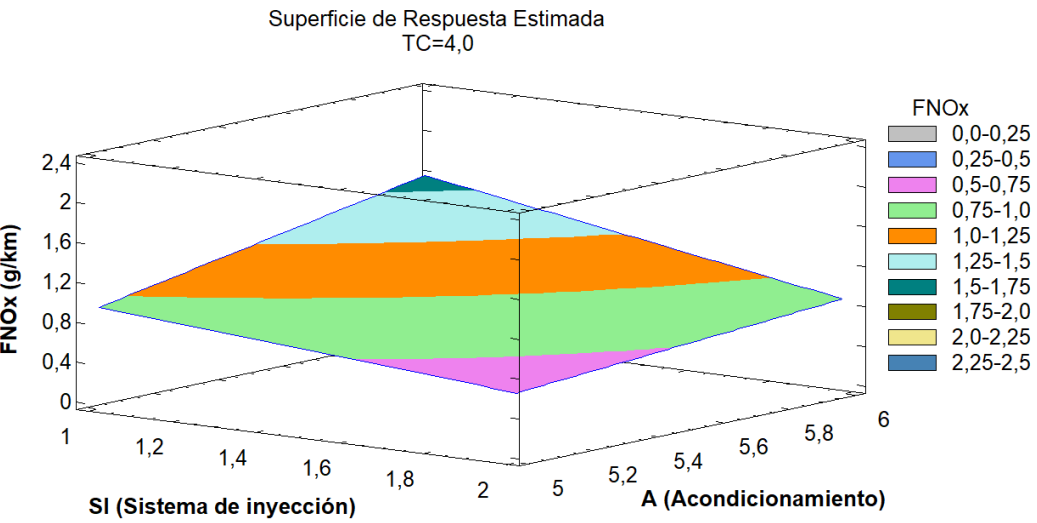


Figura 37

Superficie de respuesta para el FNOx con el combustible Evol-T



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Figura 38

Superficie de respuesta para el FNOx sin aire acondicionado

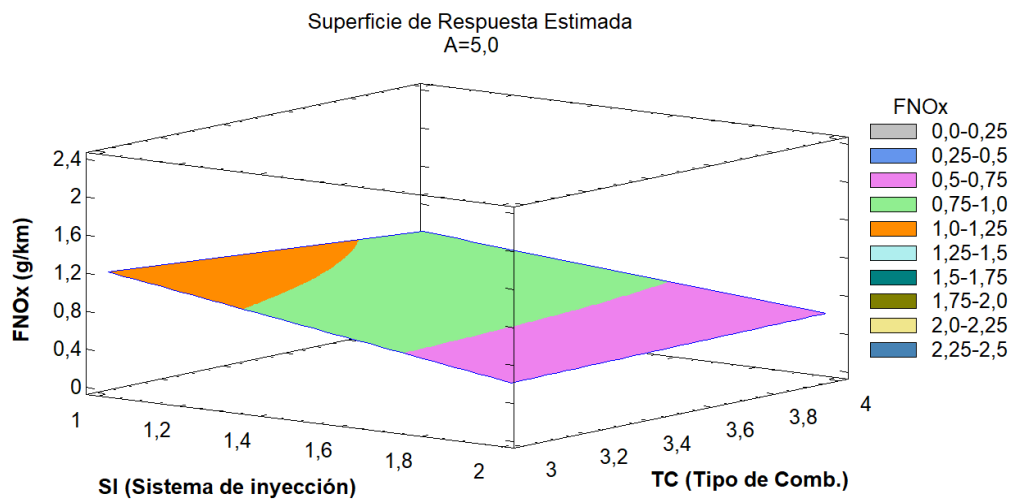
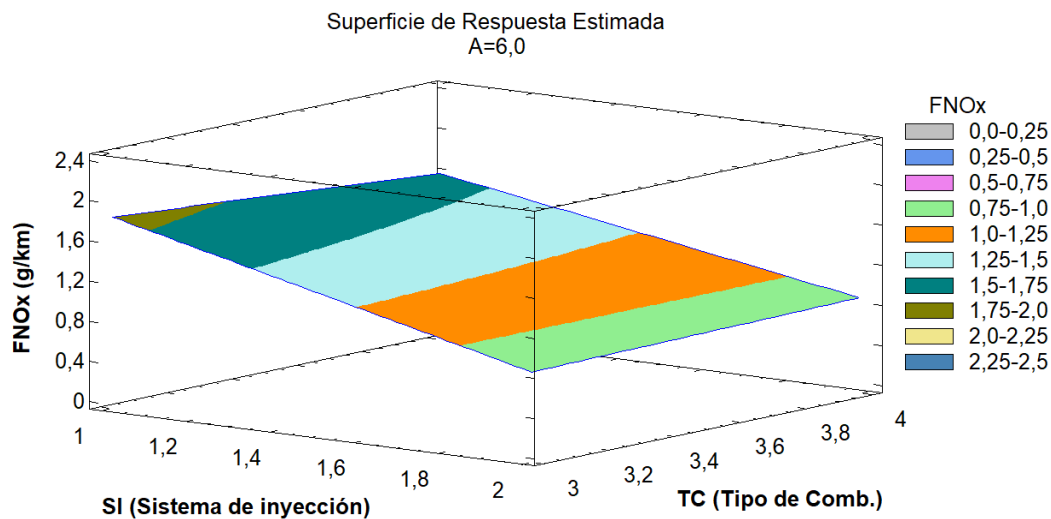


Figura 39

Superficie de respuesta para el FNOx con aire acondicionado



INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Los valores mínimos de los factores de emisiones FCO, FHC y FNOx se muestran en la tabla 15.

Tabla 15

Valores mínimos de los Factores de emisión en el vehículo de referencia

Factor de Emisión	Valor	Vehículo
FCO	3,94	Hyundai Elantra – G-Prix- Sin Aire acondicionado
FHC	0,18	Hyundai Elantra – G-Prix- Sin Aire acondicionado
FNOx	0,58	Hyundai Elantra – G-Prix- Sin Aire acondicionado

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Conclusiones

Los resultados obtenidos en las pruebas de consumo de combustible muestran al vehículo Hyundai Elantra sin activar el aire acondicionado el mejor consumo de combustible de 0,196 g/Km recorrido.

El análisis de emisiones deja ver que la gasolina Súper G-Prix en el vehículo Hyundai Elantra sin aire acondicionado posee los menores valores de emisiones de FCO (3,66 g/km), FHC (0,097 g/km) y FNOx (0,576 g/km).

La gasolina con aditivos ayuda a mantener los inyectores o las válvulas limpias así prolongando su vida útil, potencian la experiencia de manejo, protegen todo el sistema de la corrosión y mejoran la economía de combustible. Adicionalmente, permiten un mejor desempeño del motor lo que se traduce en ahorros de hasta un 3% de combustible y disminución de las emisiones al ambiente.

Por su parte, los combustibles no aditivados o aditivados en menor proporción pueden disminuir la potencia del motor al no mantener limpio su sistema de inyección, lo que conlleva al uso de más combustible para su operación o bien incrementar el nivel de suciedad en el sistema, según corresponda.

Es indispensable seguir las recomendaciones del fabricante del vehículo y evitar mezclar diferentes tecnologías. Los motores modernos cuentan con mapas de inyección de combustible que están en continuo ajuste y hacen que el motor llegue a una condición de mayor rendimiento y potencia.

El uso de la prueba IM240 para el análisis de la generación de emisiones de gases y consumo de combustible nos permite llevar un amplio control de los vehículos en condiciones habituales de aceleración y desaceleración que ayuda a mantener un análisis sobre el vehículo.

**INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

BIBLIOGRAFIA

- (n.d.), I. D. (2020,). Retrieved . from <https://como-funciona.co/una-inyeccion-de-combustible-sistema/>.
- Afework, B. &. (2019). Obtenido de . Four stroke engine - Energy Education. Energy Education. : https://energyeducation.ca/encyclopedia/Four_stroke_engin
- Ambiente, S. d. (2019). *Red de Monitoreo Atmosférico*. Obtenido de .
<http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>
- Binder, S. M. (2014). *Associations among household characteristics, vehicle characteristics and emissions failures: An application of targeted marketing data. Transportation Research Part A: Policy and Practice* (.).
- Caiza Jácome, P. &. (2011). Determinación de la influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un vehículo con motor de ciclo Otto, Inyección Electronica de Gasolina.
- Council, W. E. (2011). *Global Transport scenarios 2050*.
- Energético., I. d. (2018). *BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL* . .
- Giakoumis, E. G. (2017). *Driving and Engine Cycles*. Springer.
- Holman, C. H. (2015). *Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality Eutopean cities*.
- Huertas, J. I. (2013). *Use of the information gathered during I/M programs to estimate emissions from gasoline vehicles*, Rev. Fac. Ing. Antioquia .
- Leguísamo Milla, J. C. (2019). *Estratificación de un motor de inyección directa a gasolina al variar la altitud altitude*. Revista Ciencia UNEMI, 12(May), 46–56 .
- NTE INEN 2204:2002, G. A. (2013). *Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina*, 1-6, Quito, Ecuador.

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Özener, O. Y. (2014). *Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. Fuel*, 115, 875-883. Doi:

10.1016/j.fuel.2012.10.081.

Recalde, M. &. (2015). *Análisis De Emisiones En Vehículos a Gasolina Utilizando .*

Rocha Hoyos, J. L. (2019). *Incidencia del uso de gasolina extra y mezcla al 5 % con etanol anhidro en los microfiltros de los inyectores multipunto. Enfoque UTE*, 10(2.

Sagebiel, J. C. (1996). (1996). *PM-10 exhaust samples collected during IM-240 dynamometer tests of in-service vehicles in Nevada. -.*

Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables. México DF., México: Reverté.*

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE

SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

ANEXOS

Anexo A

Figura

Dinamómetro de Chasis LPS 3000

Juegos de rodillos de la serie R200

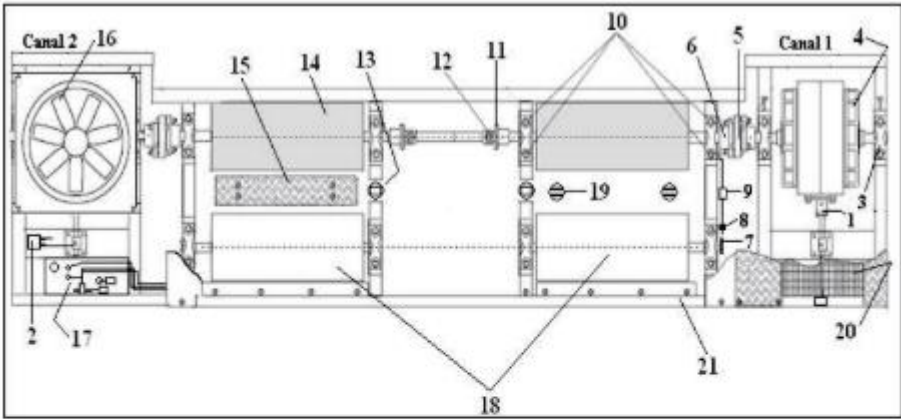
Los juegos de rodillos del LPS 3000 se componen de un bastidor autoportante con recubrimiento de polvo y rodillos metalizados con la llama.

El juego de rodillos para el LPS 3000 está disponible en diferentes versiones:

Juego de rodillos	Vehículos de ensayo	Comentario
R200/1	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos cerrado
R200/1	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos cerrado con frenos reforzados
R200/2	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos dividido
R200/2	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos dividido con frenos reforzados

Juego de rodillos	R200/1	R200/1 reforzado	R200/2	R200/2 reforzado
Carga sobre el eje	15 t	15 t	15 t	15 t
Longitud [mm]	4550	4550	2260 por rodillo	2260 por rodillo
Ancho [mm]	1100	1100	1100	1100
Altura [mm]	625	625	865	865
Peso	aprox. 2350 kg	aprox. 2410 kg	aprox. 1250 kg por rodillo	aprox. 1310 kg por rodillo
Longitud de rodillo	900 mm	900 mm	900 mm	900 mm
Vía mín.	820 mm	820 mm	1000 mm	1000 mm
Vía max.	2620 mm	2620 mm	2800 mm	2800 mm
Diámetro mínimo de rueda para ensayar	12"	12"	12"	12"
Diámetro rodillo	318 mm	318 mm	318 mm	318 mm
Distancia entre rodillos	565 mm	565 mm	565 mm	565 mm
Sobreelevación rodillo	45 mm	45 mm	--	--
Sistema de elevación con bloqueo de rodillos				
Neumática				
Hidráulica	x	x	x	x
Datos eléctricos				
Datos corr. parásita	2 x 200 kW	2 x 330 kW	2 x 200 kW	2 x 330 kW
Alimentación	400 V / 50 Hz	400 V / 50 Hz	400 V / 50 Hz	400 V / 50 Hz
Protección por fusible	35 A lento	63 A lento	35 A lento	63 A lento
Campo de indicación				
Velocidad de ensayo	max. 200 km/h	max. 200 km/h	max. 200 km/h	max. 200 km/h
Potencia rueda	30 - max. 400 kW	30 - max. 660 kW	30 - max. 400 kW	30 - max. 660 kW
Fuerza de tracción	max. 15 kN	max. 25 kN	max. 15 kN	max. 25 kN
Núm. de revoluciones	10 - 10 000 rpm	10 - 10 000 rpm	10 - 10 000 rpm	10 - 10 000 rpm
Presición de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE
SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN



Gases analizables	CO	CO ₂	HC	O ₂	NO _x
Rango de medición	0 - 15,00 Vol %	0 - 20,0 Vol %	0 - 2000 ppm (Hexano) 0 - 4000 ppm Propano	0 - 25,00 Vol %	0 - 5000 ppm Vol
Precisión de medida	0,06 Vol %	0,5 Vol %	12 ppm vol	0,1 Vol %	32 - 120 ppm vol según rango de medición
Principio de medida	infrarrojo	infrarrojo	infrarrojo	electro-químico	electro-químico
Resolución valores de med.	0,001 Vol %	0,01 Vol %	0,1 ppm vol	0,01 Vol %	1 ppm vol
Deriva del rango de med.	inferior a ± 0,6 % del valor final del rango de medición				
Fase de precalentamiento	min. 30 minutos, máx. 10 minutos + regulado por temperatura				
Nivel de electricidad para mediciones de gas	3 l/min				
Nivel de electricidad	automática, continuada *aprox. 1 l/min				
Presión de servicio	750 - 1100 mbar				
Variación de la presión	máx. Error 0,2% para variaciones de 5 kPascal				
Alimentación d. corriente	85 V - 280 V + 50 Hz + 65 W o Cable de alimentación con conexión a 10 - 42 V CC con Pinzas de apriete y diodo como protección contra polarización inversa 5 m; (batería vehículo, opcional)				
Cuentarrevoluciones p. inducción	0 - 10000 /min-1 *Resolución 1,5,10,o 50 RPM				
Temperatura de servicio	+5°C - +45°C + Desviación ±2°C				
Temperatura de almacenaje	-10°C - +60°C + Desviación ±2°C				
Termómetro del aceite	+0° - +150°C + Resolución 1				
Prueba de hermeticidad	guiada por menú, 1x al día				
Prueba de HC residuales	automático				
Ajuste a cero	automático				
Calibración	Semanalmente (se necesita gas de prueba específico)				

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Anexo B Figura

EQUIPO DE MEDICION DE GASES CONTAMINANTES MAHA MGT 5

Analizador de gases para vehículos a gasolina y gas Modelo: MGT 5

- Equipo compacto e independiente apto para el empleo estacionario o móvil. Basado en la concepción del opacímetro MDO2 LON, es posible la combinación multifuncional para realizar el análisis de los gases de escape de motores de gasolina así como de motores Diesel.
- Amplio campo de aplicación: desde un sencillo e independiente aparato móvil con LED y terminal de mano, a un equipo conectado a un PC y equipado con un programa de fácil manejo.
- Equipo para la medición de vehículos con Gas GLP ó CNG
- Manejo fácil y cómodo, así como indicaciones de pantalla claras y estructuradas
- Un software inteligente facilita el uso adecuado, proporcionando a la vez todas las informaciones necesarias
- Concepto con visión de futuro, mediante la introducción de módulos de función, p.e. medición de las R.P.M., conexión de módulo E-OBd
- Módulos interfase con diversas posibilidades de conexión al PC y a la línea de pruebas
- Preparado para ASA /Eurosystem, Citrix
- Posibilidad de medición del NOx
- Aparato universal útil para la medición de los gases de escape de motores a gasolina
- Posibilidad de conexión a base de datos de vehículos (Opción)



Filtro de carbón activo y sensores electroquímicos de oxígeno y NOx (Opción) Módulo de RPM. Todos los componentes son de fácil acceso

Nuevo filtro con separador de agua. La condensación se elimina automáticamente.

Módulo de comunicación E-OBd

Accesorios



Diversas posibilidades de captación de RPM y temperatura de aceite para diversos tipos de autos



Terminal de mano



Transcurso del ensayo. Toda la información en una pantalla



Kit para OBD

Campo de Aplicación



Medición en automóviles

INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y CALIDAD DEL COMBUSTIBLE

SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Anexo Figura

DATOS TECNICOS MAHA MGT 5

Datos técnicos

MGT 5					
Campo de aplicación	Medición de gases de escape móvil o fija en procedimiento de corriente parcial con carga parcial en motores Otto de gasolina o gas				
Gases analizables	CO	CO ₂	HC	O ₂	NO Opción
Alcance de medición	0 – 15,0 Vol %	0 – 20,0 Vol %	0 – 2000 ppm Vol (Hexano) 0 – 4000 ppm Vol (Propano)	0 – 25,0 Vol %	0 – 5000 ppm Vol
Exactitud de medición *	0,03 Vol %	0,5 Vol %	10 ppm Vol	0,1 Vol %	32 – 120 ppm Vol **
Resolución de datos (máx.)	0,001 Vol %	0,01 Vol %	0,1 ppm Vol	0,01 Vol %	1 ppm Vol
Principio de medición	Infrarrojos	Infrarrojos	Infrarrojos	Electroquím.	Electroquím.
Deriva del margen de medición	inferior a ±0,6 % del valor final del alcance				
Valor Lambda	margen indicador: 0,500 – 9,999 • resolución: 0,001 • calculado según Brettschneider				
Pre calentamiento	mín. 30 sec, máx 10 minutos, media 2,5 min • termoregulado				
Cantidad total de flujo	máx. 3,5 l/min • mín. 1,5 l/min				
Caudal - gas de medición	máx. 2,5 l/min • bomba de membrana				
Caudal - condensado	máx. 1 l/min • derivación permanente y automática mediante bomba separada				
Separación - condensado	sistema separador de agua con plaviómetro				
Presión de servicio	750 – 1100 mbar				
Fluctuación de la presión	máx. errores 0,2 % con fluctuaciones de 5 kPa				
Alimentación	85 – 280 V • 50 Hz • 65 W / 12 – 24 V DC				
Temperatura de servicio	+5 ° – +45 °C • tolerancia ± 2 °C				
Temperatura de almacenaje	-10 ° – +60 °C • tolerancia ± 2 °C				
Comprobación hermeticidad	mediante menú • diaria				
Test de residuos HC	automático				
Balanco de cero	automático • por filtro de carbón activado				
Calibración	mediante PC • gas especial de calibración imprescindible				
Intervalo de calibración	según normas vigentes en cada país				
Interfases (opción)	LON • OBD • USB				
Dimensiones	560 x 240 x 300 mm				
Peso	aprox. 10 kg				
Cuentarrevoluciones (opción)	100 – 10 000 rpm • resolución ww. 1, 5, 10, 50 rpm • sensores diversos				
Termómetro de aceite (opción)	+0 ° – +150 °C • resolución 1 °C				
Tipo de precisión	PTB: clase 1 • OIML: clase 0				

* absoluto, o 5% del valor medido, cuenta el valor superior ** dependiendo del campo de medición