



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE  
ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE EN UN MOTOR D13,  
CHICLAYO”

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

**AUTOR:**

TEJADA SOLANO JULIO CESAR

**ASESOR:**

MG. DIAZ RUBIO DECIDERIO ENRIQUE

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

“MODELAMIENTO Y SIMULACION DE SISTEMAS ELECTROMECHANICOS”

CHICLAYO-PERÚ

**2018**



ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 16:00 horas del día 14 de diciembre de 2018, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N°3038-2018-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: **ANALISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DE AIRE DE ADMISION PARA EVALUAR LA PERFORMANCE EN UN MOTOR D13, CHICLAYO**, presentado por el(la) (los) bachiller TEJADA SOLANO JULIO CÉSAR 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 16:50 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, 14 de diciembre de 2018

  
Ing. Dávila Hurtado Fredy  
Presidente

  
Ing. Celada Padilla James Skinner  
Secretario

  
Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo  
Vocal

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios porque de una y otra manera siempre es mi apoyo firme en mis decisiones.

A mis padres por su apoyo moral y económico ante situaciones difíciles de mi vida.

A mis hijos porque son ellos el motor de inspiración de seguir adelante en mis metas.

A mi pareja por significar la perseverancia y motivación en mi carrera profesional.

**Julio Cesar**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida y la salud q me brinda cada día y así cumplir el sueño de culminar mi objetivo una vez más.

A la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo sede Chiclayo por abrirnos sus puertas y danos la oportunidad de avanzar logrando una profesión más completa para desempeñarme laboralmente en diferentes áreas de la especialidad.

A los Ingenieros que con esmero y dedicación nos enseñaron y compartieron experiencias muy valiosas para los conocimientos de carrera y también durante la realización de la tesis.

**Julio Cesar**

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo JULIO CESAR TEJADA SOLANO con DNI N° 41837440, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, Agosto del 2018.



**JULIO CESAR TEJADA SOLANO**

**DNI N° 41837440**

## PRESENTACIÓN

Ante ustedes señores miembros del jurado la presente tesis que conlleva por título: “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE EN UN MOTOR D13, CHICLAYO”. La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Una de las principales preocupaciones por parte de los especialistas en el sector de la mecatrónica automotriz es conocer la implicancia de las variables de funcionamiento en la performance del motor; en lo que respecta a la temperatura del aire de admisión, es necesario conocer cómo influye ésta variable en el funcionamiento del motor, básicamente en el tiempo de inyección de combustible, en la cantidad de aire en la admisión del motor, así como también en la temperatura de los gases de la combustión del motor.

El análisis se realiza mediante el procesamiento de éstas variables, para determinar los ajustes que se deben realizar en el sistema de inyección electrónica, y de esa manera adaptar al cálculo que realiza la unidad de control del motor, con valores medidos bajo ciertas condiciones, estableciendo una relación numérica entre las variables, se utiliza la técnica de la regresión línea, simple para elaborar las ecuaciones que establecen el comportamiento de dichas variables.

Se establece rangos de valores de las variables para un funcionamiento eficiente, de menos consumo de combustible, que permiten tomar decisiones a la hora del funcionamiento del motor, facilitando el ajuste que se tiene que hacer, así como también la variación física del mismo, por medio de los actuadores del sistema de alimentación de aire- combustible del motor.

**Julio Cesar**

## INDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
INDICE .....	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática: .....	13
1.2. Trabajos previos .....	16
1.3. Teorías relacionadas al Tema.....	19
1.4. Formulación del Problema .....	48
1.5. Justificación del Estudio.....	48
1.6. Hipótesis.....	50
1.7. Objetivos .....	50
1.7.1. Objetivo General .....	50
1.7.2. Objetivos Específicos.....	50
II. MÉTODO.....	51
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	51
2.2. VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN.....	51
2.2.1. IDENTIFICACION DE VARIABLES.....	51
CUADRO DE VARIABLES .....	52
2.3. Población y Muestra .....	53
2.3.1. Población .....	53
2.3.2. Muestra.....	53
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	54
2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	54

2.4.1.1.	Técnica de recolección de datos .....	54
2.4.1.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	54
2.4.1.3.	Validez y confiabilidad.....	55
2.5.	Métodos de análisis de datos.....	55
2.6.	Aspectos éticos .....	55
III.	RESULTADOS .....	56
3.1.	Realizar las mediciones de la variación de los parámetros de funcionamiento del motor, variando la temperatura de aire de la admisión .....	56
3.2.	Analizar numéricamente la influencia de la temperatura del aire de admisión en el tiempo Analizar de inyección, flujo de masa de aire, ya la temperatura de los gases de escape .....	65
3.2.1.	Relación Temperatura del aire de admisión – Tiempo de Inyección .....	65
3.2.2.	Relación Temperatura del aire de admisión – Flujo de masa de aire.....	72
3.2.3.	Relación Temperatura del aire de admisión – Temperatura de los gases de escape	79
3.3.	Establecer valores de cada variable de funcionamiento del motor D13, que determine la temperatura óptima del aire de admisión.....	86
3.3.1.	Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función al tiempo de inyección .....	86
3.3.2.	Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función al flujo de masa de aire.....	88
3.3.3.	Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función a la Temperatura de gases de escape.....	89
3.4.	Representar gráficamente el comportamiento de los parámetros del funcionamiento del motor con la variación de la temperatura del aire de admisión.....	90
IV.	DISCUSIÓN.....	92
V.	CONCLUSIONES .....	93
VI.	RECOMENDACIONES.....	95
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	96
VIII.	ANEXOS.....	98
	ACTA DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	118
	AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS.....	119
	REPORTE DE TURNITIN .....	120



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos y Modelos de Sensores IAT.....	20
Figura 2 Indicador de Códigos de Fallas en el Tablero de Instrumentos.....	21
Figura 3 Monitoreo del Sensor IAT a través del Scanner .....	22
Figura 4 Variación de la Densidad con la Temperatura.....	27
Figura 5 Disminución de la Temperatura del Aire a diferentes Altitudes .....	28
Figura 6 Variación de la Presión y Temperatura Atmosférica a Diferentes Altitudes.	29
Figura 7 Designación del Motor D13A 440 en Volvo .....	31
Figura 8 Identificación de Motor D13A 400 con Placas Impresas en Motor y Cabina	32
Figura 9 Ubicación de Engranajes en la Distribución del Motor D13A 440 .....	34
Figura 10 Toma de Aire y Filtro de Aire.....	35
Figura 11 Intercooler .....	36
Figura 12 Circuito Esquemático del Sensor de Temperatura de Aire de Admisión ...	57
Figura 13 Forma de la Señal del Tiempo de Inyección .....	60
Figura 14 Configuración del Puente Wheatstone .....	62
Figura 15 Relación Tiempo de Inyección (Milisegundos) – Temperatura de Aire de Admisión °C.....	90
Figura 16 Relación Flujo Masa de Aire (Kg/Min) – Temperatura de Aire de Admisión °C .....	91
Figura 17 Relación Temperatura de Gases de Escape (°C) – Temperatura de Aire de Admisión °C.....	91

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades del aire a altitudes distintas .....	13
Tabla 2 Valores de límites máximos permisibles para motores diesel en el Perú .....	15
Tabla 3 Variación de la fracción molar de oxígeno y nitrógeno en el aire a diferentes altitudes.....	30
Tabla 4 Ficha técnica de termistor.....	58
Tabla 5 Mediciones del sensor de temperatura del aire de admisión.....	59
Tabla 6 Registro de mediciones del tiempo de inyección .....	61
Tabla 7 Mediciones de flujo de masa de aire .....	63
Tabla 8 Medición de la temperatura de los gases de escape al variar la temperatura del aire de admisión .....	64
Tabla 9 Relación lineal entre las variables de temperatura del aire (x) y la temperatura de los gases de escape (y) .....	85
Tabla 10 Determinación de la temperatura promedio del aire en función al promedio del tiempo de inyección .....	87
Tabla 11 Determinación de la temperatura promedio del aire (°c) en función al promedio del flujo de masa de aire (kg/min).....	88
Tabla 12 Determinación de la temperatura promedio del aire (°c) en función al promedio de la temperatura de los gases de escape (°c) .....	89

## INDICE DE GRAFICO

Grafico 1 Función lineal.....	24
Grafico 2 Hipérbola equilátera.....	24
Grafico 3 Ley de Charles.....	26
Grafico 4 Ley de Charles.....	26
Grafico 5 Ciclo ideal diesel.....	37
Grafico 6 Ciclo real diésel .....	39
Grafico 7 Cambios de volumen y presión.....	39

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado: “ANALISIS DE LA VARIACION DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISION PARA EVALUAR LA PERFORMANCE EN UN MOTOR D13, CHICLAYO”, tiene como objeto de estudio la determinación de la influencia de la temperatura del aire de la atmosfera que ingresa al motor por el ducto de admisión, en el funcionamiento del motor, específicamente en la variación del flujo de la masa de aire, el tiempo de inyección hacia la cámara de combustión y de la temperatura de los gases de escape.

La investigación tiene su inicio en las mediciones que se realizaron de éstas tres variables descritas, en 5 unidades vehiculares que tienen motor D13, para lo cual se utilizó el scanner automotriz, el cual tiene instalado la información de los parámetros de funcionamiento de dicho motor; variando la temperatura de ingreso del aire a través de la válvula de admisión variable, a una velocidad de 1500 RPM.

La temperatura de los gases de escape se midió con el sensor de gases de escape el cual determina la temperatura en función a la variación del valor óhmico de la resistencia variable ubicado en el sensor, que es del tipo termistor de coeficiente negativo de temperatura (NTC).

Luego, se realizó la relación numérica que existe entre la variación de la temperatura con cada una de las tres variables, para lo cual con el método de la regresión lineal simple  $Y = A + B X$ , se determinó la ecuación, utilizando la herramienta solver de Microsoft Excel. Gráficamente se establece el comportamiento de los parámetros del funcionamiento del motor con la variación de la temperatura del aire de admisión.

Palabras claves: Temperatura del aire, tiempo de inyección, flujo de masa de aire, temperatura de gases de escape.

## **ABSTRACT**

The present work of investigation denominated: "ANALYSIS OF THE VARIATION OF THE TEMPERATURE OF THE AIR OF ADMISSION TO EVALUATE THE PERFORMANCE OF A MOTOR D13, CHICLAYO", has like object of study the determination of the influence of the temperature of the air of the atmosphere that enters the engine through the intake duct, in the operation of the engine, specifically in the variation of the flow of the mass of air, the time of injection into the combustion chamber and the temperature of the exhaust gases.

The investigation has its beginning in the measurements that were made of these three variables described, in 5 vehicular units that have D13 engine, for which the automotive scanner was used, which has installed the information of the operating parameters of said engine; by varying the air intake temperature through the variable intake valve, at a speed of 1500 RPM.

The temperature of the exhaust gases was measured with the exhaust gas sensor which determines the temperature as a function of the variation of the ohmic value of the variable resistance located in the sensor, which is of the thermistor type of negative temperature coefficient (NTC)

Then, the numerical relationship that exists between the variation of the temperature with each of the three variables was made, for which, with the simple linear regression method  $Y = A + BX$ , the equation was determined, using the solver Microsoft Excel. Graphically, the behavior of the parameters of the motor operation with the variation of the intake air temperature is established.

Keywords: Air temperature, injection time, air mass flow, exhaust gas temperature

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática:

### A nivel internacional.

“Motores Diesel de unidades vehiculares pesadas, no funcionan de la misma manera a diferentes condiciones de temperatura y presión atmosférica, lo cual no logra optimizar el consumo de combustible” (Mecánica Virtual, 2016).

En unidades vehiculares pesadas, tanto en buses como en remolcador, en muchas empresas de transportes, en el funcionamiento del motor, los mecánicos reportan que se presentan un retardo en la **Inyección de combustible**, las gotas no tienen el tiempo suficiente para su evaporación, por lo tanto el encendido ocurre cuando el pistón comienza a bajar, la temperatura y la **presión** comienzan a bajar, impidiendo que tanto la **presión** como la temperatura logren encender la mezcla. Una parte de **combustible** se evapora y la otra se apaga sin ser quemado, lo que da como resultado humo blanco a través del tubo de escape. (García, p.1, 2018).

La presión del aire, influye en el valor de la temperatura, y éste sobre la masa, es por ello que las ciudades bolivianas, éste efecto varía los parámetros de funcionamiento del motor, en la Tabla N° 1, se muestra las condiciones atmosféricas en Bolivia.

**Tabla 1**

Ciudad	Altitud m.s.n.m.	Temperatura promedio °C [3]	Presión Atm.	Composición del aire			Concentración de oxígeno mol/m <sup>3</sup>
				% O <sub>2</sub>	% N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	
Tarija	1,854	18.28	0.804	20.5	79.5	3.885	6.84
Cochabamba	2,574	17.89	0.739	20.3	79.7	3.930	6.23
Sucre	2,801	14.55	0.713	20.2	79.8	3.946	5.99
La Paz	3,650	12.96	0.647	20.0	80.0	4.00	5.38
Oruro	3,735	9.89	0.637	19.97	80.03	4.01	5.29
Potosí	4,070	8.23	0.610	19.9	80.1	4.03	5.04

Fuente: Velasco, C. y Velazco, J.

Tabla 1 Propiedades del aire a altitudes distintas

Los temas medioambientales son los más tomados en cuenta hoy en día por las empresas, no solo por juicio personal, sino actualmente también por normativas, ya que la norma permite menor cantidad de emisión de contaminantes (hidrocarburos sin quemar, óxidos de nitrógeno, hollín...). Incluso cada año, aunque no se encuentre regularizado por normativa se intenta que la emisión de dióxido de carbono sea menor. (Pavia, p.5, 2015).

Los fabricantes de vehículos diesel adquieren las autopartes de otras empresas, y éstos fabrican los componentes para ciertas condiciones de concentración de oxígeno en el aire, sin embargo existe ciudades con condiciones extremas, que hacen que dicho diseño no se adapte a esa condición. (Pavia, p.7, 2015).

Uno de los factores influyentes en el funcionamiento de los motores diesel, es la eficiencia del ciclo de aire, los valores de temperatura, presión y volumen específico, tienen relación directa, y en muchos motores de las unidades de carga, se ha verificado que la reducción de la presión de compresión no solamente es por las condiciones de operatividad del motor, sino también de las condiciones de ingreso del aire y del combustible.

Los problemas de los motores de las unidades dedicadas al sector minero en el norte de Chile, es debido a la contaminación del aire atmosférico, que al tener problemas con el sistema de filtrado de partículas de aire, hacen que éstos filtros actúen de acuerdo a las condiciones de ingreso del aire de admisión; a pequeños valores de micrones de polvo en el aire, la unidad de control electrónico del motor diesel detecta que la masa del aire se ha incrementado debido a la presencia de partículas en el aire, varía la relación aire combustible.

## A nivel nacional.

Las emisiones de los gases de escape de los vehículos pesados, dependen de las variables de ingreso al motor, como son la presión del combustible, la temperatura del combustible, la temperatura del aire, entre otros. En el Decreto Supremo DS N° 047-2001-MTC y su modificación Decreto Supremo DS N° 026-2006-MTC en el año 2001, se aprobó en el Perú por primera vez los “Límites Máximos Permisibles vehiculares” los cuales establecen las normas Euro II el cual establece leyes para la importación de automóviles nuevos desde el 2003 y Euro III para la importación de autos nuevos de carga o pasajeros desde el año 2007. (Santivañez, p.2, 2016)

El DS N° 009-2012 MINAM y su modificación DS N° 047-2001-MTC en el año 2012, corrigieron anexos del 1 al 4 y añadieron la norma EURO IV en el 2016, para autos a diesel convencionales de carga mayor a las 3.5 toneladas o pasajeros, con un sistema de tratamiento para los gases de escape.

**Tabla 2**

Fuente: Decreto Supremo  
N° 047-2001-MTC

VEHICULOS A DIESEL		
Año de aplicación	CLASE DE MOTOR	OPACIDAD $k(m^{-1})$
2001 (segundo semestre)	Sin turbo PBV < 3,0 Ton.	1,6
2001 (segundo semestre)	Con turbo PBV < 3,0 Ton.	2,1
2001 (segundo semestre)	Con o sin turbo PBV $\geq$ 3,0 Ton.	2,1

Tabla 2 Valores de límites máximos permisibles para motores diesel en el Perú

En las zonas alto andinas de Puno y Tacna, ciudades a más de 4000 msnm, los vehículos pesados a pesar de estar predispuestos a trabajar a ciertas condiciones, la temperatura del aire tiene baja temperatura y alto contenido de humedad, es decir a la cámara de combustión ingresa humedad del aire a una cierta temperatura.

## **A Nivel local.**

En la ciudad de Chiclayo transitan diariamente aproximadamente 800 buses y 1200 camiones, que provienen de la costa norte y sur, de la sierra, y de la selva; con lo cual dichas unidades circulan por diferentes lugares con condiciones extremadamente opuestas, y esto se evidencia en los datos almacenados en la unidad de control electrónico, que registra la alteración de los datos, y su influencia en el funcionamiento del motor diesel.

Así mismo, se evidencia que los consumos de combustible, varían a diferentes condiciones en la sierra, siendo uno de los factores, la temperatura de ingreso del aire, en zonas superiores a los 3500 msnm, el aire tiene temperaturas muy bajas, que hace que la densidad sea menor y por lo tanto la masa del aire disminuye, haciendo que el consumo de combustible se incremente, y con consecuencias de combustión incompleta con hidrocarburos no quemados que son expulsados a través del tubo de escape del motor.

### **1.2. Trabajos previos**

**Bardález, 2012, en sus tesis denominada. “ESTUDIO TEÓRICO DEL EFECTO DE LA ALTITUD Y LA UTILIZACIÓN DE MEZCLAS BX SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES ENCENDIDOS POR COMPRESIÓN” presentado a la Pontificia Universidad Católica del Perú, presenta en sus conclusiones:**

La operatividad del motor es reducida ya que la densidad del aire y la presión atmosférica disminuye con respecto a la altitud, entonces cierta combustión se verá perjudicada ya que el combustible no podrá reaccionar por la poca cantidad en el aire de moléculas de oxígeno. Entonces la presión en el ciclo termodinámico es menor de acuerdo a la baja presión atmosférica, que afecta la propulsión total que recibe el pistón



por la explosión y además la auto-detonación del combustible, como resultado la eficiencia del motor disminuirá.

Durante el estudio se pudo deducir que el rendimiento se reduce un 43% a los 4500 metros con respecto al nivel del mar, como ejemplo tenemos el motor “Cummins DM6015 02”, cuyo rendimiento es de un 41.7% a nivel del mar, y podemos observar que disminuye a 23% cuando se encuentra a 4500 msnm. El resultado de esta disminución en el rendimiento es que se va a consumir una mayor cantidad de combustible, debido a la poca eficiencia del motor, es por ello que se requiere una mayor de combustible para poder transmitir la potencia necesaria.

Así podemos observar que en los cálculos previos, es necesario un 74% de combustible extra a 4500 metros con respecto al nivel del mar, también para el motor “Cummins DM6015 02” mohatrado en el ejemplo para el cual son necesarios 205g/kW-h cuando se encuentra a nivel del mar, y cuando está a 4500 msnm requiere 358g/kW-h.

**Arcentales y Paladines, 2014, en sus tesis de grado denominado “ESTUDIO TERMODINÁMICO DEL MOTOR TOYOTA TURBO DIESEL MODELO 2KD-FTV, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR AL SISTEMA DE ADMISIÓN”, presentado a la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.**

A través del estudio termodinámico efectuado al motor de análisis en este proyecto, se adquirió establecer los parámetros observados y efectivos, de consumo de combustible y potencia neta, con la finalidad de disponerlos como referencia para su análisis relativo posterior, con los resultados alcanzados mediante la variable de implementación el fin de este estudio, dio como conclusión, que la implementación del intercambiador de calor en el sistema de admisión, es viable y proveería aumento de potencia del motor y baja del consumo de combustible.

Con el análisis detallado del motor en mención y su sistema de admisión sobrealimentado (turbo-intercooler), se alcanzó establecer las diferentes características de trabajo del mismo, así también cumplir con la condición de incrementar la potencia utilizando el nuevo sistema de admisión turbo-intercooler; tomando en cuenta siempre las dimensiones y tipo de intercooler a implementar.

Posteriormente con el estudio de mercado se logró el objetivo, de conseguir un intercooler conforme a las necesidades del proyecto, para desarrollar su implementación del mismo ubicado en el motor que interactúe con el medio ambiente logrando enfriar el aire de admisión.

**Vargas, 2012, en su tesis de Grado denominado: “SIMULACIÓN TERMODINÁMICA DE UN MOTOR DIESEL USANDO COMBUSTIBLE BUNKER”, presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, describe:**

El estudio a detalle del ciclo termodinámico y de la prudencia en cuanto al desempeño de motores diesel; considerando ser una parte importante en la investigación, el empleo de programas de simulación, industrialización de nuevos combustibles y motores diesel. Los software de simulación se basan particularmente en el modelo Zero dimensional, los cuales utilizados considerablemente por fabricantes de motores e investigadores usualmente por la espontaneidad, la menor cantidad de recursos utilizados en los ensayos de experimentación y el menor tiempo requerido, a pesar de que presente una precisión limitada. Estos simuladores pueden utilizarse para la obtención predictiva de valores como temperaturas, presiones y de la combustión que se producen en la parte interna del cilindro del motor, también permite predecir la potencia indicada y al ser operado el motor las características de ignición de la combustión.

**Ramírez, 2012, en su tesis denominado “comportamiento termodinámico diesel generador convertido para uso exclusivo de gas natural” para optar el título profesional de la universidad nacional de ingeniería.**

Para conseguir una óptima combustión, es necesario que la combinación Aire/Combustible (AC) se adecuada, para lo cual debemos evaluar cómo se va a desarrollar la combustión con una mezcla estequiométrica, pobre o rica. Una mezcla de Aire/Combustible estequiométrica es aquella que se caracteriza por una combustión completa en teoría, en donde el aire y el combustible no presentan exceso. Esta mezcla se da entre masas (gravimétrica o másica) o volúmenes (volumétrica). La variable  $\lambda$  es el coeficiente de exceso de aire o la relación de equivalencia, esta simboliza la razón entre la mezcla Aire/combustible estequiométrica y la relación Aire/Combustible del motor, donde la variable será  $\lambda > 1$  para la mezcla pobre.

### **1.3. Teorías relacionadas al Tema.**

#### **SENSOR IAT – Sensor de Temperatura del Aire de Admisión**

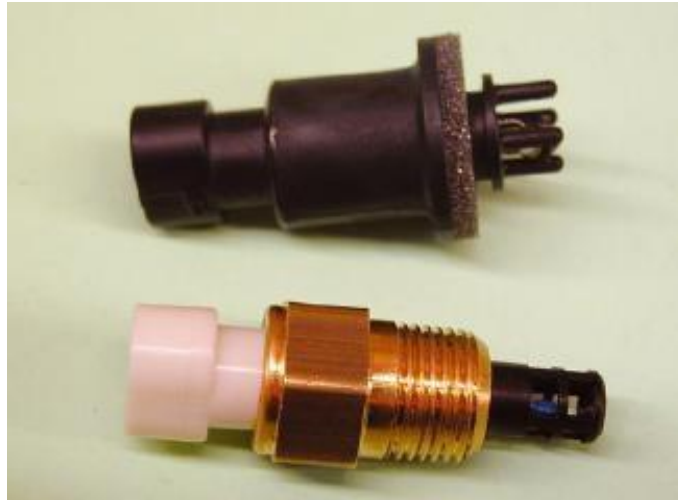
El IAT está ubicado en un paso de admisión de aire, su función principal es detectar del aire entrante hacia la cámara donde se produce la ignición la temperatura. Normalmente en vehículos que poseen un sensor para medir la masa del aire, y parte del sensor MAF es el IAT.

Este sensor envía una señal eléctrica a la computadora (ECU), para así cambiar el tiempo de inyección respecto a lo que entra a la cámara de combustión (la densidad del aire).

## Descripción del sensor IAT

El IAT es un termistor, es decir consta de una resistencia que cambia o varía su valor e acuerdo a la temperatura. Mientras el sensor se calienta su resistencia es menor.

Figura 1



Fuente: Sistema de Control de Emisiones

Figura 1 Tipos y modelos de sensores IAT

## Localización Típica del sensor IAT

El sensor IAT se encuentra frecuentemente envuelto al interior del múltiple de la toma de aire, en el cuerpo del acelerador y también en el grupo trasero del destilador de aire.

## Síntomas de Fallas

Cuando existen fallas en el sensor IAT, se presenta lo siguiente:

- Alto consumo de combustible
- Pobre encendido cuando el motor esta frio
- Se prende un letrero que dice Check Engine.
- Disminución de la potencia.

Figura 2

Fuente: Henríquez, E.



Figura 2 Indicador de códigos de fallas en el tablero de instrumentos

### **Inspección y Mantenimiento**

Cada 50000 km, en los motores D13 A durante su afinación o mantenimiento se revisa lo siguiente:

- a) El cableado o líneas no estén defectuosas, es decir en cortocircuito o abiertos.
- b) El arnés no debe presentar fisuras, óxidos o sulfatado, si es necesario cambiarlo.
- c) No deben existir en el extremo del sensor suciedad acumulada, por lo que es posible que genere un envío de mala señal al módulo de control, limpiarlo o reemplazarlo.

**Figura 3**

Fuente: Sistema de Control de Emisiones



**Figura 3** Monitoreo del sensor IAT a través del scanner

Cuando el sensor AIT es probado con el equipo Scanner automotriz (KTS 570 BOSCH), podemos observar como ejemplo la temperatura a 109 °F (43°C), y así también en todos los parámetros de funcionamiento del motor.

## **ADMISIÓN DIESEL**

Los camiones o buses generan usualmente aire rico en polvo, el cual se encuentra compuesto por partículas de arcilla, piedra, compuestos químicos y materia orgánica. Cuando el aire contaminado entra al motor rayando y deteriorando el interior de este. Este se mezcla con el aceite engrasante, generando una pasta la cual desgastará los pistones y cilindros, desgasta los cojinetes del árbol de levas, del cigüeñal y la biela. Ocasionalmente fuga de gases, pérdida de compresión y potencia. Por cada litro de gas-oil consumido por el motor, le entran alrededor de 12.000 a 13.000 litros de aire. Así podemos ver que si el motor consume por hora 8 litros de gas-oil. Por lo tanto en 8

horas de trabajo el motor absorberá de 96.000 a 104.000 litros de aire. Y el filtro interviene en este proceso para que el aire que ingresa este limpio.

### **Ley de los Gases.**

Es la forma de comportarse que muestran ciertos gases en los que los elementos no reaccionan entre ellos y se trasladan de forma aleatoria. En condiciones estándares y normales, por lo general los gases actúan como gases ideales.

### **Ley de Boyle**

Si sobre un globo la presión que se encuentra alrededor se reduce, éste se expandirá, su volumen aumentará, es por ello que los globos meteorológicos aumentan su volumen con respecto a su nivel de elevación atmosférica. De otra manera, cuando se comprime el volumen de un gas, la presión de este aumentará. Robert Boyle (1627 - 1697) el químico fue el pionero en llevar a cabo la investigación de la relación entre el volumen de un gas y la presión. Estas observaciones son resumidas en la ley de Boyle, estableciendo que: la presión ejercida por una cierta cantidad de gas es proporcional inversa al volumen de este, siempre y cuando sea mantenido a una temperatura permanente, dando como resultado la siguiente expresión:

$$P \cdot V = \text{constante}$$

o

$$P = 1 / V$$

Y gráficamente se representa:

**Gráfico 1**

Recuperado de: <https://www.quimica-organica.com/ley-de-boyle/>.

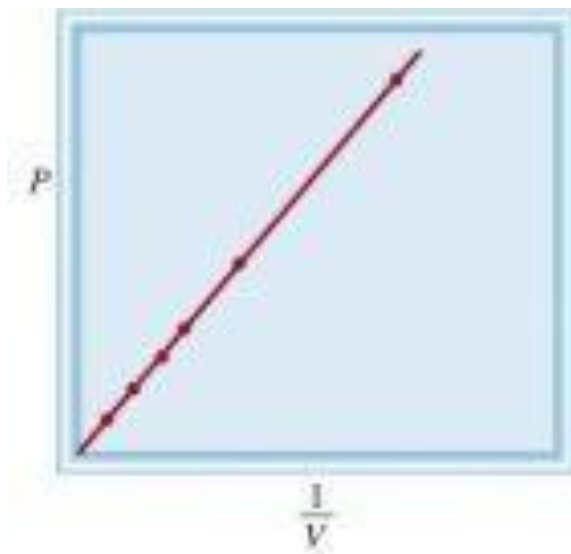


Gráfico 1 Función Lineal

**Gráfico 2**

Recuperado de: <https://www.quimica-organica.com/ley-de-boyle/>.

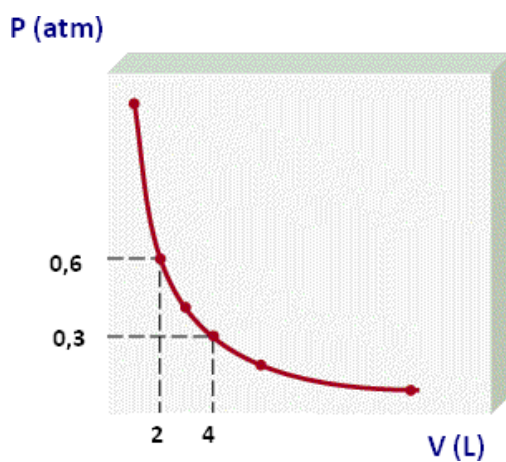


Gráfico 2 Hipérbola Equilátera



La Ley de Boyle se representa generalmente como el Gráfico N° 1, donde se puede observar una rama de una hipérbola equilátera y usamos la fórmula que se muestra para obtener los valores de dos puntos mostrados en la gráfica:

$$P1. V1 = P2. V2$$

A estas gráficas se les conoce por isoterms, cumpliéndose los procesos con la Ley de Boyle denominándose los procesos isotérmicos.

Para que la Ley de Boyle se pueda cumplir es necesario que las constantes de la temperatura de trabajo (T) y el número de moles del gas permanezcan

### **Ley de Charles**

Cuando el aire de los globos aerostáticos se calienta permite que éstos se eleven, ya que se expande el gas que se encuentra en su interior. El aire que se encuentra al interior del globo, por estar a una temperatura más alta que la del entorno es menos densa, esto hace que el globo ascienda. Del mismo modo, si el aire del globo se enfría, éste se encogerá y reducirá su volumen. El científico francés J. Charles (1746-1823) anunció la correspondencia entre la temperatura y el volumen, usando varios de los experimentos que realizó J. Gay Lussac (1778 - 1823).

La ley establecida por Charles y Gay Lussac se puntualiza en: el volumen que posee una cantidad exacta de gas mantenida a una presión permanente, es proporcional a la temperatura absoluta de este, que se representa como:

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$

Y se representa de manera gráfica así:

**Gráfico 3**

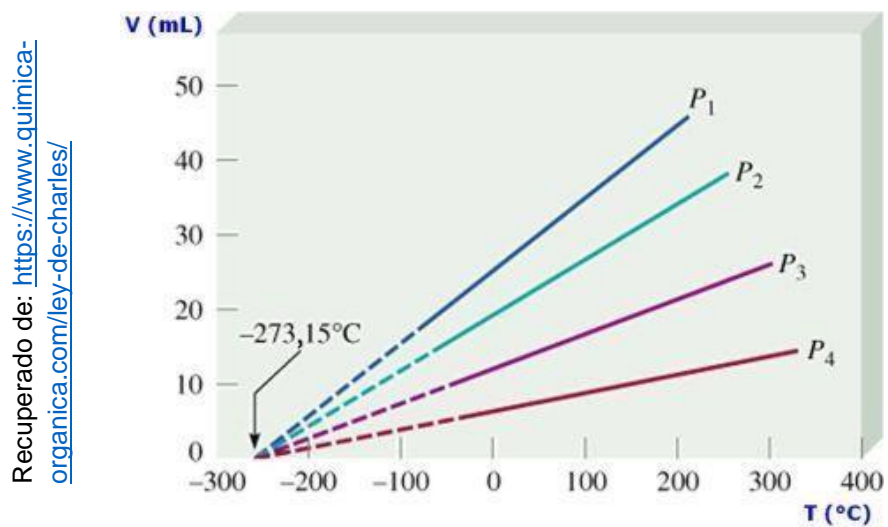


Gráfico 3 Ley de Charles

**Gráfico 4**

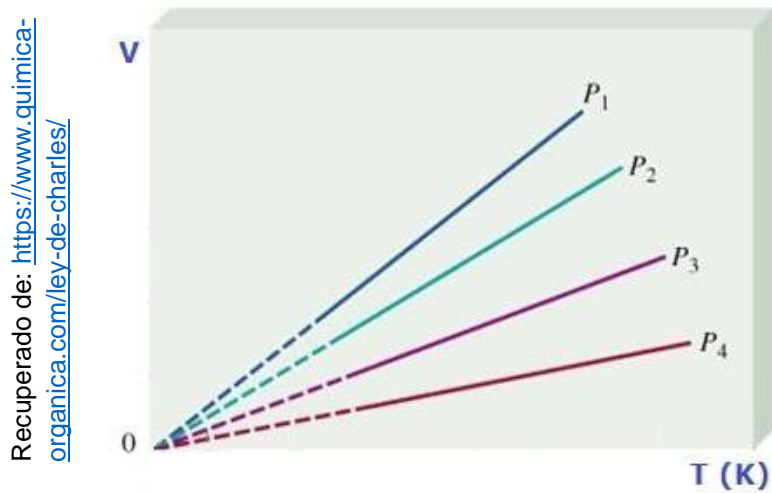


Gráfico 4 Ley de Charles

Debemos recordar que la temperatura debe expresarse en grados Kelvin (K). Para poder obtener los valores entre dos puntos de la recta y se puede usar:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Los procesos isobáricos son aquellos que se llevan a cabo a una presión permanente. Correlativamente, la temperatura absoluta de una cantidad exacta de gas que permanece a volumen determinado, es directamente proporcional a la presión, expresándose como:

$$\frac{P}{T} = \text{constante}$$

Los procesos isocóricos son aquellos que se producen a un volumen constante. Para poder obtener los valores de dos estados es posible usar:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

### Variación de la densidad con la temperatura.

Figura 4

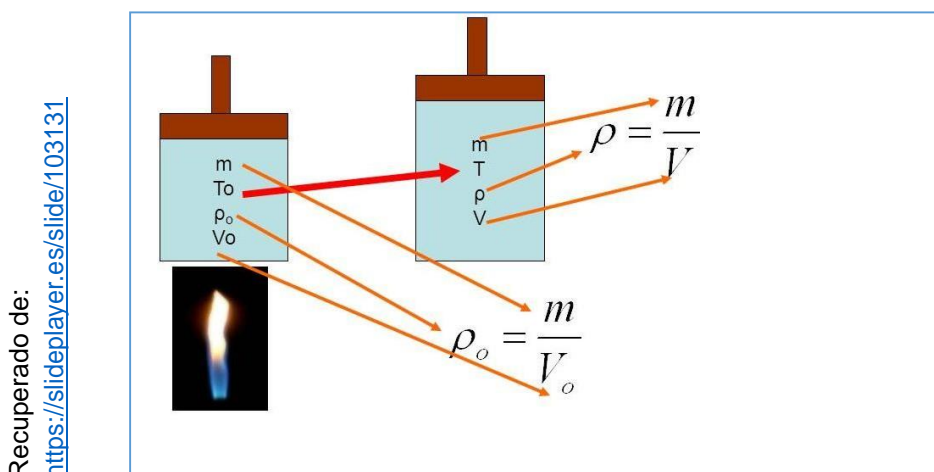


Figura 4 Variación de la densidad con la temperatura

$$\rho = \frac{P * M_a}{Z * R * T} \left[ 1 - X_Y * \left( 1 - \frac{M_Y}{M_a} \right) \right]$$

Dónde:

$\rho$ : Densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>).

P: Presión atmosférica (Pascal).

M<sub>a</sub>: Masa molar del aire seco 0,0289635 Kg/mol (para aire con una fracción molar de CO<sub>2</sub>).

Z: Factor de compresibilidad adimensional.

R: Constante molar de los gases 8,31451 J/K(Mol).

T: Temperatura termodinámica en K, T = t + 273.15 (t °C).

X<sub>Y</sub>: Fracción molar de vapor de agua, adimensional.

M<sub>Y</sub>: Masa molar del vapor de agua, 0,018154 Kg/Mol.

**Figura 5**

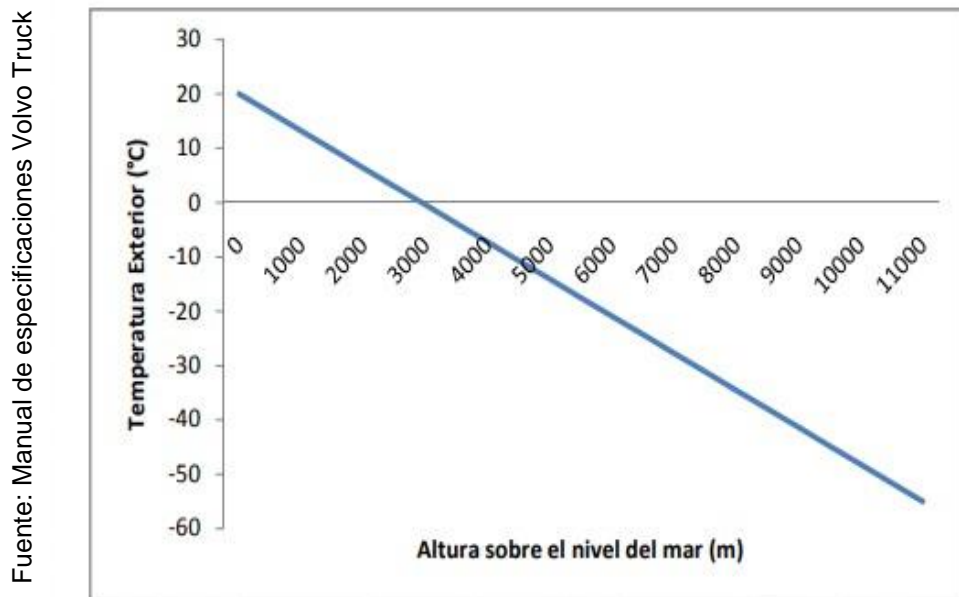


Figura 5 Disminución de la temperatura del aire a diferentes altitudes

La temperatura del aire varía en función a la altura sobre el nivel del mar. Normalmente la temperatura ambiente a 0 msnm está entre 18 y 23 °C, pero a medida que la altura aumenta la temperatura desciende en promedio 6 a 7 grados centígrados cada 1000 metros; por lo tanto cuando se encuentra a 3000 msnm la temperatura ambiente es de 0 grados centígrados.

**Figura 6**

Fuente: Manual de especificaciones Volvo Truck

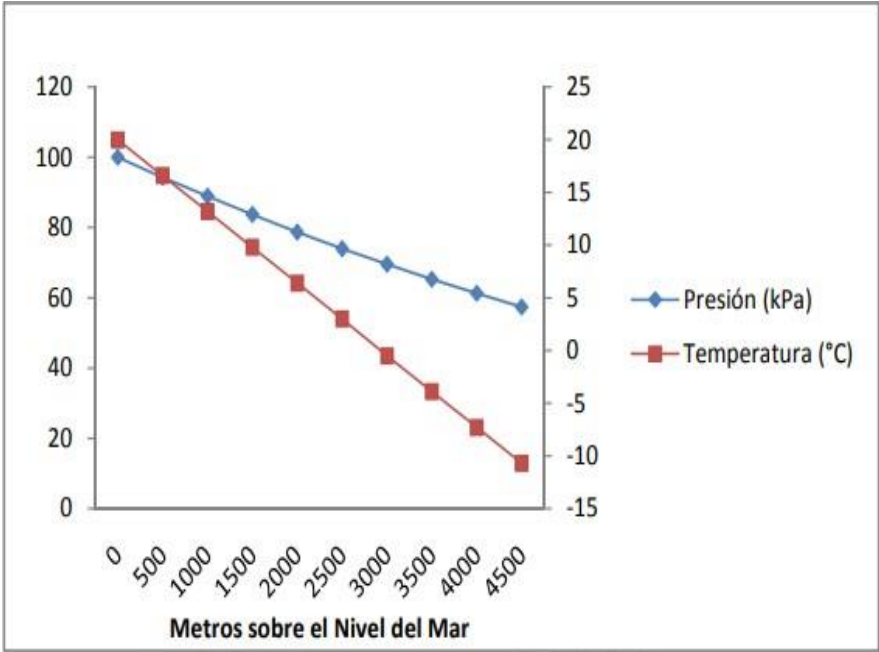


Figura 6 Variación de la Presión y Temperatura Atmosférica a Diferentes Altitudes.

La presión atmosférica a 0 msnm es de 101,033 KPa, o aproximadamente 1 bar, sin embargo a medida que la altura aumenta la presión disminuye hasta valores menores a 80 KPa (0.8 Bar). El ingreso del aire al motor debe hacerse a presión inferior a la presión atmosférica, por lo cual tiene que haber un efecto de depresión del aire, que se mide con el vacuómetro con escala de pulgadas de mercurio.

**Tabla 3**

Fuente: Manual de Especificaciones Volvo Truck

<b>Altura (m)</b>	<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	<b>N<sub>2</sub> (%)</b>
0	20.92	78.14
500	20.79	78.29
1000	20.66	78.45
1500	20.53	78.6
2000	20.4	78.76
2500	20.27	78.92
3000	20.14	79.09
3500	20	79.25
4000	19.87	79.42
4500	19.74	79.59

Tabla 3 Variación de la Fracción Molar de Oxígeno y Nitrógeno en el Aire a Diferentes Altitudes.

Los porcentajes de los niveles de concentración de oxígeno y nitrógeno varía en función a la altura en el cual se encuentra; es decir a 0 msnm la cantidad de oxígeno en porcentaje es de 20.92% pero a medida que se incrementa la altitud, los porcentajes de oxígeno disminuyen hasta tener valores menores a 20% para altitudes mayores a 3500 msnm.

## Motor Diesel

En el motor diesel, se comprime el aire adiabáticamente con una relación entre 15 y 20 de compresión típica. Esta compresión, aumenta la temperatura hasta el valor de encendido de la combinación de combustible que se forma, un vez que se comprime el aire inyectando gas-oil.

**Figura 7**

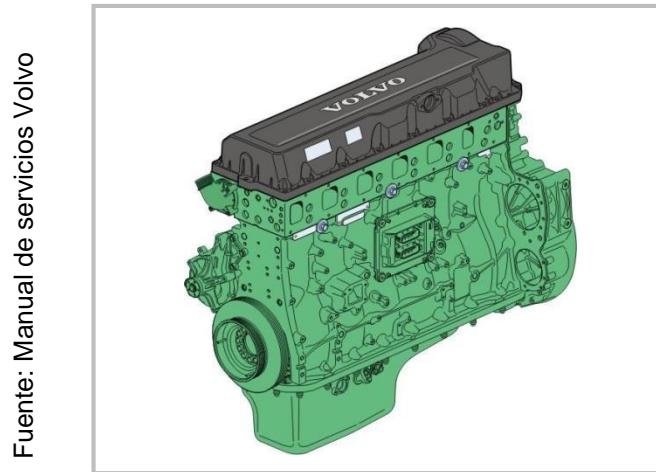


Figura 7 Designación del motor D13A 440 en Volvo

D13A es como se le conoce al motor de una obra nueva de 13 litros de Volvo para FM y FH, ingreso en el año 2005. Este motor diesel posee seis cilindros en inyección y en línea directa con un turbocompresor, enfriamiento de la admisión del aire y del motor el sistema de mando (EMS — Engine Management System). El motor se puede encontrar en 5 diferencias de potencia: 360 CF, 400 CF, 440 CF, 480 CF y 520 CF.

La construcción del D13A es totalmente nueva, a pesar de que se encuentre basado en el modelo de los motores D9/D16 los cuales cuentan con una distribución trasera, árbol de levas en cabeza, culata unitaria, freno motor del tipo VEB o EPG e inyector - bomba.

El motor modelo D13A, de acuerdo con lo que exige en cuanto a emisiones el Euro 3 cumple con todos los requisitos, y se planea que en el año 2006 este motor cumpla con el Euro 4 mediante las mejoras que se le realizaran en cuanto al ambiente.

El motor posee una ventila del cárter cerrada, abierta u opcional. El riesgo de que el motor gotee aceite se puede eliminar con la ventila del cárter completamente cerrada, esta característica es muy solicitada para transportes que se realizan en entornos delicados.

La denominación del motor (D13A440) es la siguiente:

- D = Diesel
- 13 = Cilindrada en litros
- A = Generación
- 440 = Variante (potencia en caballos de fuerza)

**Figura 8**

Fuente: Manual de especificaciones Volvo Truck

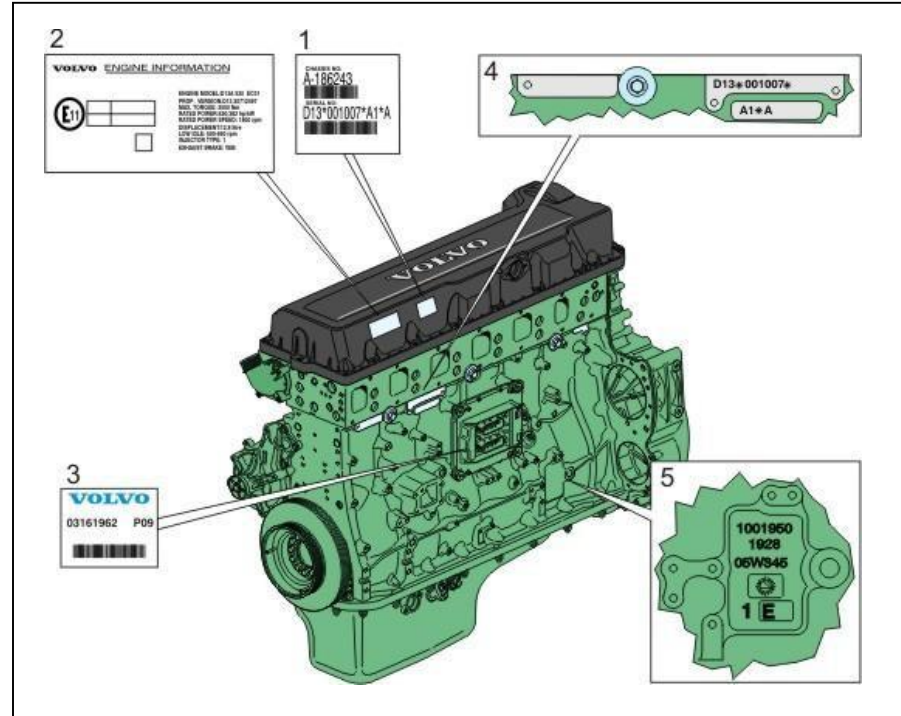


Figura 8 Identificación de Motor D13A 400 con placas impresas en motor y cabina



Para identificar las distintas variantes existentes de motor hay un par de etiquetas (1 y 2) las cuales se encuentran adicionadas en la tapa de balancines en la parte izquierda. Todos los datos del motor de la unidad de mando se encuentran en una etiqueta (3) en la unidad de mando en la parte trasera. En el extremo de arriba de adelante del bloque al lado izquierdo se encuentra troquelado el número de serie de motor (4), el lado izquierdo. Y la fecha en que fue fundido, entre otras cosas más. (5) del bloque se encuentran en la zona izquierda de la parte inferior.

En la primera etiqueta encontramos: del motor, el número de serie y código de barras, y en caso de ser un camión el número de chasis.

La etiqueta 2 tiene los siguientes datos:

- Freno de escape:  
VEB = Volvo Engine Brake  
EPG = Freno de escape
- Tipo de inyector: 1 = el motor tiene inyectores-bomba tipo E3
- Modelo de motor: EC01 = Nivel de emisiones Euro 3

## **DISTRIBUCIÓN DEL MOTOR**

En la parte trasera del motor encontramos la distribución en una chapa de 6 mm de espesor hecha de acero (1), del mismo modo en motores D16C y D9A.

Para asegurara la placa de distribución, se fija con tornillos y además se procede a sellar con silicona contra la culata y el bloque. Esta tiene un surco mecanizado contra el bloque. En la parte externa de este surco se coloca la silicona en una cinta en la placa.

Para el montaje adecuado del engranaje intermedio doble y el de cigüeñal se tienen marcas (B).

**Figura 9**

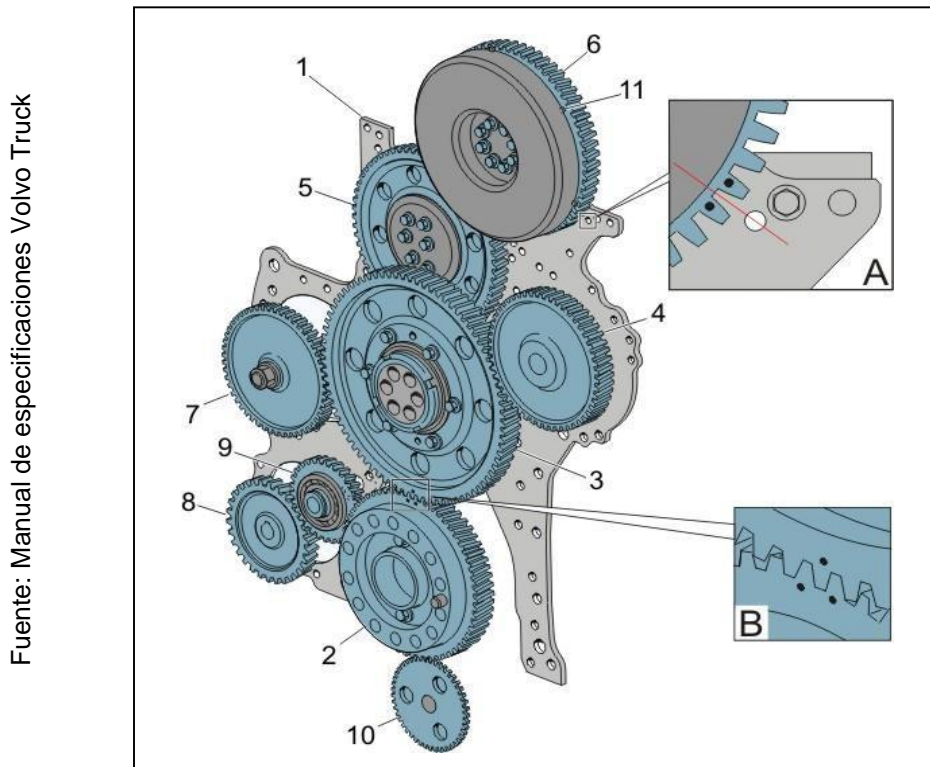
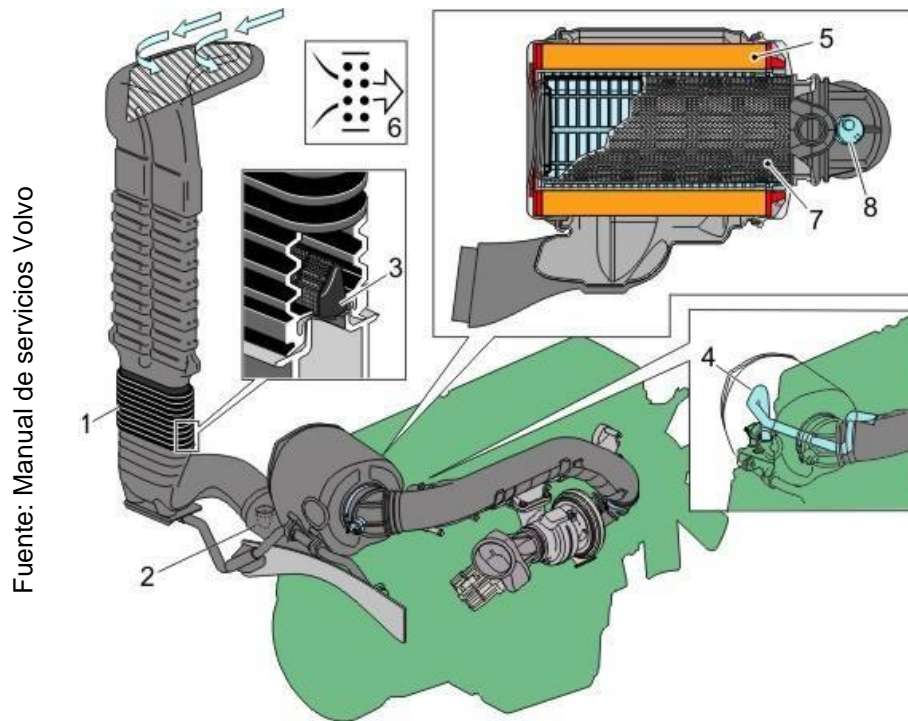


Figura 9 Ubicación de engranajes en la distribución del motor D13A 440

1. Placa de distribución
2. Engranaje del cigüeñal
3. Engranaje intermedio, doble
4. Engranaje propulsor de toma de fuerza (equipo extra)
5. Engranaje intermedio, ajustable
6. Engranaje del árbol de levas
7. Engranaje propulsor, compresor de aire
8. Engranaje propulsor, bomba servodirección y bomba de alimentación de combustible
9. Engranaje intermedio, bomba de servo de dirección y de alimentación de combustible
10. Engranaje propulsor, bomba de aceite lubricante
11. Amortiguador de oscilaciones con dientes para el sensor inductivo del árbol de levas.

## SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE

Figura 10



Fuente: Manual de servicios Volvo

Figura 10 Toma de aire y filtro de aire

Por la parte trasera de la cabina, a la izquierda del tabique se encuentra la toma de aire la cual está hecha de plástico. Un fuelle de goma el cual posee la cualidad de ser auto sellador permite la unión entre las secciones de chasis y de cabina (1). Hay una válvula de goma en la base del tubo de conexión inferior (2) el cual sirve para drenar el agua. Al lado del fuelle de goma se encuentra una red protectora (3). Y también otro fuelle de goma y un tubo conectan la parte limpia del ingreso de aire y el compresor de aire (4).

En la consola de chasis en la parte posterior de la cabina se encuentra el cuerpo de filtro, el cual está hecho de plástico. El elemento de filtro (5) tiene juntas de goma fijadas en ambos extremos y está hecha de papel impregnado. En los elementos de filtro, estas juntas a la vez sirven de guías. Para realizar el cambio de cartucho de filtro

se debe tener en cuenta la lámpara de cambio o el tiempo de servicio (6). En caso de que las condiciones sean abruptas se puede optar por instalar un segundo filtro (7).

Para la temperatura de la presión y el aire existe un sensor el cual se encuentra entre el turbo y el cuerpo de filtro (8). Cuando se prende la luz de advertencia significa que este sensor ha mandado una señal hacia la unidad de mando del motor la cual significa que el filtro empieza a obstruirse (6).

## ENFRIAMIENTO DEL AIRE DE ADMISIÓN

Fuente: Manual de servicios Volvo

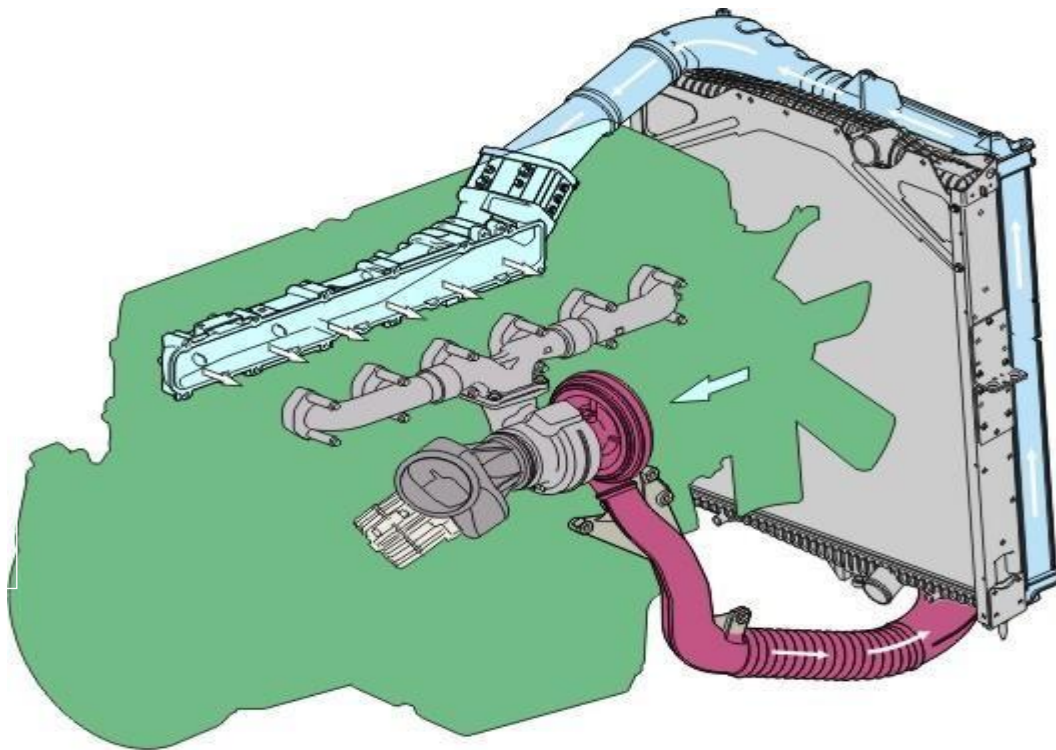


Figura 11 Intercooler

El D13A posee un enfriador del aire que ingresa conocido como intercooler. El cual se encuentra en la parte delantera del enfriador de refrigerante y baja la temperatura del aire a aproximadamente 150°C. El aire que ingresa al motor debe tener una baja temperatura para que la combustión que produzca no contamine tanto. Esto hace que se produzca cantidades pequeñas de NO, lo que hace que cumpla con las normas de emisiones bajas.

El aire de que ingresa al motor al tener una baja temperatura permite una alta irrigación de combustible al motor, mejorando su potencia. A la vez este aire reducirá el trabajo realizado por válvulas y pistones.

### Ciclo Ideal Diesel

El ciclo normal de aire, se desarrolla como un proceso adiabático reversible, luego le sigue a una presión constante un proceso de combustión, seguido de una descarga de potencia mediante una expansión adiabática, y al final una salida de humos isovolumétricos. Al finalizar este proceso se vuelve al ciclo.

**En el caso del nitrógeno, sucede que a mayor altitud será mayor la cantidad de nitrógeno, es decir para 0 msnm el porcentaje de nitrógeno de 78.14% hasta valores de 79.09% para altitudes mayores de 3000 msnm.**

Recuperado de:  
<https://nikolasbuitrago.wordpress.com/tercer-corte/consultas/ciclos-termodinamicos/ciclo-diesel/>

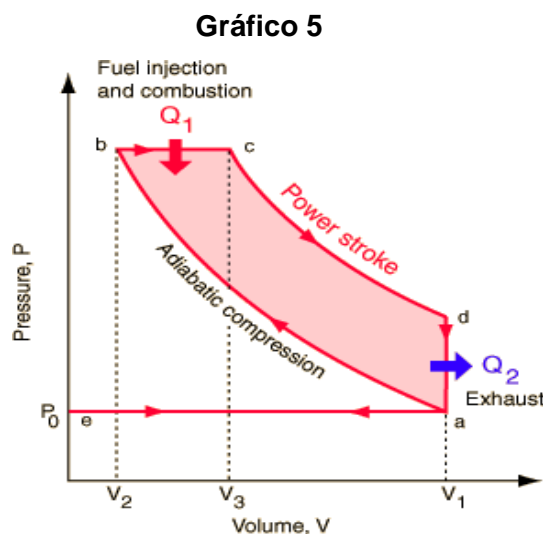


Gráfico 5 Ciclo ideal diesel

La descarga de potencia y la compresión son adiabáticos en este ciclo, nos permite calcular la eficacia mediante los procesos a volumen y a presión constantes. Estas se pueden obtener mediante las siguientes formulas:

$$Q_1 = C_P(T_c - T_b)$$

$$Q_2 = C_V(T_a - T_d)$$

$$Efficiency = \eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1}$$

### **Presión Media Indicada [Pi]**

Esta se da la parte interna del cilindro mediante la detonación del fluido operante seguidamente de la introducción del combustible, generando el trabajo del ciclo.

La labor que realiza el ciclo va a depender del instante en que la válvula de escape se abre y en la forma en que se da el proceso de combustión, esto se debe a la potencia desarrollada y a la magnitud de la presión media que se indica. Para poder implementarlo lo que se trata de hacer es lograr un mayor aporte de aire (oxígeno) y un mejoramiento en el proceso de combustión y poder generar un beneficio optimo con el combustible y el poder calorífico que entrega, a la vez poder aumentarla potencia. Para poder obtener la PMI (presión media indicara) se realizará el siguiente cálculo, utilizaremos una fórmula que cree una relación entre los parámetros modificados añadiendo el intercooler, especialmente la eficiencia volumétrica, el coeficiente e exceso del aire y la densidad de este.

## Ciclo Real Diesel.

Grafico 6

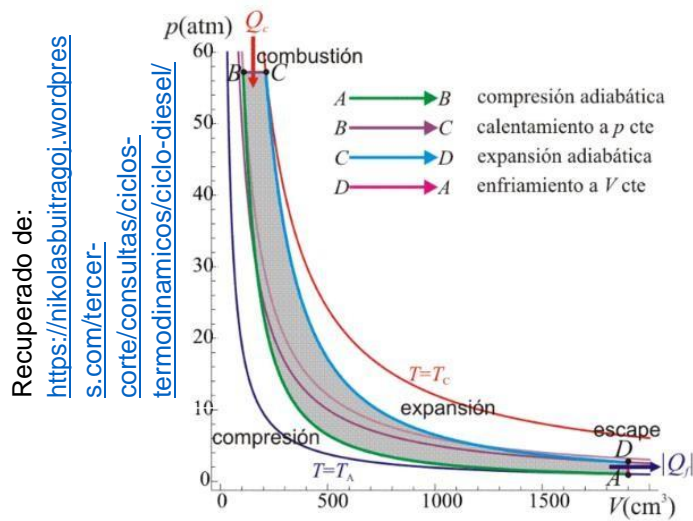


Grafico 6 Ciclo real diésel

El ciclo real es aquel que muestra las situaciones funcionales del motor y mediante la representación de P-V (diagrama indicado), se le da esta denominación ya que se puede obtener con usando un indicador. Este aparato nos permite determinar los cambios de volumen y presión en l parte interna del cilindro durante cada proceso del ciclo.

Grafico 7

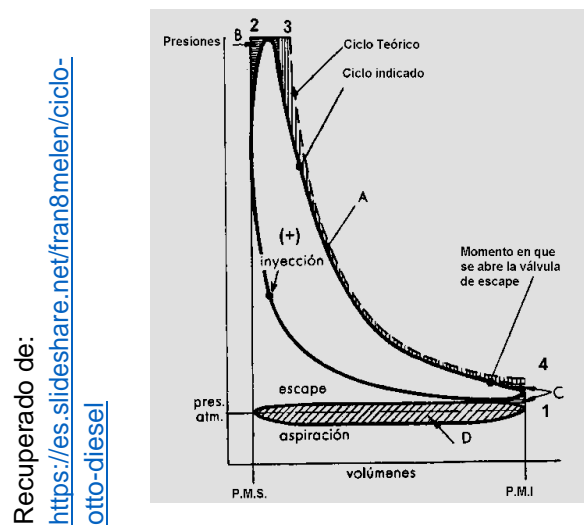


Grafico 7 Cambios de volumen y presión

Las variaciones del ciclo teórico y el ciclo indicado son generadas por:

**a.- Pérdidas de calor (A):** en el ciclo ideal no se dan estas pérdidas y son importantes en la realidad, para que el pistón tenga un buen funcionamiento el cilindro debe estar refrigerado, haciendo que el calor perteneciente al fluido sea transmitido a las paredes. La línea de expansión que es la que produce trabajo y la línea de compresión no deben ser adiabáticas, dando como resultado en un ciclo ideal que estas se vuelvan poli trópicas, teniendo un exponente distinto de  $\gamma$ . Durante la carrera de compresión de la potencia de la transformación politrópica “n”, se pierde calor, resultando un valor menor que  $\gamma$  y una mayor expansión.

**b.- Aumento de los calores específicos del fluido con la temperatura:** si estos se encuentran a un volumen y a una presión constante y si se tratase de un gas real no tendrán una constancia, en cambio aumentarán si la temperatura sube, de tal modo que disminuirá su cociente  $\gamma = C_p/C_v$ . Es por esto que los valores que alcanzaran la  $T^{\circ}\text{max}$  y la P serán más bajos que durante el ciclo ideal.

**c.- Tiempo de apertura de la válvula de escape,** se supone que el ciclo en teoría abra y cierre las válvulas de forma instantánea, este trabajo se realiza en un largo tiempo en los PMI o PMS, con respecto al tiempo que tarda el pistón en desplazarse. El enfriamiento que se da en el ciclo ideal mecánicamente con respecto al PMI, no sucede así, ocurre inmediatamente en correspondencia con el PMI, en el funcionamiento real no es instantánea, para que se liberen los gases producidos en la combustión se debe abrir la válvula de escape con antelación y así se pueda bajar la presión que se encuentra dentro del cilindro, buscando acercarse a la presión del exterior.

Esta anticipación en la abertura de la válvula de escape, genera que el trabajo útil disminuya (área C), pero esa disminución sería mayor si no se abriese con antelación la válvula de escape.



**d.-** A una presión constante no se puede dar una combustión instantánea, a pesar de que el ciclo teórico así lo muestre; en el ciclo real el proceso de combustión tarda un tiempo. Es por ello que se debe adelantar la introducción del combustible en relación al PMS. Si el PMS y la inducción se realizaran al mismo tiempo, mientras el pistón ha recorrido ya gran parte de su camino, el pico de presión y la combustión se generarían al mismo tiempo obteniendo una pérdida de trabajo. Por esto se prevé que la introducción se dé antes para que la combustión tenga su propio tiempo ello se prevé la inyección de manera que la inflamación tenga lugar. Durante la inyección del calor el ciclo se representará por un redondeo de la isocora.

**e.-** Pérdidas por bombeo (área D): Durante el ciclo teóricamente se estima la salida de aire y la admisión de este se realizarán a una presión atmosférica y constante. Por lo general los fluidos que recorren conductos ya sea de escape o admisión, presentan cierta resistencia en su recorrer ya que se genera un rozamiento entre las paredes y las moléculas de la sustancia. Esto se puede determinar mediante fórmulas para hallar la disminución de carga de fluidos. Estos rozamientos hacen que a velocidad con la que entra el aire sea menos que aquella con que el volumen aumentará dentro del cilindro para que el pistón descienda.

La velocidad de circulación de un fluido va a generar pérdida de cargas, la disminución de la energía de presión por el rozamiento, esto se da debido a que el pistón debe imponerse a la depresión de la aspiración y a una presión alta durante el escape.

Para lograr que no haya mucha variación entre el ciclo teórico y el indicado, se hacen pruebas entre el inicio del ciclo y la distribución, haciendo pruebas con los tiempos de la salida y la entrada de fluido efectivo del cilindro. Estas alteraciones son las siguientes:

- Adelanto en la apertura de la admisión (AAA). Antes de que el pistón llegue al PMS la válvula de admisión debe estar abierta, logrando que en cuanto el pistón empiece a descender, la válvula se encuentre abierta, logrando evitar que se

restrinja que el aire pueda ingresar. Para lograr el completo escape de los gases generados por la inflamación se aprovecha la fuerza del aire que entra.

- Retraso en el cierre de la admisión (RCA). Una vez que el pistón llega a su PMI la válvula es sellada, buscando aprovechar la fuerza del aire que entra.
- Adelanto en la apertura de escape (AAE). Logra que la presión que se encuentra al interior baje primero, facilitando la expulsión de los gases generados por la inflamación. Se busca disminuir el escape de energía que se necesita para llevar a cabo dicha salida de gases.
- Retraso en el cierre del escape (RCE). Logra una buena expulsión de los gases producidos por la combustión. Al ser la sección de salida de los gases tan reducida, genera que esta sea a una velocidad alta, haciendo que dentro del cilindro se produzca la baja de la presión y a la vez logra la absorción necesaria de aire limpio. La densidad del aire disminuirá al encontrarse con los gases producidos por la combustión, debido a que, la temperatura alta que se produce al mezclarse estos gases con el aire limpio, ocuparan un volumen más grande y una densidad menor.

Cuando las válvulas de escape y admisión se encuentran abiertas al mismo tiempo, se le conoce como cruce de válvulas. En este periodo, nos beneficiamos de la inercia que crea el aire dentro de las válvulas de entrada y salida para hacer más fácil el paso del aire y la salida de los gases de la combustión.

Por medio de esto es posible obtener la presión media, hipotética y constante. La sustracción entre el trabajo positivo y el trabajo negativo del ciclo, se conoce como trabajo neto.

$$W (+) - W (-) = W_{\text{neto}}$$

Fraccionando el área correspondiente al trabajo neto por el volumen de cilindrada, obteniéndose el valor de la presión media indicada:

$$p_{mi} = \frac{W_{neto}}{volumen}, \text{ será usada para obtener el valor de la potencia indicada (Pi)}$$

La potencia simboliza la razón entre el trabajo generado y el tiempo empleado en producirlo, y sea representado de la siguiente manera:

$$P_i = \frac{(W) \text{ ciclo}}{(\text{Tiempo}) \text{ ciclo}} = \frac{F * d}{2 / n} = \frac{p_{mi} * s * c}{2 / n} = p_{mi} * V_{cil} * n / 2$$

Dónde:

W = trabajo

Para un motor de cuatro tiempos, es necesario 2 vueltas del cigüeñal para lograr un ciclo completo, por lo tanto el tiempo para realizar un ciclo, vale 2/n

F = fuerza

d = distancia a través de la cual actúa la fuerza

s = superficie del pistón

c = carrera del pistón, distancia entre el PMS y el PMI

Vcil = volumen de cilindrada (producto de la superficie del pistón y la carrera entre sus puntos muertos)

Por último, existen 3 cláusulas que establecen la potencia de un motor de combustión interna que son:

La presión media indicada,  $p_{mi}$  = que se conoce con el nombre de “factor térmico”

El volumen de cilindrada,  $V_{cil}$  = que es el factor “factor geométrico”

El régimen de rotación alcanzado = que es el “factor dinámico”

### **Eficiencias ó rendimientos**

La razón entre la potencia indicada y la potencia térmica del combustible, es el *rendimiento térmico indicado*:

$$\eta_{ii} = \frac{P_i}{P_t}$$

$$P_t (kW) = \frac{Ch (l / h) \rho (kg / l) E (kJ / kcal) P_c (kcal / kg)}{3600}$$

Expresa el valor de potencia que el motor podría entregar en teoría en relación al combustible utilizado y la utilización del motor.

Siendo:

$Ch$  = consumo horario

$\rho$  = densidad del combustible

$E$  = equivalente mecánico del calor

$P_c$  = poder calorífico del combustible

Se define como el valor mecánico a la relación existente entre la potencia indicada y la potencia mecánica efectiva que se mide en el eje y muestra la potencia liberada en rozamientos o en fricción en las partes mecánicas en movimiento del motor y partes de los diferentes sistemas que lo acompañan (bomba de aceite, bomba de agua, elementos de la distribución, etc.)

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

Al producto de ambos rendimientos se lo denomina rendimiento total o térmico-mecánico:

$$\eta = \eta_m \eta_i$$

El beneficio total simboliza la correspondencia entre el trabajo útil en el eje motor (al volante) y aquel equivalente a la energía calorífica del combustible consumido.

Sabiendo que 1 CV h = 75 kgm/s x 3600 s = 270000 kgm

El gasto de combustible para generar un trabajo efectivo de 1 CV h se denomina consumo específico de combustible  $C_e$  (g/CVh).

Si  $E$  es el semejante mecánico del calor y vale  $E = 427$  kgm/kcal y  $P_c$  = poder calorífico del combustible (kcal/kg), el trabajo similar al gasto de combustible por cada CV h vale, en kgm:

$$W_{eq} = 427 \frac{C_e}{1000 \text{ (g/kg)}} P_c$$

Y el rendimiento total:

$$\eta = \frac{(270000) (1000)}{C_e P_c 427} = \frac{632310}{C_e P_c}$$

Por lo tanto el beneficio total del motor llegará a su máximo valor en cuanto el gasto específico sea el mínimo.

### **Rendimiento volumétrico:**

Es la relación entre la masa de aire que ingresa al motor en una unidad de tiempo y la masa de aire que debería entrar hasta completar el volumen de cilindrada total en las mismas condiciones atmosféricas del momento.

$$\eta_v = \frac{m_{ar}}{m_{at}}$$

$$m_{at} \text{ (kg/h)} = V_{cil} \rho_{aire} n_{act}$$

Donde  $n_{act}$  = régimen activo que para un motor de 4 tiempos, que necesita 2 vueltas para completar un ciclo vale  $n/2$  (v/min).

$$\rho_{aire} = \text{densidad del aire (kg/m}^3) = \rho = \frac{m}{V} = \frac{MP}{RT}$$

R = constante universal de los gases (J/mol °K)

Para el caso del aire tenemos que  $M = 0,029$  kg/mol y teniendo en cuenta que  $R = 8.314$  J/mol K, la relación  $M/R = 3.488 \times 10^{-3}$  kg K/J.

$$\rho_{aire} \text{ ( kg / m}^3) = \frac{P \text{ (Pa)}}{T \text{ (K)}} 3.488 \times 10^{-3} = \frac{P \text{ (kPa)}}{T \text{ (K)}} 3.488$$

## Principales Fallas en los Motores Diesel.

### Baja presión de compresión

Se origina por un golpe metálico agudo, producto de la disminución de temperatura del aire en compresión. La separación entre las curvas de la presión y la temperatura de compresión de la combinación suelen ser más pequeños de lo usual. Por esta razón, se requiere un tiempo largo para que esta mezcla logre llegar a su adecuado nivel de activación.

Cuando el tiempo del encendido toma un largo periodo es debido a la baja presión de compresión, esto genera que gran parte del combustible no se queme en la parte interna de la cámara, pero ni bien se encienda este combustible se quemara de forma inmediata.

### **Inyección prematura del combustible**

Se puede detectar por un ruido de golpeteo diésel un tanto más pesado, cuando el combustible se inyecta de forma prematura (antes del instante ideal). Esto quiere decir que el combustible ingresa a la cámara anteriormente a la temperatura del aire sea la perfecta, por tanto las gotas de combustible se evaporan de una forma lenta. Normalmente requiere un tiempo más amplio incluso antes de que pueda encenderse totalmente, esto lleva que el encendido sea más demorado o rogado de encendido.

### **Retardo del tiempo de la Inyección del combustible**

Cuando se presenta un retardo en la Inyección de combustible, las gotas no tienen el tiempo suficiente para su evaporación, por ello el encendido pasa cuando el pistón empieza a bajar, la temperatura y la presión comienzan a disminuir, impidiendo que tanto la presión como la temperatura logren encender la mezcla.

Una parte de combustible se evapora y la otra se apaga sin ser quemado, lo que da como consecuencia humo blanco por el tubo de escape.

### **Baja presión en la Inyección**

Para que el combustible se atomice de una manera correcta es porque la presión de inducción es correcta, pero si esta presión es baja, el combustible no se atomizará bien y las gotas del combustible serán más grandes de lo usual.

El tamaño de estas gotas hace que sea más difícil su evaporación, generando que el encendido sea tardado. Esto ocasiona que al encender el combustible se quemara de forma inmediata y que el diésel golpetee.

### **Inyección Excesiva de combustible**

Cuando el oxígeno se disminuye en la cámara de combustión, en la combustión directa el oxígeno se quema en su totalidad, esto se da cuando la Inyección es normal, en cambio cuando se da una Inyección excesiva de combustible, este se calcina por las altas temperaturas y a la vez no permite que se mezcle el aire. Cuando el combustible no se quema se convierte en carbón y genera la emisión de humo negro.

Es así que se puede afirmar que el motor diésel se desempeña de una manera adecuada si el combustible se quema de una manera normal. Y para qué sirve esta, se

debe buscar alcanzar las siguientes condiciones: una presión elevada de compresión y una adecuada inducción del combustible.

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿En qué medida la variación de la temperatura del aire de admisión permite determinar la performance de un motor diesel 13000 cc en la ciudad de Chiclayo?

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

##### **Justificación Técnica.**

Técnicamente se justifica la realización del presente proyecto de investigación, porque es posible determinar la variación de los parámetros de funcionamiento del motor variando la temperatura de ingreso del aire de admisión, y mediante mediciones indirectas, en modo de señales eléctricas, poder calcular la variación de las variables como son cantidad de aire, temperatura de los gases de admisión y tiempo de inyección de combustible. El motor tiene equipado un conector OBD2, que permite conocer en tiempo real la variación de dichas variables.

##### **Justificación Económica.**

La optimización del consumo de combustible, determina el ahorro que se tiene en él, mediante el consumo específico de combustible expresado en galones por hora, que está ligado directamente al tiempo de inyección, en milisegundos, y todo ello implica en disminuir los costos operativos de funcionamiento del vehículo, que finalmente repercute en mayores utilidades económicas a la empresa dedicada al transporte público.



**Justificación Social.**

Al tener un mayor ingreso económico, mejora las condiciones de vida de la población que se dedica al sector del transporte; uno de los aspectos significativos en la población son los gastos operativos por combustibles, éste insumo es de uso constante y es proporcional al recorrido realizado.

**Justificación Ambiental.**

Se justifica ambientalmente, porque la disminución del consumo de combustible tiene como consecuencia directa la disminución de las emisiones de gases de escape, si es que la combustión se realiza en condiciones normales; los gases de escape que son el dióxido de carbono, hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, vapor de agua y óxidos de nitrógeno, se emiten en cantidades proporcionales a la masa de combustible que ingresa al motor.

## **1.6. Hipótesis**

El análisis de la variación de la temperatura del aire de admisión permite evaluar el funcionamiento de un motor diesel 13000 cc en la ciudad de Chiclayo.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Analizar de la variación de la temperatura del aire de admisión para evaluar el funcionamiento de un motor Diesel 13000 cc en la ciudad de Chiclayo.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- a) Realizar las mediciones de la variación de los parámetros de funcionamiento de motor D13, variando la temperatura del aire de admisión.
- b) Determinar el modelo numérico del tiempo de inyección, flujo de masa de aire y temperatura de los gases de escape.
- c) Establecer rangos de cada variable de funcionamiento del motor D13, que determine la temperatura óptima del aire de admisión.
- d) Representar gráficamente el comportamiento de los parámetros del funcionamiento del motor con la variación de la temperatura del aire de admisión.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de investigación es **no experimental**, que consiste en que no se manipularan en forma intencional las variables que se están estudiando si no que se observarían los elementos ya existentes en la problemática existente en la determinación del consumo de combustible, al utilizar sistema de dirección hidráulica y eléctrica.

### **2.2. VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN**

#### **2.2.1. IDENTIFICACION DE VARIABLES**

Independiente: **ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN.**

Dependiente: **FUNCIONAMIENTO EN UN MOTOR DIESEL 13000 CC.**

## CUADRO DE VARIABLES

VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Técnicas e Instrumentos
<p style="text-align: center;">VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>ANALISIS DE LA VARIACION DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISION</p>	<p>Consiste en determinar el comportamiento de la temperatura de ingreso en el motor, el cual varía no linealmente en la densidad del aire y por ende la variación del flujo de masa de aire, el tiempo de inyección de combustible y la temperatura de los gases.</p>	<p>La medición de ésta variable se obtiene con la variación del recorrido del aire en el ingreso del motor, ésta variación del recorrido del aire se activa con el sistema de admisión variable. La medición de la temperatura del aire se mide por variación de la resistencia eléctrica por variación de temperatura.</p>	Resistencia eléctrica sensor IAC	Resistencia eléctrica.	Ohmios	Observación directa
			Temperatura de aire de admisión	Temperatura del aire de admisión.	Grados centígrados.	
<p style="text-align: center;">VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>PERFORMANCE EN UN MOTOR DIESEL 13000 CC</p>	<p>El funcionamiento adecuado de un motor está en función a los valores dentro de un rango especificado de los valores de flujo de masa de aire, tiempo de inyección, temperatura de los gases de escape.</p>	<p>Las mediciones de estas variables se realiza por medio de los sensores ubicados en puntos estratégicos, es decir el sensor de masa de aire ubicado en el múltiple de admisión, el sensor de temperatura de los gases de escape en el tubo de escape, y el inyector en el motor diesel.</p>	<p style="text-align: center;">Torque Y Eficiencia</p>	<p>Flujo de masa de aire</p> <p>Tiempo de Inyección</p> <p>Temperatura de gases de escape.</p> <p>Consumo específico de combustible</p>	<p>Kg/s.</p> <p>Milisegundos.</p> <p>Grados Centígrados.</p> <p>Km/Galón.</p>	<p>Guías de observación</p> <p>Revisión documental</p>

## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Población

- La Población está constituida por los motores D13, de año de fabricación del 2013 al 2017. Según reporte de SUNARP, existen inmatriculados 123 en dicho periodo de tiempo.

### 2.3.2. Muestra

Debido a la naturaleza de la investigación, la muestra para la presente investigación es:

La expresión para determinar el número de la muestra es:

$$n = \frac{N * Za^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Za^2 * p * q}$$

Dónde:

N: Total de la población. 123

Za: 1.64 al cuadrado (si la seguridad es del 90%).

p: Proporción esperada (en esta caso 2% = 0.02)

q= 1-p (en este caso 0.98)

d: Precisión (10%)

$$n = \frac{123 * 1.64^2 * 0.02 * 0.98}{0.1^2 * (123 - 1) + 1.64^2 * 0.02 * 0.98}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$n = 5$$

## **2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

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

### **2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

#### **2.4.1.1. Técnica de recolección de datos.**

**a) Observación directa**

Se ira al lugar para realizar las pruebas y observaciones en las muestras de los motores D13 de los vehículos seleccionados como muestra.

**b) Revisión documental**

Nos permite tener información necesaria sobre el tema de investigación.

#### **2.4.1.2. Instrumentos de recolección de datos**

**a) Guías de observación**

Se verifica el análisis de las mediciones con el uso del analizador de redes.

**b) Guía de análisis de documentos**

Se verifica las fuentes de los fabricantes de los componentes de los motores eléctricos.

### **2.4.1.3. Validez y confiabilidad**

**Validez:** la validez de los instrumentos será dada por la aprobación de uno a tres especialistas en el área.

**Confiabilidad:** Este proyecto tendrá la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, accediendo mejoras de éxito.

### **2.5. Métodos de análisis de datos**

Método deductivo, ya que el resultado de lo que queremos lograr se halla implícitamente en las premisas que se puedan alcanzar; es decir que con los datos de las mediciones de los parámetros de funcionamiento, se realizará una deducción del consumo de combustible.

### **2.6. Aspectos éticos**

Este proyecto se realizará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos con cual se realiza el estudio a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre de intereses.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Realizar las mediciones de la variación de los parámetros de funcionamiento del motor, variando la temperatura de aire de la admisión**

La variación de la temperatura del aire de admisión se realiza regulando la válvula de admisión variable, ubicada en el múltiple de admisión; ésta variación consiste en modificar el recorrido del aire antes de su ingreso a la cámara de combustión del motor, y su variación lo registra el sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) ubicado en el mismo sensor del flujo de masa de aire (MAF) en el múltiple de admisión del motor. Las pruebas se realizaron cuando el motor registra una velocidad de giro de 1500 rpm.

Se realizan mediciones de:

- a) Sensor de Temperatura del aire.
- b) Tiempo de inyección de combustible.
- c) Flujo de masa de aire.
- d) Temperatura de los gases de escape.

Las pruebas se realizaron a cinco unidades vehiculares con las características descritas en la población y muestra del proyecto; la muestra es de 5 unidades, tomando el registro de cinco mediciones a cada una de las variables.



### a) Sensor de Temperatura del aire. (IAT)

El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT), permite a la computadora (ECU) verificar el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que ingresa a las cámaras de combustión. Basándose en la temperatura del aire, será la cantidad de oxígeno que ingresa y la computadora tiene que regular la cantidad de combustible para mejorar el punto estequiométrico. Regularmente el sensor se encuentra en la parte trasera del pleno de admisión.

El circuito del sensor de masa de aire está constituido por un sensor ubicado en el ingreso del aire del circuito de alimentación del motor, y el elemento que capta la variación de la temperatura es un termistor tipo NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura), que incrementa su valor óhmico al variar la temperatura; a un valor de temperatura ambiente de 23 grados centígrados el termistor posee una resistencia eléctrica de 2 Kilo-ohmios, pero al incrementar la temperatura hasta los 82 grados centígrados la resistencia disminuye hasta valores cercanos a 300 ohmios.

Figura 13

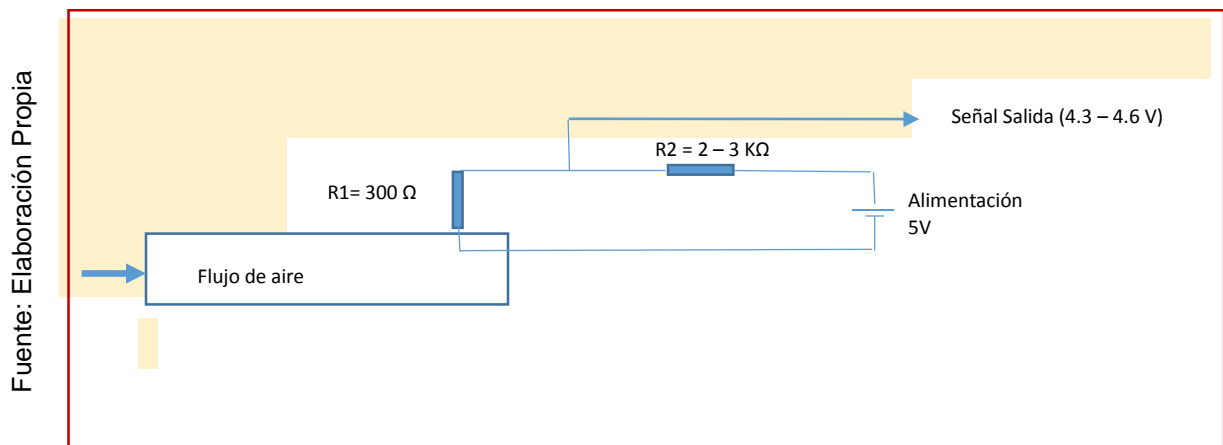


Figura 12 Circuito Esquemático del sensor de temperatura de aire de admisión

Según el fabricante Volvo Truck Corporation, se tiene la siguiente ficha técnica del termistor:

**Tabla 4**

Resistencia (Ohmios)	Temperatura (°C)
2800	23
2550	40
2450	50
2350	60
2300	70
2280	75
2260	76
2240	77
2220	78
2200	79
2180	80
2160	81
2140	82
2130	83
2120	84
2100	85

Fuente: Manual de Servicio Camiones Volvo

Tabla 4 Ficha Técnica de termistor

Los resultados de las pruebas al sensor de temperatura del aire, se realizaron utilizando el scanner automotriz (KTS 570 BOSCH), configurado con la marca y modelo del motor. Las mediciones se realizaron tomando cinco lecturas, en cinco unidades vehiculares de la flota de la empresa (TURELA), con kilometrajes que varían entre los 100 mil y 150 mil kilómetros; variando la posición de la válvula de ingreso de aire de admisión (cinco posiciones), el cual registra la siguiente información.

**Tabla 5**

Unidad Vehicular	N°	Variación de resistencia (Ohmios)	Tensión de señal (Voltios)	Temperatura del aire (°C)
1	1	2610	4.31	78.2
	2	2480	4.29	79.1
	3	2360	4.26	80.3
	4	2290	4.24	81.2
	5	2210	4.22	82.4
2	1	2590	4.32	77.9
	2	2484	4.31	78.7
	3	2363	4.28	80.4
	4	2292	4.26	81.9
	5	2214	4.23	82.3
3	1	2588	4.34	78.3
	2	2478	4.32	79.1
	3	2369	4.28	80.8
	4	2297	4.24	82.1
	5	2208	4.21	83.2
4	1	2630	4.32	79.1
	2	2528	4.29	79.8
	3	2410	4.27	80.6
	4	2320	4.24	81.2
	5	2238	4.23	82.4
5	1	2590	4.34	77.4
	2	2510	4.32	78.9
	3	2390	4.28	80.2
	4	2290	4.24	80.9
	5	2190	4.22	81.7

Fuente Propia: Observación Directa Por Instrumento

Tabla 5 Mediciones del sensor de temperatura del aire de admisión

## b) Tiempo de Inyección.

Mide el tiempo que la electroválvula del inyector permanece activada por una señal eléctrica de la unidad de control electrónico. Este tiempo varía en función de la variación de muchas variables de funcionamiento del motor; sin embargo para la prueba, se establece solo la variación de la temperatura del aire de admisión permaneciendo constantes las demás variables.

**Figura 13**

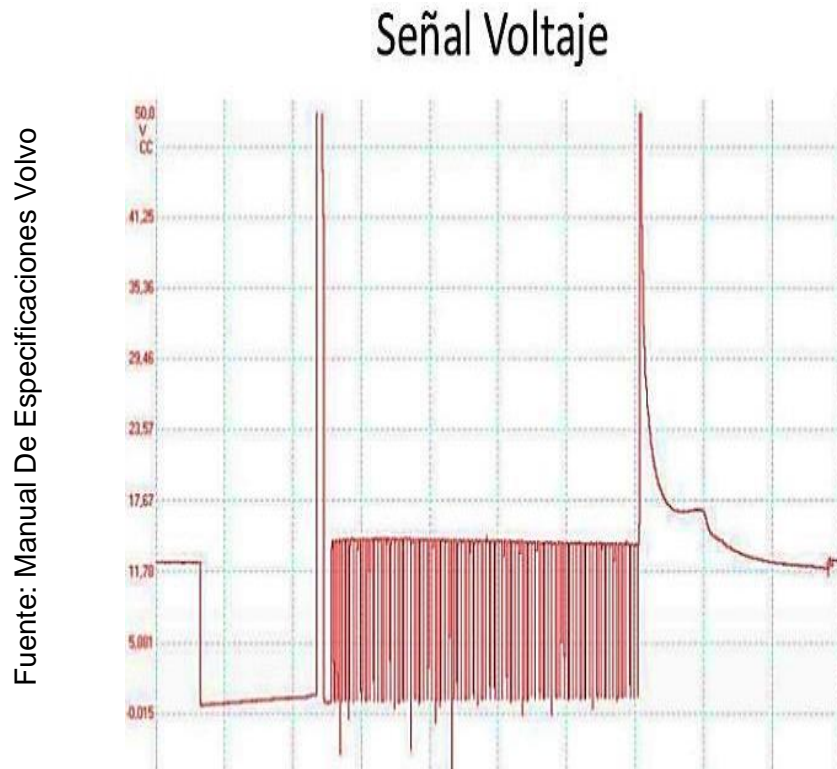


Figura 13 Forma de la señal del tiempo de inyección

**Tabla 6**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)
1	1	78.2	3,54
	2	79.1	3,59
	3	80.3	3,64
	4	81.2	3,57
	5	82.4	3,49
2	1	77.9	3,57
	2	78.7	3,61
	3	80.4	3,67
	4	81.9	3,61
	5	82.3	3,54
3	1	78.3	3,46
	2	79.1	3,56
	3	80.8	3,61
	4	82.1	3,56
	5	83.2	3,49
4	1	79.1	3,57
	2	79.8	3,62
	3	80.6	3,63
	4	81.2	3,59
	5	82.4	3,51
5	1	77.4	3,57
	2	78.9	3,62
	3	80.2	3,63
	4	80.9	3,59
	5	81.7	3,51

Fuente Propia: Observación Directa Por Instrumento

Tabla 6 Registro de mediciones del tiempo de inyección

c) Flujo de masa de aire.

Se realizó la medición de la variación del flujo de aire en función a la temperatura del aire de admisión, el sensor de flujo de masa de aire (MAF), registra en términos de señal de voltaje la variación de la cantidad de aire, mediante un circuito eléctrico, con una configuración de puente de wheastone. Las pruebas se realizaron cuando el motor registra una velocidad de giro de 1500 rpm.

Figura 14

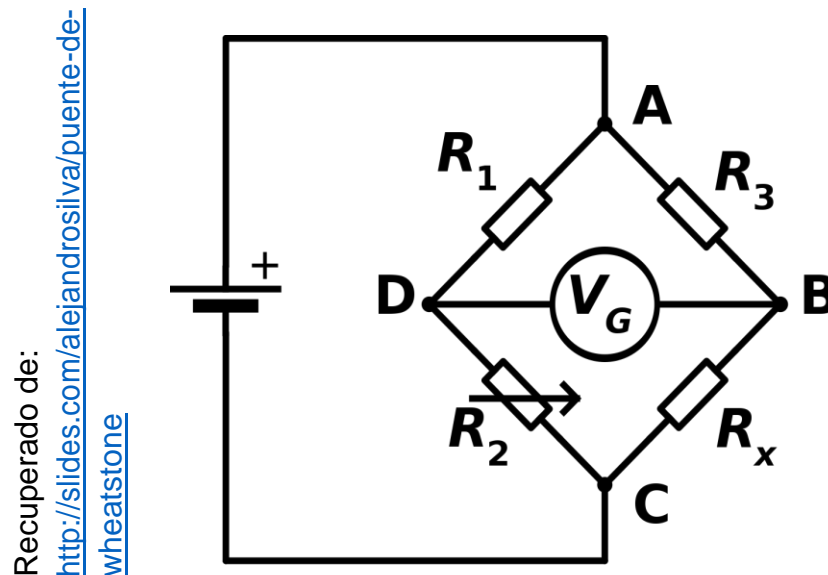


Figura 14 Configuración del Puente Wheatstone

**Tabla 7**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Señal de sensor Flujo de masa de aire (Voltios)	Flujo de aire (Kg/min)
1	1	78.2	4.24	7.45
	2	79.1	4.29	7.35
	3	80.3	4.33	7.23
	4	81.2	4.39	7.12
	5	82.4	4.47	6.98
2	1	77.9	4.29	7.41
	2	78.7	4.32	7.32
	3	80.4	4.37	7.19
	4	81.9	4.48	7.11
	5	82.3	4.52	7.02
3	1	78.3	4.21	7.48
	2	79.1	4.28	7.41
	3	80.8	4.33	7.26
	4	82.1	4.38	7.22
	5	83.2	4.47	7.11
4	1	79.1	4.17	7.38
	2	79.8	4.19	7.36
	3	80.6	4.32	7.24
	4	81.2	4.39	7.18
	5	82.4	4.44	7.06
5	1	77.4	4.27	7.51
	2	78.9	4.31	7.43
	3	80.2	4.39	7.36
	4	80.9	4.43	7.27
	5	81.7	4.47	7.17

Fuente Propia: Observación Directa Por Instrumento

Tabla 7 Mediciones de flujo de masa de aire

#### d) Temperatura de los gases de escape

El circuito del sensor de la temperatura de los gases de escape, está constituido por dos resistencias en serie, una es fija de un valor óhmico de 420 ohmios, una resistencia variable (termistor), que varía su resistencia en función a la temperatura, con valores óhmicos entre 2800 y 3800 ohmios; una fuente de alimentación de 5 voltios, y la toma de la señal de salida que varía entre 2.5 y 4.0 voltios.

**Tabla 8**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Señal de sensor de temperatura de gases de escape (Voltios)	Temperatura de los gases de escape (°C)
1	1	78.2	4.18	320
	2	79.1	4.23	334
	3	80.3	4.27	342
	4	81.2	4.29	346
	5	82.4	4.33	352
2	1	77.9	4.22	324
	2	78.7	4.26	338
	3	80.4	4.32	345
	4	81.9	4.36	347
	5	82.3	4.41	351
3	1	78.3	4.15	318
	2	79.1	4.19	321
	3	80.8	4.27	335
	4	82.1	4.31	341
	5	83.2	4.36	347
4	1	79.1	4.24	326
	2	79.8	4.27	331
	3	80.6	4.33	338
	4	81.2	4.43	344
	5	82.4	4.48	351
5	1	77.4	4.15	322
	2	78.9	4.21	326
	3	80.2	4.26	331
	4	80.9	4.32	337
	5	81.7	4.41	345

Fuente Propia: Observación Directa Por Instrumento

Tabla 8 Medición de la temperatura de los gases de escape al variar la Temperatura del aire de admisión



### **3.2. Analizar numéricamente la influencia de la temperatura del aire de admisión en el tiempo de inyección, flujo de masa de aire, ya la temperatura de los gases de escape.**

#### **3.2.1. Relación Temperatura del aire de admisión – Tiempo de Inyección.**

El tiempo en el cual la tobera del inyector permite el ingreso de combustible hacia el cilindro del motor, se denomina “tiempo de inyección”, y se mide por el tiempo que demora la señal eléctrica en activar la electroválvula ubicada en el inyector.

Este tiempo de inyección, la unidad de control electrónica (ECU), la determina en función a los diversos parámetros de funcionamiento del motor, siendo una de ellas, la cantidad de aire de ingreso; sin embargo el flujo de masa de aire de admisión está influenciado por la temperatura de éste, es decir que a medida que se incrementa la temperatura del aire de admisión, la densidad del aire disminuye, esto se puede entender con la ley general de los gases, en donde relaciona la presión, temperatura y volumen.

Se realiza el análisis numérico utilizando el método de la regresión lineal, para lo cual se analiza los datos de cada unidad vehicular motivo de análisis.

La variable Y: Tiempo de Inyección.

La Variable X: Temperatura del aire

Ecuación:

$$Y = a + bx$$

Dónde:

a: Intercepción de la recta.

b: Pendiente de la recta.

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)
1	1	78.2	3.54
	2	79.1	3.59
	3	80.3	3.64
	4	81.2	3.57
	5	82.4	3.49

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.350016							
Coefficiente de determinación R^2	0.122511							
R^2 ajustado	-0.169985							
Error típico	0.060515							
Observaciones	5							
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	1	0.001534	0.001534	0.418848	0.56362			
Residuos	3	0.010986	0.003662					
Total	4	0.01252						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4.511	1.461	3.088	0.054	-0.138	9.160	-0.138	9.160
Variable X 1	-0.012	0.018	-0.647	0.564	-0.070	0.046	-0.070	0.046

$$Y = 4.511 - 0.012 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)
2	1	77.9	3.57
	2	78.7	3.61
	3	80.4	3.67
	4	81.9	3.61
	5	82.3	3.54

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.1085084							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.0117741							
R <sup>2</sup> ajustado	-0.3176346							
Error típico	0.0562345							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	0.000113	0.000113	0.0357431	0.8621143			
Residuos	3	0.009487	0.0031623					
Total	4	0.0096						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	3.8212	1.1703	3.2651	0.0470	0.0967	7.5457	0.0967	7.5457
Variable X 1	-0.0028	0.0146	-0.1891	0.8621	-0.0492	0.0436	-0.0492	0.0436

$$Y = 3.8212 - 0.028 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)
3	1	78.3	3.46
	2	79.1	3.56
	3	80.8	3.61
	4	82.1	3.56
	5	83.2	3.49

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coeficiente de correlación múltiple	0.14283906								
Coeficiente de determinación R^2	0.020403								
R^2 ajustado	-0.3061293								
Error típico	0.06885673								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F				
Regresión	1	0.00029625	0.0002963	0.06248	0.81875				
Residuos	3	0.01422375	0.0047412						
Total	4	0.01452							
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%	
Intercepción	3.194	1.367	2.337	0.101	-1.155	7.544	-1.155	7.544	
Variable X 1	0.004	0.017	0.250	0.819	-0.050	0.058	-0.050	0.058	

$$Y = 3.194 + 0.004 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)
4	1	79.1	3.57
	2	79.8	3.62
	3	80.6	0.363
	4	81.2	3.59
	5	82.4	3.51

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.564850988							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.319056639							
R <sup>2</sup> ajustado	0.092075519							
Error típico	0.045497998							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	0.00291	0.00291	1.405653	0.321132			
Residuos	3	0.00621	0.00207					
Total	4	0.00912						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	5.29133	1.44020	3.67403	0.03490	0.70797	9.87470	0.70797	9.87470
Variable X 1	-0.02118	0.01786	-1.18560	0.32113	-0.07802	0.03567	-0.07802	0.03567

$$Y = 5.29133 - 0.02118X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)
5	1	77.4	3.57
	2	78.9	3.62
	3	80.2	3.63
	4	80.9	3.59
	5	81.7	3.51

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.352513065							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.124265461							
R <sup>2</sup> ajustado	-0.167646052							
Error típico	0.051596831							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	1	0.001133	0.001133	0.425696	0.560644			
Residuos	3	0.007987	0.002662					
Total	4	0.00912						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4.3747	1.2122	3.6090	0.0365	0.5171	8.2324	0.5171	8.2324
Variable X 1	-0.0099	0.0152	-0.6525	0.5606	-0.0582	0.0384	-0.0582	0.0384

$$Y = 4.3747 - 0.0099 X$$

En resumen, en la tabla se aprecia la relación lineal entre las variables de temperatura del aire (X) y el Tiempo de Inyección (Y)

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C) X	Tiempo de Inyección (milisegundos) Y	Relación Numérica con Regresión Lineal
1	1	78.2	3.54	$Y = 4.511 - 0.012 X$
	2	79.1	3.59	
	3	80.3	3.64	
	4	81.2	3.57	
	5	82.4	3.49	
2	1	77.9	3.57	$Y = 3.8212 - 0.028 X$
	2	78.7	3.61	
	3	80.4	3.67	
	4	81.9	3.61	
	5	82.3	3.54	
3	1	78.3	3.46	$Y = 3.194 + 0.004 X$
	2	79.1	3.56	
	3	80.8	3.61	
	4	82.1	3.56	
	5	83.2	3.49	
4	1	79.1	3.57	$Y = 5.29133 - 0.02118 X$
	2	79.8	3.62	
	3	80.6	3.63	
	4	81.2	3.59	
	5	82.4	3.51	
5	1	77.4	3.57	$Y = 4.3747 - 0.0099 X$
	2	78.9	3.62	
	3	80.2	3.63	
	4	80.9	3.59	
	5	81.7	3.51	

### 3.2.2. Relación Temperatura del aire de admisión – Flujo de masa de aire.

La relación entre la masa de aire y la masa de combustible se denomina relación aire – combustible; ésta relación se mide en función a la masa de éstos fluidos; el volumen específico del aire varía en función a la temperatura; por lo tanto si se incrementa la temperatura del aire, la masa de aire disminuye y por lo tanto se altera la relación aire – combustible.

Se realiza el análisis numérico utilizando el método de la regresión lineal, para lo cual se analiza los datos de cada unidad vehicular motivo de análisis.

La variable Y: Flujo de masa de aire.

La Variable X: Temperatura del aire

Ecuación:

$$Y = a + bx$$

Dónde:

a: Intercepción de la recta.

b: Pendiente de la recta.



N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Flujo de aire (Kg/min)
1	1	78.2	7.45
	2	79.1	7.35
	3	80.3	7.23
	4	81.2	7.12
	5	82.4	6.98

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coeficiente de correlación múltiple	0.999404433							
Coeficiente de determinación R^2	0.99880922							
R^2 ajustado	0.998412293							
Error típico	0.007382816							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	0.13716	0.13716	2516.36	1.7E-05			
Residuos	3	0.00016	5.5E-05					
Total	4	0.13732						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	16.165	0.178	90.699	0.000	15.598	16.732	15.598	16.732
Variable X 1	-0.111	0.002	-50.163	0.000	-0.118	-0.104	-0.118	-0.104

$$Y = 16.165 - 0.111 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Flujo de aire (Kg/min)
2	1	77.9	7.41
	2	78.7	7.32
	3	80.4	7.19
	4	81.9	7.11
	5	82.3	7.02

Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.9893129								
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.978740015								
R <sup>2</sup> ajustado	0.971653353								
Error típico	0.026433782								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>				
Regresión	1	0.096503765	0.096504	138.1102	0.001324				
Residuos	3	0.002096235	0.000699						
Total	4	0.0986							
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>	
Intercepción	13.674	0.550	24.855	0.000	11.923	15.424	11.923	15.424	
Variable X 1	-0.081	0.007	-11.752	0.001	-0.102	-0.059	-0.102	-0.059	

$$Y = 13.674 - 0.081 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Flujo de aire (Kg/min)
3	1	78.3	7.48
	2	79.1	7.41
	3	80.8	7.26
	4	82.1	7.22
	5	83.2	7.11

Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.990902052							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.981886877							
R <sup>2</sup> ajustado	0.975849169							
Error típico	0.023118345							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	0.086917	0.086917	162.6258	0.001			
Residuos	3	0.001603	0.000534					
Total	4	0.08852						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	13.146	0.459	28.650	0.000	11.686	14.606	11.686	14.606
Variable X 1	-0.072	0.006	-12.752	0.001	-0.091	-0.054	-0.091	-0.054

$$Y = 13.146 - 0.072X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Flujo de aire (Kg/min)
4	1	79.1	7.38
	2	79.8	7.36
	3	80.6	7.24
	4	81.2	7.18
	5	82.4	7.06

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.989415838							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.9789437							
R <sup>2</sup> ajustado	0.971924934							
Error típico	0.022152927							
Observaciones	5							
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	0.068447744	0.068448	139.4752	0.001305			
Residuos	3	0.001472256	0.000491					
Total	4	0.06992						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	15.525	0.701	22.139	0.000	13.293	17.756	13.293	17.756
Variable X 1	-0.103	0.009	-11.810	0.001	-0.130	-0.075	-0.130	-0.075

$$Y = 15.525 - 0.103 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Flujo de aire (Kg/min)
5	1	77.4	7.51
	2	78.9	7.43
	3	80.2	7.36
	4	80.9	7.27
	5	81.7	7.17

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coeficiente de correlación múltiple	0.974663836							
Coeficiente de determinación R^2	0.949969594							
R^2 ajustado	0.933292792							
Error típico	0.034380979							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	1	0.067333845	0.0673338	56.963535	0.004823			
Residuos	3	0.003546155	0.0011821					
Total	4	0.07088						
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	13.4430	0.8077	16.6434	0.0005	10.8725	16.0135	10.8725	16.0135
Variable X 1	-0.0764	0.0101	-7.5474	0.0048	-0.1086	-0.0442	-0.1086	-0.0442

$$Y = 13.443 - 0.0764 X$$

En resumen, en la tabla se aprecia la relación lineal entre las variables de temperatura del aire (X) y el Flujo de aire (Y)

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Flujo de aire (Kg/min)	Relación Numérica con Regresión Lineal
1	1	78.2	7.45	$Y = 16.165 - 0.111 X$
	2	79.1	7.35	
	3	80.3	7.23	
	4	81.2	7.12	
	5	82.4	6.98	
2	1	77.9	7.41	$Y = 13.674 - 0.081 X$
	2	78.7	7.32	
	3	80.4	7.19	
	4	81.9	7.11	
	5	82.3	7.02	
3	1	78.3	7.48	$Y = 13.146 - 0.072X$
	2	79.1	7.41	
	3	80.8	7.26	
	4	82.1	7.22	
	5	83.2	7.11	
4	1	79.1	7.38	$Y = 15.525 - 0.103 X$
	2	79.8	7.36	
	3	80.6	7.24	
	4	81.2	7.18	
	5	82.4	7.06	
5	1	77.4	7.51	$Y = 13.443 - 0.0764 X$
	2	78.9	7.43	
	3	80.2	7.36	
	4	80.9	7.27	
	5	81.7	7.17	

### 3.2.3. Relación Temperatura del aire de admisión – Temperatura de los gases de escape

Se realiza el análisis numérico utilizando el método de la regresión lineal, para lo cual se analiza los datos de cada unidad vehicular motivo de análisis.

La variable Y: Flujo de masa de aire.

La Variable X: Temperatura del aire

Ecuación:

$$Y = a + bx$$

Dónde:

a: Intercepción de la recta.

b: Pendiente de la recta.

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Temperatura de gases de escape (°C)
1	1	78.2	320
	2	79.1	334
	3	80.3	342
	4	81.2	346
	5	82.4	352

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coeficiente de correlación múltiple	0.965293583							
Coeficiente de determinación R^2	0.931791701							
R^2 ajustado	0.909055601							
Error típico	3.732650783							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	571.0019544	571.00195	40.9829	0.00772			
Residuos	3	41.7980456	13.932682					
Total	4	612.8						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	-237.952	90.108	-2.641	0.078	-524.715	48.811	-524.715	48.811
Variable X 1	7.188	1.123	6.402	0.008	3.615	10.761	3.615	10.761

$$Y = -237.952 + 7.188 X$$



N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Temperatura de gases de escape (°C)
2	1	77.9	324
	2	78.7	338
	3	80.4	345
	4	81.9	347
	5	82.3	351

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.924125279							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.854007531							
R <sup>2</sup> ajustado	0.805343375							
Error típico	4.679622887							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	384.3033889	384.303389	17.54901	0.024801			
Residuos	3	65.69661108	21.8988704					
Total	4	450						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	-66.89	97.39	-0.69	0.54	-376.83	243.05	-376.83	243.05
Variable X 1	5.08	1.21	4.19	0.02	1.22	8.95	1.22	8.95

$$Y = -66.89 + 5.08 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Temperatura de gases de escape (°C)
3	1	78.3	318
	2	79.1	321
	3	80.8	335
	4	82.1	341
	5	83.2	347

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coeficiente de correlación múltiple	0.994357286							
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.988746412							
R <sup>2</sup> ajustado	0.984995216							
Error típico	1.538751097							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	624.096735	624.0967	263.5816	0.000508			
Residuos	3	7.10326481	2.367755					
Total	4	631.2						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	-163.315	30.541	-5.347	0.013	-260.510	-66.119	-260.510	-66.119
Variable X 1	6.143	0.378	16.235	0.001	4.939	7.347	4.939	7.347

$$Y = -163.315 + 6.143 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Temperatura de gases de escape (°C)
4	1	79.1	326
	2	79.8	331
	3	80.6	338
	4	81.2	344
	5	82.4	351

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.99575744								
Coefficiente de determinación R^2	0.99153288								
R^2 ajustado	0.988710507								
Error típico	1.059860633								
Observaciones	5								
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>									
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>				
Regresión	1	394.63009	394.63009	351.31175	0.0003315				
Residuos	3	3.3699137	1.1233046						
Total	4	398							
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>	
Intercepción	-290.756	33.549	-8.667	0.003	-397.524	183.989	-397.524	183.989	
Variable X 1	7.799	0.416	18.743	0.000	6.475	9.123	6.475	9.123	

$$Y = -290.756 + 7.799 X$$

N° DE MOTOR	Ensayos	Temperatura del aire (°C)	Temperatura de gases de escape (°C)
5	1	77.4	322
	2	78.9	326
	3	80.2	331
	4	80.9	337
	5	81.7	345

### Resolución de Solver: Regresión Lineal

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coeficiente de correlación múltiple	0.9575001							
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.9168064							
R <sup>2</sup> ajustado	0.8890752							
Error típico	3.0287751							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	303.2795636	303.2796	33.06	0.01045			
Residuos	3	27.52043644	9.173479					
Total	4	330.8						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	-76.853	71.155	-1.080	0.359	-303.300	149.593	-303.300	149.593
Variable X 1	5.125	0.891	5.750	0.010	2.288	7.961	2.288	7.961

$$Y = -76.853 + 5.125 X$$

En resumen, en la tabla se aprecia la relación lineal entre las variables de temperatura del aire (X) y la Temperatura de los gases de escape (Y)

**Tabla 9**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Temperatura de los gases de escape (°C)	Relación Numérica con Regresión Lineal
1	1	78.2	320	$Y = -237.952 + 7.188 X$
	2	79.1	334	
	3	80.3	342	
	4	81.2	346	
	5	82.4	352	
2	1	77.9	324	$Y = -66.89 + 5.08 X$
	2	78.7	338	
	3	80.4	345	
	4	81.9	347	
	5	82.3	351	
3	1	78.3	318	$Y = -163.315 + 6.143 X$
	2	79.1	321	
	3	80.8	335	
	4	82.1	341	
	5	83.2	347	
4	1	79.1	326	$Y = -290.756 + 7.799 X$
	2	79.8	331	
	3	80.6	338	
	4	81.2	344	
	5	82.4	351	
5	1	77.4	322	$Y = -76.853 + 5.125 X$
	2	78.9	326	
	3	80.2	331	
	4	80.9	337	
	5	81.7	345	

Fuente: Autoría Propia

Tabla 9 Relación lineal entre las variables de temperatura del aire (X) y la Temperatura de los gases de escape (Y)

**3.3. Establecer valores de cada variable de funcionamiento del motor D13, que determine la temperatura óptima del aire de admisión.**

3.3.1 Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función al tiempo de inyección.

3.3.2. Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función al flujo de masa de aire.

3.3.3. Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función a la Temperatura de gases de escape.

**3.3.1. Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función al tiempo de inyección.**

De los valores del tiempo de inyección en milisegundos se obtiene el promedio; y con la ecuación lineal encontrada, se encuentra la temperatura del aire de admisión promedio del motor.

**Tabla 10**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)	Relación Numérica con Regresión Lineal	Promedio de tiempo de inyección (Milisegundos)	Temperatura del aire °C para promedio de tiempo de inyección
		X	Y			
1	1	78.2	3.54	$Y = 4.511 - 0.012 X$	3.566	78.75
	2	79.1	3.59			
	3	80.3	3.64			
	4	81.2	3.57			
	5	82.4	3.49			
2	1	77.9	3.57	$Y = 3.8212 - 0.0028 X$	3.6	79.00
	2	78.7	3.61			
	3	80.4	3.67			
	4	81.9	3.61			
	5	82.3	3.54			
3	1	78.3	3.46	$Y = 3.194 + 0.004 X$	3.536	85.50
	2	79.1	3.56			
	3	80.8	3.61			
	4	82.1	3.56			
	5	83.2	3.49			
4	1	79.1	3.57	$Y = 5.29133 - 0.02118 X$	3.584	80.61
	2	79.8	3.62			
	3	80.6	3.63			
	4	81.2	3.59			
	5	82.4	3.51			
5	1	77.4	3.57	$Y = 4.3747 - 0.0099 X$	3.584	79.87
	2	78.9	3.62			
	3	80.2	3.63			
	4	80.9	3.59			
	5	81.7	3.51			

Fuente: Autoría Propia

Tabla 10 Determinación de la temperatura promedio del aire en función al promedio del tiempo de inyección

**3.3.2. Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función al flujo de masa de aire.**

De los valores del flujo de masa de aire se obtiene el promedio; y con la ecuación lineal encontrada, se encuentra la temperatura del aire de admisión promedio del motor

**Tabla 11**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Flujo de aire (Kg/min)	Relación Numérica con Regresión Lineal	Promedio de flujo de masa de aire (Kg/min)	Temperatura del aire °C para promedio de flujo de masa de aire
1	1	78.2	7.45	$Y = 16.165 - 0.111 X$	7.226	80.53
	2	79.1	7.35			
	3	80.3	7.23			
	4	81.2	7.12			
	5	82.4	6.98			
2	1	77.9	7.41	$Y = 13.674 - 0.081 X$	7.21	79.80
	2	78.7	7.32			
	3	80.4	7.19			
	4	81.9	7.11			
	5	82.3	7.02			
3	1	78.3	7.48	$Y = 13.146 - 0.072 X$	7.296	81.25
	2	79.1	7.41			
	3	80.8	7.26			
	4	82.1	7.22			
	5	83.2	7.11			
4	1	79.1	7.38	$Y = 15.525 - 0.103 X$	7.244	80.40
	2	79.8	7.36			
	3	80.6	7.24			
	4	81.2	7.18			
	5	82.4	7.06			
5	1	77.4	7.51	$Y = 13.443 - 0.0764 X$	7.348	79.78
	2	78.9	7.43			
	3	80.2	7.36			
	4	80.9	7.27			
	5	81.7	7.17			

Fuente: Autoría Propia

Tabla 11 Determinación de la temperatura promedio del aire (°C) en función al promedio del flujo de masa de aire (Kg/min)



**3.3.3. Para determinación de la temperatura del aire de admisión en función a la Temperatura de gases de escape.**

De los valores de la temperatura de los gases de escape se obtiene el promedio; y con la ecuación lineal encontrada, se encuentra la temperatura del aire de admisión promedio del motor

**Tabla 12**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Temperatura de los gases de escape (°C)	Relación Numérica con Regresión Lineal	Promedio de la temperatura de los gases de escape °C	Temperatura del aire °C para promedio de temperatura de gases escape
1	1	78.2	320	$Y = -237.952 + 7.188 X$	338.8	80.24
	2	79.1	334			
	3	80.3	342			
	4	81.2	346			
	5	82.4	352			
2	1	77.9	324	$Y = -66.89 + 5.08 X$	341	80.29
	2	78.7	338			
	3	80.4	345			
	4	81.9	347			
	5	82.3	351			
3	1	78.3	318	$Y = -163.315 + 6.143 X$	332.4	80.71
	2	79.1	321			
	3	80.8	335			
	4	82.1	341			
	5	83.2	347			
4	1	79.1	326	$Y = -290.756 + 7.799 X$	338	80.62
	2	79.8	331			
	3	80.6	338			
	4	81.2	344			
	5	82.4	351			
5	1	77.4	322	$Y = -76.853 + 5.125 X$	332.2	79.81
	2	78.9	326			
	3	80.2	331			
	4	80.9	337			
	5	81.7	345			

Fuente: Autoría Propia

Tabla 12 Determinación de la temperatura promedio del aire (°C) en función al promedio de la temperatura de los gases de escape (°C)

3.4. Representar gráficamente el comportamiento de los parámetros del funcionamiento del motor con la variación de la temperatura del aire de admisión.

Gráfica: Tiempo de Inyección (Y) - Temperatura del aire de admisión (X)

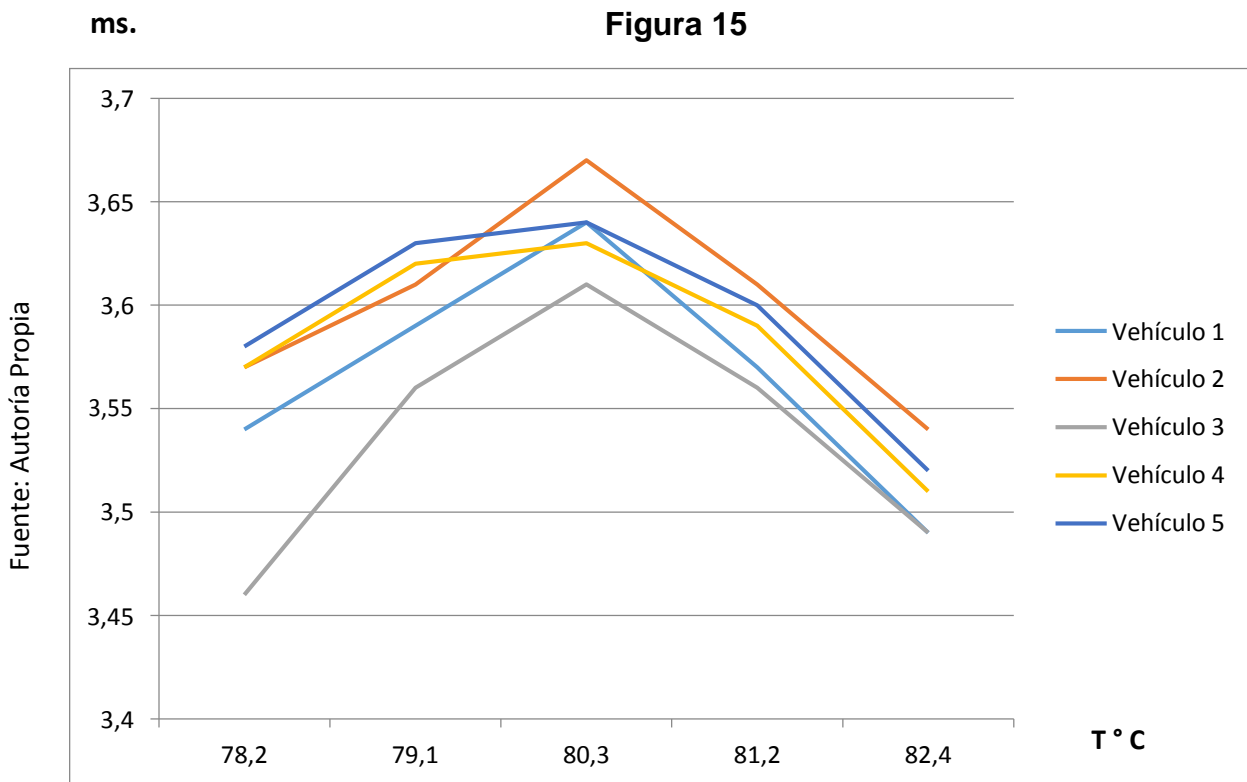


Figura 15 Relación tiempo de inyección (Milisegundos) – temperatura de aire de admisión °C

**Gráfica: Flujo de masa de aire (Y) - Temperatura del aire de admisión (X)**

**Figura 16**

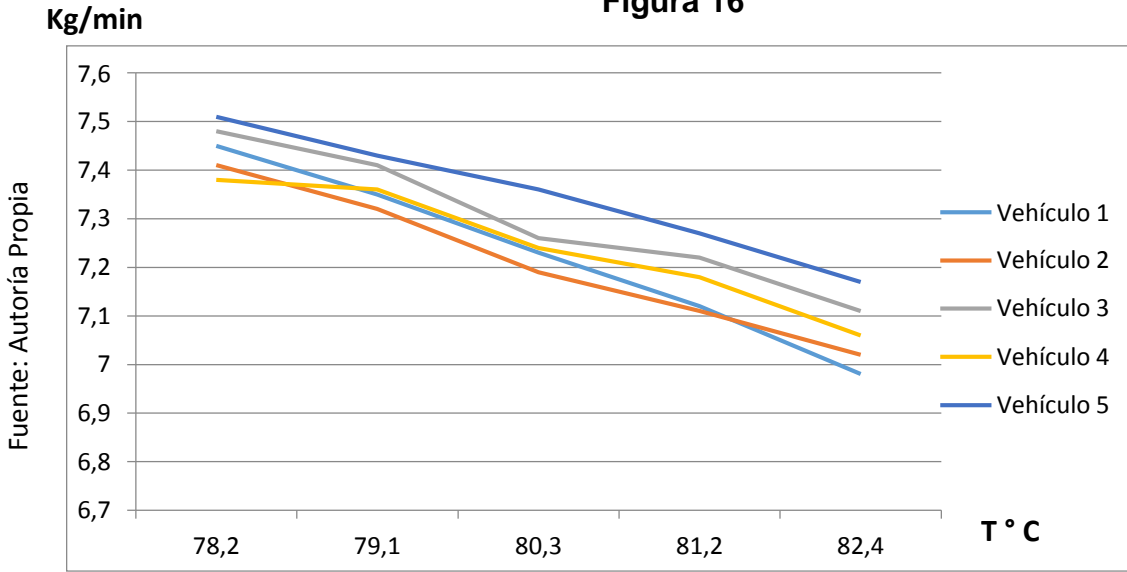


Figura 16 Relación Flujo masa de aire (Kg/min) – temperatura de aire de admisión °C

**Gráfica: Temperatura de gases de escape (Y) - Temperatura del aire de admisión (X)**

**Figura 17**

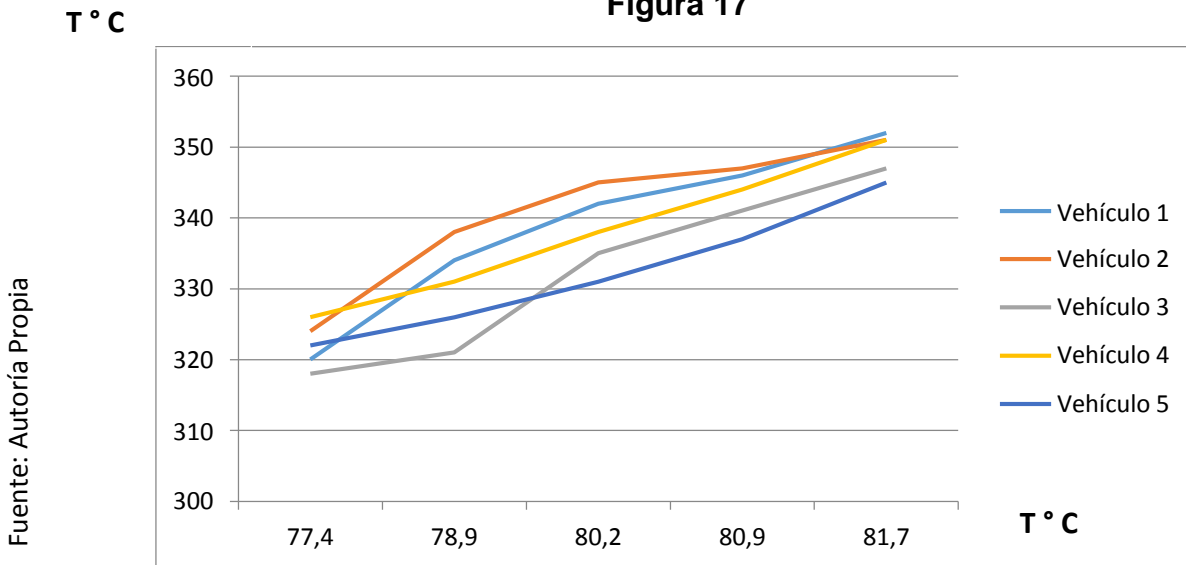


Figura 17 Relación Temperatura de gases de escape (°C) – temperatura de aire de admisión °C

#### **IV. DISCUSIÓN**

La temperatura del aire de admisión influye en el funcionamiento del motor, específicamente en el proceso de la combustión, sin embargo al variar la temperatura del aire varía la densidad del aire, y al disminuir la densidad la cantidad de masa de aire que puede el motor admitir disminuye.

La disminución de la cantidad de masa de aire repercute en la potencia mecánica del motor; que está en función de dos parámetros, como es el poder calorífico del motor, como también la masa del combustible; el Diesel como combustible tiene un poder calorífico de 44 MJ/Kg y multiplicada por su masa, se tiene el poder calorífico total, que es la energía química que reacciona en la combustión.

La temperatura del aire varía según el lugar donde se encuentre circulando la unidad, pero también a las condiciones de ingreso al motor; y su valor está influenciado por el flujo de masa de aire, y los resultados de dicho efecto se reflejan en la variación del tiempo de inyección como también en la temperatura de los gases de escape.

## V. CONCLUSIONES

Se realizó las mediciones de la variación de los parámetros de funcionamiento del motor D13, y en lo que respecta a la temperatura del aire con el sensor IAT, los sensores emiten una señal eléctrica que varía entre los 4.2 y 4.33 Voltios, que representan valores que oscilan entre los 78 y 83°C, que es la temperatura del aire en la admisión del motor. Así mismo se hizo las mediciones a los inyectores en cuanto al tiempo que la electroválvula permanece abierta, registrando medidas que oscilan entre 3.4 y 3.6 Milisegundos.

Los valores de flujo de masa de aire disminuyen a medida que se incrementa la temperatura del aire, con valores entre 7 y 7.5 Kg/Min de aire, expresados en términos de señal de tensión del sensor MAF.

Se determinó numéricamente la relación que existe entre la temperatura del aire y los valores del tiempo de inyección, temperatura de los gases de escape y flujo de masa de aire.

Para a relación tiempo de inyección - temperatura del aire de admisión, para los 5 vehículos de prueba se tuvo las siguientes ecuaciones, en el cual se utilizó el método de los mínimos cuadrados:  $Y = 4.511 - 0.012 X$ ;  $Y = 3.8212 - 0.028 X$ ;  $Y = 3.194 + 0.004 X$ ;  $Y = 5.29133 - 0.02118 X$ ;  $Y = 4.3747 - 0.0099 X$ .

Así mismo se estableció la relación entre la temperatura del aire y el flujo de aire, obteniendo el modelo numérico lineal para los 5 motores de:  $Y = 16.165 - 0.111 X$ ;  $Y = 13.674 - 0.081 X$ ;  $Y = 13.146 - 0.072 X$ ;  $Y = 15.525 - 0.103 X$ ;  $Y = 13.443 - 0.0764 X$ .

Y de manera análoga se estableció la relación entre la temperatura del aire de admisión y la temperatura de los gases de escape:  $Y = -237.952 + 7.188 X$ ;  $Y = -66.89 + 5.08 X$ ;  $Y = -163.315 + 6.143 X$ ;  $Y = -290.756 + 7.799 X$ ;  $Y = -76.853 + 5.125 X$ .

Se determinó de la ecuación numérica que relaciona la temperatura del aire de admisión con el tiempo de inyección, el flujo de masa de aire y la temperatura de los gases de escape, un valor óptimo para cada motor; para el caso de la temperatura el valor tiene un promedio de 80°C, un flujo másico promedio de 7.2 Kg/min, y una temperatura promedio de los gases de escape de 335°C.

Se hizo la gráfica de la tendencia de cada variable, y se evidencia el comportamiento de ella, en cuanto a valores superiores e inferiores al promedio que indican que tan lejos o cerca están del valor óptimo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se debe realizar el mismo análisis, en donde incluya otras variables de funcionamiento del motor, como son presión del combustible, temperatura del aceite y relación de compresión del motor.

Insertar mecanismos alternos capaces de regular la temperatura del aire de admisión, para lo cual se puede utilizar el calor del agua del radiador.

Utilizar mecanismos que capten la humedad del aire, y de esa manera no ingrese agua en forma de vapor, que al ingresar al interior del motor, incide en el proceso de combustión.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARCENALES Angamarca, Segundo y PALADINES Bravo, Luis. Estudio Termodinámico del motor Toyota turbo diésel modelo 2KD-FTV, mediante la implementación de un intercambiador de calor al sistema de admisión. Tesis (Bachiller en Ingeniería Mecánica Automotriz). Cuenca: Universidad politécnica Salesiana, Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz Cuenca, 2014. 118pp.
- BARDÁLEZ Bardález, Álvaro. Estudio teórico del efecto de la altitud y la utilización de mezclas BX sobre el funcionamiento de motores encendidos por compresión. Tesis (Titulado en Ingeniería Mecánica). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2012. 2 pp.
- Decreto Supremo N° 047-2001-MTC. Diario Oficial del Bicentenario El Peruano, Lima, Perú, 18 de diciembre de 2001.
- PRUEBA de Ruta. Gilbert Mauricio García Orozco. 21 de Febrero 2018. Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/fallas-en-un-motor-diesel.php>.
- PAIVA Parra, Mark. Cálculo del sistema de inyección multifuel para motores diésel. Tesis (Titulo en Ingeniería en tecnologías industriales). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior Ingenieros Industriales Valencia, 2015. 7 pp.



- RAMÍREZ Gutiérrez, Ricardo. Comportamiento termodinámico diésel generador convertido para uso exclusivo de gas natural. Tesis (Título en Ingeniería Naval). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. 5 pp.
- SANTIVANEZ Arenas, Luis. Evaluación experimental del consumo de combustible y las emisiones gaseosas de un motor diésel utilizando 3 mezclas de diésel y biodiesel: DB5, DB 7,5 y DB10. Tesis (Título en Ingeniería Mecánica). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. 2 pp.
- VARGAS Machuca, Juan. Simulación termodinámica de un motor diésel usando combustible bunker. Tesis (Grado en Ingeniería Naval). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. 4 pp.
- MANUAL de servicio camiones. Mantenimiento Preventivo Servicio Básico VN, VHD. 25 de Marzo 2013. Recuperado de <https://es.slideshare.net/rubenantoniohuarancacruz/manual-de-servicio-camiones-volvo>.

## VIII. ANEXOS

### INSTRUMENTOS

#### GUÍA DE OBSERVACIÓN

VARIACIÓN DEL FLUJO DE LA MASA DE AIRE CON LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE

TESIS: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE DE UN MOTOR D13, CHICLAYO"

Autor: TEJADA SOLANO JULIO CESAR

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Señal de sensor Flujo de masa de aire (Voltios)	Flujo de aire (Kg/min)
1	1	78.2	4.24	7.45
	2	79.1	4.29	7.35
	3	80.3	4.33	7.23
	4	81.2	4.39	7.12
	5	82.4	4.47	6.98
2	1	77.9	4.29	7.41
	2	78.7	4.32	7.32
	3	80.4	4.37	7.19
	4	81.9	4.48	7.11
	5	82.3	4.52	7.02
3	1	78.3	4.21	7.48
	2	79.1	4.28	7.41
	3	80.8	4.33	7.26
	4	82.1	4.38	7.22
	5	83.2	4.47	7.11
4	1	79.1	4.17	7.38
	2	79.8	4.19	7.36
	3	80.6	4.32	7.24
	4	81.2	4.39	7.18
	5	82.4	4.44	7.06
5	1	77.4	4.27	7.51
	2	78.9	4.31	7.43
	3	80.2	4.39	7.36
	4	80.9	4.43	7.27
	5	81.7	4.47	7.17

  
**Pedro Demetrio Reyes Tassara**  
 ING. MECÁNICO-ELECTRICISTA  
 Registro CIP. N° 88259

  
**Ing. Adrian Zapata Sernaque**  
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
 CIP 71894


## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### VARIACIÓN DEL TIEMPO DE INYECCIÓN CON LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE

**TESIS: “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE DE UN MOTOR D13, CHICLAYO”**

**Autor: TEJADA SOLANO JULIO CESAR**

Unidad Vehicular	N°	Temperatura del aire (°C)	Tiempo de Inyección (milisegundos)
1	1	78.2	3,54
	2	79.1	3,59
	3	80.3	3,64
	4	81.2	3,57
	5	82.4	3,49
2	1	77.9	3,57
	2	78.7	3,61
	3	80.4	3,67
	4	81.9	3,61
	5	82.3	3,54
3	1	78.3	3,46
	2	79.1	3,56
	3	80.8	3,61
	4	82.1	3,56
	5	83.2	3,49
4	1	79.1	3,57
	2	79.8	3,62
	3	80.6	3,63
	4	81.2	3,59
	5	82.4	3,51
5	1	77.4	3,57
	2	78.9	3,62
	3	80.2	3,63
	4	80.9	3,59
	5	81.7	3,51

  
 Pedro Demetrio Reyes Fassara  
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA  
 Registro CIP. N° 86258

  
 Ing. Adrian Zapata Serraque  
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
 CIP 71694

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SENSOR DE GASES DE ESCAPE CON LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE

#### TESIS: “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE DE UN MOTOR D13, CHICLAYO”

**Autor:** TEJADA SOLANO JULIO CESAR

Unidad Vehicular	N°	Variación de resistencia (Ohmios)	Tensión de señal (Voltios)	Temperatura del aire (°C)
1	1	2610	4.31	78.2
	2	2480	4.29	79.1
	3	2360	4.26	80.3
	4	2290	4.24	81.2
	5	2210	4.22	82.4
2	1	2590	4.32	77.9
	2	2484	4.31	78.7
	3	2363	4.28	80.4
	4	2292	4.26	81.9
	5	2214	4.23	82.3
3	1	2588	4.34	78.3
	2	2478	4.32	79.1
	3	2369	4.28	80.8
	4	2297	4.24	82.1
	5	2208	4.21	83.2
4	1	2630	4.32	79.1
	2	2528	4.29	79.8
	3	2410	4.27	80.6
	4	2320	4.24	81.2
	5	2238	4.23	82.4
5	1	2590	4.34	77.4
	2	2510	4.32	78.9
	3	2390	4.28	80.2
	4	2290	4.24	80.9
	5	2190	4.22	81.7

  
 Pedro Demetrio Reyes Tassara  
 ING. MECANICO ELECTRICISTA  
 Registro C.I.P. N° 82259

  
 Ing. Adrian Zapata Serrano  
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
 CIP 11894

## **FICHAS DE EVALUACIÓN DE INSTRUMENTOS**

### **1 Ficha de evaluación por juicio de experto.**

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FILIAL CHICLAYO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO**

#### **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Análisis de la variación de la temperatura del aire de admisión para evaluar la performance de un motor d13, Chiclayo

#### **AUTOR:**

- Julio Cesar Tejada Solano

#### **DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO:**

##### **NOMBRE:**

**ADRIAN ZAPATA SERNAQUE**

##### **TÍTULO UNIVERSITARIO:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

##### **POSTGRADO:**

**MAGISTER EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA CON MENCIÓN  
EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
MAGISTER EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS**

##### **OTRA FORMACIÓN:**

---

##### **OCUPACIÓN ACTUAL:**

**ESPECIALISTA EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ACADÉMICA CARELEC  
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

**FECHA DE LA ENTREVISTA:**

**06 DE AGOSTO DEL 2018**

Mensaje al especialista:

En la Universidad César Vallejo – Filial Chiclayo, se está realizando una investigación dirigida a <<objetivo de la investigación>>. Por tal motivo, se requiere de su reconocida experiencia, para corroborar que la propuesta de esta investigación genera los resultados establecidos en la hipótesis. Su información será estrictamente confidencial. Se agradece por el tiempo invertido.

1. 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	X	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---	---------------

2. 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)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		X	
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		



Firma del entrevistado

Ing. Adrian Zapata Sernaquis  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
CIP 71694

Anexo: Hoja de vida.

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

Con el objetivo de corroborar que la hipótesis de esta investigación es correcta, se le solicita realizar la evaluación siguiente:

1. ¿Considera adecuada y coherente la estructura de la propuesta?  
Adecuada  Poco adecuada \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
2. ¿Considera que cada parte de la propuesta se orienta hacia el logro del objetivo planteado en la investigación?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Nada \_\_\_
3. ¿En la investigación se han considerado todos los aspectos necesarios para resolver el problema planteado?  
Todos  Algunos \_\_\_ Pocos \_\_\_ Ninguno \_\_\_
4. ¿Considera que la propuesta generará los resultados establecidos en la hipótesis?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Ninguno \_\_\_
5. ¿Cómo calificaría cada parte de la propuesta?

N	Aspecto/Dimensión/ Estrategia	Excelente	Buena	Regular	Inadecuada
1	01	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	02	<input checked="" type="checkbox"/>			
3	03	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	04	<input checked="" type="checkbox"/>			
5					

6. ¿Cómo calificaría a toda la propuesta?  
Excelente  Buena \_\_\_ Regular \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
7. ¿Qué sugerencias le haría a los autores de la investigación para lograr los objetivos trazados en la investigación?

*Realizar las mediciones adecuadas y precisas, con el equipo Scaver con Vehículos en diferentes Zonas.*

Ing. Adrian Zapata  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
COP 11894  
  
Firma del entrevistado

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

### **DATOS GENERALES DEL EXPERTO.**

- Apellidos y Nombres:  
ZAPATA SERNAQUE ADRIAN
- Profesión: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
- Grado académico: MAGISTER
- Actividad laboral actual:  
ESPECIALISTA EN PLANIFICACIÓN Y GESTION ACADEMICA  
CARELEC – MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS



**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 <input checked="" type="checkbox"/> 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)	<input checked="" type="checkbox"/>		
b) Experiencia como profesional. (EP)	<input checked="" type="checkbox"/>		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	<input checked="" type="checkbox"/>		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		<input checked="" type="checkbox"/>	
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	<input checked="" type="checkbox"/>		


---

**Firma del entrevistado**  
**Ing. Adriel Zapata Quiroga**  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**CIP 71894**

**Anexo: Hoja de vida.**

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

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo (indicar el objetivo de la tesis).

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 este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente:  Poco pertinente:  No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

Para llegar a Buena Conclusión en el enfoque de un buen Trabajo de Investigación.

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

Son suficientes:  Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

Así es, nos da a conocer de manera directa y cuantitativa la Investigación.

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:

Por la simple razón de llegar al entrevistado de manera segura en sus datos.

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

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
01	X			X			
02	X			X			
03	X			X			
04	X			X			

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

Tomar Mediciones. también con  
osciloscopio.

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

 ✓  
Firma del Experto

Ing. Adrián...  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
CIP 71694

**2 Ficha de evaluación por juicio de experto.**

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FILIAL CHICLAYO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO**

**TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Análisis de la variación de la temperatura del aire de admisión para evaluar la performance de un motor D13, Chiclayo.

**AUTORES:**

- Julio Cesar Tejada Solano

**DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO:**

**NOMBRE:**

**PEDRO DEMETRIO REYES TASSARA**

**TÍTULO UNIVERSITARIO:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**POSTGRADO:**

**MAGISTER EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA CON MENCIÓN  
EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**OTRA FORMACIÓN:**

---

**OCUPACIÓN ACTUAL:**

**SUPERVISOR DE FISCALIZACION EN DISTRIBUCION DE ENERGIA  
ELECTRICA**

**FECHA DE LA ENTREVISTA:**

**07 DE AGOSTO DEL 2018**

Mensaje al especialista:

En la Universidad César Vallejo – Filial Chiclayo, se está realizando una investigación dirigida a <<objetivo de la investigación>>. Por tal motivo, se requiere de su reconocida experiencia, para corroborar que la propuesta de esta investigación genera los resultados establecidos en la hipótesis. Su información será estrictamente confidencial. Se agradece por el tiempo invertido.

3. 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 <input checked="" type="checkbox"/> Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---

4. 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)
f) Análisis teóricos realizados. (AT)	<input checked="" type="checkbox"/>		
g) Experiencia como profesional. (EP)	<input checked="" type="checkbox"/>		
h) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	<input checked="" type="checkbox"/>		
i) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	<input checked="" type="checkbox"/>		
j) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	<input checked="" type="checkbox"/>		

  
Pedro Dementio Reyes Tassara  
ING. MECANICO ELECTRICISTA  
Registro CIP. N° 36259  
  
Firma del entrevistado

Anexo: Hoja de vida.

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

Con el objetivo de corroborar que la hipótesis de esta investigación es correcta, se le solicita realizar la evaluación siguiente:

8. ¿Considera adecuada y coherente la estructura de la propuesta?  
Adecuada  Poco adecuada \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
9. ¿Considera que cada parte de la propuesta se orienta hacia el logro del objetivo planteado en la investigación?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Nada \_\_\_
10. ¿En la investigación se han considerado todos los aspectos necesarios para resolver el problema planteado?  
Todos  Algunos \_\_\_ Pocos \_\_\_ Ninguno \_\_\_
11. ¿Considera que la propuesta generará los resultados establecidos en la hipótesis?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Ninguno \_\_\_
12. ¿Cómo calificaría cada parte de la propuesta?

N	Aspecto/Dimensión/ Estrategia	Excelente	Buena	Regular	Inadecuada
1	01	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	02	<input checked="" type="checkbox"/>			
3	03	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	04	<input checked="" type="checkbox"/>			
5					

13. ¿Cómo calificaría a toda la propuesta?  
Excelente  Buena \_\_\_ Regular \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
14. ¿Qué sugerencias le haría a los autores de la investigación para lograr los objetivos trazados en la investigación?

Segun los objetivos desarrollados,  
las mediciones son reales a tempe  
raturas diferentes.

  
Pedro Domínguez Domínguez  
ING. M.C.A. 2016  
Reg. 1111  
**Firma del entrevistado**

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

### **DATOS GENERALES DEL EXPERTO.**

- Apellidos y Nombres:  
REYES TASSARA PEDRO DEMETRIO
- Profesión: INGENIEROA MECANICO ELECTRICISTA
- Grado académico: MAGISTER
- Actividad laboral actual:  
**SUPERVISOR DE FISCALIZACIN EN DISTRIBUCION DE ENERGIA  
ELECTRICA**

### 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 <input checked="" type="checkbox"/>	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	---	---------------

2. 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)
f) Análisis teóricos realizados. (AT)	<input checked="" type="checkbox"/>		
g) Experiencia como profesional. (EP)	<input checked="" type="checkbox"/>		
h) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	<input checked="" type="checkbox"/>		
i) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	<input checked="" type="checkbox"/>		
j) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	<input checked="" type="checkbox"/>		

  
**Pedro Demetrio Reyes Tassaró**  
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA  
Registro CIP. N° 58258

*Firma del entrevistado*

*Anexo: Hoja de vida.*



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

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo (indicar el objetivo de la tesis).

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

6. ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente:  Poco pertinente:  No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

Es relativo con los datos o mediciones en una tesis.

7. ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes:  Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

Son Suficientes ya que se tomaron a 5 Vehículos.

8. ¿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:

Son adecuadas en cuanto a la utilidad del instrumento de medición precisa. (Scanner).

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

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
01	X			X			
02	X			X			
03	X			X			
04	X			X			

10. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Ninguna, está conforme a la investigación. Como es lógico ya habrán aportes a futuro.

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

*Pedro Domínguez Torres*  
 Pedro Domínguez Torres  
 INGENIERO ELECTRICISTA  
 Registro C.R. N° 68258  
 Firma del Experto

# MATRIZ DE CONSISTENCIA

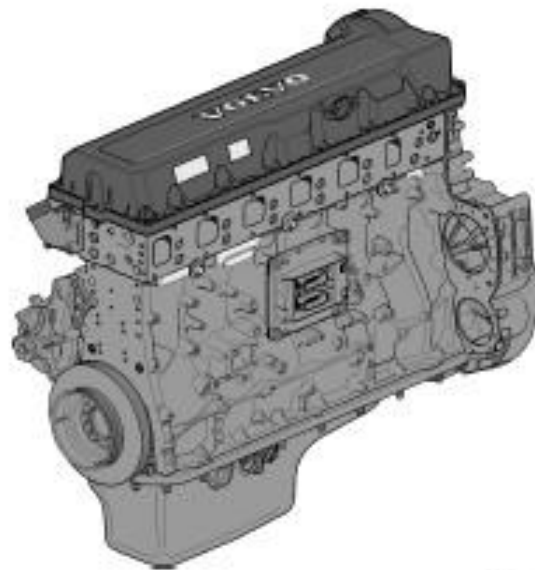
**VOLVO**  
Volvo Truck Corporation  
Göteborg, Sweden

## Información de Servicio Camiones

Fecha	Grupo	Nro.	Edición	Pág.
11.05	200	278	01	1(33)

Especificaciones  
D13A

### Especificaciones



T20279A

### Índice

- "Generalidades" página 2
- "Motor" página 2
- "Mecanismo de válvulas" página 3
- "Distribución del motor" página 5
- "Mecanismo de cigüeñal" página 7
- "Sistema de lubricación y de aceite" página 9
- "Sistema de combustible" página 10
- "Sistema de admisión y escape" página 11
- "Sistema de refrigeración" página 13
- "Sistema de mando del motor" página 15
- "Pares de apriete y esquemas" página 20

## 5 SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN (IAT)

### INTRODUCCIÓN

El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) permite a la computadora corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión. Dependiendo de la temperatura del aire, será la cantidad de oxígeno que entra y la computadora tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico. Normalmente el sensor se localiza en la parte posterior del pleno de admisión.

### EQUIPO Y HERRAMIENTAS

- Scanner
- Probador de sensores
- Multímetro
- Juego de llaves
- Juego de desarmadores
- Juego de auto cle
- Secadora

### RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Se debe evitar utilizar cadenas o ropa suelta que se pueda atorar con el motor encendido y provocar

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

ESTUDIO TEÓRICO DEL EFECTO DE LA ALTITUD Y LA  
UTILIZACIÓN DE MEZCLAS BX SOBRE EL FUNCIONAMIENTO  
DE MOTORES ENCENDIDOS POR COMPRESIÓN

Tesis para optar el Título de Ingeniería Mecánica, que presenta el bachiller:

**Alvaro Juan Bardólez Bardólez**

ASESOR: Ferrnando Octavio Jiménez Ugarte

Lima, setiembre del 2012



## ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

YO, Ing. MARCELO ROJAS CORONEL, docente de la Facultad de Ingeniería de UCV – Filial Chiclayo, y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado: “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE EN UN MOTOR D13, CHICLAYO”

del bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica:

JULIO CESAR TEJEDA SOLANO

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 18%, 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, 11 de DICIEMBRE del 2018

Ing. MARCELO ROJAS CORONEL

Docente de la facultad de ingeniería de Ucv



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 07  
Fecha : 31-03-2017  
Página : 1 de 1

Yo JULIO CESAR TEJADA SOLANO, identificado con DNI  
N° 41837440 egresado de la Escuela de ING. MECANICA ELECTROICA de la  
Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y  
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:  
"ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL  
AIRE DE ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE EN  
UN MOTOR D13, CHICLAYO"

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo  
estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.  
33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: 41837440

FECHA: 11 de DICIEMBRE del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



# 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:

TEJADA SOLANO JULIO CESAR

INFORME TÍTULADO:

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DE AIRE DE ADMISIÓN PARA EVALUAR LA PERFORMANCE EN UN MOTOR D13, CHICLAYO

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

---

SUSTENTADO EN FECHA: 14/12/2018

NOTA O MENCIÓN: DIECISEIS (16)



  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN