



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DE GASES CONTAMINANTES EMITIDOS POR UN
CUADRÓN IMPLEMENTANDO UN SISTEMA DE INYECCIÓN
CON DOS INYECTORES.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

RONNY RONALDO TORRES RISCO

DIRECTOR: ING. REMBERTO RODRÍGUEZ

Santo Domingo, enero 2020

© Universidad UTE. 2020
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2300242605
APELLIDO Y NOMBRES:	Ronny Ronaldo Torres Risco
DIRECCIÓN:	Coop. 2 Pinos
EMAIL:	ronny.tr.1996@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	3705040
TELÉFONO MOVIL:	0993029448

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Análisis de gases contaminantes emitidos por un cuadrón implementando un sistema de inyección con dos inyectores.
AUTOR O AUTORES:	Ronny Ronaldo Torres Risco
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	20 de enero 2020
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Remberto Rodríguez
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
RESUMEN:	<p>La emisión de gases contaminantes han sido gran problema en el Ecuador y el mundo entero, en particular es uno de los principales problemas ambientales en la actualidad. Hecho por el cual el trabajo de titulación tiene como objetivo el análisis de gases contaminantes emitidos por un cuadrón implementando un sistema de inyección con dos inyectores. Para ello, se realizó el análisis cuantitativo de la potencia antes y después de instalar el segundo inyector en los talleres de Dinámica Competición en la ciudad de Quito, teniendo una potencia inicial de 48.3 Hp a 8600 RPM y como potencia final 55.62 Hp a 7950 RPM; la identificación de gases después de la combustión los cuales son: Monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, óxido nítrico, dióxido de azufre, material particulado y dióxido de carbono; y, el análisis cuantitativo de la emisión de gases a través del factor lambda, en el taller de la UTE, estudio que se realizó en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados. Para el estudio se trabajó con</p>

	<p>un cuatrimotor YAMAHA YZ-450R, utilizado para carreras de motos, por lo que se busca aumentar la potencia y par motor. Los resultados que se obtuvieron fueron positivos, pues se realizó la fabricación del múltiple de admisión y se instaló el segundo inyector, además de realizar la reprogramación de la ECU con aumento de la potencia en el cuatrimotor, y de que las emisiones de gases no aumentaron considerablemente con la adaptación del segundo inyector, según la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en la norma NTE INEN 2 204:2002.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Emisión de gases; factor Lambda; múltiple de admisión; ECU.</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>The emission of polluting gases has been a great problem in Ecuador and the whole world, in particular, it is one of the main environmental problems at present. Fact by which the titling work has as objective the analysis of polluting gases emitted by a square implementing an injection system with two injectors. For this, the quantitative analysis of the power was carried out before and after installing the second injector in the Dynamics Competition workshops in the city of Quito having as initial horse power of 48.3Hp to 8600 PRM and as final horse power 55,3HP to 7950 RPM; the identification of gases after combustion; and, the quantitative analysis of the emission of gases through the lambda factor, in the workshop of the UTE, a study that was carried out in the city of Santo Domingo de los Colorados. For the study we worked with a YAMAHA YZ-450R four-engine, used for motorcycle racing, so it seeks to increase power and torque. The results obtained were positive, since the manufacture of the intake manifold was made and the second injector was installed, in addition to reprogramming the ECU with</p>

KEYWORDS:

increased power in the four-engine, and that the gas emissions did not increase considerably with the adaptation of the second injector, according to the norm of the Ecuadorian Institute of Normalization (INEN) in the norm NTE INEN 2 204: 2002.

Emission of gases; lambda factor; intake manifold; ECU.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución



f. _____

RONNY RONALDO TORRES RISCO
C.I. 2300242605

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ronny Ronaldo Torres Risco**, CI 2300242605 autor/a del trabajo de titulación: **Análisis de gases contaminantes emitidos por un cuadrón implementando un sistema de inyección con dos inyectores**. Previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 20 de enero de 2020.



f. _____
RONNY RONALDO TORRES RISCO
C.I. 2300242605

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **Análisis de gases contaminantes emitidos por un cuadrón implementando un sistema de inyección con dos inyectores**. Para aspirar al título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** fue desarrollado por **Ronny Ronaldo Torres Risco** bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluaciones respectivas de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Remberto Rodríguez
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I. 1755051040

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. MOTOR DE CICLO OTTO IDEAL.....	3
1.2. RENDIMIENTO TÉRMICO DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS .5	
1.3. CADENA CINEMÁTICA	6
1.4. CURVA DE POTENCIA Y PAR MOTOR	7
1.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN	8
1.4.1.1. De acuerdo al lugar donde inyectan	8
1.4.1.2. Sistema de control	10
1.4.1.3. Número de inyecciones	10
1.4.2. MEZCLA ESTEQUIOMÉTRICA	10
1.4.3. MEZCLA RICA	11
1.4.4. MEZCLA POBRE	11
1.4.5. PROPIEDADES DE LA GASOLINA	11
1.4.6. GASOLINA EXTRA. REQUISITOS ESPECÍFICOS	12
1.4.7. GASES DE ESCAPE.....	12
1.4.7.1. Gases contaminantes.....	12
1.4.7.2. Gases no contaminantes	13
1.4.8. OBJETIVOS	13
2. METODOLOGÍA	14
2.1. DATOS GENERALES.....	14
2.1.1. POTENCIA Y PAR MOTOR ANTES DE SER IMPLEMENTADO EL SEGUNDO INYECTOR.....	16
2.1.2. MÚLTIPLE DE ADMISIÓN PARA SEGUNDO INYECTOR	17
2.1.3. REPROGRAMACIÓN DE LA ECU.....	19
2.1.4. POTENCIA Y PAR MOTOR DESPUÉS DE SER IMPLEMENTADO EL SEGUNDO INYECTOR.....	19
2.1.5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIA	20
2.2. GASES CONTAMINANTES QUE SON EMITIDOS POR LA CUATRIMOTOR LUEGO DE LA COMBUSTIÓN.....	21
2.2.1. ANALIZADOR DE GASES AUTOMOTRIZ BRAIN BEE EL AGS-688.....	21

2.2.1.1.	Características principales.....	21
2.2.2.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE EN MOTORES A GASOLINA	23
2.2.2.1.	Examen visual del motor.....	23
2.2.2.2.	Conexión del analizador de gases Brain Bee, AGS – 688.	23
2.2.2.3.	Analizador de gases y motor de prueba	24
2.2.2.4.	Programa del test oficial	24
2.2.2.5.	Obtención de datos de los gases contaminantes	25
3.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	24
3.1.	TEST OFICIAL DE EMISIÓN DE GASES ANTES DEL INYECTOR.....	24
3.2.	TEST OFICIAL DE EMISIÓN DE GASES DESPUÉS DEL INYECTOR.....	25
3.3.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS TEST.....	25
3.3.1.	MONÓXIDO DE CARBONO (CO).....	26
3.3.2.	DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂).	26
3.3.3.	OXÍGENO (O ₂)	26
3.3.4.	HIDROCARBUROS (HC)	27
3.3.5.	FACTOR LAMBDA	27
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
4.1.	CONCLUSIONES	28
4.2.	RECOMENDACIONES	28
	BIBLIOGRAFÍA	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Datos generales del cuatrimotor.....	15
Tabla 2.	Chasis, cuatrimotor.....	15
Tabla 3.	Capacidad cuatrimotor.....	16
Tabla 4.	Dimensiones cuatrimotores.	16
Tabla 5.	Valores de la potencia antes y después del segundo inyector. ...	20
Tabla 6.	Rango de valores Analizador de gases Brain Bee, AGS - 688....	22
Tabla 7.	Valores del test antes del segundo inyector.	24
Tabla 8.	Valores del test después del segundo inyector.....	25
Tabla 9.	Valores del test después del segundo inyector.....	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ciclo termodinámico del motor Otto	4
Figura 2.	Cadena Cinemática de un vehículo.	6
Figura 3.	Curvas características de los motores de combustión interna.	7
Figura 4.	Ubicación de los inyectores.....	8
Figura 5.	Inyección de gasolina, con su rampa de alimentación.	9
Figura 6.	Inyección directa.	9
Figura 7.	Inyección directa.	9
Figura 8.	Cuatrimotor YAMAHA, YZ - 450R, 2018	15
Figura 9.	Torque y potencia vs rpm. Antes del segundo inyector.....	17
Figura 10.	Múltiple de admisión, con 2 inyectores.	18
Figura 11.	Múltiple de admisión, con 2 inyectores.	18
Figura 12.	Gráfico: torque y potencia vs rpm. Después del segundo inyector	19
Figura 13.	Gráfico comparativo de la potencia y torque.....	20
Figura 14.	Analizador de gases Brain Bee, AGS – 688	22
Figura 15.	Analizador de gases.....	23
Figura 16.	Conexión de dispositivos. Conectar cables de datos del analizador hacia el ordenador o computador.	24

RESUMEN

La emisión de gases contaminantes han sido gran problema en el Ecuador y el mundo entero, en particular es uno de los principales problemas ambientales en la actualidad. Hecho por el cual el trabajo de titulación tiene como objetivo el análisis de gases contaminantes emitidos por un cuadrón implementando un sistema de inyección con dos inyectores. Para ello, se realizó el análisis cuantitativo de la potencia antes y después de instalar el segundo inyector en los talleres de Dinámica Competición en la ciudad de Quito, teniendo una potencia inicial de 48.3 Hp a 8600 RPM y como potencia final 55.62 Hp a 7950 RPM; la identificación de gases después de la combustión los cuales son: Monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, óxido nítrico, dióxido de azufre, material particulado y dióxido de carbono; y, el análisis cuantitativo de la emisión de gases a través del factor lambda, en el taller de la UTE, estudio que se realizó en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados. Para el estudio se trabajó con un cuatrimotor YAMAHA YZ-450R, utilizado para carreras de motos, por lo que se busca aumentar la potencia y par motor. Los resultados que se obtuvieron fueron positivos, pues se realizó la fabricación del múltiple de admisión y se instaló el segundo inyector, además de realizar la reprogramación de la ECU con aumento de la potencia en el cuatrimotor, y de que las emisiones de gases no aumentaron considerablemente con la adaptación del segundo inyector, según la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en la norma NTE INEN 2 204:2002.

Palabras Clave: Emisión de gases; factor Lambda; múltiple de admisión; ECU.

ABSTRACT

The emission of polluting gases has been a great problem in Ecuador and the whole world, in particular, it is one of the main environmental problems at present. Fact by which the titling work has as objective the analysis of polluting gases emitted by a square implementing an injection system with two injectors. For this, the quantitative analysis of the power was carried out before and after installing the second injector in the Dynamics Competition workshops in the city of Quito having as initial horse power of 48.3Hp to 8600 PRM and as final horse power 55,3HP to 7950 RPM; the identification of gases after combustion; and, the quantitative analysis of the emission of gases through the lambda factor, in the workshop of the UTE, a study that was carried out in the city of Santo Domingo de los Colorados. For the study we worked with a YAMAHA YZ-450R four-engine, used for motorcycle racing, so it seeks to increase power and torque. The results obtained were positive, since the manufacture of the intake manifold was made and the second injector was installed, in addition to reprogramming the ECU with increased power in the four-engine, and that the gas emissions did not increase considerably with the adaptation of the second injector, according to the norm of the Ecuadorian Institute of Normalization (INEN) in the norm NTE INEN 2 204: 2002.

Keywords: Emission of gases; lambda factor; intake manifold; ECU.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y el incremento de la temperatura global, es una realidad estudiada y documentada, por científicos de todo el mundo. Actualmente, el debate acerca del medio ambiente es una de las principales discusiones de la sociedad pues, el hombre, en su proceso de desarrollo, se ha visto en la necesidad de utilizar cada vez más los recursos de la naturaleza y modificar su entorno. Actualmente en la ciudad Santo Domingo las personas que son propietarias de una cuatrimoto para la movilización han optado por la implementación de un segundo inyector, el cual va alojado en el múltiple de admisión, este nuevo inyector aumentará la potencia en las cuatrimotos (Bello, 2011), pero con el nuevo múltiple de admisión se cree que las cuatrimotos están emitiendo mayor cantidad de gases contaminantes como: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOX) (CALLEJA, 2018).

Los cuales son nocivos para las personas y el medio ambiente (Alfaro, 1998). Actualmente las personas optan por adquirir una cuatrimoto debido al bajo consumo de combustible, pero dada la baja velocidad que tienen, los propietarios deciden mejorar su rendimiento instalando un múltiple de admisión con un inyector adicional.

Nuestro proyecto está dirigido a realizar el análisis de gases contaminantes emitidos por una cuatrimoto (Reverte, 2005) el cual no se ha realizado anteriormente y existiendo en esta provincia gran cantidad de cuatrimotos sin saber cuánto contaminan, nuestro proyecto ayudara a conocer las cantidades de gases emitidas (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2006). El impacto que tendrá con la sociedad será positivo porque se obtendrá datos reales de la contaminación, comprobando los conocimientos adquiridos en los años de estudio.

1.1. MOTOR DE CICLO OTTO IDEAL

En el ciclo de los procesos de combustión se cumple, combustión (Sanz A., 2017):

- Los gases de combustión se consideran como un gas ideal, en la práctica no es así debido a que estos poseen una cantidad de gases residuales además de otros elementos que lo obligan a interactuar de diferente manera que los gases ideales.

- Se considera que la combustión se hace a volumen constante, pero en realidad le toma de 30 a 40 grados de giro de la manivela para que se realice el proceso de combustión.
- Al pistón se le observa como un sistema cerrado, pero esto no es así, ya que ocurre ingreso y de salida de masa, además existe intercambio de calor a través de las paredes ya que el proceso no es adiabático ni irreversible. Adicionalmente el fluido se transforma de una mezcla de aire-combustible a gases de combustión.
- En el ciclo ideal los calores específicos durante el ciclo son constantes, este no se cumple ya que existen variaciones en función de la temperatura.

En la Figura 1, se observarán los ciclos ideales del motor OTTO:

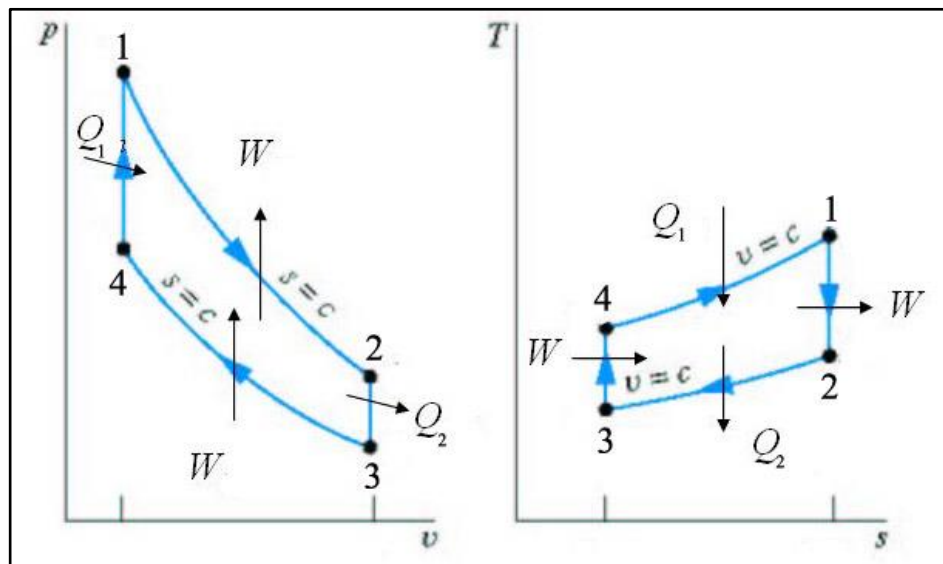


Figura 1. Ciclo termodinámico del motor Otto
(Giacosa, Dante. 2000)

Ciclos ideales del motor OTTO, (Giacosa, Dante. 2000):

- **1-2 Expansión adiabática:** Se realiza trabajo sin intercambio de calor, disminuyendo su energía interna.
- **2-3 Expansión isócara:** Se cede calor al foco frío (Q_2). No se realiza trabajo. La entropía disminuye.
- **3-4 Compresión adiabática:** Se consume trabajo sin intercambio de calor y aumenta su energía interna.

- **4-1 Compresión isócara:** Se toma calor Q1. No se realiza trabajo y aumenta la energía interna.

1.2. RENDIMIENTO TÉRMICO DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS

El rendimiento térmico representa el aprovechamiento de la energía del combustible. En los motores de ciclo Otto, como el calor Q1 se introduce a volumen constante y el fluido se supone un gas perfecto, la cantidad de calor puesta en juego se puede calcular mediante la variación de la energía interna, (Martínez, 2007) ver ecuación 1:

$Q1 = C_v * (T3 - T2)$	[1]
------------------------	-----

C_v - Calor específico a volumen constante.

El calor Q2 es sustraído también a volumen constante, ver ecuación 2:

$Q2 = C_v * (T4 - T1)$	[2]
------------------------	-----

Por consiguiente, el rendimiento térmico (η) ideal para el ciclo Otto teórico resulta:

$\eta = (Q1 - Q2)Q1$	[3]
----------------------	-----

Sustituyendo:

$\eta = 1 - \frac{1}{R_c^{K-1}}$	[4]
----------------------------------	-----

Donde:

R_c - Relación de compresión.

K - Exponente adiabático de la mezcla utilizada como combustible.

$K = \frac{c_p}{c_v}$	[5]
-----------------------	-----

Según ecuación 4 a medida que aumenta la relación de compresión R_c aumentará también el rendimiento, pero en la práctica la R_c no puede tener valores superiores de 9 o 10, ya que tanta compresión provocaría en la mezcla una pre ignición, también llamada pistoneo.

1.3. CADENA CINEMÁTICA

La cadena cinemática de un vehículo automóvil la constituye el conjunto de mecanismos encargado de transmitir el movimiento desde el motor hasta las ruedas motrices, ver Figura 2.

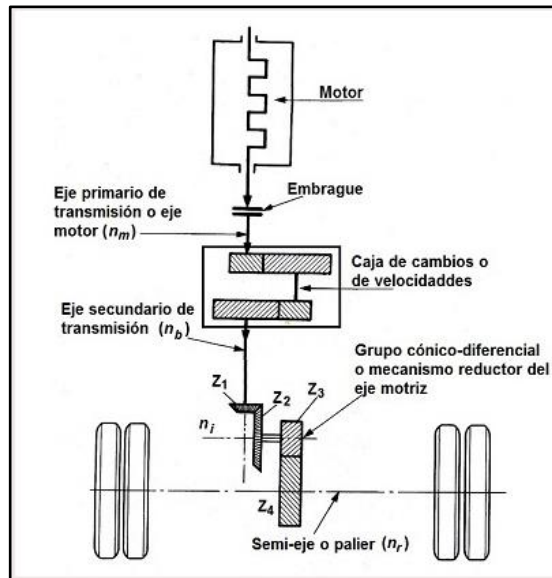


Figura 2. Cadena Cinemática de un vehículo.
(<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>)

Dentro de los componentes que constituyen la cadena cinemática de un vehículo se pueden distinguir dos grandes grupos:

- Motor Combustión Interna: Permite la generación del movimiento.
- Sistema de transmisión: Encargado de transmitir el movimiento desde el motor hasta las ruedas motrices del vehículo.

El sistema de transmisión se compone por:

- Embrague.
- Caja de cambios de marchas o de velocidades.
- Ejes de transmisión,
- El grupo cónico-diferencial.
- Los palieres o semiárboles que conectan el grupo diferencial con las ruedas motrices.
- Las ruedas motrices.

1.4. CURVA DE POTENCIA Y PAR MOTOR

El comportamiento de las curvas de potencia y par motor, se pueden apreciar en la Figura 3, la potencia que puede ofrecer un motor de combustión interna aumenta conforme se incrementa el régimen de giro, hasta un máximo que se alcanza a un determinado valor de rpm, después de ese punto, aunque aumente las revoluciones del motor la potencia no aumenta porque entra en la parte descendente de la curva. (Nuñez. C., 2012)

La máxima potencia no corresponde con el régimen del máximo par motor, según Figura 3, el punto de par máximo se encuentra en torno al 70% del régimen nominal, como promedio, el que produce la máxima potencia.

Esto se debe a que la potencia es el producto del par motor por el número de vueltas, a pesar de que la potencia depende del par motor, cuando este alcanza su máximo valor comienza a disminuir con el aumento del régimen de giro, pero la potencia sigue aumentando porque el valor de las rpm se incrementan proporcionalmente mayor en valor que la disminución del par motor. (Klapper, 2009.)

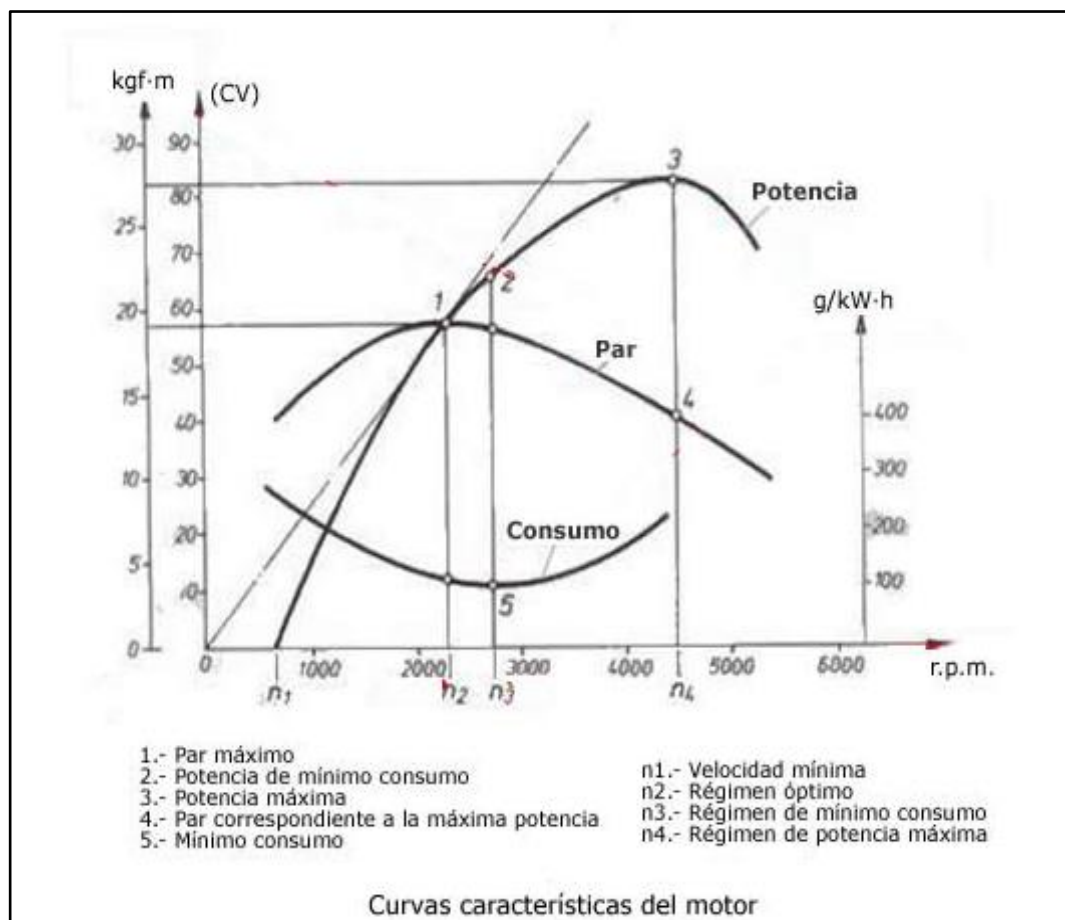


Figura 3. Curvas características de los motores de combustión interna.
(Nuñez. C., 2012)

1.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN

1.4.1.1. De acuerdo al lugar donde inyectan



Figura 4. Ubicación de los inyectores.
(Gil, 2002)

1. **Inyección Directa.** Este sistema inyecta directamente el combustible en la cámara de combustión, ver Figura 6. Generalmente, estos inyectores van ubicados en la parte más próxima al bloque del motor, en la zona final de los colectores de admisión, ver Figura 5. De esta forma entra directamente en la cámara del bloque y es ahí, donde se mezcla la gasolina con el aire. Hoy en día, es el método más usado, se lo conoce como el GDI (Gasoline Direct Injection).

Pero la mezcla de aire y de combustible inyectado no permite su perfecta detonación en el cilindro si no está de acuerdo a una exacta relación estequiométrica comprendida de 14.7 a 1. La relación de aire/combustible tiene que ser ajustada durante cada uno de los ciclos del motor cuando la inyección tiene lugar en el colector de admisión. Es aquí donde este tipo de inyección tiene grandes virtudes, ya que los inyectores se encuentran ubicados en sitios estratégicos con un determinado desplazamiento lateral por encima de la cámara de combustión.

Su grado de efectividad termodinámica es más alto comparado con un sistema de inyección indirecta (MPI), y se consigue ventajas como menor consumo de combustible y reducción de gases contaminantes, todo esto gracias a la eliminación de la citada estrangulación. (Calza, P., Ángel, P. 2011.)

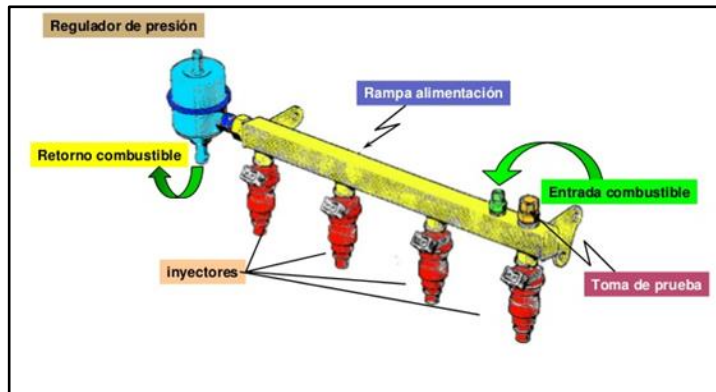


Figura 5. Inyección de gasolina, con su rampa de alimentación.
(Full inyección electricidad automotriz)
(Gil, 2002)



Figura 6. Inyección directa.

(<https://www.revistaautocrash.com/evolucion-de-los-sistemas-de-inyeccion-de-combustible/>)

2. **Inyección Indirecta (MPI):** la inyección de combustible se realiza directamente en la cámara de combustión. Este sistema permite reducir drásticamente el consumo y mejora la combustión al disminuir la emisión de gases contaminantes, ver Figura 7.



Figura 7. Inyección directa.

(<https://www.revistaautocrash.com/evolucion-de-los-sistemas-de-inyeccion-de-combustible/>)

1.4.1.2. Sistema de control

Los sistemas de control de inyección se encuentran, (Alonso. J. M., 2003)

- **Mecánico:** como su nombre lo indica, se controla con inyectores totalmente mecánicos.
- **Electromecánico:** se trata una evolución del anterior, que combinan la electrónica con la mecánica.
- **Electrónico:** el control del sistema se realiza a través de una computadora ECU y los inyectores son accionados electrónicamente.

1.4.1.3. Número de inyecciones

Según el número de inyección se clasifican en, (Castro, 1999)

- **Multipunto:** este tipo de inyección tiene una cantidad de inyectores igual al número de cilindros que tiene el motor. Los inyectores se alojan en la rampa de inyección, cerca de la válvula de admisión pulverizando el combustible de forma independiente.
- **Monopunto:** consiste en un único inyector colocado antes de la mariposa de aceleración, en posición similar a la que tendría un carburador, donde la gasolina se manda a impulsos determinados por la ECU en función de la información obtenida gracias a los diferentes sensores. La unidad de control electrónica determina un tiempo de apertura para que al motor le llegue la cantidad justa de combustible.

1.4.2. MEZCLA ESTEQUIOMÉTRICA

La masa de aire y la masa de combustible necesaria para una combustión ideal, tendremos una masa llamada de estequiometria, ecuación 4, (H. Gil., 2004)

$\frac{\text{masa real de aire admitida}}{\text{masa de aire que debería admitirse}}$	[4]
---	-----

Cuando esta relación es igual a 1, tenemos la mezcla estequiométrica ideal. La relación estequiométrica varía por el tipo de combustible.

En el caso de la Gasolina es igual a 14.7/1 kg/kg.

1.4.3. MEZCLA RICA

Cuando la relación aire – combustible, es menor a la estequiométrica o ideal tendremos mezcla rica, ver ecuación 5, lo que significa que hay un exceso de combustible para la cantidad de aire existente, por lo que una parte de combustible no podrá quemarse en su totalidad y saldrá expulsado de los cilindros por el tubo de escape y hacia el ambiente como hidrocarburos y otra parte se quemará parcialmente produciendo monóxido de carbono (CO), (Rosales, D. P. 2012).

$\frac{\text{masa real de aire admitida}}{\text{masa de aire que debería admitirse}} < 1$	[5]
---	-----

La consecuencia de tener mezcla rica es que hay un alto consumo de combustible bajo rendimiento, alta velocidad del frente de llama y gran emanación de gases.

1.4.4. MEZCLA POBRE

Si la relación aire - combustible es menor a la ideal entonces tendremos una mezcla pobre, ver ecuación 6, lo que significa que hay una cantidad de aire excesiva lo que trae como consecuencia dificultad en el encendido por lo que es necesario sistemas de encendido electrónico que prolonguen más la chispa, longitud y alto voltaje para que puedan inflamar este tipo de mezcla.

$\frac{\text{masa real de aire admitida}}{\text{masa de aire que debería admitirse}} < 1$	[6]
---	-----

Las consecuencias de tener una mezcla pobre es pérdida de potencia, sobrecalentamiento, gran emisión de gases, autoencendido, mayor desgaste del motor, baja velocidad del frente de llama.

1.4.5. PROPIEDADES DE LA GASOLINA

La gasolina como combustible requiere tener ciertas características:

- Adecuada volatilidad (suficiente para un inicio rápido del motor).
- Buena capacidad antidetonante (la capacidad de no encender por la simple presión del pistón).

Para mejorar propiedades antidetonantes de la gasolina en el pasado se ha hecho uso de los aditivos que constan de compuestos de plomo, cuyo uso por

los efectos contaminantes, ha dado lugar a la aparición de la llamada gasolina verde, los niveles bajos de plomo”.

1.4.6. GASOLINA EXTRA. REQUISITOS ESPECÍFICOS

Los requisitos específicos de las gasolinas se encuentran en las a Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935:2016. Es imprescindible el trabajo con esos requisitos para el estudio de los gases contaminantes.

1.4.7. GASES DE ESCAPE

Los gases que resultan de la combustión completa están compuestos, principalmente por dióxido de carbono (CO_2), procedente de la oxidación del carbono y H_2O (en forma de vapor de agua seco), procedente de la oxidación del hidrógeno, más el nitrógeno que forma parte del aire, el mismo que no interviene en la combustión, y otras sustancias volátiles con azufre y plomo.

1.4.7.1. Gases contaminantes

Los gases contaminantes ocasionan problemas en la salud y efectos dañinos en el medio ambiente (Vintimilla P., 2015).

1. Monóxido de carbono (CO). El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico.
2. Hidrocarburos (HC). Son denominados hidrocarburos a los combustibles no quemados, o quemados parcialmente, emitidos por el tubo de escape de un automóvil.
3. Óxidos de nitrógeno (NO_x). Tienen un aspecto amarillento, se forma durante la combustión en los automóviles motorizados y las plantas eléctricas.
4. El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). Se producen por las altas temperaturas a las que se llega en las combustiones que provocan la combinación directa del oxígeno y el nitrógeno del aire para dar óxido nítrico, y éste luego se oxida parcialmente a NO_2 .
5. Dióxido de azufre (SO_2). Se produce durante la quema de combustibles y el procesamiento de los minerales. Es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo.

6. Material particulado. Se origina en la quema incompleta del combustible, y está compuesto por partículas sólidas y líquidas minúsculas.
7. Dióxido de carbono (CO₂). Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono como la gasolina.

1.4.7.2. Gases no contaminantes

Los gases no contaminantes no producen efectos dañinos al medio ambiente, P. Vintimilla (2015).

1. Nitrógeno (N₂). El nitrógeno es un gas no combustible, incoloro e inodoro, forma el 78% del aire que respiramos y alimenta el proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión.
2. Oxígeno (O₂). Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Forma el 21% del aire que respiramos, es imprescindible para el proceso de combustión.
3. Agua (H₂O). Es un subproducto de la combustión y es expulsado por el sistema de escape del vehículo producto de la fase de calentamiento del motor, se lo puede visualizar sobre todo en los días más fríos, como un humo blanco que sale por el escape.

1.4.8. OBJETIVOS

Los objetivos que se persigue con esta investigación son:

- **General**

Analizar la emisión de gases contaminantes mediante la implementación del sistema de admisión con un inyector adicional.

Para lograr cumplir con ese objetivo el trabajo constará de tres partes que llevarán a conseguir los objetivos específicos propuestos:

- **Objetivos Específicos**

- Estudiar la potencia de la cuatrimoto al implementar el segundo inyector.
- Identificar los gases contaminantes que son emitidos por la cuatrimoto luego de la combustión.
- Contrastar las cantidades de gases emitidos al implementar el nuevo inyector.

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

2.1. DATOS GENERALES

- Comparar la potencia de la cuatrimoto antes y después de ser implementado el segundo inyector.

Para lo cual usaremos una investigación cuantitativa para lograr comparar los valores obtenidos en el dinamómetro localizado en las instalaciones de **“DYNÁMICA COMPETICIÓN”** en la ciudad de Quito realizaremos dos pruebas, la primera antes de la implementación del nuevo inyector teniendo en cuenta la potencia en ese momento y la segunda luego de la implementación del nuevo inyector obtendremos una comparación de potencia, teniendo en cuenta que los valores que vamos a obtener son potencia en HP vs revoluciones RPM.

Se realizaron 3 pruebas antes de implementar el inyector dando como resultado en la primera prueba una potencia de 49.53 HP y un torque de 37.5 Nm, en la segunda prueba se obtuvo una potencia de 48.30 HP y un torque de 39 Nm, en la última prueba se obtuvo una potencia de 47.68 HP y un torque de 37 Nm, luego se realizaron 3 pruebas con el segundo inyector implementado dando como resultado en la primera prueba una potencia de 53.48 HP y un torque de 39.8 Nm, en la segunda prueba se obtuvo una potencia de 57.36 HP con un torque de 42.7 Nm y en la última prueba se obtuvo una potencia de 55.62 HP y un torque de 42 Nm.

- Identificar los gases contaminantes que son emitidos por la cuatrimoto luego de la combustión.

Para cumplir con este objetivo planteado usaremos el método de investigación llamado explicativa para lo cual usaremos un equipo llamado analizador de gases el cual ayudara a identificar los gases que emite la cuatrimoto y además obtendremos las cantidades exactas que emite al medio ambiente, luego de realizar la combustión.

- Contrastar las cantidades de gases emitidos al implementar el nuevo inyector.

Usaremos una investigación de tipo cuantitativa la cual nos permitirá comparar los valores obtenidos del analizador de gases en el cual realizaremos dos mediciones, la primera antes de la implementación del nuevo múltiple de admisión y la segunda después de la implementación, también realizaremos una comparación de los valores obtenidos, para saber si este nuevo método

que se está optando por usar es amigable con el medio ambiente o al contrario lo está perjudicando.

Los cuatrimotores son usados en la ciudad de Santo Domingo tanto para uso particular, como para carreras de motos; En el caso de las carreras es necesario buscar un aumento de potencia y la eficiencia de los motores, para cumplir con las exigencias de las competiciones. En las Tablas 3, 4, 5, 6, se muestran las características técnicas del cuatrimotor YAMAHA YZ- 450 R, ver Figura 8.

Tabla 1. Datos generales del cuatrimotor.

Tipo de motor	4 tiempos DOHC, monocilíndrico
Diámetro x Carrera	95,0x63,4
Cilindrada	449
Alimentación	Inyección Electrónica
Refrigeración	Líquido
Lubricación	Carter seco
Arranque	Eléctrico
Sistema de encendido	TCI(Transistor Controlled Ignition)
Transmisión	Mecánica
Transmisión	5 velocidades adelante, 1 hacia atrás
Tracción	2WD
Combustible(L)	10
Aceite(total)(L)	1.65
Embrague	Húmedo de discos múltiples

(Expediente YAMAHA, YZ - 450R, 2018)



Figura 8. Cuatrimotor YAMAHA, YZ - 450R, 2018
(Expediente YAMAHA, YZ - 450R, 2018)

Tabla 2. Chasis, cuatrimotor.

Bastidor	Bastidor de aluminio fundido y acero
Freno delantero	Doble Disco, ϕ 161mm
Freno trasero	Disco, ϕ 200mm
Suspensión delantera	Independiente(horquilla doble)
Recorrido rueda delantera	250 mm
Suspensión trasera	Brazo basculante
Recorrido rueda trasera	280 mm
Asistencia dirección	N/A
Neumático delantero	AT21x7R10
Neumático trasero	AT20x10R9

(Expediente YAMAHA, YZ - 450R, 2018)

Tabla 3. Capacidad cuatrimotor

Peso en orden de marcha (kg)	184
Capacidad de vadeo (MM)	350
Carga máxima (kg)	100

(Expediente YAMAHA, YZ - 450R, 2018)

Tabla 4. Dimensiones cuatrimotores.

DISTANCIA ENTRE EJES (MM)	810
LONGITUD (MM)	1795
ALTURA TOTAL (MM)	1065
ANCHO TOTAL (MM)	1240
ALTURA MINIMA AL SUELO (MM)	235

(Expediente YAMAHA, YZ - 450R, 2018)

Para comparar la potencia de la cuatrimoto antes y después de ser implementado el segundo inyector, se utilizará una investigación cuantitativa. En este caso se va a aumentar un segundo inyector en el múltiple de admisión, para lograr un aumento de potencia y par motor.

2.1.1. POTENCIA Y PAR MOTOR ANTES DE SER IMPLEMENTADO EL SEGUNDO INYECTOR

El cuatrimotor YAMAHA YZ- 450 R, tiene un motor de 4 tiempos, tipo: DOHC, monocilíndrico, cuenta con inyección electrónica; En la Figura 9 se puede observar las curvas de Par motor y Potencia vs RPM, la curva en color rojo representa los valores de la potencia de acuerdo a las RPM del motor y la curva de color azul igualmente representa los valores pero del torque o par motor vs las RPM del motor, en este caso se tiene que la potencia máxima es de 48.3 HP a 8600 RPM y el torque máximo es de 39 Nm a 5700 RPM.

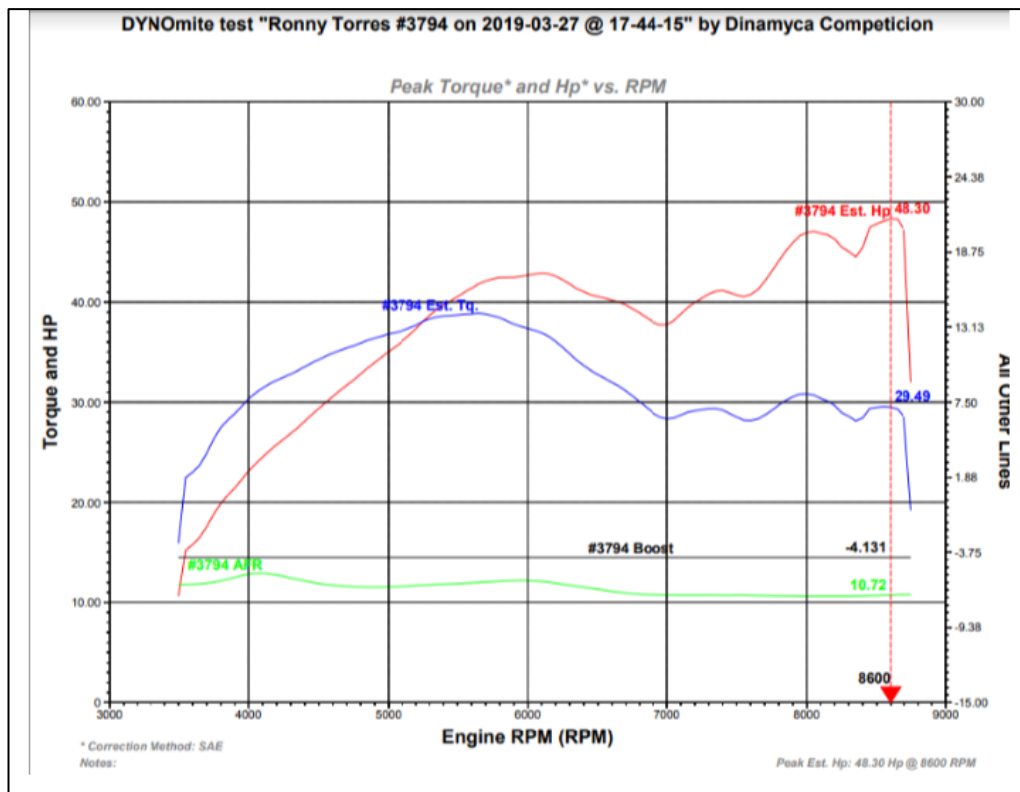


Figura 9. Torque y potencia vs rpm. Antes del segundo inyector.
(Dinamyca Competición, 2019)

2.1.2. MÚLTIPLE DE ADMISIÓN PARA SEGUNDO INYECTOR

El múltiple de admisión original no sirve para colocar el segundo inyector, por lo que se fabricara el múltiple para la adaptación, ver Figuras 10, 11.

Materiales a utilizar:

- Fibra de vidrio.
- Base de aluminio

Además de esto se basó en un molde que ya se tenía, pero se realizaron modificaciones tanto como en sus dimensiones y superficie, para así lograr alojar el segundo inyector con su correspondiente base de aluminio, las dimensiones variaron debido a que se necesitan una mayor cantidad de oxígeno en la admisión de la mezcla aire combustible.



Figura 10. Múltiple de admisión, con 2 inyectores.
(Dinámyca Competición, 2019)

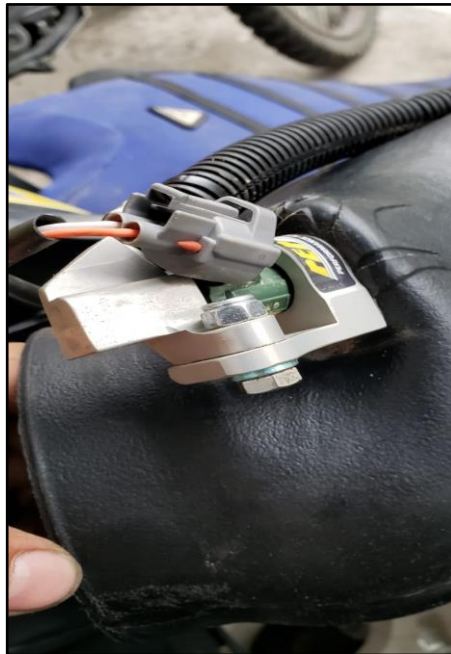


Figura 11. Múltiple de admisión, con 2 inyectores.
(Dinámyca Competición, 2019)

En la Figura 11 podemos observar el nuevo múltiple de admisión en el cual se encuentra alojado el sistema del segundo inyector el cual es el que estamos implementando, al igual que se observa su respectivo conector, la parte negra que se observa en la Figura 10 es el múltiple de admisión, la parte de aluminio que se observa es la base que aloja al inyector y su respectiva cañería de combustible.

2.1.3. REPROGRAMACIÓN DE LA ECU

Para completar la adaptación de los dos inyectores, se necesitará reprogramar la ECU, en este caso la ECU (number part: 11121221) fue comprada con los valores ya determinados y adaptada al cuatrimotor, estas son muy utilizadas en Estados Unidos de Norte América, para este tipo de motos.

2.1.4. POTENCIA Y PAR MOTOR DESPUÉS DE SER IMPLEMENTADO EL SEGUNDO INYECTOR

En el taller Dinámyca Competición, ubicado Av. Galo plaza Lasso e Isaac Albéniz, ciudad Quito, se realizarán las pruebas de potencia y par motor, antes y después del segundo inyector.

En la Figura 12 se observará las curvas de potencia y par motor en relación vs RPM del motor, después de aplicado el segundo inyector. La curva roja representa los valores de potencia, el valor máximo que se logro es de 55.62 HP a 7950 RPM.

En cuanto al par motor la curva azul lo representa, en este caso se obtuvieron 42 Nm a 5700 RPM.

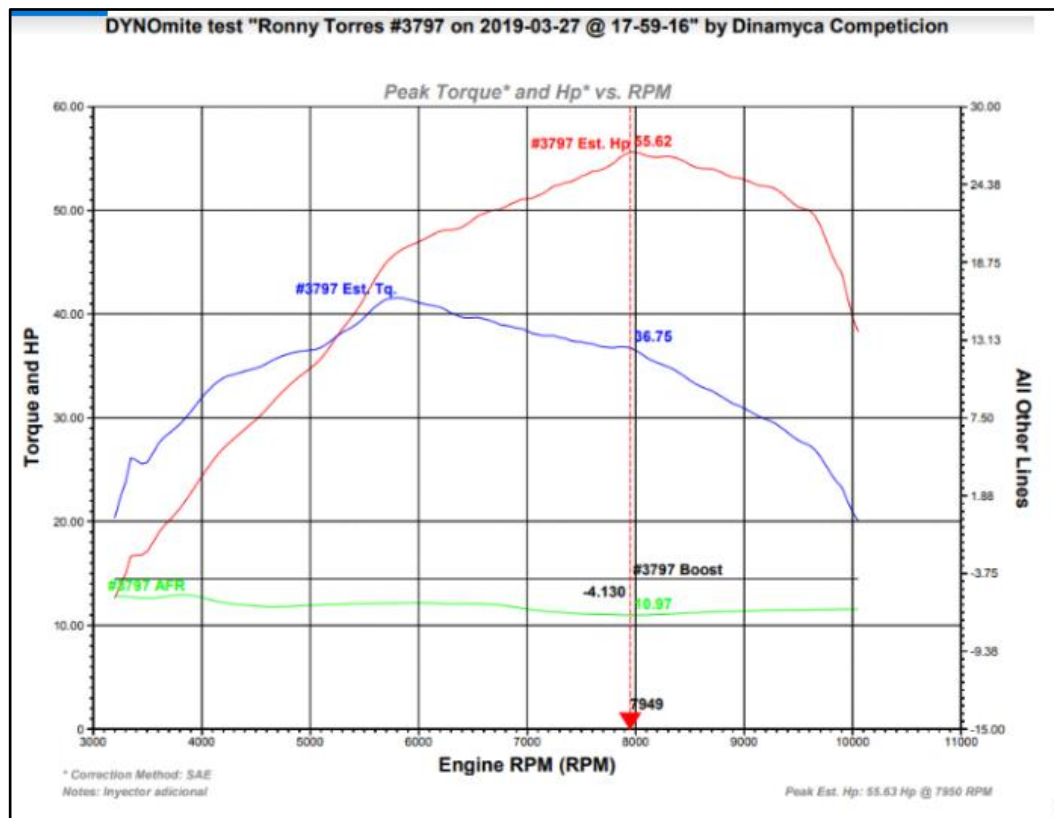


Figura 12. Gráfico: torque y potencia vs rpm. Después del segundo inyector (Dinámyca Competición, 2019)

2.1.5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIA

En la tabla 5, se encuentra los resultados de la potencia antes y después de la aplicación del segundo inyector, así como en el gráfico de la Figura 13 se apreciará el aumento de la potencia después de la instalación del segundo inyector y la reprogramación de la ECU, se observará que la potencia de 48.3 HP aumento a 55.62 HP con un incremento de 7.32 HP, además también se aprecia que el torque tiene un aumento de 39 Nm a 42 Nm con un incremento de 3 Nm. Esto se debe que cuando se implementa el segundo inyector va a tener una mayor cantidad de combustible inyectada hacia la cámara de combustión, debido a este incremento de combustible se debe el aumento de potencia, pero también se tiene en cuenta que debido al aumento del diámetro del múltiple de admisión se obtendrá mayor cantidad de oxígeno por ende la mezcla se vuelve pobre(Bell, 1998).

Tabla 5. Valores de la potencia antes y después del segundo inyector.

	Antes	después	diferencia
Potencia (HP)	48.3	55.62	7.32
Revoluciones (RPM)	8600	7950	-650
Torque (Nm)	39	42	3
Revoluciones (RPM)	5700	5700	0

(Autor)

En la Figura 13 observamos una comparación de los valores obtenidos respecto a potencia (HP) vs revoluciones, en el cual vemos que antes de implementar el nuevo sistema de inyección teníamos una potencia de 48.3 HP a 8600 RPM, luego de ya haber implementado el nuevo múltiple obtuvimos una potencia de 55.62 HP a 7950 RPM. De igual manera antes teníamos un torque de 39 Nm a 5700 RPM, luego de la implementación del segundo inyector obtuvimos un torque de 42 Nm a 5700 RPM.

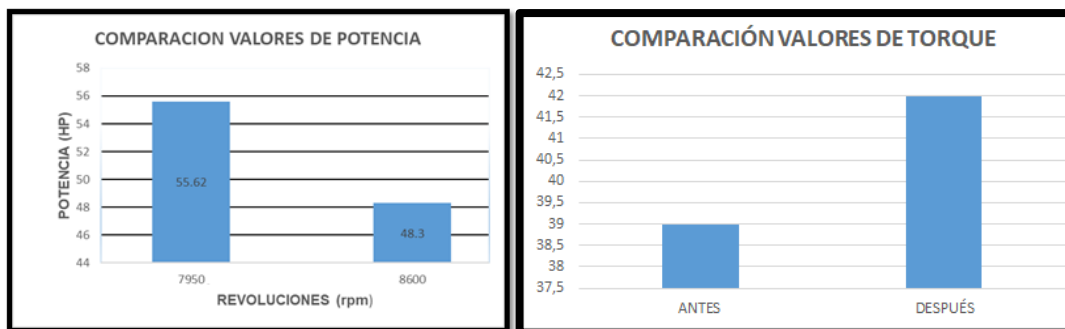


Figura 13. Gráfico comparativo de la potencia y torque.

(Autor)

2.2. GASES CONTAMINANTES QUE SON EMITIDOS POR LA CUATRIMOTOR LUEGO DE LA COMBUSTIÓN

Para identificar los gases contaminantes que son emitidos por la cuatrimoto luego de la combustión, se utilizará el método de investigación: explicativa.

2.2.1. ANALIZADOR DE GASES AUTOMOTRIZ BRAIN BEE EL AGS-688

El AGS-688 está equipado con una cámara de medición marca SENSORS catalogada como una de las mejores en el mundo lo cual garantiza una larga vida útil y extremada precisión en la lectura, siendo este último un factor muy importante en cualquier analizador de gases, por esta razón es usado en innumerables centros de revisión vehicular en todo el mundo, ver Figura 14 y tabla 6. El equipo cumple todas las normas europeas de calidad y precisión incluyendo la norma TÜV (asociación de vigilancia técnica) de Alemania que es la más estricta de la Unión Europea (BRAIN BEE,2015).

Todas las funciones del analizador y su software están disponibles en varios idiomas incluyendo el español.

2.2.1.1. Características principales

- Función automática de calibración a CERO.
- Tiempo de calentamiento menor a 10 minutos.
- Sistema de filtrado reforzado y con trampa de agua.
- Pruebas automáticas para residuos de HC y vacío.
- Auto prueba y auto diagnóstico.
- Compensador de altura.
- Medición inalámbrica vía radio de RPM y temperatura de aceite con el accesorio MGT-300/R (opcional).
- Pantalla LCD con iluminación de fondo.
- Software para PC de múltiples aplicaciones.
- Conexión a PC vía Cable USB. Opcionalmente vía BLUETOOTH.
- Impresora térmica de alta velocidad.
- Mide: HC, CO, CO₂, O₂.
- Cálculo de Lambda y CO corregido.
- Habilitado para medición de NOx con sensor opcional.



Figura 14. Analizador de gases Brain Bee, AGS – 688
(Autor)

Tabla 6. Rango de valores Analizador de gases Brain Bee, AGS – 688

CO	0 - 9.99%	RES.: 0.01
CO ₂	0 - 19.9%	RES.: 0.1
HC	0 - 9999 ppm	RES.: 1
O ₂	0 - 25%	RES.: 0.01
LAMBDA	0.5 - 5L	RES.: 0.001
*NO _x	0 - 5000 ppm	RES.: 1
**RPM	300 - 9990 RPM	RES.: 10
***TEMP.	20 - 250° C	RES.: 1
(*) Con sensor opcional.		
(**) Con pinza inductiva o MGT-300 (opcionales).		
(***) Con sonda de temperatura o MGT-300 (opcionales).		

(Catálogo Analizador de gases Brain Bee, AGS – 688)

El software incluye el diagnóstico de los posibles problemas del vehículo de acuerdo a sus emisiones, además cuenta con las siguientes pruebas:

- Prueba de carburación.
- Diagnóstico de gases.
- Eficiencia del catalizador.
- Estanqueidad de la culata del motor.
- Eficiencia del sistema de calentamiento del motor.

Otra característica importante y exclusiva de este equipo es su receptor de radio para conectarse inalámbricamente con el MGT-300 también de Brain Bee.

El MGT-300 provee al analizador las lecturas de RPM y temperatura del motor de cualquier vehículo sea de gasolina, diésel, de 2 o 4 tiempos y de hasta 12 cilindros. El MGT-300 utiliza un revolucionario sistema de medición de RPM que permite medir la velocidad del motor únicamente conectando el equipo a la batería del vehículo (12 - 24V), es decir, sin la necesidad de usar pinzas inductivas o pinzas piezoeléctricas.

2.2.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE EN MOTORES A GASOLINA

El procedimiento a seguir para medición y análisis de los gases de escape es estandarizado y constara de los siguientes pasos:

2.2.2.1. Examen visual del motor.

En el primer paso del procedimiento se procederá a revisar visualmente el nivel de agua, el de aceite, el sistema eléctrico en general, algunas fugas de líquidos, alguna fuga en el sistema de escape, es decir se inspeccionará los elementos principales del vehículo que pueda afectar la prueba en caso de tener problemas.

2.2.2.2. Conexión del analizador de gases Brain Bee, AGS – 688.

En el segundo paso se realizará la conexión del analizador de gases Brain Bee, AGS – 688, de acuerdo al fabricante este trabajará con un voltaje de 110 V, ver Figura 15, se conectará la sonda y se revisa los elementos que lo componen, ver Figura 16.



Figura 15. Analizador de gases.
(Autor)



Figura 16. Conexión de dispositivos. Conectar cables de datos del analizador hacia el ordenador o computador.

(Autor)

Cuenta con conectores como:

- Conexión para temperatura.
- Para RPM.
- Para USB.
- Entrada para ordenador.
- Entrada obmni BUS.
- Conector de alimentación.
- Filtro de la sonda.

2.2.2.3. Analizador de gases y motor de prueba

El tercer paso se procederá a calentar el analizador de gases y el motor del vehículo, en este paso se logrará los parámetros de temperatura que exige el fabricante, en el caso del motor del vehículo se encenderá y se dejará en ralentí hasta que su temperatura llegue a un mínimo de 80°C, y en el caso del analizador de gases igualmente se encenderá aproximadamente durante cinco minutos para lograr estabilizar los parámetros del mismo.

2.2.2.4. Programa del test oficial

En el cuarto paso se procederá a abrir el programa del test oficial, cuando el tercer paso esté completado, se realizará de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Comenzará la prueba del auto cero, la que consiste en revisar el correcto funcionamiento del sensor de oxígeno del analizador.
2. Se realizará la prueba de estanqueidad, la que consiste en verificar la hermeticidad de la sonda.
3. Se procederá a introducir los datos en el programa:

- ✓ Placa del vehículo.
- ✓ El año.
- ✓ Tipo de combustible.
- ✓ Números de cilindros.

2.2.2.5. Obtención de datos de los gases contaminantes

En el quinto paso se realizará la obtención de los datos de los gases contaminantes tanto en ralentí como en aceleración:

1. Limpieza del tubo de escape a través de aceleraciones fuerte.
2. Según los datos del analizador de gases Brain Bee AGS – 688 es obligatorio que los motores de los vehículos a revisar estén dentro del rango de marcha mínima o ralentí, para este analizador es de (500 – 1200) rpm.
3. Colocar la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo con la seguridad de que la sonda permanezca fija.
4. La obtención de los datos se obtendrán cada 30 segundo y será automáticamente, según el manual del analizador de gases Brain Bee AGS – 688.
5. Se realizará la aceleración del motor en un rango de 2400 – 2600 rpm, este rango es lo exigido por el manual del analizador de gases Brain Bee AGS – 688.
6. Se archivará e imprimirá los resultados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizarán los resultados aplicando el método de investigación cuantitativa, dándole seguimiento al resultado de los Test Oficiales del cuatrimotor Yamaha, antes y después de montar el segundo inyector, estas pruebas se realizaron en el taller de la UTE, Santo Domingo. Los resultados estarán marcados dentro del test por:

- Factor Lambda.
- Monóxido de Carbono (CO).
- Dióxido de Carbono (CO₂).
- Hidrocarburos (HC)
- Oxígeno (O₂)

3.1. TEST OFICIAL DE EMISIÓN DE GASES ANTES DEL INYECTOR

La prueba antes del montaje del segundo inyector, se realizó el día 23 de marzo del 2019, donde se tuvieron en cuenta dos pruebas, ver tabla 7:

- De 500 a 1200 RPM (ralentí).
- De 2400 a 2600 RPM (acelerado).

Tabla 7. Valores del test antes del segundo inyector.

		ANTES	
		Ralentí	Acelerado
Temperatura	°C	81	85
RPM	1/min	910	2550
CO	% Vol	4.66	1.47
CO ₂	% Vol	6.7	7.2
HC	ppm Vol	105	35
O ₂	% Vol	8.32	9.86
lambda		1.313 (-)	1.719 (-)

(Autor)

La velocidad ralentí estuvo en un rango dentro de 500 a 1200 rpm, así como la velocidad en aceleración estuvo en el rango de 2400 a 2600 RPM. El motor llegó a una temperatura de 81 °C, valor que está dentro del rango permitido. En la Tabla 7 se refleja que la cantidad de monóxido de carbono (CO) disminuyó de 4.66% que se encontraba en ralentí a 1.47% al realizar la prueba en aceleración, en el caso del dióxido de carbono (CO₂) este sufrió un aumento de 6.7% en ralentí a 7.2% en aceleración dando como resultado el aumento de un 0.5%, pero con los hidrocarburos (HC) sucede lo contrario de 105 ppm en ralentí disminuye a 35 ppm lo cual es favorable para el medio ambiente, con respecto al oxígeno (O₂) tiene un aumento de 8.32% a 9.86% teniendo un incremento significativo de 1.54%, en el caso de lambda se obtuvo

una mezcla pobre de 1,313 y al acelerar el cuatrimoto lambda da un resultado de una mezcla aún más pobre de 1.719, debido que si lambda es mayor que 1 esta mezcla se vuelve pobre debido a que tiene una mayor cantidad de oxígeno y menor cantidad de combustible.

3.2. TEST OFICIAL DE EMISIÓN DE GASES DESPUÉS DEL INYECTOR

La prueba después del montaje del segundo inyector, se realizó el día 23 de marzo del 2019 mismo día que el otro test, donde se realizaron dos pruebas una en velocidad ralentí y una acelerada, ver Tabla 8, se cumplió con todo el procedimiento para realizar el test.

La velocidad ralentí estuvo en un rango dentro de 500 a 1200 RPM, así como la velocidad en aceleración estuvo en el rango de 2400 a 2600 RPM. El motor llego a una temperatura de 85 °C, valor que está dentro del rango permitido. Según los valores obtenidos de monóxido de carbono (CO) se logró una disminución de 4.16% cuando estaba en ralentí a 2,68% cuando se encontraba acelerado, en el dióxido de carbono (CO₂) igual tenemos presente una disminución de 6.1% a 5.7%, en los hidrocarburos tenemos de igual manera una disminución de 119 ppm a 108 ppm, según el factor lambda estamos en presencia de una mezcla pobre tanto en ralentí con un valor de 1.46, al igual que cuando se encuentra acelerado obteniendo un valor de 1.731.

Tabla 8. Valores del test después del segundo inyector.

		DESPUES	
		Ralentí	Acelerado
Temperatura	°C	80	82
RPM	1/min	840	2330
CO	% Vol	4.16	2.68
CO ₂	% Vol	6.1	5.7
HC	ppm Vol	119	108
O ₂	% Vol	9.66	10.64
lambda		1.46 (-)	1.731 (-)

(Autor)

3.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS TEST

Los resultados de los Test Oficial de Emisiones de gases antes y después del Inyector, arrojaron que el Cuatrimotor Yamaha no tuvo un aumento significativo en las emisiones de gases contaminantes producto al montaje del segundo inyector, ver Tabla 9, los valores se mantuvieron muy semejantes en comparación antes de la implementación del segundo inyector.

Tabla 9. Valores del test después del segundo inyector.

		Antes		Después	
		Ralentí	Acelerado	Ralentí	Acelerado
Temperatura	°	81	85	80	82
RPM	1/min	910	2550	840	2330
CO	% Vol	4.66	1.47	4.16	2.68
CO ₂	% Vol	6.7	7.2	6.1	5.7
HC	ppm Vol	105	35	119	108
O ₂	% Vol	8.32	9.86	9.66	10.64
lambda		1.313 (-)	1.719 (-)	1.46 (-)	1.731 (-)

(Autor)

3.3.1. MONÓXIDO DE CARBONO (CO).

Existe una disminución de monóxido de carbono en ralentí de 4.66% antes y después del segundo inyector se obtuvo una disminución a 4.16%, en la prueba realizada en aceleración se obtuvo 1.47% antes y después del segundo inyector se produjo un incremento al 2.3%.

3.3.2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂).

Existe una disminución de dióxido de carbono (CO₂), arrojando como resultado en la prueba realizada en ralentí de 6.7% antes y después del segundo inyector da un resultado de 6.1%, obteniendo una disminución del 0.6%, mientras que en la prueba en aceleración se obtuvo un resultado de 7.2% antes y luego de la implementación del segundo inyector se obtuvo una disminución a 5.7% dando como resultado una disminución del 0.5%.

El CO₂ no incide en la aprobación o rechazo del motor, ya que su grado de impacto al medio ambiente no es considerablemente alto, el comportamiento de CO₂ depende de los demás gases emitidos, es decir, si se calibra el motor para disminuir contaminación este también se regulará.

3.3.3. OXÍGENO (O₂)

Hubo un aumento del oxígeno en la prueba realizada a ralentí de 8.32% antes y después del segundo inyector se obtuvo un resultado de 9.66% dando un incremento notable del 1.34%. En la prueba realizada en aceleración se obtuvo un resultado de 9.86% antes y después del segundo inyector se obtuvo un incremento hasta llegar al valor de 10.64% dando como resultado un incremento del 0.78%.

Esto se debe a que el motor es repotenciado, el sistema necesita más oxígeno, de todas formas, se recomendó realizar un mantenimiento de limpieza de inyectores, cambio de bujías y cables y volver a realizar la prueba.

3.3.4. HIDROCARBUROS (HC)

Con los hidrocarburos en la prueba realizada en ralentí se obtuvo un resultado de 105 ppm antes y después de la implementación del segundo inyector se obtuvo como resultado 119 ppm, teniendo un incremento de 14 ppm, en la prueba en aceleración se obtuvo 38 ppm antes y después dio un resultado de 108 ppm, dando como resultado el aumento de 70ppm.

3.3.5. FACTOR LAMBDA

Hubo un aumento en el factor lambda tanto en ralentí (1.313 a 1.46), como en acelerado (1.719 a 1.731), se obtuvo un factor lambda negativo, es decir, mezcla pobre, debido a que el motor es repotenciado.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Después de haber realizado la comparación de potencia antes y después de la implementación del nuevo sistema de inyección, se apreció el aumento de potencia de 48.3 HP a 55.62 HP, teniendo en cuenta que la potencia ganada sería de 7.32 HP.
- Una vez concluido la prueba realizada en el analizador de gases se obtuvo como resultado que los gases contaminantes que emite el cuatrimotor al medio ambiente son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), oxígeno (O₂).
- Luego de haber realizado el análisis de gases contaminantes emitidos por el cuatrimotor, se llegó a la conclusión que al implementar el nuevo sistema de inyección se reducen las cantidades de gases contaminantes: monóxido de carbono (Co) de 4.66 a 4.16 % Vol, dióxido de carbono (CO₂) de 7.2 a 5.7% Vol, emitidos hacia el medio ambiente.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para posibles investigaciones futuras realizar pruebas de consumo de combustible, realizando pruebas de rutas a una velocidad promedio y una distancia determinada.
- También es importante en las siguientes investigaciones realizar pruebas de rendimiento del cuatrimotor a distintas alturas debido a que Ecuador tiene una superficie muy irregular y para conocer el desempeño con el nuevo múltiple de admisión a los diferentes metros sobre el nivel del mar (altura).
- Buscar la manera de reducir la cantidad de gases contaminantes y logre estar dentro del rango permitido, para que el cuatrimotor logre superar las pruebas que se realizan en la revisión técnica vehicular de Santo Domingo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. (2003). Técnicas del Automóvil: Inyección de gasolina y dispositivos anticontaminación, 2ª Edición, España.
- Alfaro, M. d. (1998). Contaminación del aire: emisiones vehiculares, situación actual y alternativas. En M. d. Alfaro.
- Bello, P. (2011). Tecnología de los motores. . En P. Bello. S.L. CIE Inversiones Editoriales Dossat-2000.
- Calza, P., & Ángel, P. (2011). Determinación de la influencia de la altura en emisiones contaminantes de un vehículo con motor de ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina.
- Casillas, J. (2011). Curso de mecánica. S.A Eunsa. Ediciones Universidad de Navarra.
- Concepción, M. (2011). Pruebas de accionadores automotrices y sistemas evap. Createspace Independent.
- Denton, T. (2016). Sistema Mecánico y Eléctrico del Automóvil. Tecnología Automotriz: Mantenimiento y reparación de vehículos. Reino Unido: Marcombo.
- Deormalización, I. E. (09 de 2017). Control de Emisiones Contaminantes. Quito: Usgovernmentdocuments.
- Dietsche, K. H. (2005). Manual de la Técnica del Automóvil. Plochingen: Reverte.
- Escudero Fernández, S., Gonzáles, J., Rivas, J. L., & Suárez, A. (2011). Motores. Macmillan.
- Felipe Blanch, J. J. (2015). Modelización de funcionamiento Termomecánico de un motor Otto. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Ferrer, Alvaro (09 de Marzo de 2015) Inyección en Motores de Gasolina: todo lo que tienes que saber. Disponible en <https://www.autonocion.com/inyeccion-motores-gasolina/>
- Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2006). Manual abecedario ecológico: la más completa guía de términos ambientales.

- Giacosa, Dante. (2000). Motores Endotermicos. Omega.
- Gil. H, (2004). Inyección de Gasolina. Barcelona, Ceac.
- González Calleja, D. (2011). Motores: Transporte y mantenimiento de Vehículos, Electromecánica de Vehículos Automóviles. Paraninfo.
- González Calleja, D. (2015). Motores térmicos y sus sistemas auxiliares. S.A Ediciones Paraninfo.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013-06-14). Enmienda Nte Inen 1489:2012 Séptima Revisión. Quito- Ecuador:
- Mallorquin Egea, S., & Carrasco Moreno, J. (2012). Prácticas y procesos de Taller Mecanizado. S.A Marcombo.
- Martínez, A. G. (2010). Estudio de los efectos de la Post Inyección sobre el proceso de combustión y la formación. España: Reverte.
- Martínez. V. A. (2007). Motores de Combustión Interna. Treball de Recerca. San Celoni España: IES Baix Monseni.
- Nuñez. C. (2010). Curvas características de Motores y vehículos
- Perez Bello, M. (2011). Tecnología de los motores. S.L. CIE Inversiones Editoriales Dossat-2000.
- Reif, K. (2014). Basic of the gasolina (Si) Engine. en fundamentals of automotive and engine technology, Bosch.
- Rosales, D. P. (2012). Construcción de Bancos de entrenamiento para la capacitación en los Sistemas de Inyección Diesel y Gasolina Multipunto y Monopunto. Cuenca: Ups.
- Reverte. (2005). Técnica de los gases de escape para motores de gasolina. En Reverte.
- Ruiz, V. D. (2010). Transmisión de calor en motores alternativos: Aplicación al aprovechamiento energético de los gases de escape. España: Reverte.

ENLACE SIMILITUD URKUND

<https://secure.orkund.com/view/54823384-562953-616985>

<https://secure.orkund.com/archive/download/56380282-745705-300210>