



## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE INYECCIÓN PARA DETERMINAR EL CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES COMMON RAIL DE 3000CC, CHICLAYO.”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

LUIS ALBERTO CERVERA CORTEGANA

**ASESOR:**

MG. ING.: DESIDERIO ENRIQUE DÍAZ RUBIO

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

CHICLAYO-PERÚ

2018



## ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 15:00 horas del día 13 de diciembre de 2018, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N°3027-2018-UCV-CH -2018-UCV-CH, de fecha 10 de diciembre de 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **"ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE INYECCIÓN PARA DETERMINAR EL CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES COMMON RAIL DE 3000 CC, CHICLAYO"**. presentado por el(la) (los) bachiller CERVERA CORTEGANA LUIS ALBERTO, con la finalidad de obtener el título de Ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Dávila Hurtado Fredy  
Secretario : Ing. Celada Padilla James Skinner  
Vocal : Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBAR POR MAYORIA

Siendo las 15:45 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 13 de diciembre de 2018

Ing. Dávila Hurtado Fredy  
Presidente

Ing. Celada Padilla James Skinner  
Secretario

Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo  
Vocal

## **DEDICATORIA**

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda. Y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que los pones en frente mío para que mejore como ser humano y crezca de diversas maneras.

Mi tesis la dedico a mí amada hija Alessandra por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada días más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis amados padres por su sacrificio y esfuerzo y hermanos quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mi esposa Yesenia por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento especial a la universidad CESAR VALLEJO sede Chiclayo la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente.

A los ingenieros por sus diferentes formas de enseñar, quienes me incentivaron en muchos sentidos a seguir adelante y sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

Y a todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas apoyándome.

Gracias.

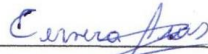
### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

YO, **LUIS ALBERTO CERVERA CORTEGANA**, de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Universidad César Vallejo, Sede Chiclayo; declaro que el trabajo académico titulado: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE INYECCIÓN PARA DETERMINAR EL CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES COMMON RAIL DE 3000CC, CHICLAYO", presentado para la obtención del título profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes, de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajos académicos.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinen el procedimiento disciplinario.

Chiclayo, 21 de enero 2018



Luis Alberto Cervera Cortegana

DNI: 47269486

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “ANÁLISIS DE LA VARIACION DE PRESION DE INYECCION PARA DETERMINAR EL CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES COMMON RAIL DE 3000cc, CHICLAYO” en cumplimiento de reglamento de grado y títulos de la Universidad Cesar Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación, confio en que ustedes sabrán valorar el esfuerzo desplegado en su elaboración. En espera de su justo criterio al emitir su dictamen correspondiente al contenido de este trabajo, expreso mi más sincera gratitud.

Chiclayo, agosto del 2018

## GENERALIDADES

### 1. Título.

“Análisis de la variación de presión de inyección para determinar el consumo específico de combustible en motores Common Rail de 3000cc, Chiclayo.”

### 2. Autor.

Cervera Cortegana Luis Alberto

### 3. Asesor.

MG. ING.: Desiderio Enrique Díaz Rubio

### 4. Tipo de investigación.

- Tipo de investigación: Aplicada
- Diseño de investigación (experimental)

### 5. Línea de Investigación.

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

### 6. Localidad.

Chiclayo-Perú.

### 7. Duración de la Investigación.

Inicio: 07 de Abril del 2018

Fin: 12 de Agosto del 2018

## INDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	V
PRESENTACION .....	VI
GENERALIDADES.....	VII
INDICE .....	VIII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
I. INTRODUCCIÓN .....	15
1.1. Realidad Problemática.....	15
1.1.1 Nivel Internacional.....	15
1.1.2 Nivel Nacional .....	15
1.1.3 A Nivel local.....	16
1.2. Trabajos Previos .....	17
1.2.1. A Nivel Internacional.....	17
1.2.2 Nacionales.....	17
1.2.3 Local.....	17
1.3. Teorías referentes al Tema .....	18
1.3.1. Sistemas de inyección con acumulador “common rail” .....	18
Figura 1: Módulo de sistema common rail .....	19
Figura 2: Etapa de alta presión del sistema common rail.....	20
Figura 3: esquema de una bomba de alta presión de un sistema de common rail .....	20
1.4. Formulación del Problema .....	20



1.5.	Justificación del Estudio.....	21
1.5.1.	Justificación técnica.....	21
1.5.2	Justificación social .....	21
1.5.3	Justificación económica .....	22
1.5.4	Justificación ambiental.....	22
1.6.	Hipótesis.....	22
1.7.	Objetivos.....	22
1.7.1	General... ..	22
1.7.2	Específicos.....	23
II.	METODO .....	23
2.1.	Diseño de Investigación .....	23
2.2.	Variables, operacionalización.....	24
2.3.	Población y muestra .....	26
2.3.1.	Objeto de análisis (OA) .....	26
2.3.2.	Población (N).....	26
2.3.3.	Muestra (n).....	26
2.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad .....	26
2.5.	Métodos de Análisis de datos.....	27
2.6.	Aspectos éticos.....	27
III.	Resultados... ..	28
3.1.	Determinar la influencia de la presión de inyección en el proceso de la combustión del motor en función a la relación aire combustible .....	28
	Figura 4: Fases de la combustión en función a la presión.....	28
	Tabla 1: Resultados de mediciones.....	30
	Figura 5: Señal sensor de oxígeno .....	31
	Tabla 2: Mediciones realizadas.....	33
	Figura 6: Vista esquemática de la tobera de un inyector de múltiples orificios. ....	35

Figura 7: Conexión eléctrica sensor de presión de riel... ..	36
Figura 8: Comprobación del voltaje referencial del sensor de presión de riel común .....	37
Figura 9: Valor practico durante la marcha del motor en ralentí ....	37
3.2. Realizar mediciones de la influencia de la variación de presión en el consumo de combustible y en el tiempo de inyección en el motor utilizando los instrumentos y equipos adecuados con un protocolo de pruebas .....	38
3.2.1. Mediciones Realizadas... ..	38
Figura 10: Curva característica entre par motor y velocidad de giro.....	38
Tabla 3: Mediciones de parámetros para determinar el consumo de combustible en función a la presión de inyección.....	39
3.2.2. Análisis de las mediciones realizadas... ..	40
Figura 11: Presión de inyección a diferentes rpm en cinco motores de pruebas... ..	41
Tabla 4: Presión de inyección (MPa) – Consumo de combustible y tiempo de Inyección a 1200 rpm .....	42
Figura 12: Variación de la presión de inyección y el caudal de inyección a 1200 rpm.....	42
Tabla 5: Presión de inyección (MPa) – Consumo de combustible y tiempo de inyección a 1800 rpm .....	43
Figura 13: Presión de inyección (MPa) – Consumo de combustible a 1800 rpm.....	43
Tabla 6: Presión de inyección (MPa) – Consumo de combustible y tiempo de inyección a 2200 rpm .....	44
Figura 14: Presión de inyección (MPa) – Consumo de combustible a 2200 rpm.....	44
Figura 15: Tiempo de inyección a diferentes rpm en cinco motores de pruebas... ..	44
Figura 16: Tiempo de inyección (ms) a diferentes velocidades de giro .....	45
Figura 17: Tiempo de inyección (milisegundos) – Presión de	

	inyección (MPa) a 3 diferentes velocidades, motor common rail 1 .....	46
	Figura 18: Tiempo de inyección (milisegundos) – Presión de inyección (MPa) a 3 diferentes velocidades, motor common rail 2 .....	46
	Figura 19: Tiempo de inyección (milisegundos) – presión de Inyeccion (MPa) a 3 diferentes velocidades, motor common rail 3 .....	47
	Figura 20: Tiempo de inyección (milisegundos) – presión de Inyeccion (MPa) a 3 diferentes velocidades, motor common rail 4 .....	47
	Figura 21: Tiempo de inyección (milisegundos) – presión de Inyeccion (MPa) a 3 diferentes velocidades, motor common rail 5 .....	48
3.3.	Establecer un modelo numérico que relacione la presión de inyección y el consumo de combustible bajo las condiciones de la operación del motor a diferentes situaciones de funcionamiento .....	49
	Tabla 7: Mediciones de pruebas realizadas a cinco motores de 3000 cc de cilindrada .....	50
	Figura 22: Modelo de dispersión de punto en una recta .....	51
	Tabla 8: Ecuación de linealidad: $Y = 311 - 1.98X$ .....	52
	Tabla 9: Modelo de regresión lineal entre caudal de inyección (Y) y presión de combustible (X) ... ..	53
	Tabla 10: Modelo de regresión lineal entre tiempo de inyección (Y) y presión de combustible (X) ... ..	54
	Tabla 11: Valores promedios de los cinco motores .....	55
	Tabla 12: Cálculo de regresión lineal ... ..	56
	Tabla 13: Cálculo de regresión lineal ... ..	57
IV.	DISCUSION.....	59
V.	CONCLUSIONES .....	60
VI.	RECOMENDACIONES.....	61
VII.	REFERENCIAS .....	62
VIII.	ANEXOS .....	64

8.1.	ANEXO 01.....	64
	Ficha de validación de instrumentos de Recolección.....	64
	Datos generales del experto.....	64
	Indicaciones del experto.....	65
	Estimado experto .....	66
8.2.	ANEXO 02.....	68
	Instrumento de recolección de datos... ..	68
8.3.	ANEXO 03.....	71
8.4.	ANEXO 04.....	72
	Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	73
	Acta de originalidad de tesis... ..	74
	Reporte de originalidad de tesis.....	75

## RESUMEN

El proceso de combustión en el motor diésel que influye fuertemente en factores tales como el rendimiento, las emisiones de los gases de escape y el nivel de ruido, depende en gran medida de cómo se prepara la mezcla aire-combustible.

Los parámetros de la inyección más influyentes en la calidad de la mezcla formada son principalmente el inicio de la inyección, curva de inyección y duración de la inyección, presión de inyección, número de inyecciones.

En los motores, los gases de escape y el ruido de la combustión, se pueden reducir en gran parte con medidas dentro del motor, es decir, controlando el proceso de combustión.

Hasta los años 1980 la cantidad de combustible inyectado y el inicio de la inyección eran controlados únicamente de forma mecánica. Sin embargo, el compromiso con la limitación de emisiones requiere una alta precisión de los parámetros de inyección (pre-inyección, inyección principal, cantidad de combustible inyectada, presión de inyección y comienzo de la inyección) adaptados al estado de operación del motor. Esto sólo es posible utilizando una unidad de control electrónico ECU (Electronic Control Unit) que calcula los parámetros de inyección en función de otros parámetros externos como: temperatura, velocidad del motor, carga, altitud, etc.

Por lo anteriormente expuesto el trabajo pretende determinar el consumo de combustible en vehículos con motores de sistema de inyección common rail ya que los vehículos al trabajar a altas velocidades consumen menos combustible y en bajas velocidades consume más combustible y contamina más el ambiente.

En ese sentido la presente investigación permitirá saber con exactitud cuánto de combustible se consume en diversas velocidades es decir cuánto consume de combustible a 1200, 1800 y 2200 rpm.

Palabras claves: consumo, combustible, inyección, presión.

## **ABSTRACT**

The combustion process in the diesel engine that strongly influences factors such as performance, emissions of exhaust gases and noise level, depends to a large extent on how the air-fuel mixture is prepared.

The injection parameters most influential in the quality of the mixture formed are mainly the start of the injection, injection curve and duration of the injection, injection pressure, number of injections.

In engines, exhaust gases and combustion noise, can be greatly reduced by measures inside the engine that is, controlling the combustion process.

Until the 1980s the amount of fuel injected and the start of the injection were controlled only mechanically.

However, the commitment to limit emissions requires high precision of injection parameters (pre-injection, main injection, amount of fuel injected, injection pressure and start of injection) adapted to the operating state of the engine.

The electronic control EDC (Electronic Diesel Control) has been extended in a general way in diesel engines.

Therefore, the work aims to determine fuel consumption in vehicles with common rail injection system engines since vehicles working at high speeds consume less fuel and at lower speeds consume more fuel and pollute more the environment.

In this sense, the present investigation will allow us to know exactly how much fuel is consumed at different speeds, and how much fuel is consumed at 1200, 1800 and 2200 rpm.

Key words: consumption, fuel, injection, pressure.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática.

#### 1.1.1 Nivel Internacional:

[...]En México, el parque automotor es inmenso y tanto las empresas de transporte como el estado y las grandes automotrices buscan las mejores formas y alternativas de contar con vehículos y motores de gran performance que a la vez sean económicos sobre todo en el consumo de combustible y de allí la gran importancia en los adelantos tecnológicos y técnicas de inyección de combustible en motores. En el país azteca existen cientos de instituciones y talleres sobre mecánica automotriz. Precisamente existe un “Manual de Sistema Inyección Diésel Common Rail Motores, Componentes, Sistemas, Alimentación, Combustible, Aire, Gases. El manual explica que: El método de transfusión diésel electrónica Common Rail eliminar de una bomba inyectora como era en los motores diésel en los cuales se trabajaba. Este método integra una bomba creadora de alta presión comandada por la pulea del cigüeñal a través de una correa, que envía el gas oíl a una rampa o riel (RAIL) donde es distribuido a cada inyector por caños metálicos (Guillen, 2016, p. 2).

[...]La computadora decide la medida ideal de petróleo que estos deben suministrar y la fuerza de inyección balanceara entre 150 y 1350 bar. El método permite hacer un pre inyección con una mínima cantidad de petróleo con la finalidad de lograr una ignición más homogénea y completa. De esta manera se minimiza el gasto al aprovechar hasta la última gota de gas oíl, las emisiones de gases contaminantes son mínimos y se reduce sustancialmente la rumorosidad y vibraciones, a cualquier régimen de giro del motor. (Guillén, 2016, p. 2).

#### 1.1.2 Nivel Nacional:

En **Perú**, cuando se va a comprar un vehículo, más allá del precio, el modelo y la marca, el tipo de motorización se convierte también en un factor a considerar, ya que determinará los gastos de mantenimiento y el tipo de combustible que se utilizará. (Publímetro, 2017, p 1).

[...]Según Javier García Pacheco, gerente técnico de Derco Perú (representante de Suzuki, Mazda, Great Wall, entre otras marcas), “la opción depende mucho del uso que le dará el consumidor a su vehículo. Normalmente, los automóviles para pasajeros, de uso diario en la ciudad, suelen ser a gasolina. Mientras que los utilitarios, en otras palabras para uso comercial, de carga, son de diésel”. Más de una persona habrá escuchado que un motor diésel resulta de un 15 al 20% más eficiente en consumo de combustible. Sin embargo, actualmente, los sistemas de inyección directa en un motor a gasolina ofrecen también mucha eficiencia (Publimetro, 2017, p 1).

[...]Las nuevas inyecciones electrónicas han generado que el consumo de gasolina sea mínimo. Por ejemplo, en Mazda se tiene una tecnología muy eficaz, valorada mucho por los clientes. Ahora, esto también se está aplicando en vehículos diésel y está respondiendo de manera correcta. Los vehículos a diésel tienen un costo más alto que los de gasolina. ¿Por qué? La respuesta está en su torque (par motor o momento de fuerza), que le ayuda a trabajar mejor sobre un terreno agreste. Por eso se recomienda que la compra de estos vehículos sea de uso exclusivo para traslados de carga o viajes largos. En cambio, si lo que se está buscando es solo un medio de transporte para la ciudad (con solo un par de salidas fuera de Lima), se recomienda inclinarse por un vehículo con motorización a gasolina que ofrece mayor velocidad, llega con facilidad a altas revoluciones y el mantenimiento es más económico. (Publimetro, 2017, p 1).

### **1.1.3 A Nivel Local**

En Lambayeque, existen instituciones como SENATI por ejemplo, concesionarios y numerosos servicentros y talleres dedicados al servicio de mecánica automotriz que hacen los respectivos análisis y diagnósticos del rendimiento o algún problema del motor sea a gasolina, diésel o sistema de gas y es que, aparte del problema que pudiera ser detectado, generalmente el conductor o empresario de flota de vehículos busca el mejor rendimiento del motor, conservación y bajo mantenimiento. Este objetivo puede estar en el uso del sistema de inyección en motores Common Rail que conlleva a una mejor performance del vehículo.



## 1.2. Trabajos Previos.

### 1.2.1. A Nivel Internacional:

**CASTILLEJO (2014)**, en su trabajo titulado “**SISTEMAS DE INYECCIÓN EN MOTORES DIÉSEL**” se planteó como conclusión lo siguiente:

[...]Analizar diferentes métodos de transfusión diésel de modo organizada y confirmar que todos ellos pueden ser estructurados; fue probable ver cómo la transformación en el periodo de estos métodos no es otra que la obtención de una resolución más cabalmente a la demanda que llevan a un mejoramiento de la ignición y en efecto de los servicios del motor. (2014, p. 124).

### 1.2.2 Nacional

**ALAYA, CCORI, MERCADO, PAREDES y SALDARRIAGA (2013)**, en su investigación “**SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO (UCV-CHIMBOTE)**”, resumían lo siguiente:

[...]Se trata de un sistema de alimentación de combustible. El sistema que posibilitará que la combustión se realice del modo más favorable, consiguiendo el máximo rendimiento del motor; es decir, que los gases no quemados sean los mínimos a la salida del motor. El combustible debe inyectarse en la cámara de combustión, en las condiciones propicias y en cantidades perfectamente dosificadas. De todo ello se encarga el sistema de alimentación ()

### 1.2.3 Local

**SENATI (2013)**, en su curso “**TEORÍA BOMBAS DE INYECCIÓN EN LÍNEA 2**” Módulo de Laboratorio de Inyección Diésel explica:

a) El circuito de combustible: La bomba de inyección se acompaña de un circuito de alimentación que le suministra combustible.

b) Bomba de alimentación: su función es succionar combustible del tanque y derivarlo a la cámara de admisión a alta presión, a través de un filtro de petróleo.

### **1.3. Teorías referentes al Tema.**

#### **1.3.1. Sistemas de inyección con acumulador “common rail”.**

##### **MOTOR COMMON RAIL**

La empresa Bosch lanzó el primer sistema Common Rail en 1997. El sistema recibe el nombre por el acumulador de alta presión compartido que suministra el combustible a todos los cilindros. En los sistemas de inyección diésel convencionales, es necesario que la presión del combustible se genere de forma individual en cada inyección. Sin embargo, en este sistema, la generación y la inyección de presión se realizan por separado, lo que significa que el combustible está siempre disponible y en la presión necesaria para su inyección. (BOSCH, 2015).

##### **PRESIÓN**

Es la fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie. Su unidad es el Pascal (pa) que es un Newton (n) sobre un metro cuadrado (m<sup>2</sup>). En el Sistema inglés es libra por pulgada cuadrada que es una libra sobre una pulgada cuadrada (**FRANCO, 2017, p. 2**).

##### **INYECCIÓN**

Es el ingreso, con gran exactitud y a grandes presiones (entre 120 y 400 kg/cm<sup>2</sup>), de volúmenes de líquido que pueden ser comparables con el de la cabeza de un alfiler, con un comienzo y tiempo de duración muy exactos, a frecuencias que pueden llegar a más de 2000 ciclos por segundo, y por un período de millones de ciclos sin fallo. La inyección se produce en una cámara donde hay combustión simultánea a la inyección, en un ambiente caliente y agresivo (**DIESEL, 2017, p. 1**).

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE

No es lo mismo la gasolina que se consume cuando se conduce y se pausa varias veces, que cuando se es constante en una sola velocidad, no es igual la cantidad de gasolina consumida por un coche de 8 cilindros, a uno de 4 o de 6, por eso basándonos en el tipo de conducción y el tipo de coche se puede sacar cuentas aproximadas al calcular el consumo de gasolina. Por lo general los vehículos comunes consumen 1 litro de combustible por cada 12 kilómetros. **(VEHÍCULOS, 2017, p. 1).**

## DISEÑO Y ESTRUCTURA

Se diferencian en tres grupos: (Figura 1):

**Etapa de baja presión**

**Sistema de alta presión**

**Sistema de Regulación Electrónica EDC (Electronic Diésel Control).**

Figura 1

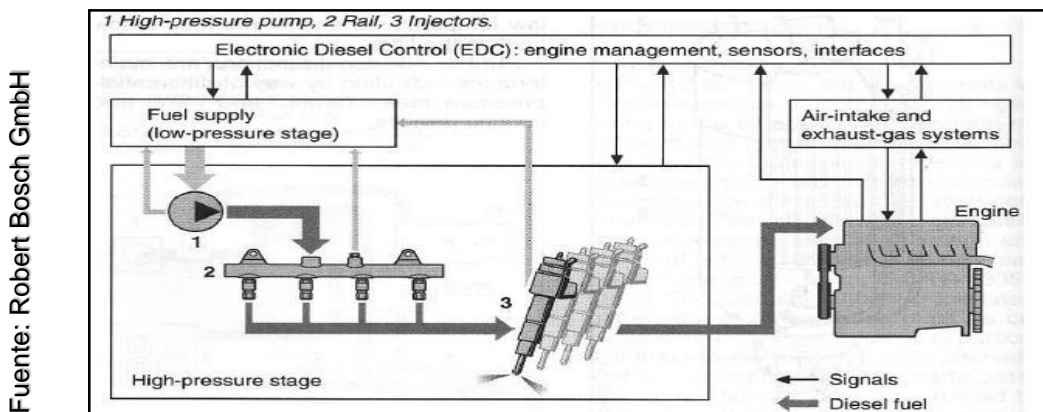
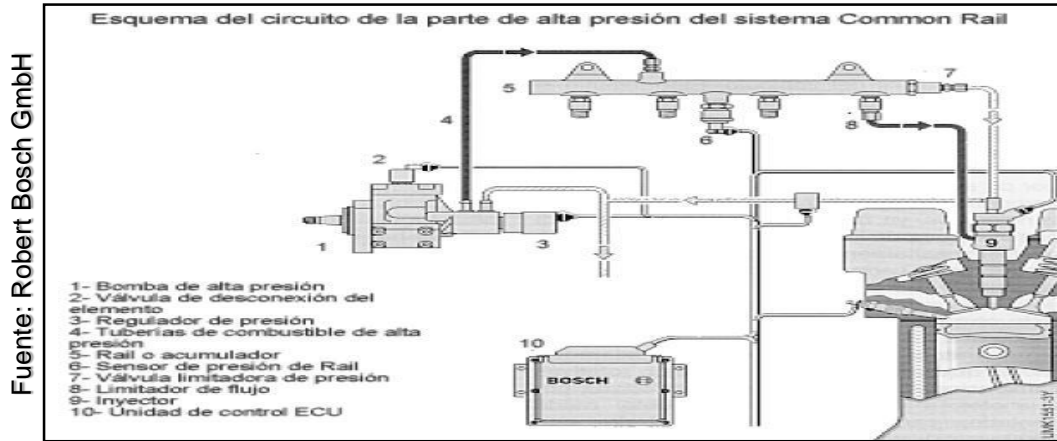


Figura 1 Módulos del sistema Common Rail.

## COMPONENTES DE LA ETAPA DE ALTA PRESIÓN

La etapa de alta presión se divide en tres sectores: generación de presión, acumulación de presión y dosificación del combustible. (figura 2) (Castillejo, 2014).

Figura 2

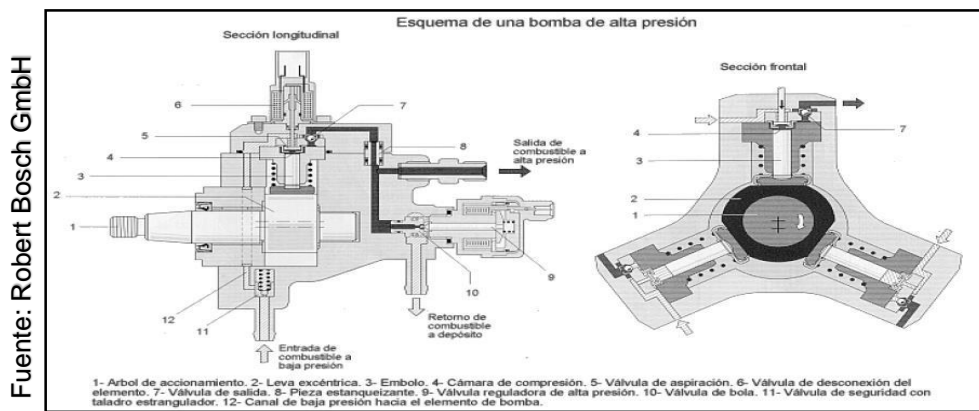


Etapa de alta presión del sistema Common Rail.

### a) BOMBA DE ALTA PRESIÓN

Su función es succionar combustible del tanque y derivarlo a la cámara de admisión a alta presión, a través de un filtro de petróleo. (Figura 3) (Castillejo, 2014).

Figura 3



Esquema de una bomba de alta presión de un sistema Common Rail.

## 1.4. Formulación del Problema

¿Cómo podemos determinar el GYconsumo específico de combustible en motores Common Rail de 3000cc, Chiclayo?

## **1.5. Justificación del Estudio.**

La indagación es conveniente porque accede saber con exactitud cuánto de combustible se consume en diversas velocidades es decir cuánto consume de combustible a 1000 , 2000 y 3000 rpm; tiene implicancia práctica, porque ayudará a resolver el problema de controlar como mejorar los consumos de combustible en este tipo de vehículos y los resultados pueden ser útiles y extrapolarse a otros ámbitos; tendrá un valor teórico, porque la información que se genere permitirá proponer alternativas más sostenibles; será muy importante debido a que contribuirá al ahorro de combustible; tendrá una utilidad metodológica porque se generará un protocolo para saber determinara a qué velocidad se consume mayores volúmenes de combustible; además servirá para los profesionales de la carrera que deseen replicar el trabajo en otras regiones del país.

### **1.5.1. Justificación técnica.**

El estudio de la fuerza de transfusión para determinar el gasto de combustible en motores Common Rail de 3000 cc va a permitir conocer las características de la presión de inyección (presurización, aire, combustible, pistón, cámara de combustión) relacionadas al consumo de combustible (motor potencia) para determinar precisamente el costo de ese consumo por distancia, por tiempo, diagnóstico y datos que serán mejor elaborados y almacenados con los sistemas tecnológicos actuales y que deberán beneficiar todo ello, en primer lugar, a los conductores de vehículos de este tipo y cilindraje, a los usuarios y luego a los empresarios transportistas que buscan economizar el consumo de combustible.

### **1.5.2 Justificación social.**

En cuanto a lo social, se procura cooperar al mejoramiento de las alturas de existencia de la comunidad o colectividad en general, en nuestro caso con un estudio de la fuerza de transfusión para determinar el gasto de petróleo en motores Common Rail de 3000 cc y que de existir un ahorro en el consumo de diésel en este caso, beneficiará tanto a choferes,

propietarios de vehículos, empresarios de Transporte, etc., como también beneficiará a los usuarios o público en general que utilizan los medios de transporte diariamente o con regularidad, ahorrando en las tarifas y pasajes, contribuyendo todo ello a un clima de bienestar y prosperidad en el sector Transporte y de servicios

### **1.5.3 Justificación económica.**

Este estudio, básicamente, busca conocer el real gasto económico del motor Common Rail de 3000 cc en relación al rendimiento de galón de diésel por kilómetro y que, en relación a otro tipo de motor convencional, sí representa una ventaja y ahorro de combustible y dinero como lo especifican expertos y estudios de rendimiento

### **1.5.4 Justificación ambiental**

El proyecto realizado: estudio de la presión de inyección para determinar el consumo específico de combustible en motores Common Rail de 3000 cc también busca, entre otros objetivos, eludir la polución y desolación del medio ámbito. Por ello, el referido estudio debe tomar en cuenta la performance del motor, y seguir los protocolos, parámetros y normas legales para conservar el lugar de actividad del vehículo para conservar la salud de las personas.

## **1.6. Hipótesis.**

Mediante el análisis de la variación de presión de inyección nos permitirá determinar el consumo específico de combustible en motores Common Rail de 3000cc, Chiclayo.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.1 General**

Realizar un análisis de la variación de presión de inyección para determinar el consumo específico de combustible en motores Common Rail de 3000cc, Chiclayo.”

## 1.7.2 Específicos

1. Determinar la influencia de la presión de inyección en el proceso de la combustión del motor en función a la relación aire combustible.
2. Realizar mediciones de la influencia de la variación de presión en el consumo de combustible en el motor utilizando los instrumentos y equipos adecuados con un protocolo de pruebas.
3. Establecer un modelo numérico que relacione la presión de inyección y el consumo de combustible bajo las condiciones de la operación del motor a diferentes situaciones de funcionamiento.

## II. METODO.

### 2.1. Diseño de Investigación.

**No experimental.-** Debido que en nuestra investigación no se pretende variar intencionalmente variables independientes por lo que se observarán los fenómenos tal y como se dan en su contexto. Esto se debe a las limitaciones explicadas sobre el costo de implantación y el tiempo prolongado de obtención de resultados.-

	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>
M <sub>1</sub>	O	P	ER

Dónde:

M<sub>1</sub>: Es la muestra que se está observando: ....

O : Es la observación a desarrollar en la muestra.

P : Es la propuesta de...

T<sub>1</sub> : Es el tiempo de medición de la Observación.

T<sub>2</sub> : Es el tiempo de proyección del escenario hipotético.

ER: Son los resultados estimados.

## **2.2. Variables, operacionalización.**

**2.2.1 Variable independiente: presión de inyección:** consiste en el nivel de presurización que la mezcla aire-combustible alcanza al ser confinada por el pistón en la cámara de combustión.

**2.2.2 Variable dependiente: consumo de combustible:** Es la cantidad de combustible que necesita un motor para suministrar una determinada unidad de potencia por unidad de tiempo.



### 2.2.3 Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS
VARIABLE INDEPENDIENTE: Presión de inyección en motores Common Rail de 3000cc	Es elevar la presión de un fluido, generalmente presente en los sistemas de Inyección de combustible hasta un nivel lo bastante elevado como para que al ser inyectado en el motor esté lo suficientemente pulverizado, condición imprescindible para su inflamación espontánea.	En el motor formar una mezcla correcta de aire y combustible que permita al mismo funcionar correctamente	Inyección	Efecto de la presión de inyección	Guía de observación	Estadística descriptiva
				Efecto de la temperatura del aire	Guía de observación	Estadística descriptiva
				Efecto del combustible	Guía de observación	Estadística descriptiva
VARIABLE DEPENDIENTE Consumo de combustible	Cuando las emisiones de dióxido de carbono se generan por la quema de combustibles que contienen carbono	El aumento de velocidad aumenta el consumo de combustible en el motor	Consumo específico del combustible	Relación de transmisión	Guía de observación	Estadística descriptiva
				Tiempo de inyección Temperatura del motor	Guía de observación	Estadística descriptiva

## 2.3. Población y muestra.

### 2.3.1. Objeto de análisis (OA)

Motores Common Rail de 3000cc.

### 2.3.2. Población (N).-.

Vehículos con motores Common Rail de 3000cc. De la ciudad de Chiclayo.

### 2.3.3. Muestra (n)

Cinco vehículos con motor Common Rail de 3000cc

## 2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad.

La tecnología a usar en el presente trabajo es la **encuesta**, con su respectivo instrumento: **cuestionario de encuesta**.

TÉCNICA	INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN
Encuesta	Cuestionario de encuesta	Encuesta: Para medir niveles de conocimientos de técnicos y escalas de sucesos en este caso de un motor.  Cuestionario: Se elaborarán <b>20 preguntas con alternativas</b> para marcar tanto para los técnicos (10 preguntas) <b>como</b> para los aspectos a destacar en el motor

Fuente: elaboración propia

**Validez y confiabilidad:** Para obtener la validación y confiabilidad del instrumento que se aplicará, se consultó a 02 especialistas en el tema, en cuanto a contenido y elaboración de los instrumentos mencionados.

## **2.5. Métodos de Análisis de datos.-**

Para la indagación a realizar, se utilizará un análisis inferencial, como es en el estudio de la presión de transición, para llegar a decidir el consumo de combustible en motores common rail ; mientras que en el caso de los instrumentos de validación de datos, se llevarán a cabo mediante un proceso en el modelo estadístico del sistema de Excel, lo cual facilitará el análisis de consumo de combustible y contribuirán a evaluar finalmente la factibilidad técnico económica del proceso a investigar.

## **2.6. Aspectos éticos.-**

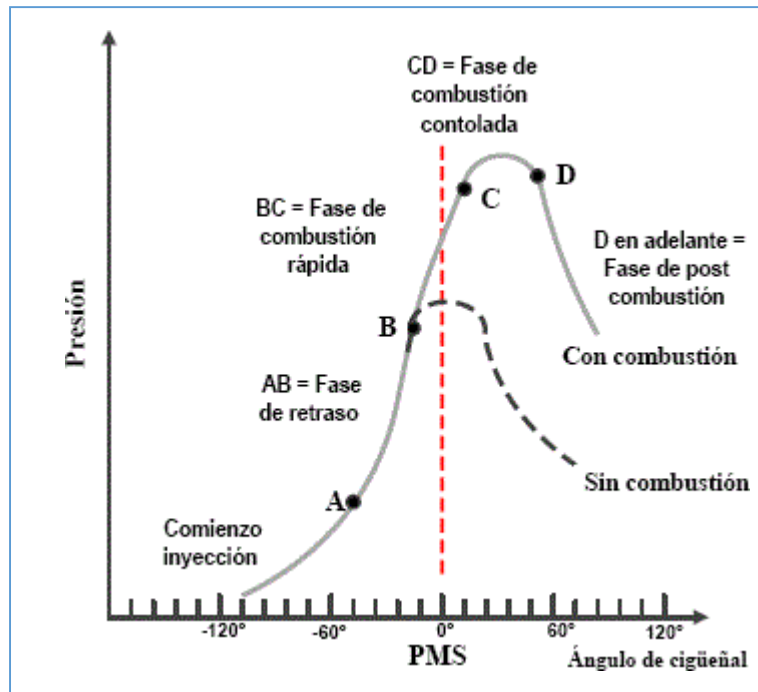
El presente trabajo asegura los derechos y protección de las personas que intervengan en esta investigación (estudiantes, técnicos, especialistas) en cuanto a la reserva de sus declaraciones, respuestas y opiniones sobre un análisis de la variación de presión para determinar el consumo de combustible en motores Common Rail de 3000cc. Asimismo estarán debidamente informados de la investigación y de la participación de ellos en este estudio.

### III. Resultados.

#### 3.1. Determinar la influencia de la presión de inyección en el proceso de la combustión del motor en función a la relación aire combustible.

En la figura 3, se muestra la relación que existe entre la presión de compresión en función al giro del cigüeñal; es decir antes de que el pistón llegue al pms se produce el comienzo de la inyección, aproximadamente 120°; la fase de la combustión controlada se da cuando el pistón se encuentra en su carrera descendente.

Figura 4



Fases de la combustión en función a la presión

#### Proceso de combustión por compresión

Para que se produzca la reacción de una manera efectiva, el combustible (diésel o gasóleo) debe pasar del estado líquido a gaseoso, lo que le permite mezclarse con el oxígeno. Debido a que el proceso no es 100% eficaz, parte de los reactivos no se transforman completamente en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, formando otras sustancias contaminantes que se emiten al exterior en forma de emisiones.

Como consecuencia de esta limitación, parte de la energía química de los reactivos no se transforma en calor.

Los procesos reales en un motor diésel difieren de los que forman el ciclo termodinámico ideal, durante las colisiones que sufren las moléculas de combustible (o los átomos desprendidos de éstas) con las moléculas de oxígeno del aire tiene lugar la oxidación primaria y la formación de centros activos. El tiempo requerido para la combustión es muy breve (decenas de milisegundos), y está comprendido entre  $40^\circ$  a  $50^\circ$  de giro del cigüeñal (en torno a  $20^\circ$  apms y  $20^\circ$  -  $30^\circ$  dpms).

Para el caso de los motores diésel de prueba se tiene los siguientes resultados en cuanto a la relación entre la presión de inyección del combustible con el exceso de aire en la combustión; el exceso de aire en la combustión lo determina la señal del sensor de oxígeno ubicado en la salida de los gases de escape del motor.

Las pruebas se realizaron a cada motor de los vehículos seleccionados en la muestra, las que nos permitirá conocer la influencia de la presión de inyección en cuanto al exceso de aire en el motor, para lo cual se estableció a tres regímenes de velocidad: 1200, 1800 y 2200 rpm, que son las velocidades de mayor uso en los vehículos.

Tabla 1

Año de P.V P+Fabricación	rpm	Presión de Inyección (MPa)	Mediciones con Scanner		
			Sensor de Oxígeno		Consumo de combustible cm3/revolución
			Tensión (mV)	Exceso de aire (Factor Lambda)	
Motor CR 1	1200	102.34	679	0.86	0.0870
	1800	103.1	567	0.94	0.0810
	2200	104.98	334	1.03	0.0629
Motor CR 2	1200	93.45	873	0.87	0.0820
	1800	95.54	732	0.91	0.++0730
	2200	101.45	239	0.98	0.0614
Motor CR 3	1200	83.43	676	0.88	0.0810
	1800	89.34	545	0.89	0.0740
	2200	99.28	411	1.11	0.0623
Motor CR 4	1200	83.45	787	0.91	0.0780
	1800	89.23	565	0.99	0.0710
	2200	97.23	323	1.08	0.0627
Motor CR 5	1200	87.34	656	0.78	0.0740
	1800	92.33	689	0.87	0.0650
	2200	95.23	234	0.93	0.0618

Fuente: Guía de Observación

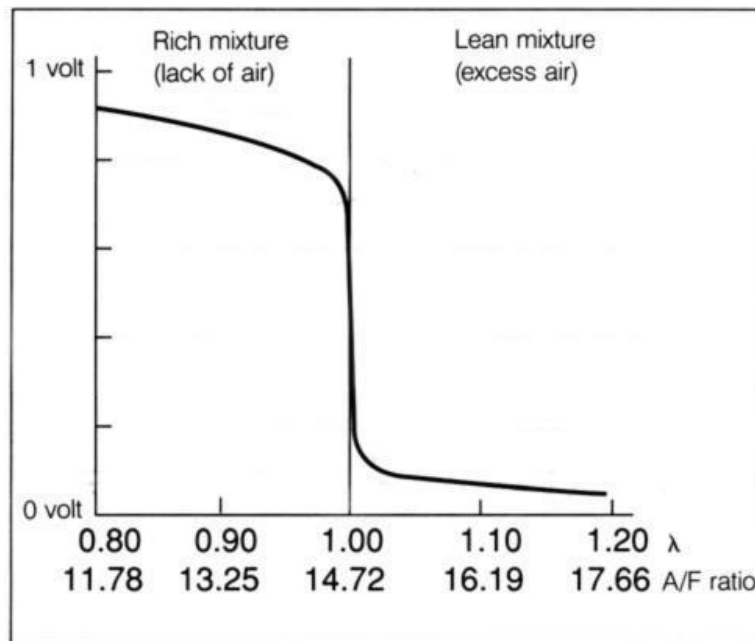
Resultados de Mediciones

**Relación Presión de Inyección (MPa) – Señal de Sensor de oxígeno.**

La señal del sensor de oxígeno mide el exceso de aire que se utilizó en la combustión, es decir el sensor tiene una amplitud entre 0.1 y 0.9 Voltios, es decir a un valor de 0.5 Voltios, la mezcla aire combustible es la estequiometria; en cambio para señales superiores a 0.5 Voltios indican mezcla rica con exceso de aire, y para valores inferiores a 0.5 Voltios, la mezcla de aire combustible en la combustión es pobre.

En la figura 5, se muestra la señal del sensor de oxígeno, donde la relación estequiometrica es de 14.72 Kg de aire por cada Kg de combustible.

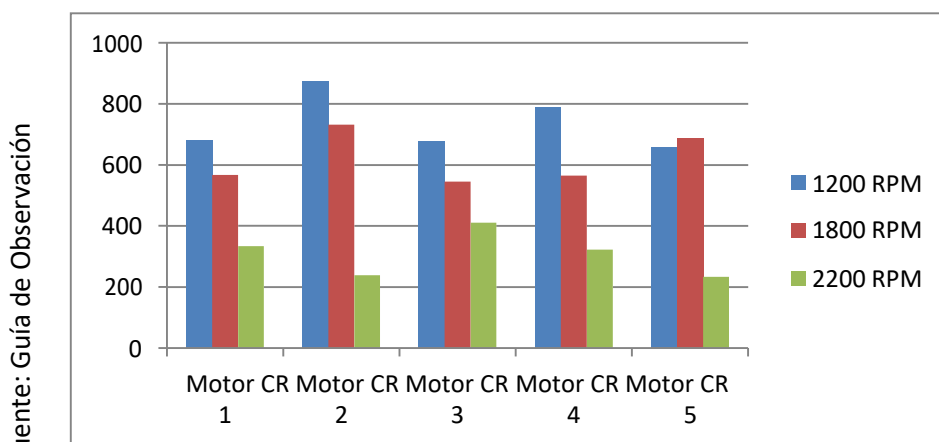
Figura 5



### Señal Sensor de oxígeno

El resultado de las pruebas realizadas, se observa que para velocidades 1200 y 1800 rpm, los valores de la tensión del sensor de oxígeno es mayor a 500 mV, para ese valor le corresponde una mezcla rica, y para la velocidad de 2200 rpm, el valor de la tensión del sensor de oxígenos es menor a 500 mV, valor que corresponde a una mezcla pobre; el valor de 500 mV, indicar que la mezcla es estequiométrica al momento de la combustión

Figura 5



Fuente: Guía de Observación

### Resultado de pruebas del sensor de oxígeno

**Interpretación:**

De la figura 6, se observa que para los cinco motores diésel con sistema de alimentación Common Rail, el sensor de oxígeno, mediante la señal de voltaje, mide si la mezcla ha sido rica o pobre; en los cinco casos, para las velocidades de 1200 y 1800 rpm, la mezcla ha sido rica; y esto se verifica debido a que cuando el motor gira a baja velocidad, requiere mayor fuerza para vencer la inercia del propio mecanismo, por lo tanto la unidad de control electrónico, determinará un mayor tiempo de inyección de combustible.

Así mismo, cuando se tiene una velocidad de funcionamiento de 2200 rpm, se observa que en todos los casos la mezcla es pobre, debido a que la señal del sensor es menor a 500 mV.

**Medición del Factor Lambda.**

El factor lambda mide la cantidad de exceso de aire en la combustión, es decir si el factor lambda es 1, la mezcla es estequiometría, no es ni rica ni pobre, pero con otro valor de lambda, se determina la cantidad de exceso de aire.

Para una  $\lambda = 1$ , significa que 14.72Kg de aire se emplearon en 1 Kg de combustible, para un valor de lambda de 0.86, significa que  $0.86 \cdot 14.72 = 12.65$  Kg de aire por 1 Kg de combustible.

En la tabla 2, se muestra el cálculo de la cantidad de aire que se emplea por cada kg de combustible, para los cinco motores a tres diferentes regímenes de velocidad.



Tabla 2

Fuente: Guía de Observación

Motor	rpm	Presión de Inyección (MPa)	Exceso de aire (Factor Lambda)	Kg de aire por cada Kg de combustible
Motor CR 1	1200	102.34	0.86	12.6592
	1800	103.1	0.94	13.8368
	2200	104.98	1.03	15.1616
Motor CR 2	1200	93.45	0.87	12.8064
	1800	95.54	0.91	13.3952
	2200	101.45	0.98	14.4256
Motor CR 3	1200	83.43	0.88	12.9536
	1800	89.34	0.89	13.1008
	2200	99.28	1.11	16.3392
Motor CR 4	1200	83.45	0.91	13.3952
	1800	89.23	0.99	14.5728
	2200	97.23	1.08	15.8976
Motor CR 5	1200	87.34	0.78	11.4816
	1800	92.33	0.87	12.8064
	2200	95.23	0.93	13.6896

**Mediciones realizadas**

La influencia de la presión de inyección en función a la relación aire combustible, se observa que a medida que el motor presenta mayor presión de inyección a mayor velocidad, la relación aire combustible es mayor, con tendencia a ser estequiometrica, y para velocidades menores a 2200 rpm, la presión de inyección es menor a menor relación aire combustible.

Se muestra la tendencia de la presión de inyección (MPa), en función al factor lambda en los cinco motores de prueba.

Ficha Técnica de Motor.

Cilindrada: 3 Litros

Nº Cilindros: 4 cilindros

Nº Válvulas: 16 válvulas, DOHC, SEFI, VVT-i Dual y ETCS-i

Potencia/rpm: 166 HP @ 5,200 rpm,

Torque / rpm 180 lb-pie @ 4,000 rpm

La masa necesaria de combustible que requiere para la combustión en un cilindro del motor por cada recorrido de trabajo se calcula usando la siguiente ecuación

$$m_e = \frac{P \cdot b_e \cdot 33,33}{n \cdot z} \left( \frac{mm}{carrera} \right)$$

Donde

P=potencia del motor (kW)

$b_e$ = consumo específico de combustible del motor (g/kWh)

n= velocidad de giro del motor (rpm)

z= número de cilindro del motor

La masa de combustible inyectado depende de los siguientes parámetros:

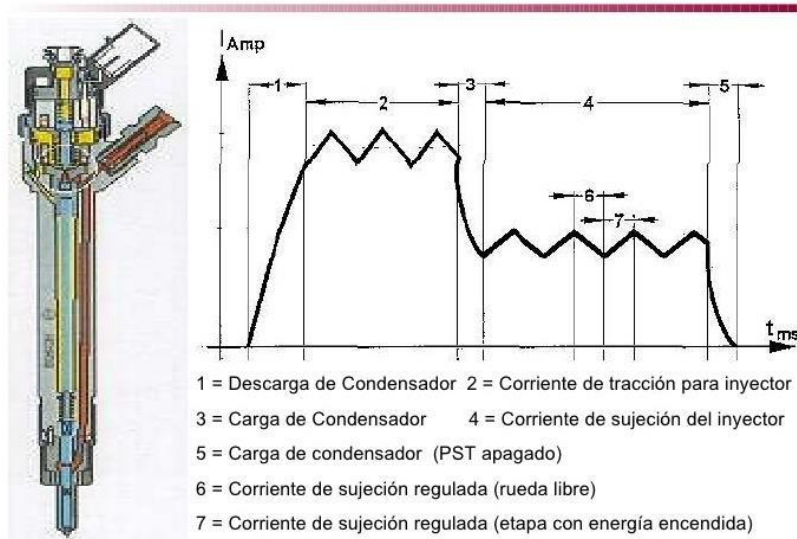
- ✓ Dosificación de combustible a través de la sección de la tobera del inyector
- ✓ Tiempo de la inyección
- ✓ La modificación temporal de la diferencia entre la presión de inyección y la presión en la cámara de combustión
- ✓ La densidad del combustible

$Q_H$  La cantidad de combustible inyectado es medido en mm<sup>3</sup>/ embolada

$$Q_H = \frac{P \cdot b_e \cdot 1000}{30 \cdot n \cdot z \cdot \rho} \left( \frac{mg}{carrera} \right)$$

La energía del motor, asumiendo que el eficiencia es constante ( $\eta \sim 1/b_e$ ) es directamente proporcional a la cantidad de combustible inyectado

Figura 6

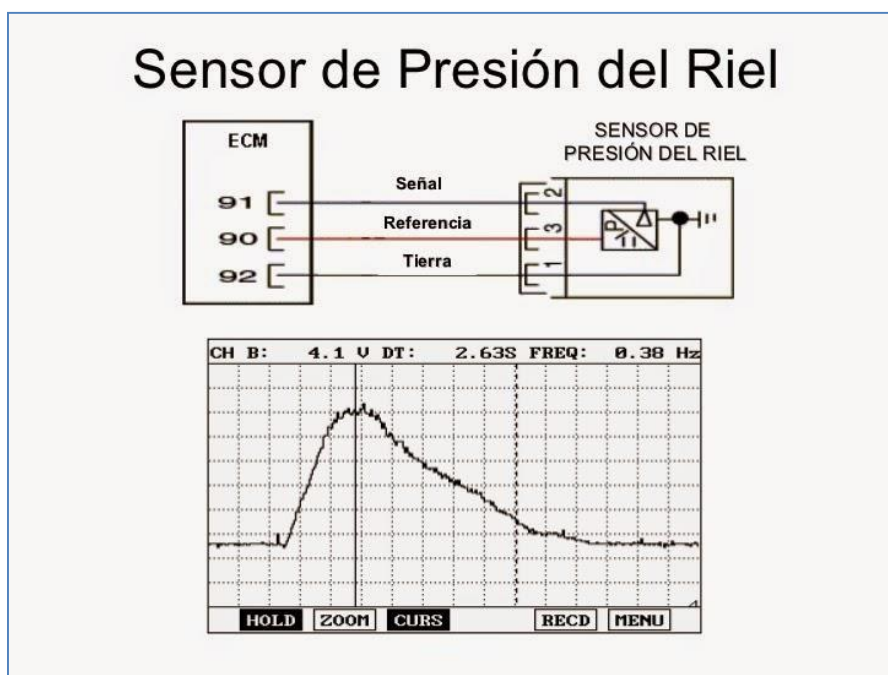


Vista esquemática de la tobera de un inyector de múltiple orificios

Los motores con sistema Diésel Common Rail, tienen en el riel común y en la bomba de alta presión, un sensor de presión y un actuador. El sensor de presión de combustible detecta la presión que llega al riel y la remite a la unidad de control para su procesamiento.

Si la presión del combustible en el riel es menor a la especificada, el motor no funcionará debido a que la unidad de control electrónica cortará el suministro hacia los inyectores.

Figura 7



### Conexión Eléctrica Sensor de Presión del riel.

La señal que emite el sensor de presión de riel es fundamental, una señal muy por debajo de la señal mínima de presión de combustible, determina que el motor no funcione.

Comprobación con el multímetro.-

A través de esta herramienta comprobaremos su tensión de masa, 12,5 voltios (-), su voltaje referencial que emite la unidad de control y su señal de voltaje modificado de acuerdo a la presión.

Es importante el terminal negativo del multímetro conectar hacia la batería al borne negativo (-) para evitar caída de tensión y observar los valores correctos, luego comprobar su tensión de alimentación 5 voltios, su tolerancia máxima debe ser, 5.03 y mínima 4,97.

Luego de comprobar las dos tensiones comprobar la señal de retorno que le provee a la unidad de control.

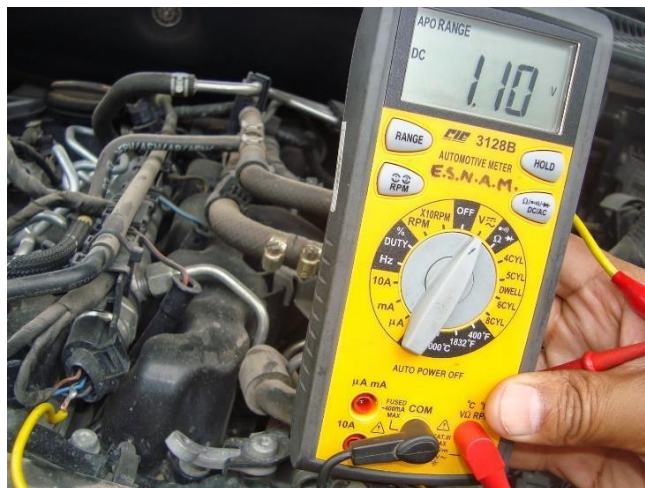
Cuando el régimen del motor asciende también el voltaje se incrementa, si aplicamos su máxima carga o régimen al motor el voltaje asciende hasta 4,7 voltios.

Figura 8



**Comprobación del voltaje referencial del sensor de presión de riel común**

Figura 9



**Valor práctico durante la marcha del motor en ralentí**

Se determinó que existe influencia entre la presión de inyección en el proceso de la combustión del motor en función la relación aire combustible, es decir que para todos los motores de prueba, la relación aire combustible se incrementa a medida que la presión se incrementa; el incremento de relación aire combustible es una reducción de la cantidad de combustible, los valores de presiones oscilan entre 83 y 104 mpa, y la relación aire combustible entre 11.48 y 16.39 Kg de aire por Kg de combustible.

**3.2. Realizar mediciones de la influencia de la variación de presión en el consumo de combustible y en el tiempo de inyección en el motor utilizando los instrumentos y equipos adecuados con un protocolo de pruebas.**

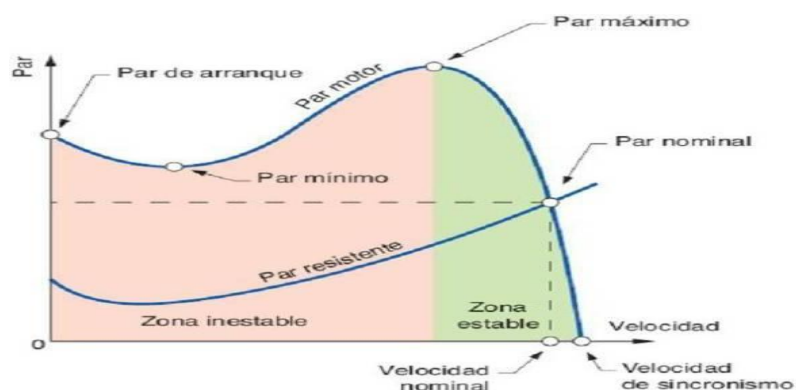
**3.2.1. Mediciones Realizadas.**

Las mediciones se realizaron utilizando los registros del scanner automotriz, el odómetro y el medidor de nivel de combustible.

El scanner automotriz registra los valores del caudal promedio de inyección, el caudal promedio de retorno de la inyección, la presión en el riel del sistema de alimentación de combustible y el tiempo de inyección; con el odómetro se registra los Km recorridos y con el medidor de combustible se registra la cantidad en galones que consume la unidad vehicular de prueba.

Se hizo las pruebas en 5 unidades de cilindrada 3000 cc, con sistema de inyección common rail, y se estableció el mismo recorrido dentro de la ciudad, durante un día normal de funcionamiento, con las mismas condiciones de maniobrabilidad y con las unidades cuentan con el mantenimiento respectivo. Las mediciones de los caudales de inyección y de retorno, se hicieron para tres diferentes regímenes de velocidad: 1200, 1800 y 2200 rpm.

Figura 10



**Curva característica entre par motor y velocidad de giro**

Tabla 3

Motor	rpm	Presión de Inyección (MPa)	Consumo de combustible mm <sup>3</sup> /revolución	Tiempo de Inyección (Milisegundos)
Motor CR 1	1200	102.34	87.0000	1821
	1800	103.1	81.0000	1804
	2200	104.98	62.9000	1765
Motor CR 2	1200	93.45	82.0000	1810
	1800	95.54	73.0000	1767
	2200	101.45	61.4000	1734
Motor CR 3	1200	83.43	81.0000	1800
	1800	89.34	74.0000	1745
	2200	99.28	62.3000	1712
Motor CR 4	1200	83.45	78.0000	1791
	1800	89.23	71.0000	1734
	2200	97.23	74.0000	1703
Motor CR 5	1200	87.34	62.7000	1789
	1800	92.33	65.0000	1723
	2200	95.23	61.8000	1689

Fuente: Mediciones Realizadas

**Mediciones de parámetros para determinar el consumo de combustible en función a la presión de inyección.**

Las pruebas de los motores se realizaron a tres diferentes regímenes de velocidad del motor, el cual es registrado por el scanner automotriz, a través del sensor de revoluciones del motor ubicado en el cigüeñal, denominado CKP – sensor de posición del eje cigüeñal. La presión de inyección lo registra en el scanner a través del sensor de presión ubicado en el riel común del sistema de alimentación de combustible; el tiempo de inyección es el tiempo en el cual la electroválvula del inyector permanece activada por la señal eléctrica de la unidad de control electrónico del motor, y es proporcional a la cantidad de combustible que inyecta hacia el cilindro; es decir a mayor tiempo de inyección, el volumen de ingreso de combustible será mayor.

### 3.2.2. Análisis de las mediciones realizadas

#### Relación Presión de Inyección – Volumen de Inyección

La presión de inyección es un parámetro que tiene relación directa con el volumen inyectado, según la ecuación de la conservación de la energía, la energía que posee un líquido es.

$$\frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} + Z1 = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + Z2$$

Donde, P es la presión, V es la velocidad del fluido, Z la posición.

Es decir que a medida que la presión se incremente a una misma altura, existirá una relación de la variación de presión con la variación de la velocidad.

La velocidad del combustible al atravesar la tobera del inyector, se determina en función a:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

En el cual Q, es el caudal de inyección. El tiempo de inyección es el volumen inyectado entre el caudal, expresado en milisegundos.

En la figura 14, se muestra en forma gráfica, la relación de la presión de inyección con el volumen inyectado para los tres regímenes de velocidad del motor.

La relación entre el tiempo de inyección de combustible, el caudal de inyección y el volumen inyectado se determina con la expresión:

$$t = \frac{V}{Q}$$



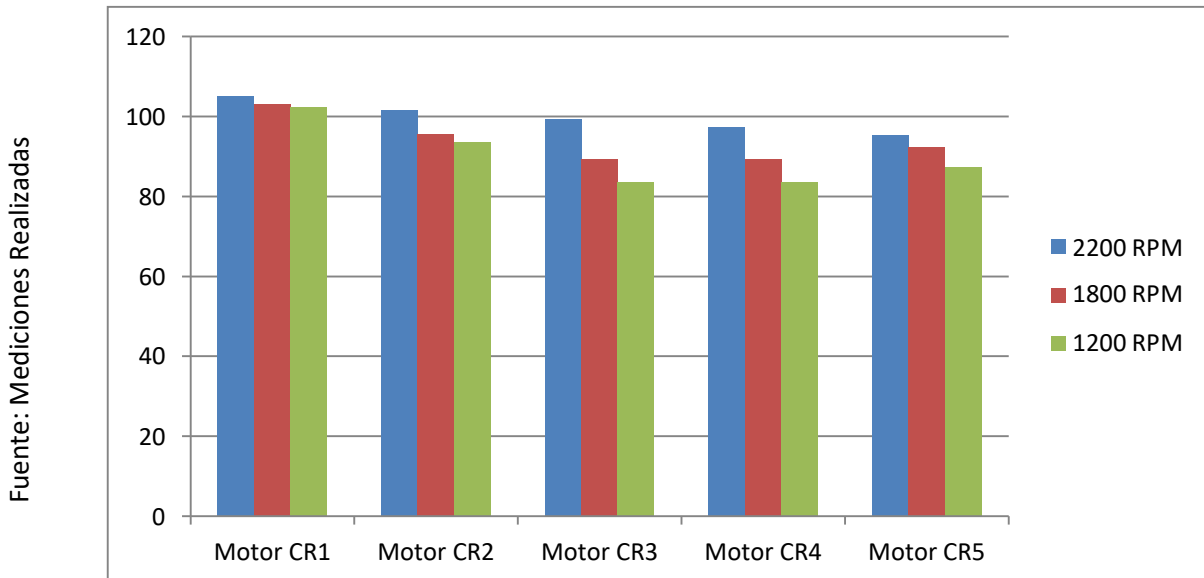
Dónde:

T: Tiempo de inyección.

V. Volumen Inyectado.

Q: Caudal de inyección.

Figura 11



### Presión de inyección a diferentes rpm en cinco motores de pruebas

En la figura 14 se aprecia los valores de las presiones de inyección en los cinco motores de pruebas a diferentes rpm, en ella se puede apreciar como la presión de inyección es menor a bajas rpm y es mayor a altas rpm, notando una zona entre 83 y 102 MPa de presión. Los motores de pruebas son de 4 cilindros y la variación de presión de inyección entre cilindros del motor no excede al 5% de la presión de inyección promedio, de ser mayor al 5% el cilindro no funciona debido al corte de suministro de combustible.

Un valor superior al 5% de disminución en un cilindro del motor, crea inestabilidad en el funcionamiento, y al trabajar 3 de 4 cilindros, el motor disminuye su potencia en la misma proporción a la disminución del cilindro sin funcionar.

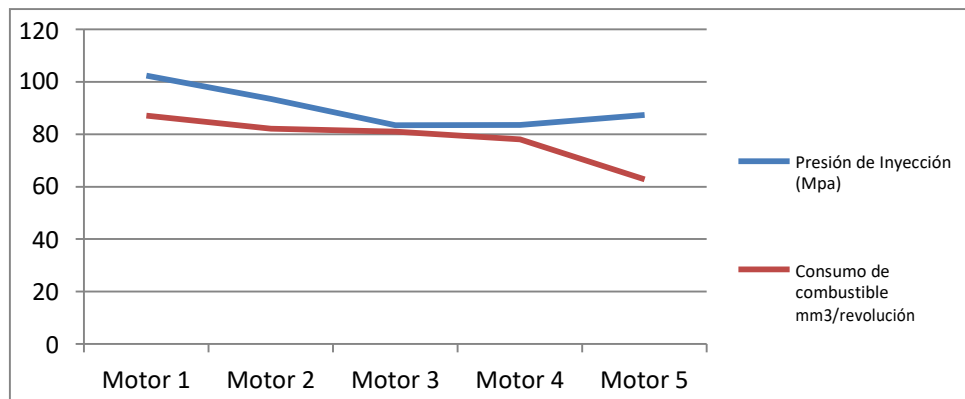
En la figura 12 a la 16, se muestra la influencia de la presión de inyección al volumen de inyección en cada uno de los motores de prueba, así como también las rpm de giro del motor.

Tabla 4

	Presión de Inyección (MPa)	Consumo de combustible mm3/revolución	Tiempo de Inyección (Milisegundos)
Motor 1	102.34	87	1821
Motor 2	93.45	82	1810
Motor 3	83.43	81	1800
Motor 4	83.45	78	1791
Motor 5	87.34	62.7	1789

Presión de Inyección (MPa) – Consumo de combustible y tiempo de Inyección a 1200 rpm

Figura 12



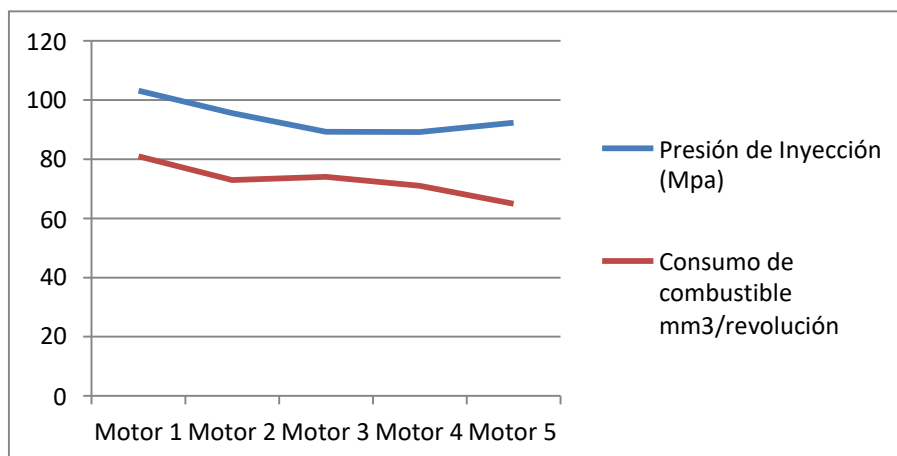
Variación de la presión de inyección y el caudal de inyección a 1200 rpm

Tabla 5

	Presión de Inyección (MPa)	Consumo de combustible mm3/revolución	Tiempo de Inyección (Milisegundos)
Motor 1	103.1	81	1804
Motor 2	95.54	73	1767
Motor 3	89.34	74	1745
Motor 4	89.23	71	1734
Motor 5	92.33	65	1723

Presión de Inyección (MPa) – Consumo de combustible y tiempo de Inyección a 1800 rpm

Figura 13



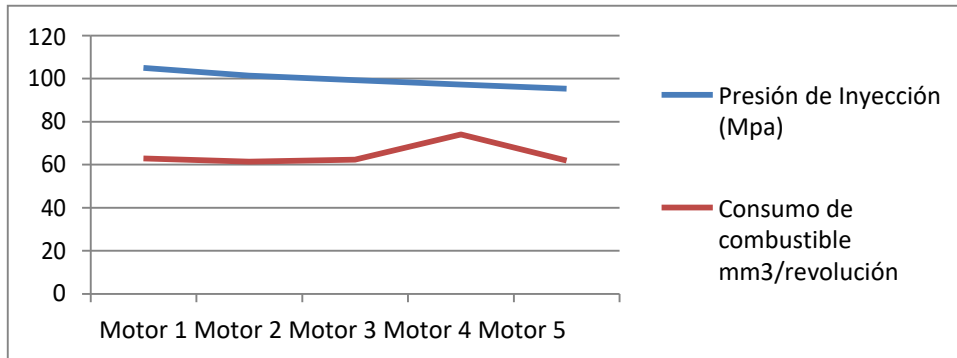
Presión de Inyección (MPa) – Consumo de combustible a 1800 rpm

Tabla 6

	Presión de Inyección (MPa)	Consumo de combustible mm3/revolución	Tiempo de Inyección (Milisegundos)
Motor 1	104.98	62.9	1765
Motor 2	101.45	61.4	1734
Motor 3	99.28	62.3	1712
Motor 4	97.23	74	1703
Motor 5	95.23	61.8	1689

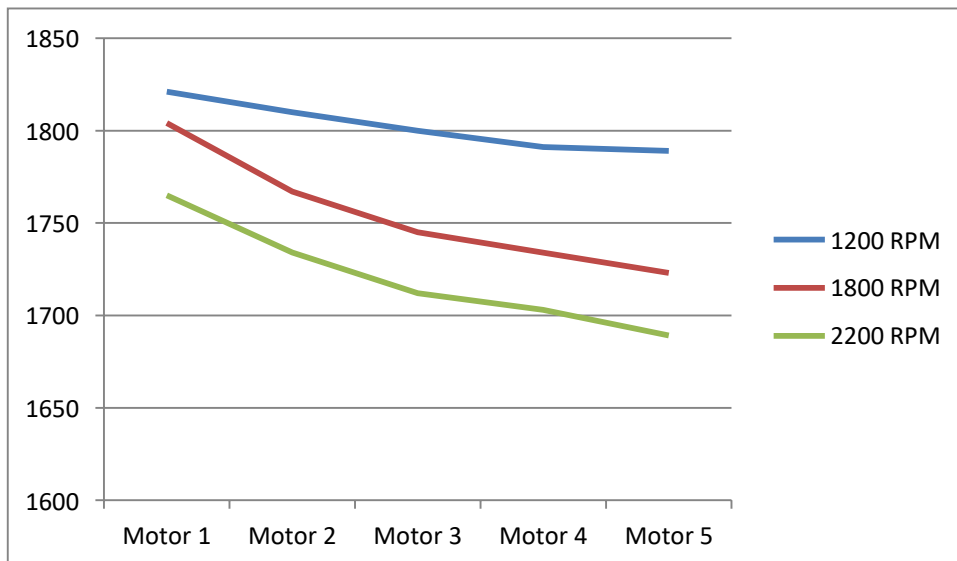
Presión de Inyección (MPa) – Consumo de combustible y tiempo de Inyección a 2200 rpm

Figura 14



Presión de Inyección (MPa) – Consumo de combustible a 2200 rpm

Figura 15



Tiempo de inyección a diferentes rpm en cinco motores de pruebas

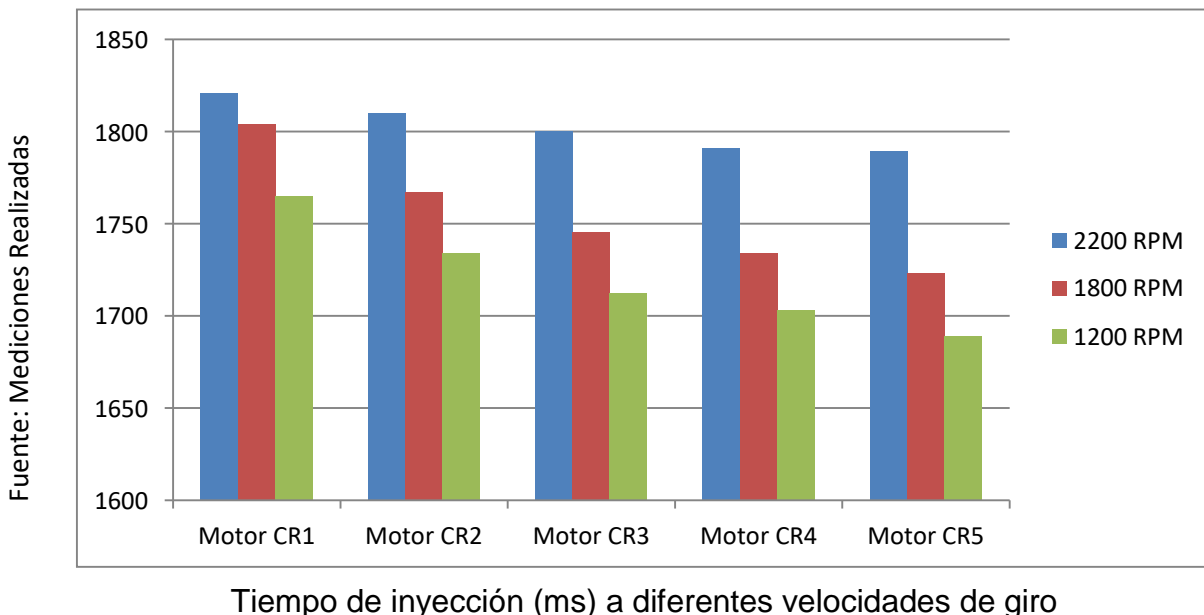
### Interpretación.

En las pruebas realizadas entre la presión de inyección y el volumen inyectado, se observa que a medida que se disminuye las rpm del motor, se incrementa el consumo de combustible, así como también la presión de inyección. En los cinco motores de prueba aparece esa tendencia, funcionando los motores a las mismas condiciones de funcionamiento, siendo la variación de manera gradual, con presiones que oscilan en 100 MPa, para velocidad de giro de 2200 rpm, mientras que para bajas velocidades la presión tiene un valor entre 80 y 90 MPa. Esta variación de la presión de inyección es medida por el sensor de presión de riel, y lo envía a la unidad de control electrónico en términos de señal eléctrica, con el fenómeno de Efecto Hall.

### Relación Presión de Inyección – Tiempo de Inyección.

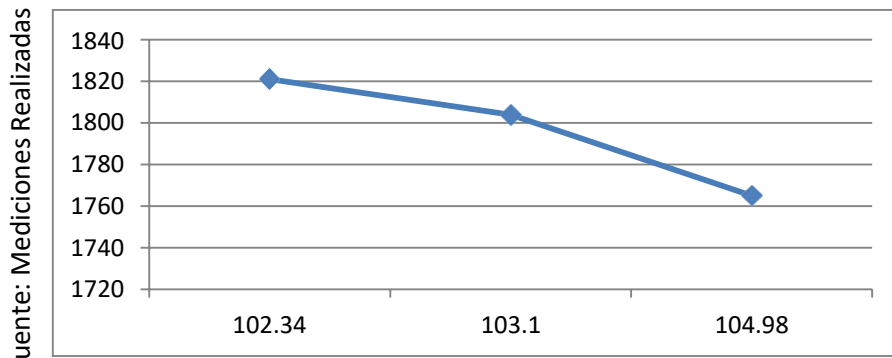
Se evidencia que a medida que la presión se incrementa, el volumen de inyección disminuye, es decir mientras que el combustible ingresa a mayor presión proveniente desde el riel de sistema, el volumen disminuye.

Figura 16



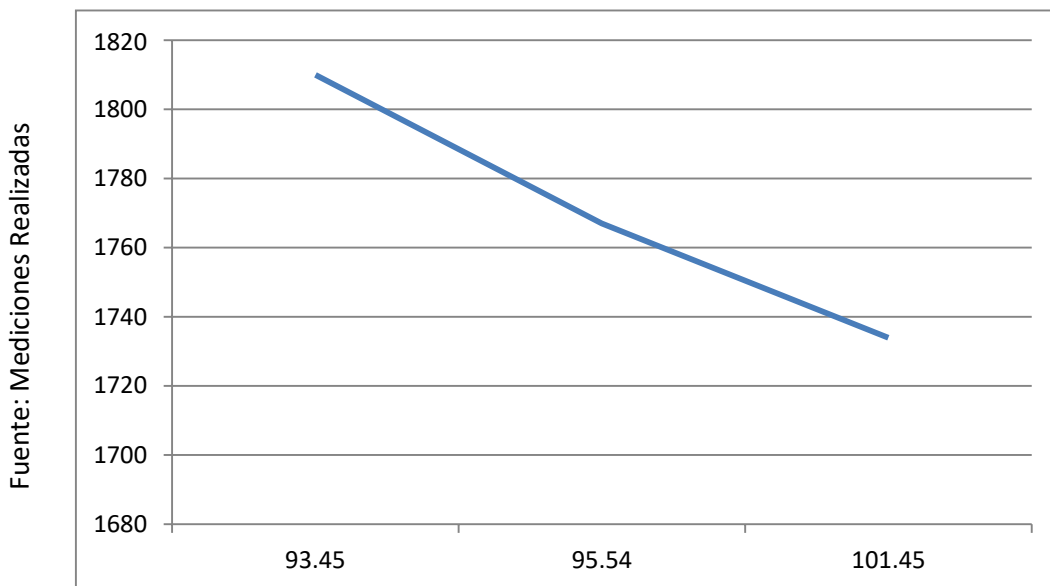
En la figura 17, 18, 19, 20 y 21 se muestra la tendencia de la disminución del tiempo de inyección al incrementar la presión de inyección, y en todas ellas se muestra la misma tendencia, pero en diferentes rangos de la presión de inyección.

Figura 17



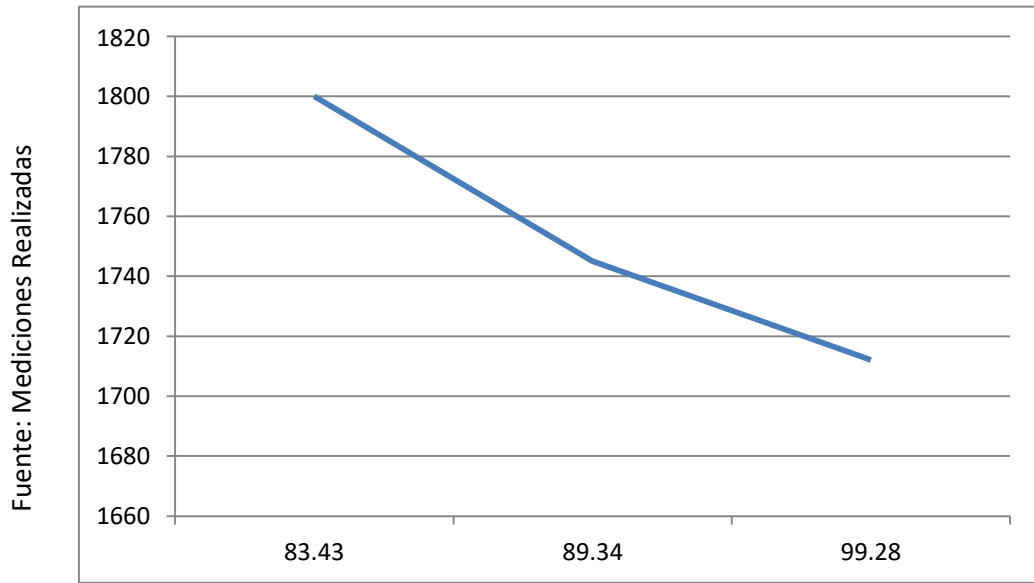
Tiempo de Inyección (Milisegundos) - Presión de Inyección (MPa) a 3 diferentes velocidades, Motor Common Rail 1

Figura 18



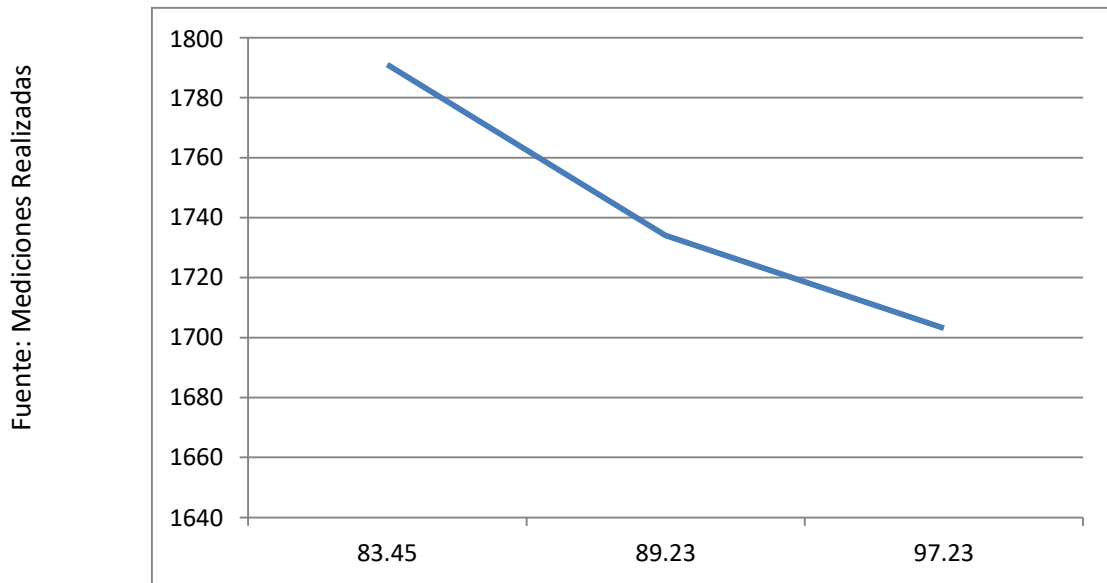
Tiempo de Inyección (Milisegundos) - Presión de Inyección (MPa) a 3 diferentes velocidades, Motor Common Rail 2

Figura 19



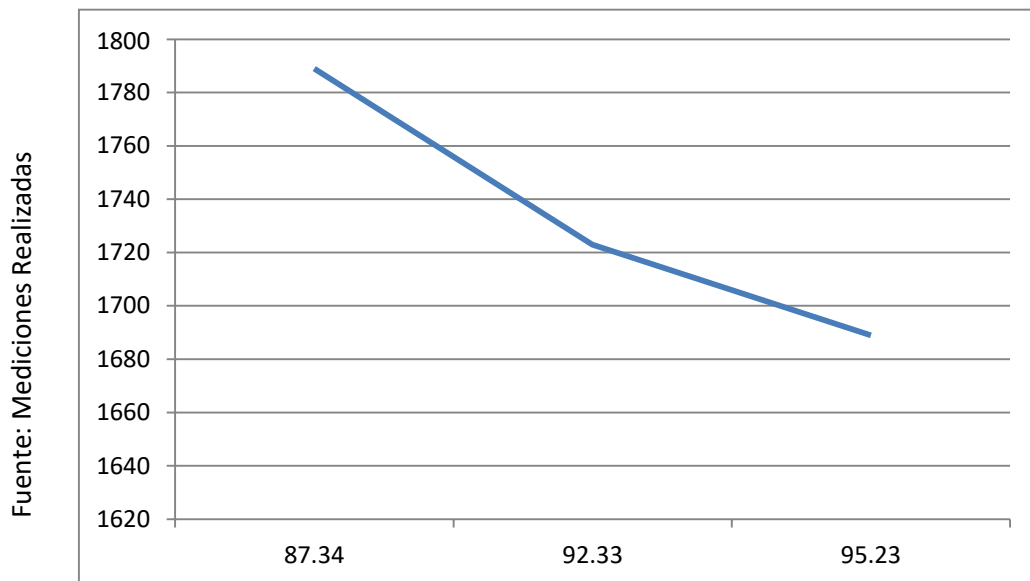
Tiempo de Inyección (Milisegundos) - Presión de Inyección (MPa) a 3 diferentes velocidades, Motor Common Rail 3

Figura 20



Tiempo de Inyección (Milisegundos) - Presión de Inyección (MPa) a 3 diferentes velocidades, Motor Common Rail 4

Figura 21



Tiempo de Inyección (Milisegundos) - Presión de Inyección (MPa) a 3 diferentes velocidades, Motor Common Rail 5

Se realizó las mediciones y se evidenció la influencia de la variación de presión en el consumo de combustible del motor, en las pruebas realizadas entre la presión de inyección y el volumen inyectado, a medida que se disminuye las rpm del motor, se incrementa el consumo de combustible, así como también la presión de inyección. En los cinco motores de prueba aparece esa tendencia, funcionando los motores a las mismas condiciones de funcionamiento, siendo la variación de manera gradual, con presiones que oscilan en 100 MPa, para velocidad de giro de 2200 rpm, mientras que para bajas velocidades la presión tiene un valor entre 80 y 90 MPa.



**3.3. Establecer un modelo numérico que relacione la presión de inyección y el consumo de combustible bajo las condiciones de la operación del motor a diferentes situaciones de funcionamiento.**

Se realizaron las mediciones en los cinco motores de prueba a diferentes condiciones de funcionamiento, es decir determinando a medida que la presión de inyección se incrementa, se determina como se incrementa el caudal de inyección por carrera, así como también el tiempo de inyección en milisegundos.

La variación de la presión del combustible en el inyector, se incrementa cuando la unidad de control envía una señal de mayor voltaje al inyector; ésta señal que oscila en los 80 voltios, lo envía durante el tiempo de inyección. Para la prueba, se insertó una resistencia variable en serie en el circuito de alimentación del inyector de combustible, a fin de que una variación del valor óhmico de la resistencia, permita una variación de la tensión del inyector, y por lo tanto la unidad de control electrónica, determine los parámetros de funcionamiento del motor.

El resultado de las mediciones se muestra en la tabla 7

Tabla 7

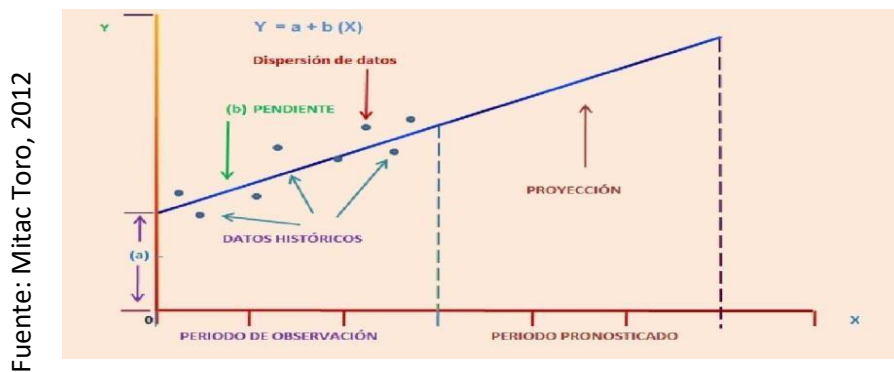
Moor de Prueba	Km recorridos de Vehículo	Rpm	Presión en el Riel Común(MPa)	Caudal promedio de inyección (mm3/carrera)	Tiempo de Inyección (Milisegundos)
Motor CR 1	35050	2200	103.5	106.3	1823
			104	105.4	1821
			104.5	103.9	1817
			105	103.1	1813
			105.5	102.5	1809
Motor CR 2	49550	2200	98.4	104.3	1824
			99.3	104.9	1819
			101.45	105.25	1812
			103.4	105.9	1809
			105.4	106.3	1805
Motor CR 3	62345	2200	97.3	108.1	1804
			99.3	107.9	1803
			99.28	107.23	1801
			99.9	106.9	1796
			100.3	106.5	1793
Motor CR 4	71234	2200	95.4	113.2	1802
			95.9	112.4	1799
			97.23	110.32	1797
			97.45	109.4	1791
			98.1	108.5	1787
Motor CR 5	79434	2200	93.2	115.3	1789
			94.5	114.2	1784
			95.23	111.21	1782
			96.5	109.5	1774
			96.9	108.4	1771

Mediciones de pruebas realizadas a cinco motores de 3000 cc de cilindrada

## Modelamiento Numérico entre Caudal Promedio de Inyección – Presión de combustible.

Mediante el modelo numérico de regresión lineal, se establece la relación entre el caudal promedio de inyección (mm<sup>3</sup>/carrera) y la presión de combustible, es decir determina como influye la presión del combustible en el consumo de combustible en el motor; se elige un modelo de regresión lineal debido a que la relación entre los valores consecutivos son casi constantes. El modelo numérico es la ecuación de la recta, y está dada por:  $Y = a + b X$

Figura 22



### Modelo de dispersión de punto en una recta

Utilizando el método de regresión lineal en el cual todos los datos de dispersión se ajustan al modelo de una ecuación lineal, se modela numéricamente con las siguientes variables:

#### Relación: Caudal de inyección – Presión de Inyección

Y: Caudal promedio de inyección (mm<sup>3</sup>/carrera)

X: Presión en el Riel Común (mpa)

Ecuación de ajuste:  $Y = a + b X$

Utilizando la herramienta SOLVER de Microsoft Excel, se realiza el modelado numérico entre X y Y, con los valores medidos para ambas variables, obteniendo la relación Caudal de Inyección- Presión de combustible, tal como se detalla en la tabla 8.



Tabla 9

Fuente: Comando SOLVER Microsoft Excel

Motor de Prueba	Km recorridos de Vehículo	Rpm	Presión en el Riel Común(MPa)	Caudal promedio de inyección (mm3/carrera)	Tiempo de Inyección (Milisegundos)	Relación Caudal de Inyección (Y) - Presión de Combustible (X)
Motor CR 1	35050	2200	103.5	106.3	1823	$Y = 311.15 - 1.98 X$
			104	105.4	1821	
			104.5	103.9	1817	
			105	103.1	1813	
			105.5	102.5	1809	
Motor CR 2	49550	2200	98.4	104.3	1824	$Y = 77.78 + 0.27 X$
			99.3	104.9	1819	
			101.45	105.25	1812	
			103.4	105.9	1809	
			105.4	106.3	1805	
Motor CR 3	62345	2200	97.3	108.1	1804	$Y = 55.67 + 0.5206 X$
			99.3	107.9	1803	
			99.28	107.23	1801	
			99.9	106.9	1796	
			100.3	106.5	1793	
Motor CR 4	71234	2200	95.4	113.2	1802	$Y = -50.46 + 1.665 X$
			95.9	112.4	1799	
			97.23	110.32	1797	
			97.45	109.4	1791	
			98.1	108.5	1787	
Motor CR 5	79434	2200	93.2	115.3	1789	$Y = -72.38 + 1.93 X$
			94.5	114.2	1784	
			95.23	111.21	1782	
			96.5	109.5	1774	
			96.9	108.4	1771	

Modelo de Regresión Lineal entre caudal de inyección (Y) y presión de combustible (X)

### Interpretación.

En todos los casos, a medida que la presión de inyección e incrementa, el caudal de combustible que ingresa al cilindro del motor disminuye a las mismas RPM del motor, la velocidad del motor es la de menor consumo, que es de 2200 rpm.

Tabla 10

Fuente: Comando SOLVER Microsoft Excel

Motor de Prueba	rpm	Presión en el Riel Común(MPa)	Tiempo de Inyección (Milisegundos)	Relación Tiempo de Inyección (Y) - Presión de Combustible (X)
Motor CR 1	2200	103.5	1823	$Y = 2569 - 7.2 X$
		104	1821	
		104.5	1817	
		105	1813	
		105.5	1809	
Motor CR 2	2200	98.4	1824	$Y = 1546 + 2.63 X$
		99.3	1819	
		101.45	1812	
		103.4	1809	
		105.4	1805	
Motor CR 3	2200	97.3	1804	$Y = 1435 + 3.66X$
		99.3	1803	
		99.28	1801	
		99.9	1796	
		100.3	1793	
Motor CR 4	2200	95.4	1802	$Y = 1272.64 + 5.39X$
		95.9	1799	
		97.23	1797	
		97.45	1791	
		98.1	1787	
Motor CR 5	2200	93.2	1789	$Y=1329.83 + 4.72 X$
		94.5	1784	
		95.23	1782	
		96.5	1774	
		96.9	1771	

Modelo de Regresión Lineal entre Tiempo de Inyección (Y) y presión de inyección (X)

### Interpretación.

En todos los casos, a medida que la presión de inyección e incrementa, el tiempo de inyección disminuye a las mismas rpm del motor, la velocidad del motor es la de menor consumo, que es de 2200 rpm.

Se establece los valores promedios de los cinco motores para las tres variables de funcionamiento; en la tabla 8 se muestra dicho valores promedios:

Tabla 11

Fuente: Comando SOLVER Microsoft Excel	Promedio Presión de Inyección (MPa)	Promedio Caudal de inyección (mm <sup>3</sup> /carrera)	Promedio Tiempo de Inyección. (Milisegundos)
	97.56	109.44	1808.4
	98.6	108.96	1784
	99.538	107.582	1801.8
	100.45	106.96	1796.6
	101.24	106.44	1793

Valores promedios de los cinco motores.

Con los valores promedios de las variables de funcionamiento como son la presión de inyección, el caudal de inyección y el tiempo de inyección, mediante la regresión lineal se realizan la linealización de dichas variables.

El promedio de la presión de combustible es la variable X, y el promedio del caudal de inyección es la variable Y, con ello se establece la relación entre las dos variables.

El promedio de la presión de combustible es la variable X, y el promedio del tiempo de inyección es la variable Y, con ello se establece la relación entre las dos variables.

Tabla 12

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coeficiente de correlación múltiple	0.9858079							
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.9718173							
n R <sup>2</sup> ajustado	59							
R <sup>2</sup> ajustado	0.9624231							
Error típico	0.2491664							
Observaciones	26							
	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Valor F	Valor crítico de F			
Regresión	1	6.4224874	6.4224874	103.44850	0.0020252			
Residuos	3	0.1862517	0.0620839					
Total	4	6.6087392						
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	194.333	8.501	22.860	0.000	167.279	221.38	167.27	221.38
Variable X 1	-0.869	0.085	-10.171	0.002	-1.141	-0.597	-1.141	-0.597

Cálculo de regresión lineal



Ecuación de Linealización del promedio de los cinco motores:

$$Y = 194.33 - 0.869 X$$

Donde:

Y: Promedio de caudal de inyección.

X: Promedio de la presión de la inyección

Del mismo modo se realiza el análisis entre el promedio de la presión de inyección y el promedio del tiempo de inyección

Tabla 13

Resumen	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.328376
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.107831
R <sup>2</sup> ajustado	-0.18956
Error típico	10.02395
Observaciones	5
ANÁLISIS DE VARIANZA	

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	Inferior Superior		
						95%	95.0%	95.0%
Regresión	1	36.4330	36.4330	0.362591	39			
Residuos	3	301.439	100.479					
Total	4	337.872						
Intercepción						3091.07	914.29	3091.07
Variable X								
1						-13.01	8.87	8.87

Cálculo de regresión lineal

Ecuación de Linealización del promedio de los cinco motores:

$$Y = 2002.68 - 2.07 X$$

Donde:

Y: Promedio de caudal de inyección.

X: Promedio del tiempo de inyección

Se estableció un modelo numérico entre la presión de inyección y el consumo de combustible, mediante el método de regresión lineal, de la forma  $Y = a + b X$ , donde X es la presión de inyección, Y el caudal de inyección, y se obtuvo las ecuación para los cinco motores:  $Y = 311.15 - 1.98 X$ ,  $Y = 77.78 + 0.27 X$ ,  $Y = 55.67 + 0.5206 X$ ,  $Y = -50.46 + 1.665 X$ ,  $Y = -72.38 + 1.93 X$  respectivamente.

#### IV. DISCUSION

1. Los resultados obtenidos en el objetivo 1, que fue de Determinar la influencia de la presión de inyección en el proceso de la combustión del motor en función a la relación aire combustible, para todos los motores la presión de inyección influyó en proceso de combustión y esto implica que la relación aire combustible, es decir que mientras la presión e incrementa la mezcla es más pobre con valores de lambda mayores a 1, sin embargo a bajas rpm la presión disminuye y la relación aire combustible es menor, es decir mezcla rica.
2. Los resultados obtenidos en el objetivo 2, que fue de realizar mediciones de la influencia de la variación de presión en el consumo de combustible en el motor utilizando los instrumentos y equipos adecuados con un protocolo de pruebas, se puede decir que el consumo de combustible lo determina el tiempo de inyección del inyector que es activado por la unidad de control electrónico, y para tres diferentes regímenes de velocidad (1200, 1800 y 2200 rpm), lo valores de los tiempos de inyección en milisegundos disminuyen a medida que se incrementa la presión de inyección. Los motores de los vehículos con mayor kilometraje tienen mayor tiempo de inyección debido al desgaste propio de su funcionamiento.
3. Los resultados obtenidos en el objetivo 3, que fue de Establecer un modelo numérico que relacione la presión de inyección y el consumo de combustible bajo las condiciones de la operación del motor a diferentes situaciones de funcionamiento; se utilizó el modelo de regresión lineal debido a que las variaciones de una variable tienden a ser proporcionales a la variación de la otra variables, es decir para una variación del tiempo de inyección, existe una variación proporcional del consumo de combustible, así como también de la presión de la inyección.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó que existe influencia entre la presión de inyección en el proceso de la combustión del motor en función la relación aire combustible, es decir que para todos los motores de prueba, la relación aire combustible se incrementa a medida que la presión se incrementa; el incremento de relación aire combustible es una reducción de la cantidad de combustible, los valores de presiones oscilan entre 83 y 104 MPa, y la relación aire combustible entre 11.48 y 16.39 Kg de aire por Kg de combustible.
- Se realizó las mediciones y se evidenció la influencia de la variación de presión en el consumo de combustible del motor, en las pruebas realizadas entre la presión de inyección y el volumen inyectado, a medida que se disminuye las rpm del motor, se incrementa el consumo de combustible, así como también la presión de inyección. En los cinco motores de prueba aparece esa tendencia, funcionando los motores a las mismas condiciones de funcionamiento, siendo la variación de manera gradual, con presiones que oscilan en 100 MPa, para velocidad de giro de 2200 rpm, mientras que para bajas velocidades la presión tiene un valor entre 80 y 90 MPa.
- Se estableció un modelo numérico entre la presión de inyección y el consumo de combustible, mediante el método de regresión lineal, de la forma  $Y = a + b X$ , donde X es la presión de inyección, Y el caudal de inyección, y se obtuvo las ecuaciones para los cinco motores:  $Y = 311.15 - 1.98 X$ ,  $Y = 77.78 + 0.27 X$ ,  $Y = 55.67 + 0.5206 X$ ,  $Y = -50.46 + 1.665 X$ ,  $Y = -72.38 + 1.93 X$  respectivamente.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar el análisis a diferentes rpm, es decir desde un valor de velocidad de ralenti hasta máxima carga, con variación de cada 200 rpm.

Tomar mediciones de otras variables de funcionamiento del motor como por decir temperatura del aceite y temperatura del aire de admisión.

Cumplir con los planes de mantenimiento del sistema de inyección, es decir regular los inyectores y bomba de alta de presión en los bancos de pruebas de sistema common rail.

## VII. REFERENCIAS.

- **CASTILLEJO, Alejandro.** Sistemas de Inyección en Motores Diésel. Tesis (Ingeniero Energético), Sevilla: Dep. de Ingeniería Energética Grupo de Máquinas y Motores Térmicos Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, 2014, 127pp.

Recuperado de:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>

- **ARMAS, Bolívar Y VACA, Guillermo.** Módulo didáctico de la bomba de inyección de alta presión common-rail de la camioneta Volkswagen Amarok 4x2. Tesis, Ecuador: universidad técnica del norte facultad de educación, ciencia y tecnología 2013,153pp.

Recuperado de

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3406>

- **ALAYA, Christian, CCORI, Marco, MERCADO, Javier, PAREDES, Alvarito, y SALDARRIAGA, Hobert.** Investigación “Sistema de inyección de combustible en motores diésel”. Chimbote: Escuela de Ingeniería de la Universidad César, 2013,37pp.

Recuperado de:

<https://es.scribd.com/doc/160866694/Sistema-de-Inyeccion-en-Motores-Diesel-docx-Hobert-Jim>

- **BOSCH.** Sistema Inyección Common Rail. Consideraciones técnicas. 2015.

Recuperado de:

[http://es.boschautomotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories/motor\\_and\\_sytems/diesel/common\\_rail\\_injection/common\\_rail\\_diesel\\_moto rs\\_y\\_parts.html](http://es.boschautomotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/motor_and_sytems/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_moto rs_y_parts.html)

- **GUILLÉN**, Jorge Antonio. Manual de Sistema Inyección Diésel Common Rail, Motores, Componentes, Sistemas, Alimentación, Combustible, Aire, Gases. Instructor Técnico Automotriz. 2016, 115pp.

Recuperado de:

<https://es.slideshare.net/jorgeprofquillen/manual-sistemainyecciondieselcommonrailmotorescomponentessistemasalimentacioncombustibleairegasesegr>

- **PUBLIMETRO**. Diésel o gasolina: ¿Qué motor es más conveniente en el auto? Javier García-Pacheco. 2017.

Recuperado de:

<https://publimetro.pe/vida-estilo/noticia-diesel-gasolina-que-motor-mas-conveniente-auto-42853>

- **SINNAPS**. ¿Qué es un análisis de costo beneficio? 2015.

Recuperado de:

<https://www.sinnaps.com/blog-gestión-proyectos/análisis-costo-beneficio>

- **SENATI**. Curso “Teoría Bombas de transfusión en Línea 2” Módulo de Laboratorio de transfusión Diésel. Zona Lambayeque Cajamarca Norte (ZLCN-Chiclayo). 2013, 31pp.

Recuperado de:

<https://es.scribd.com/doc/132295360/Teoria-Bombas-de-Inyeccion-en-Linea2>

- **DIESEL**. Sistema de inyección Diésel. Consideraciones técnicas. 2017.
- **FRANCO, Ángel**. Concepto de presión. Consideraciones técnicas. 2017.
- **MOTOR**. Consumo de combustible. Definición. 2017.
- **VEHÍCULOS**. Cómo calcular el consumo de gasolina. 2017.

**VIII. ANEXOS.**

**ANEXO 01**

**FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO.**

- Apellidos y Nombres:

---

- Profesión:

---

- Grado académico:

---

- Actividad laboral actual:

---



## INDICACIONES AL EXPERTO

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)			
b) Experiencia como profesional. (EP)			
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)			
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)			
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)			

---

***Firma del entrevistado***

**Estimado(a) experto(a):**

El instrumento de recolección de datos a validar es una Entrevista, cuyo objetivo es recoger las validaciones, sugerencias y observaciones para el proyecto denominado. “DISEÑO DE SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, TARIFA BT5, PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN HERZAB S.A.C-PIURA 2017”

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta entrevista para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: \_\_\_ Poco pertinente: \_\_\_ No es pertinente: \_\_\_

Por favor, indique las razones:

Para saber el grado de conocimiento del tema

---

---

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: \_\_\_ Insuficientes: \_\_\_

Por favor, indique las razones:

---

---

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: \_\_\_ Poco adecuadas: \_\_\_ Inadecuadas: \_\_\_

Por favor, indique las razones:

---

---

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia		
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante
<b>1er hoja (inspección visual)</b>						
<b>2da hoja (observación del ensayo)</b>						

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. ¿Para mejorar el instrumento de recolección de datos?

---

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

\_\_\_\_\_  
**Firma del experto**

## ANEXO 02

### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### ENCUESTAS

##### ENCUESTA N° 01

##### CUESTIONARIO N° 01

Dirigido a los técnicos y responsables del área de taller de vehículos con motores Common Rail. **Señale con un check** o responda de acuerdo a cada pregunta.  
**Gracias.**

##### I.- Datos generales

-Nombre:.....

-Ocupación o cargo:.....

-Empresa: Taller mecánico o servicentro

-Edad.....

##### II.- Técnicos

1.- ¿El estudio del sistema de presión en el motor Common Rail determina el consumo de combustible?

a) Sí

b) No

c) A veces

d) Depende

e) Otros .....

2.- ¿El estudio del sistema de inyección en el motor Common Rail determina el consumo de combustible?

- a) Sí
- b) No
- c) A veces
- d) Depende
- e) Otros.....

3.- ¿Cómo es la presión en el motor Common Rail en relación al consumo de combustible?

4.- ¿Cómo es la inyección en el motor Common Rail en relación al consumo de combustible?

5.- ¿Cómo es el consumo de combustible en el motor Common Rail?

- a) Mínimo
- b) Regular
- c) Excesivo
- d) Depende
- e) Otros.....

**Inyección** (V. Independiente)

6.- ¿Cuál es el efecto de la temperatura del aire en el motor?

7.- ¿Cuál es el efecto del combustible en el motor?

**Consumo de combustible** (V. Dependiente)

8.- ¿Cuál es la relación de transmisión?

9.- ¿Cuál es el tiempo de inyección?

10.- ¿Cuál es la temperatura del motor?

11.- ¿Cuál es la relación del costo beneficio (RCB), tasa interna de retorno (TIR), etc. del uso de un motor Common Rail de 1600 cc?

.....  
.....

## **II. - Motor Common Rail de 1600 cc**

### **Diseño**

1.- ¿Cómo es el sistema de presión e inyección?

.....  
.....

2.- ¿Cómo es el funcionamiento del motor Common Rail de 1600 cc?

.....

3.- ¿Cómo es el mantenimiento del motor Common Rail?

.....

4.- ¿Cuáles son las características mecánicas del motor Common Rail?

.....

## Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

## Sistemas de Inyección en Motores Diesel

Autor: Alejandro Castillejo Calle

Tutor: Prof. Dr. D. Tomás Sánchez Lencero

Dep. de Ingeniería Energética  
Grupo de Máquinas y Motores Térmicos  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2014



**GMTS** | GRUPO DE MÁQUINAS Y MOTORES  
TÉRMICOS DE SEVILLA



ESCUELA DE INGENIERIA  
CHIMBOTE  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

## SISTEMA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL

### ESTUDIANTES

1. ALAYA ORTEGA CRISTIAN
2. CCORI EGUILUZ MARCO
3. MERCADO NORIEGA JAVIER ALEJANDRO
4. PAREDES VERA ALVARITO CARLOS
5. SILDARRIAGA OLIVO HOBERT JIM

### V MODULO

INGENIERIA MECANICA



# Autorización de Publicación de Tesis en Repositorio Institucional UCV



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Cervera Cortegana Luis Alberto

D.N.I. : 47269486

Domicilio : Calle Abancay 356 CPM Primero de Mayo

Teléfono : Fijo : ..... Móvil : 987870853

E-mail : luiscervera\_2014@hotmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería

Escuela : INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

Carrera : INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

Título : Ingeniero Mecánico Electricista

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado : .....

Mención : .....

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Cervera Cortegana Luis Alberto

Título de la tesis: .....

"Análisis de la variación de presión de inyección para determinar el consumo específico de combustible en motores Common Rail de 3000 cc, Chiclayo"

Año de publicación : 2019

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma : .....

Fecha: Chiclayo, 29 de enero de 2019

ACTA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

YO, Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo, docente de la Facultad de Ingeniería de UCV- Filial Chiclayo, y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE INYECCIÓN PARA DETERMINAR EL CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES COMMON RAIL DE 3000CC, CHICLAYO" del bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica:

**LUIS ALBERTO CERVERA CORTEGANA**

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 17%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevante que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la universidad cesar vallejo.

Chiclayo, 21 de enero del 2018



---

Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo

Docente de la facultad de ingeniería de UCV

## REPORTE DE ORIGINALIDAD DE TESIS

### ANALISIS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE INYECCIÓN PARA DETERMINAR EL CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES COMMON RAIL DE 3000CC, CHICLAYO

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>17%</b>	<b>13%</b>	<b>0%</b>	<b>9%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>esnamargentina.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>clubnissanarg.com.ar</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>bibing.us.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad San Francisco de Quito</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CERVERA CORTEGANA LUIS ALBERTO

INFORME TÍTULADO:

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE INYECCIÓN PARA  
DETERMINAR EL CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE EN  
MOTORES COMMON RAIL DE 3000CC, CHICLAYO

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

---

SUSTENTADO EN FECHA: 13 /12/2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORÍA

  
  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN