



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

“Evaluación de Parámetros de funcionamiento de motor vehicular 1300cc con GLP para determinar el rendimiento a diferentes altitudes”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Carrasco Delgado, Jose Olfer (orcid.org/0000-0003-4040-3210)

ASESOR:

Dr. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de estar en este mundo, por darme todo lo que tengo hasta este momento la cual uno de ellos es ayudar a terminar el desarrollo de mi tesis.

En segundo lugar a mis padres y hermanos por brindarme su apoyo incondicional por apoyarme en los momentos más difíciles.

Y en tercer lugar a mis profesores y amigos que me brindaron todos los conocimientos necesarios para desarrollarme como un buen profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme todo lo que tengo hasta este momento la vida, la salud para poder realizar todos mis objetivos plasmados a lo largo de mi existencia, por darme la bendición de tener una familia maravillosa. Agradezco a mis padres y hermanos por apoyarme en todo momento, por el apoyo moral y económico, por brindarme la fuerza necesaria para luchar contra las adversidades, si ellos no se hubiese hecho realidad esta meta. Agradezco a todos mis amigos y profesores por compartir sus conocimientos durante el desarrollo de mi carrera profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	6
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra, muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V.- DISCUSIÓN.....	43
VI.- CONCLUSIONES	47
VII,. RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del peso atómico	20
Tabla 2. Resultado de pruebas a sensor MAF	29
Tabla 3. Disminución del flujo.....	31
Tabla 4. Resultado de mediciones a sensor de temperatura del motor	33
Tabla 5. Variación de la disminución de la temperatura del motor.....	34
Tabla 6. Resultado de mediciones al tiempo de inyección	35
Tabla 7. Variación del incremento del tiempo de inyección de GLP en el motor a diferentes msnmIncremento del tiempo de inyección.....	37
Tabla 8. Mediciones de la Presión Interior del cilindro (KPa)	39
Tabla 9. Cálculo del torque a diferentes RPM y altitudes.....	39
Tabla 10. Variación del Torque a Diferentes RPM y Altitud	40
Tabla 11. Determinación de la variación del rendimiento	41
Tabla 12. Altitud y latitud de ciudades con mayor circulación de unidades livianas que utilizan GLP	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Otto Ideal.....	6
Figura 2. Ciclo Otto Real	7
Figura 3. Curva Característica Torque /Potencia	8
Figura 4. Diferencia de la relación aire/combustible teórica y real en GLP	23
Figura 5. Tendencia del flujo de masa de aire en el motor a diferentes msnm	26
Figura 6. Evolución de la temperatura del motor a diferentes alturas y rpm	30
Figura 7. Evolución del tiempo de inyección en el motor a GLP a 3 regímenes de velocidad y diferentes msnm.....	34
Figura 8. NOx en función a la altura de funcionalidad de los vehículos.	44

RESUMEN

Los vehículos livianos que utilizan GLP, se encuentran circulando por diferentes partes del norte del Perú, y en algunas zonas altas en donde el efecto de la altitud tiene influencia en el funcionamiento del motor, siendo éste el objeto de estudio del presente trabajo de investigación, en el cual se estableció las variaciones en el funcionamiento del motor a diferentes altitudes sobre el nivel del mar.

En principio se establece la relación de los parámetros de funcionamiento del motor con el consumo de gasolina y GLP, para lo cual se analizó la relación masa de aire con masa de combustible, se realizó las ecuaciones estequiométricas con exceso de aire; luego se determina el rendimiento del motor de GLP de 1300 cc a diferentes alturas, en función a las mediciones de flujo de masa de aire, temperatura del motor y el tiempo de inyección en cada uno de los inyectores del motor. Las altitudes son de 0, 1000, 1300, 1500, 1800, 2000 y 2500 msnm.

Con el incremento del consumo de GLP a diferentes alturas se estableció el rendimiento del motor, es decir una relación lineal entre el incremento del consumo de GLP con la disminución del rendimiento del motor; encontrándose que a altitudes superiores a los 2500 msnm, el rendimiento disminuye entre 4 y 5%.

Palabras clave: Evaluación, parámetros, rendimiento y altitudes

ABSTRACT

Light vehicles that use LPG, are circulating in different parts of northern Peru, and in some high areas where the effect of altitude influences the operation of the engine, this being the object of study of this research work, in which the variations in the operation of the engine are established at different altitudes above sea level.

In principle, the relationship of the engine's operating parameters with gasoline and LPG consumption is established, for which the air mass to fuel mass ratio is analyzed, performing the stoichiometric equations with excess air; The performance of the 1300 cc LPG engine is then determined at different heights, based on air mass flow measurements, engine temperature and injection time in each of the engine injectors. The altitudes are of 0, 1000, 1300, 1500, 1800, 2000 and 2500 msnm.

With the increase in LPG consumption at different heights, the engine performance is established, that is, a linear relationship between the increase in LPG consumption and the decrease in engine performance; being that at altitudes higher than 2500 meters, the yield decreases between 4 and 5%.

Keywords: Evaluation, parameters, performance and altitudes

I. INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna que se utilizan los vehículos en principales capitales de países en Latinoamérica, ubicada a alturas superiores a 2000msnm, por ejemplo Quito, Bogotá, ciudad de México y La Paz, tienen corregido el factor lambda (cantidad de aire en la combustión), debido a que la densidad del aire varía en función a la msnm. (Aguirre, 2018, p.4).

Todo motor de combustión interna, sea el combustible que use (diésel, gasolina, GLP o GNV) necesita para su buen funcionamiento tener una mezcla exacta de aire y combustible, cuando un motor se encuentra en altura es normal que pierda fuerza porque la cantidad de oxígeno decae y esto afecta la mezcla ideal que debería tener el motor dentro de los cilindros. (Cordaez Automotriz, 2019, p.4).

Las condiciones atmosféricas debidas a la latitud y altitud varían de acuerdo a la época de año, pero no varía la presión atmosférica debido a que está en función a la altura sobre el nivel del mar.

El cambio de presión atmosférica implica una caída de un 10 por ciento de la potencia de una máquina de combustión interna por cada mil metros de altitud.

El Perú, tiene una realidad geográfica muy variada distinta a cualquier país del mundo, en la cual las unidades vehiculares circulan por carreteras con variedades de climas, que en muchos casos cambian en pocas horas, encontrándose climas cálidos en la región de la costa, en donde el valor de la presión atmosférica no es muy significativa en comparación a la región de la sierra, en el cual los cambios de presión atmosférica influyen en el trabajo de los motores de combustión, debido a que la cantidad de aire que ingresa por el múltiple de admisión, tiene relación directa a la densidad del aire, y la densidad del aire varía de acuerdo a la altitud del lugar.

En las principales ciudades de la sierra norte del Perú, como es el caso de Cajamarca, Cutervo, Chota, Chachapoyas, el transporte público de pasajeros se realiza en vehículos livianos con cilindradas entre 800 y 2000 cc, y en un porcentaje significativo, son vehículos que utilizan el sistema DUAL (Gasolina –

GLP), en el cual el conductor de la unidad utiliza el combustible, de acuerdo a la condiciones de la ruta. (Asociación Automotriz del Perú, 2019).

Esta problemática origina en muchos casos por desconocimiento de los conductores el uso de cualquier combustible en cualquier condición; y el problema se incrementa más aún, si el proceso de conversión del motor a GLP, se ha realizado sin los procedimientos adecuados, sin tener en cuenta aspectos de diseño del motor. Los vehículos que utilizan GLP para su funcionamiento, reportan fallas en cuanto al motor, debido a que se utiliza éste combustible en latitudes en donde las condiciones climatológicas y geográficas son adversas al funcionamiento del motor cuando utiliza GLP. Las condiciones adversas inciden en el funcionamiento del motor básicamente en el torque en el cigüeñal, que finalmente se traduce en que la potencia mecánica del motor disminuye y por lo tanto la capacidad del vehículo a llevar una carga útil nominal, disminuye ostensiblemente, hasta el punto de no poder soportar su propio peso seco, ocasionando problemas de recalentamiento, es decir un sobre esfuerzo térmico.

La formulación del problema de investigación fue: ¿En qué medida se puede determinar el rendimiento a diferentes alturas del motor vehicular de 1300 cc, si se evalúa los parámetros de funcionamiento del motor

En la presente investigación se estableció que el objetivo general de la investigación es Evaluar los parámetros de funcionamiento de motor vehicular 1300cc con GLP para determinar el rendimiento a diferentes altitudes, y se estableció 3 objetivos específicos, siendo ellos: Analizar la relación aire combustible en el funcionamiento del motor cuando utiliza GLP como combustible para determinar el exceso de aire en la combustión; Realizar las mediciones de los parámetros de funcionamiento del motor para determinar su variación a diferentes altitudes y Determinar la variación del rendimiento del motor en función a las mediciones realizadas.

La investigación se justificó desde el punto de vista científico porque existen teorías científicas acerca de variación de la composición química del aire, así como también de la variación de la densidad en función a la altitud,

Técnicamente se justificó el proyecto de investigación porque se pudo determinar la pérdida de potencia mecánica del motor cuando utiliza GLP en diversas altitudes, y de esa manera cómo influye en el incremento de combustible, así como también en la temperatura de funcionamiento del motor; económicamente se justificó porque el incremento del consumo de combustible en el vehículo cuando utiliza GLP como combustible a diferentes altitudes, es un indicador que tiene implicancia directa en la operatividad de éste debido a que la mayoría de éstas unidades vehiculares están dedicadas al uso para el transporte público, además de ello porque el vehículo al utilizar el combustible GLP en condiciones no apropiadas genera el recalentamiento del motor, por lo que está en riesgo de ocasionar una falla o se incrementa el mantenimiento correctivo debido a desgastes que ocurren dentro del motor. Ambientalmente se justificó la investigación porque el consumo de combustible y la combustión completa son los factores que influyen en la determinación de la cantidad y calidad de los gases de la combustión.

La hipótesis de la investigación fue: La evaluación de los parámetros de funcionamiento de un motor de 1300 cc con GLP como combustible, permite determinar su rendimiento a diferentes altitudes

II.- MARCO TEÓRICO

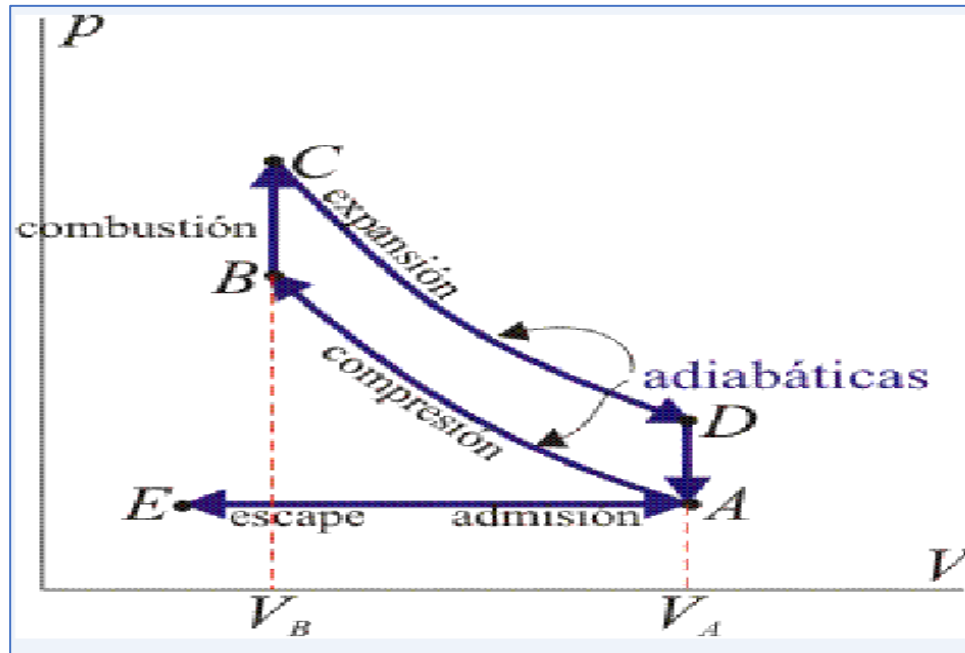
CAIZA en su trabajo de investigación denominado "Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor de Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina". Ecuador; se analizó el comportamiento de las emisiones contaminantes provenientes de un vehículo con motor a gasolina, de inyección electrónica, en función de la altura. Se realizaron dos pruebas: la una estacionaria denominada prueba TIS (Two Idle Speed) en base a la Norma Técnica Ecuatoriana "NTE INEN 2203" y la otra en ruta siguiendo el Ciclo de Conducción dado por la "Norma SAEJ082", para lo cual se han seleccionado siete sitios del Ecuador. En el estudio se planteó la posibilidad de utilizar los factores de emisión obtenidos en la prueba TIS, para evaluar los factores de emisión de la prueba en ruta, sin embargo debido a su variación alta no es factible encontrar estadísticamente un factor de corrección. Al final se realiza el ajuste de los factores de emisión en ruta con la altura, encontrándose el porcentaje de variación cada 500 msnm, para el CO, HC y NOx. Se recomienda ampliar el estudio a una flotilla de vehículos, para generalizar el ajuste de las emisiones obtenidas a nivel del mar, para elaborar los inventarios de emisiones contaminantes en las distintas ciudades del país.

Bardales, en su tesis de grado denominado " Estudio teórico del efecto de la altitud y la utilización de mezclas BX sobre el funcionamiento de motores encendidos por compresión", a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú, se trazó como objetivo de evaluar la eficiencia y el incremento de consumo de combustible de un motor, donde trabaja a diferentes msnm. La investigación abarca tres partes: 1.- Se analiza el efecto que contiene la altitud en el desarrollo de la eficiencia y consumo de combustible en el motor, el análisis prueba que a medida que se incrementa la altura decrece la densidad y presión atmosférica, limitando la potencia que puede desarrollar el motor. 2.- Se analiza el efecto que contiene el biodiesel de palma aceitera, si bien este carburante tiene características similares con el diésel 2, algunas propiedades varían afectando el trabajo de un motor de encendido por compresión. El menor poder calorífico del biodiesel limita el desarrollo de la potencia del motor, pero la eficiencia

térmica aumenta porque la lubricidad y viscosidad del biodiesel son mayores, lo que disminuye las pérdidas por rozamiento en el sistema de inyección. De esta manera a 3000 msnm con combustible B5 puede saber que un motor estará limitado a desarrollar una potencia 35% menor que la nominal, con 20% menos de eficiencia, 45% más de consumo de combustible en masa y 44% de consumo de combustible en volumen.

La puerta, en un artículo científico publicado en la revista científica Scielo, denominado Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna, Universidad de Castilla-La Mancha, España, concluyó que Para estimar los efectos de la altitud sobre cualquier motor de combustión interna, es adecuado utilizar la ecuación hidrostática atmosférica suponiendo un perfil triangular de temperaturas.

Además que La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste. Sin embargo, para cuantificar el efecto sobre las prestaciones del motor, basta considerar el efecto sobre las condiciones termodinámicas. En los motores que utilizan gasolina como combustible y que en algunos casos se adaptan a Gas Licuado de Petróleo, siguen cuatro procesos termodinámicos, denominado el ciclo Otto; el ciclo Otto, presenta dos adiabáticas y dos isométricos; el área encerrada en los cuatro procesos es el trabajo neto que experimenta el motor, tal como se muestra en la figura 1.



Fuente: Ingeniería Automotriz, Arias Paz, 2018.

En la figura 1, se observa los procesos termodinámicos del motor que funciona con gasolina como combustible, denominado ciclo Otto, en donde se puede observar que el ingreso del aire con el combustible ingresan a una presión menor a la presión atmosférica, y luego ésta mezcla se comprime desde el Punto A hasta V en donde el volumen se reduce entre 8 a 12 veces, incrementándose también la temperatura, y también la presión; dichas relaciones siguen la ley general de los gases:

$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_B \cdot V_B}{T_B} = Cte.$$

En realidad, los procesos termodinámicos que se producen en el interior del cilindro del motor, sólo se aproximan al ciclo otto ideal, el ciclo real difiere del real, debido a que los estados termodinámicos sufren variaciones (Presión, Temperatura y volumen específico); en la figura 2, se muestran los procesos reales, que tienen la misma tendencia de los procesos ideales, pero con ligeras variaciones.

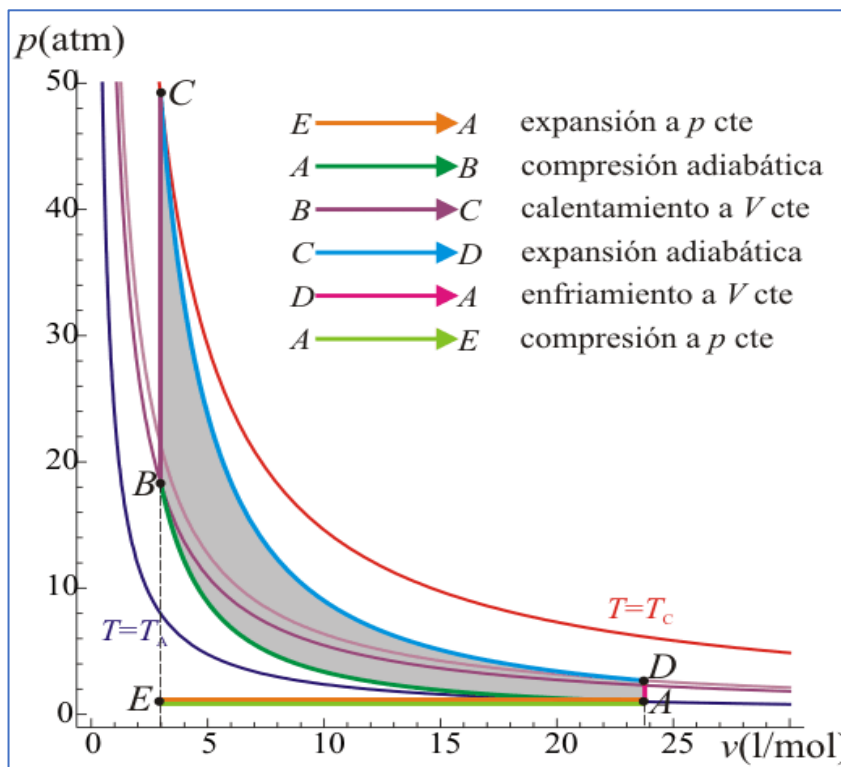


Figura 2. Ciclo Otto Real
 Fuente: Ingeniería Automotriz, Arias Paz, 2018.

La diferencia entre los ciclos otto reales e ideales, radica en que la admisión de la mezcla se hace con valores de presión de vacío, esto garantiza que el ingreso de la mezcla se realice en el tiempo de apertura de la válvula de admisión, la cual está determinada por el número de RPM del motor, y el ángulo de giro del cigüeñal.

El proceso el cual tiene mayor diferencia en el proceso de expansión o de trabajo, las presiones y temperaturas son menores a las del ciclo ideal, pero también el proceso no es adiabático, es decir el proceso no sólo entrega energía mecánica al pistón sino también hacia las paredes del cilindro del motor.

Así mismo en el proceso real, la válvula de escape no se abre cuando el pistón está en el PMS, sino unos grados antes de giro del cigüeñal, esto hace que la temperatura al final del proceso de expansión. La válvula de escape por su geometría y material de fabricación, no logra estar abierta el tiempo suficiente

debido a la rapidez del ciclo, no permitiendo que todos los gases logren ser expulsados hacia el exterior.

La potencia mecánica que se desarrolla en el eje cigüeñal está en función al torque mecánico y a la velocidad angular con la que gira..

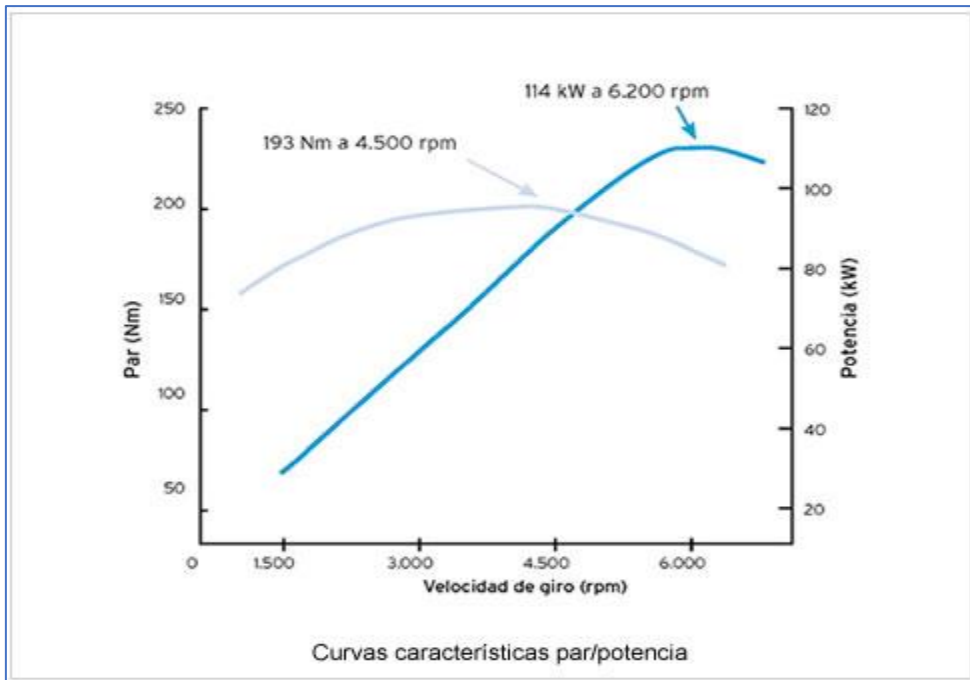


Figura 3. Curva Característica Torque /Potencia

Fuente: Ingeniería Automotriz, Arias Paz, 2018.

La ecuación de la potencia mecánica con el torque mecánico y el número de rpm, se expresa:

$$T = \frac{HP \times 716}{RPM} \quad \text{en kg-m}$$

Dónde:

T: Torque del Cigüeñal del motor, en N-m.

HP: Potencia mecánica del motor en HP.

RPM: Número de vueltas por minuto del eje cigüeñal.

Esta expresión, del torque mecánico, que es la fuerza que empuja el pistón por el radio de giro del cigüeñal.

Esta fuerza es proporcional al calor de la combustión del combustible en el interior de la cámara de combustión del motor.

El calor de la combustión, está dado por la energía que se libera al momento de la combustión, y para ello es necesario realizar un balance de masa y de energía en el interior del cilindro del pistón. El calor total que emite la combustión, está en función de la masa de combustible y del poder calorífico inferior del combustible, expresado en Joules de Energía.

La gasolina tiene un poder calorífico de acuerdo al octanaje que tenga, así también lo tiene el GLP. El poder calorífico de la gasolina es superior a la del GLP, en aproximadamente 30%.

El Consumo específico del combustible se expresa:

$$V_{fmin} = \frac{n_f \cdot V_h \cdot i \cdot n}{2} [l/min]$$

V_{Fmin} = Cantidad de gas nuevo por cilindro [l/min]

V_h = Cilindrada (del cilindro) [cm³ o l]

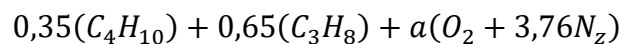
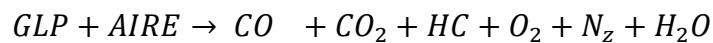
V_H = Cilindrada (del Motor) [cm³ o l]

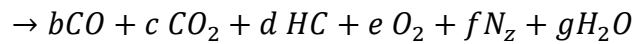
i = número de cilindros [cm³ o l]

n = revoluciones del motor [l/min]

n_f = grado de admisión

Ecuación de la combustión de aire – GLP





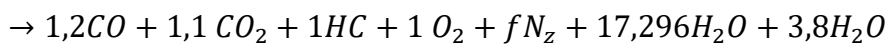
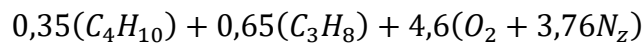
$$C = (0,35 * 4) + (0,65 * 3) = b + c + d$$

$$H = (0,35 * 10) + (0,65 * 8) = d + 2g$$

$$O = 2a = b + 2c + 2e + g$$

$$N = a(3,76)(2) = 2f$$

Por el método del tanteo tenemos los siguientes valores:



Masa del aire:

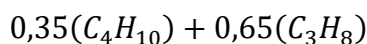
$$masa\ del\ aire = 4,6[(1 * 32Kg\ O_2) + (3,76 * 28KgN_2)]$$

$$masa\ del\ aire = (4,6 * 32Kg\ O_2) + (17,296 * 28KgN_2)$$

$$masa\ del\ aire = (147,2Kg\ O_2) + (484,29kgN_2)$$

$$Entonces\ la\ masa\ del\ aire\ es: 147,2 + 484,29 = 631,49\ kg\ de\ aire$$

Masa del combustible:



$$C = (12 * 4 * 0,35) + (12 * 3 * 0,65) = 16,8 + 23,4$$

$$H = (1 * 10 * 0,35) + (1 * 8 * 0,65) = 3,5 + 5,2$$

$$Entonces\ la\ masa\ del\ combustible: 48,9kg\ de\ combustible.$$

Es la denominada relación real aire combustible, es decir que para quemar 1 kilogramo de GLP se requiere 12,91 Kilogramos de aire. Esta relación difiere de la estequiométrica, debido a que se ha considerado otros gases en la combustión como por el ejemplo el monóxido de carbono, y el óxido de nitrógeno.

Para la determinación del torque en el motor, se ha realizado de manera indirecta, en función a la compresión en el interior del cada cilindro del motor. Se hizo las mediciones de la compresión (KPa), en cada uno de los cilindros, actividad que se hizo con el scanner automotriz.

La medición de las rpm del motor, se hizo en la señal del sensor CKP del cigueal, el cual mediante el fenómeno inductivo, determina el número de vueltas del cigueal, así como también la posición del pistón en el PMS. La señal del sensor CKP es enviada a la unidad de control del motor como señal fundamental para su funcionamiento; éste sensor se ubica normalmente en la volante del motor. La medición del tiempo de inyección en milisegundos, es el tiempo en que se activa los inyectores de gas que inyectan el combustible al interior del cilindro. El tiempo de inyección determina la cantidad de masa de GLP que ingresa, y ésta se realiza de manera secuencial o simultánea dependiendo de la programación en la Unidad de control electrónico del motor.

La temperatura del GLP es un parámetro fundamental en el funcionamiento del motor, debido a que proporciona la información para el ingreso del GLP al interior del cilindro, y de esa manera informar que cantidad de energía tiene el combustible y el estado termodinámico en el cual se encuentra. La temperatura del GLP es controlada en el intercambio de calor que realiza con el agua de refrigeración para el cambio de estado y de esa manera el ingreso hacia el motor sea en estado de vapor saturado.

El aire que ingresa al motor es un parámetro de importancia, porque la temperatura de éste determina la densidad del aire, y por lo tanto la cantidad de masa en una unidad de volumen. Una masa pequeña de aire en un determinado volumen, tiene implicancias en el cálculo de la mezcla estequiométrica, que en el caso de la combustión del GLP es de 15 partes de aire en masa por cada parte de GLP en masa.

La medición del oxígeno que se utilizó en la combustión del motor se realiza con el sensor de oxígeno o también denominado sonda lambda, que determina el exceso de aire que se utilizó al momento de la combustión con el carbono e

hidrógeno del GLP. El consumo de combustible se realiza midiendo tanto los kilómetros recorridos del vehículo como el consumo de GLP, este indicador es de suma importancia porque es el resultado de todas las relaciones que optimizan éste valor, y la dependencia de éste variable con todas del motor es significativa.

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada

Diseño de investigación

El diseño de investigación es **No Experimental**, porque no habrá manipulación en las variables. Los datos se obtendrán según se desarrollen en su contexto real.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR VEHICULAR 1300CC CON GLP

Variable 2: RENDIMIENTO A DIFERENTES ALTITUDES

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

Vehículos gasolineros de 1.300cc de cilindrada, convertido a GLP, de la ciudad de Chiclayo.

Muestra:

5 Vehículos gasolineros convertidos a GLP de 1.300cc, de los años de fabricación 2016, 2017, 2018, 2019, 2020.

Según la SUNARP Lambayeque, por cada año se tiene un registro de 850 Vehículos nuevos de 1300 cc, que han cambiado las características de la tarjeta de propiedad, básicamente en la descripción de combustible: Dual (Gasolina / GLP).

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.

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%)

Reemplazando valores se tiene:

$$n = 5$$

5 vehículos serán la muestra para la investigación, y la selección será un vehículo de cada año de fabricación (2016, 2017, 2018, 2019, 2020).

Muestreo:

Se aplica el muestreo no probabilístico, dado que se escoge la muestra con intención de acuerdo a la problemática planteada.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Observación

Esta técnica permitió verificar la funcionalidad de los vehículos a diferentes altitudes.

Revisión bibliográfica

Este tipo de técnica permitió investigar sobre las características de los efectos de la combustión al variar la densidad del aire, producto de la combustión.

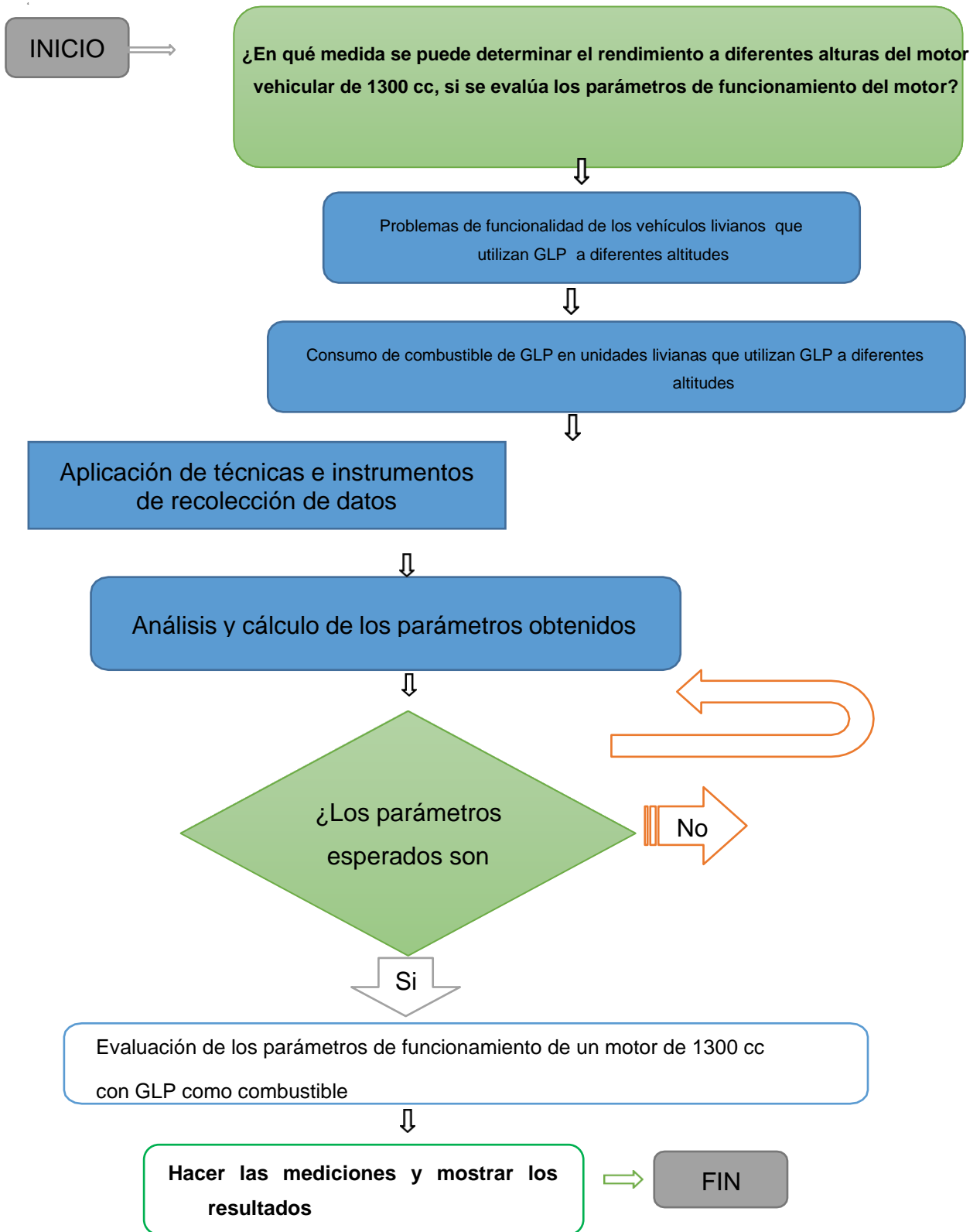
Análisis documental

Para el desarrollo de este tipo de técnica, se buscará información en libros actualizados con alto contenido respecto al tema investigado, además de artículos de revistas, manuales, fichas técnicas, es decir, de fuentes secundarias de información.

Instrumentos de recolección de datos

Ficha de apuntes. Se verifica el funcionamiento de los vehículos, en cinco ciudades de la Sierra Norte del Perú, de diferentes altitudes.

3.5 Procedimientos



3.6. Método de análisis de datos

Los datos obtenidos para el presente proyecto serán procesados de manera manual y a la vez utilizando programas de computadora como el Microsoft Excel para determinar todos los parámetros necesarios.

3.7. Aspectos éticos

Los informes o investigaciones empleadas para el desarrollo del presente proyecto, no se alteraron, es decir, se tuvo en cuenta las normas para referenciar a los autores y material bibliográfico consultado. Además, considerando la guía del asesor para que el proyecto sea lo más exacto posible a la realidad y evitando cualquier tipo de plagio o copia, buscando la originalidad de este

IV.- RESULTADOS

4.1. Analizar la relación aire combustible en el funcionamiento del motor cuando utiliza GLP como combustible para determinar el exceso de aire en la combustión.

4.1.1. Relación Masa de Aire – Masa de Combustible.

La relación entre la masa del aire que se emplea en la combustión frente a la masa de combustible, es un indicador que establece la operatividad del motor de combustión interna, debido a que cuando el motor funcione con valores cercanos a la idealización de ésta relación, sus parámetros de funcionamiento estarán dentro de un rango de funcionamiento de alta eficiencia.

En realidad en el proceso de la combustión lo que se utiliza es el oxígeno del aire y el carbono e hidrógeno del combustible, que al sufrir dicha reacción química, genera una cantidad de calor, que finalmente se convierte en trabajo mecánico en el pistón de cada cilindro del motor.

En una base molar o volumétrica, al aire seco está compuesto por 20,9 por ciento de oxígeno, 78,1 por ciento de nitrógeno, 0,9 por ciento de argón y pequeñas cantidades de dióxido de carbono, helio, neón e hidrogeno. En el análisis de los procesos de combustión, el argón en el aire se trata como nitrógeno, en tanto que los gases que existen en cantidades muy pequeñas se descartan, de modo que el aire seco puede considerarse aproximadamente como 21 por ciento de oxígeno y 79 por ciento de nitrógeno en números molares.



4.1.2. Análisis de la combustión utilizando GLP

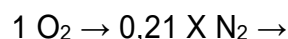
4.1.2.1. Composición del aire y del GLP

Composición del aire: El aire es un fluido que se encuentra en la atmósfera, y está constituido por oxígeno, nitrógeno y otros gases; posee una densidad en condiciones atmosféricas de 1,27 Kg/m³, el cual varía en función a la altitud sobre el nivel del mar.

Uno de los grandes problemas que enfrenta los motores de combustión interna, es de tener aire a éste valor de densidad, para garantizar la combustión con el combustible, debido a que se requiere de una cierta cantidad de masa para generar una combustión completa.

O₂(oxígeno)=21% en números molares N₂(nitrogeno)=79%

en numeros molares



0,79

$$X = \frac{0,79}{0,21} = 3,76 \text{ moles de nitrógeno}$$

Composición del GLP: El Gas Licuado de Petróleo, es un hidrocarburo, que se obtiene mediante la refinación del petróleo; éste combustible a condiciones de almacenamiento se encuentra en fase líquida, pero para el funcionamiento en el interior del cilindro del motor, se requiere que sea gasificado para que la combustión sea cada vez más completa.

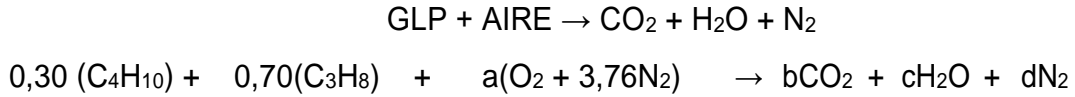
Los hidrocarburos que se encuentran en el GLP, lo constituyen mayormente el butano y el propano, con la siguiente concentración.

Butano (C₄H₁₀) → 30 %

Propano (C₃H₈) →

4.1.3. Relación aire combustible teórico

La ecuación química para este proceso de combustión puede escribirse como:



Dicha ecuación para su análisis debe ser balanceada, es decir debe contener la misma cantidad de productos como de reactantes.

Para el caso del Carbono

$$(0,30 * 4) + (0,70 * 3) = b = 3,3$$

Para el caso del Hidrógeno

$$(0,30 * 10) + (0,70 * 8) = 2c,$$

$$c = 4,3$$

Para el caso del Oxígeno

$$2a = 2b + c$$

Reemplazando valores, se

tiene que:

$$2a = 2 * 3,3 + 4,3 = 10,9; \text{ por lo}$$

tanto

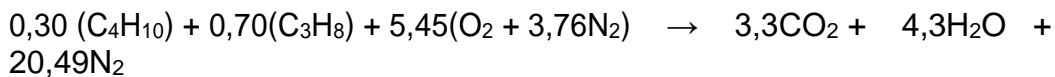
$$a = 5,45$$

Para el caso del Nitrógeno

$$2(3,76a) = 2d$$

$$d = 20,49$$

El balanceo final es:



Esta es la ecuación de la combustión del GLP, en función a ello se determina la relación teórica de aire y combustible.

La masa de aire es la suma de la masa de oxígeno más la masa de nitrógeno, para lo cual se debe tener en cuenta el peso atómico de cada uno de los elementos químicos.

Tabla 1. Valores del peso atómico

N°	Elemento Químico	Peso Atómico
1	Carbono	12
2	Oxígeno	16
3	Nitrógeno	14
4	Hidrógeno	1

Fuente: Manual del Ing. Químico. Peery Shilton, 2013.

Cálculo de la Masa del aire

$$\text{masa del aire} = (5,45 * 32 \text{ kg O}_2) + (20,49 * 28 \text{ kg N}_2)$$

$$\text{masa del aire} = (174,4 \text{ kg O}_2) + (573,77 \text{ kg N}_2)$$

Entonces la masa del aire es: $174,4 + 573,77 = 748,17 \text{ kg de aire}$

Cálculo de la Masa del combustible:

$$0,30 (\text{C}_4\text{H}_{10}) + 0,70 (\text{C}_3\text{H}_8)$$

$$\text{C} = (12 * 4 * 0,30) + (12 * 3 * 0,70) = 14,4 + 25,2$$

$$\text{H} = (1 * 10 * 0,30) + (1 * 8 * 0,70) = 3 + 5,6$$

Entonces la masa del combustible: 48,2 kg de combustible

Relación teórica aire / combustible.

$$r_{\text{aire/comb}} = \frac{748,17 \text{ kg aire}}{48,2 \text{ kg comb}}$$

R a/c = 15,52 Kg de aire por un Kilogramo de GLP.

Esta relación expresa la cantidad teórica de aire que requiere para la combustión completa de 1 Kg de GLP, en términos de masa. El aire se encuentra en fase gaseosa y el GLP a condiciones ambientales también está en fase gaseosa, siendo necesario para su almacenamiento en fase líquida.

Relación aire combustible real

Para la combustión real, en los gases de escape se analiza con la presencia de:

Monóxido de Carbono.

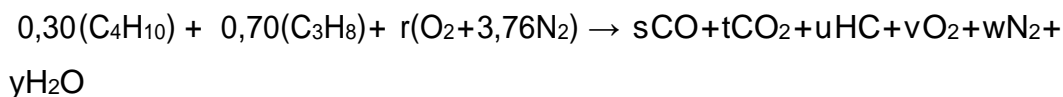
Dióxido de Carbono.

Hidrocarburos no Quemados.

Oxígeno.

Nitrógeno.

Vapor de agua.



Balance de ecuaciones:

Carbono:

$$(0,30 * 4) + (0,70 * 3) = s + t + u$$

Hidrógeno:

$$(0,30 * 10) + (0,70 * 8) = u + 2y$$

Oxígeno

$$5,45 * 2 * 3,76 * r = s + 2t + 2v + y$$

Nitrógeno

$$R(3,76)(2) = 2w$$

Desarrollando las ecuaciones, teniendo en cuenta que los coeficientes de la cantidad de hidrocarburos no quemados y el valor de oxígeno en la combustión idealmente no se generan si la combustión es completa ($u = v = 0$)

$$y = (3+5.6)/2 = 3.4$$

$$5.45 \cdot 7.52r = s+2t+3.4$$

$$3.3 = s+t$$

La relación entre la cantidad de monóxido de carbono y dióxido de carbono se establece por la eficiencia de la combustión, para valores aceptables de monóxido de carbono como máximo, es del 0.5%, con respecto al 12.5% que es el valor mínimo de la suma del monóxido y dióxido de carbono; por lo tanto el 0.5% de 12.5% equivale al 6.25% que es la relación, es decir el coeficiente $s = 0.0625t$; con lo cual:

$$3.3 = 0.0625t + t$$

$$t = 3.10$$

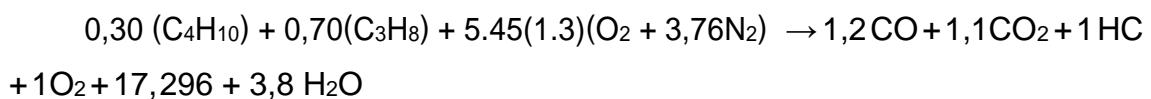
Luego:

$$40.98r = 3.10 + 2(3.10)+3.4$$

$$r = 0.3$$

Es decir al valor nominal se le agrega 0.3 de exceso de aire.

Por el método del tanteo tenemos los siguientes valores:



Masa del aire:

$$\text{Masa del aire} = 5.45 * 1.3 * [(1 * 32 \text{ kg O}_2) + (3.76 * 28 \text{ kg N}_2)]$$

$$\text{Masa del aire} = (5.45 * 1.3 * 32 \text{ kg O}_2) + (17.296 * 28 \text{ kg N}_2)$$

$$\text{Masa del aire} = (226.72 \text{ kg O}_2) + (745 \text{ kg N}_2)$$

Entonces la masa del aire es: $226.72 + 745 = 972.68 \text{ kg de aire}$

Masa del combustible:

$$0.30 (\text{C}_4\text{H}_{10}) + 0.70 (\text{C}_3\text{H}_8)$$

$$(12 * 4 * 0.30) + (12 * 3 * 0.70) = 14.4 + 25.2$$

$$(1 * 10 * 0.30) + (1 * 8 * 0.70) = 3 + 5.6$$

Entonces la masa del combustible: $48.2 \text{ kg de combustible}$.

Esta relación expresa la cantidad real de aire (20.17 Kg de aire) que requiere para la combustión completa de 1 Kg de GLP , en términos de masa. El aire se encuentra en fase gaseosa y el GLP a condiciones ambientales también está en fase gaseosa, siendo necesario para su almacenamiento en fase líquida.

La diferencia entre aire teórico y real en la combustión de GLP, es por la presencia de otros gases en la combustión, que hacen que la mezcla en la combustión real sea rica comparada con la teórica.

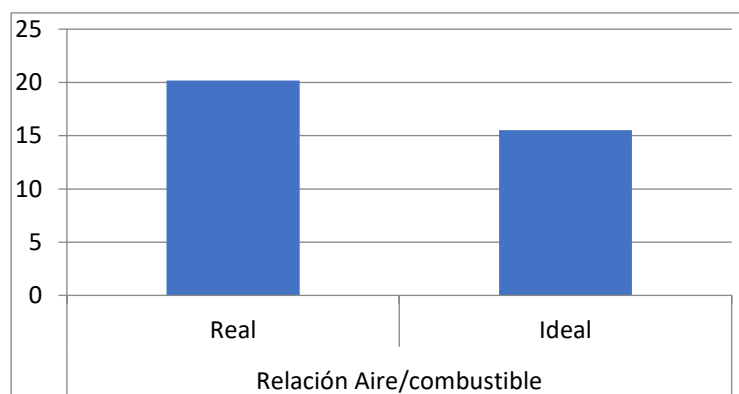


Figura 4. Diferencia de la relación aire/combustible teórica y real en GLP

Fuente: Romero, 2019

4.1.4. Consumo específico del combustible (GLP)

Para la determinación del consumo específico de GLP en el interior de un motor que ha sido diseñado inicialmente para gasolina, se analiza de la siguiente manera; en principio se determina la cantidad de gas nuevo que ingresa al interior del cilindro, para lo cual se utiliza indicadores tales como el grado de admisión, la densidad del aire,

Cantidad de gas nuevo:

$$Q_f = \frac{Ga * V_h * z * N}{2}$$

Dónde:

Q_f = Cantidad de gas nuevo por minuto [l/min]

V_h = Cilindrada (del cilindro) [cm³]

V_H = Cilindrada (del motor) [cm³]

z = Número de cilindros

N = Revoluciones del motor [1/min]

G_a = Grado de admisión

La densidad del aire a condiciones ambientales es de 1,28 Kg/m³ o su equivalente a 0.00128 kg/litro, la densidad del GLP = 0,56 kg/l.

El vehículo analizado tiene los siguientes datos técnicos:

Datos del vehículo:

Cilindrada del motor 1300 cc = 1,3 litros

Volumen del cilindro: 1300/4 = 325 cc = 0.325 litros

Velocidad de ralentí = 950

Grado de admisión: 0,70

Calculo de gas nuevo:

$$Q_f = \frac{0.70 * 0.325 * 4 * 950}{2}$$

$$Q_f = 432.25 \text{ l/min}$$

En términos de caudal, el caudal del GLP más el caudal de aire es el caudal de gas nuevo que ingresa al cilindro, y se expresa:

$$Q_f = Q_{glp} + Q_{Aire}$$

Sabiendo que el caudal es la relación entre el flujo de masa entre la densidad, la expresión de caudales se expresa:

$$\frac{M_{glp}}{\delta_{glp}} + \frac{M_{aire}}{\delta_{aire}} = Q_f$$

Reemplazando valores, se tiene que el flujo de masa de GLP es de 0.028 Kg/min.

Luego, dividiendo éste valor de flujo de masa entre la densidad del GLP, se obtiene un consumo de 3.00 litros por hora.

4.1.5. Consumo específico del combustible (Gasolina)

Para la determinación del consumo específico de Gasolina en el interior de un motor, se analiza de la siguiente manera; en principio se determina la cantidad de gas nuevo que ingresa al interior del cilindro, para lo cual se utiliza indicadores tales como el grado de admisión, la densidad del aire.

Cantidad de gas nuevo:

$$Q_f = \frac{G_a * V_h * z * N}{2}$$

Dónde:

Q_f = Cantidad de gas nuevo por minuto [l/min]

V_h = Cilindrada (del cilindro) [cm³]

V_H = Cilindrada (del motor) [cm³]

z = Número de cilindros

N = Revoluciones del motor [1/min]

G_a = Grado de admisión

La densidad del aire a condiciones ambientales es de 1,28 Kg/m³ o su equivalente a 0.00128 kg/litro, la densidad de la gasolina = 0.74 kg/l.

El vehículo analizado tiene los siguientes datos técnicos:

Datos del vehículo:

Cilindrada del motor 1300 cc = 1,3 litros

Volumen del cilindro: 1300/4 = 325 cc = 0.325 litros

Velocidad de ralentí = 950

Grado de admisión: 0,70

Calculo de gas nuevo:

$$Q_f = \frac{0.70 * 0.325 * 4 * 950}{2}$$

$$Q_f = 432.25 \text{ l/min}$$

En términos de caudal, el caudal de gasolina más el caudal de aire es el caudal de gas nuevo que ingresa al cilindro, y se expresa:

$$Q_f = Q_{gasolina} + Q_{Aire}$$

Reemplazando valores, se tiene que el flujo de masa de Gasolina es de 0.0278 Kg/min.

Luego, dividiendo éste valor de flujo de masa entre la densidad de la gasolina, se obtiene un consumo de 2.25 litros por hora.

4.2. Realizar las mediciones de los parámetros de funcionamiento del motor para determinar su variación a diferentes altitudes.

Los parámetros de funcionamiento del motor, se midieron por los sensores, dichos sensores transforman el fenómeno físico en términos de señales eléctricas.

a) El flujo de masa de aire, se midió por el sensor denominado sensor de flujo de masa de aire, MAF; éste sensor internamente tiene una resistencia que es sensible a la variación de la temperatura, el cual por relación directa entre masa de aire con la temperatura, determina el flujo de masa de aire, en términos de Kg/minuto.

b) El sensor de temperatura del motor, denominado CTS, es el sensor que envía una señal eléctrica en términos de variación de voltaje; esto se da por la existencia de un termistor en el interior del sensor, que conectado a una resistencia en serie de un valor fijo, ésta variación se da por el efecto de divisor de tensión.

c) El sensor de RPM, mide el número de revoluciones del motor, es el sensor de RPM, también denominado CKP, éste sensor envía la información de la cantidad de revoluciones del eje cigüeñal, por medio del fenómeno inductivo que existe en el interior del sensor; éste sensor a diferencia de los demás genera su propia señal sin necesidad de ser alimentado por alguna fuente de alimentación eléctrica.

d) Actuador: inyector de GLP. Inyecta el combustible de GLP mediante la alimentación de señal de la computadora de gas, la misma que se encarga de emular la señal enviada a los inyectores de gasolina de parte de la computadora del vehículo.

4.2.1. Medición de parámetros.

4.2.1.1. Sensor de Flujo de Masa de Aire.

- a) Identificar los conectores del sensor MAF, utilizando el voltímetro, para lo cual el motor debe estar encendido, luego apagar el motor.
- b) Medir la resistencia eléctrica en ohmios del sensor MAF.
- c) Encender el motor del vehículo hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento de 90°C, Identificar la tensión en cada conector para determinar cuáles son los terminales de alimentación eléctrica desde la ECU del motor, y cuáles son los terminales de señal que va hacia la ECU.
- d) Observar la forma de la señal eléctrica, registrando los valores de las amplitudes de la onda.
- e) Realizar la medición a 3 diferentes regímenes de velocidad, es decir a velocidad de ralentí, a velocidad de carga parcial y a velocidad de plena carga.

4.2.1.2. Sensor de Temperatura del motor.

- a) Medir la resistencia eléctrica en ohmios del sensor de temperatura.
- b) Conectar el osciloscopio automotriz, y conectar los conectores de éste, en los terminales del sensor de temperatura.
- c) Encender el motor del vehículo.
- d) Observar la forma de la señal eléctrica, registrando los valores del voltaje mientras la temperatura del motor empieza a incrementarse, el cual debe ser medido con un termómetro laser.
- e) Realizar la medición a 3 diferentes regímenes de velocidad, es decir a velocidad de ralentí, a velocidad de carga parcial y a velocidad de plena carga.

4.2.13. Actuador: Inyector de GLP

- a) Medir la resistencia eléctrica en ohmios de cada uno de los inyectores del motor.
- b) Identificar la polaridad de la bobina de los inyectores, para lo cual debe utilizar el voltímetro automotriz, y con la chapa de contacto de vehículo en accesorios.
- c) Encender el motor del vehículo, hasta que alcance su temperatura normal de funcionamiento que es de 90 grados centígrados.

- d) Observar la forma de la señal eléctrica, registrando los valores del tiempo de inyección en milisegundos, para lo cual se debe configurar las líneas del tiempo del osciloscopio en una escala apropiada.
- e) Realizar la medición a 3 diferentes regímenes de velocidad, es decir a velocidad de ralentí, a velocidad de carga parcial y a velocidad de plena carga.
- e) Repetir la prueba a cada uno de los 4 inyectores.

4.2.2. Resultados de las pruebas.

4.2.2.1. Pruebas sensor MAF

Tabla 2. Resultado de pruebas a sensor MAF

Sensor MAF				
Altitud (msnm)	750 RPM	1800 RPM	2800 RPM	Forma de la Señal
0	3	3.3	3.6	
1000	2.91	3.25	3.51	
1300	2.87	3.24	3.45	
1500	2.85	3.19	3.41	
1800	2.81	3.15	3.32	
2000	2.76	3.12	3.24	
2500	2.71	3.03	3.18	

. Fuente: Resultados de Mediciones

En las mediciones del flujo de aire, se observa que a medida que el vehículo se desplaza a una velocidad de ralentí, que es solamente en momentos de arranque y desaceleración, la amplitud de la onda de tensión disminuye desde un valor 3.00 voltios, que corresponde en recorridos en las ciudades de la costa que se ubican a menos de 100 metros sobre el nivel del mar, el valor está dentro de lo establecido por el fabricante, sin embargo a medida que el vehículo se desplaza a la misma velocidad de ralentí en ciudades mayores a 1000 msnm, éste valor empieza a disminuir.

En las pruebas a velocidades de 1800 y 2800 rpm, se observa que la tendencia es a la disminución de los valores de medición de flujo de aire; teniendo como

referencia que para la velocidad de 1800 rpm, a 0 msnm se tiene 3.3 voltios, sin embargo para 2500 msnm se tiene 3.03 voltios, y para 2800 rpm, el valor disminuye desde 3.6 hasta 3.18 a 2000 msnm.

El valor de la tensión que emite el sensor MAF es proporcional a la disminución de la masa de aire al interior del motor; ésta disminución de la masa es por la disminución de la densidad del aire a la presión atmosférica del lugar.

En la figura 4, se muestra la tendencia del flujo de masa de aire, expresado en valores de tensión en el sensor MAF.

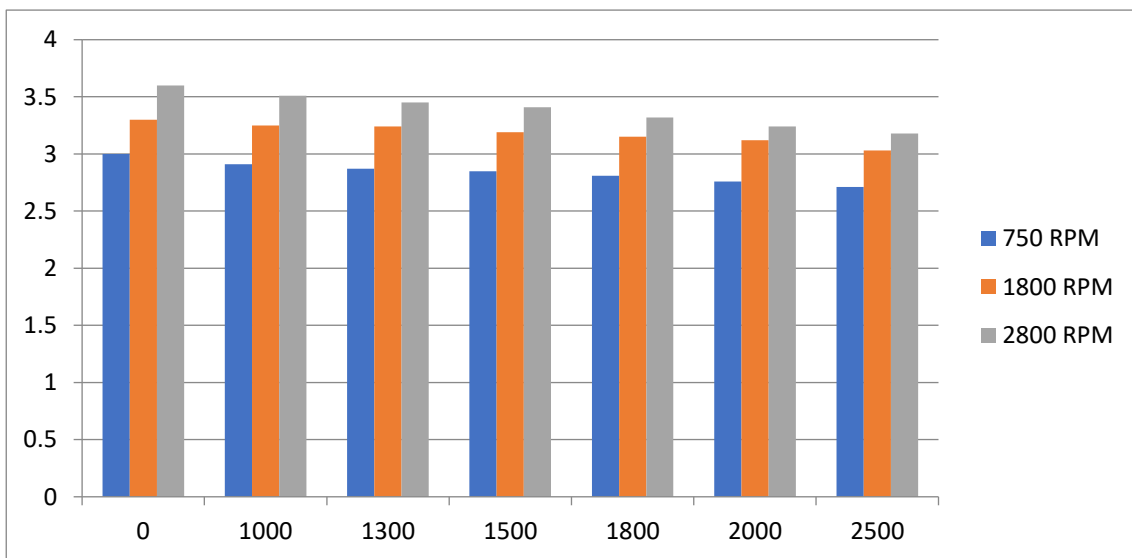


Figura 5. Tendencia del flujo de masa de aire en el motor a diferentes msnm
Fuente: Resultados de Mediciones

En términos porcentuales, la disminución del flujo de masa de aire se describe en la tabla 3.

Tabla 3. Disminución del flujo. Variación de la disminución del flujo de masa de aire a diferentes msnm

Altitud (msnm)	750 RPM		1800 RPM		2800 RPM	
	Tensión (Voltios)	Disminución (%)	Tensión (Voltios)	Disminución (%)	Tensión (Voltios)	Disminución (%)
0	3	0.00	3.3	0.90	3.6	0.00
1000	2.91	3.00	3.25	2.40	3.51	2.50
1300	2.87	4.33	3.24	2.70	3.45	4.17
1500	2.85	5.00	3.19	4.20	3.41	5.28
1800	2.81	6.33	3.15	5.41	3.32	7.78
2000	2.76	8.00	3.12	6.31	3.24	10.00
2500	2.71	9.67	3.03	9.01	3.18	11.67

Fuente: Resultados de Mediciones

De la tabla 3, se puede analizar lo siguiente:

- a) Que para valores de 2500 msnm, la disminución del flujo de masa de aire es de 9.67%, es decir que el motor tendrá una admisión de masa de aire, que incide en el funcionamiento del motor, notando que en algunas ocasiones se apaga debido a que no puede funcionar con poca cantidad de aire.
- b) Para valores mayores a 2500 msnm, el motor ya no funciona correctamente a esta velocidad, no es posible mantener el ralentí del motor a 750 RPM, el valor del ralentí es superior a 1000 RPM, provocando problemas en el arranque.
- c) Para altitudes menores a los 2000 metros, la disminución para cuando el motor funciona con velocidad ralentí, es hasta el 8%, que en realidad el motor si opera a ese valor de rpm, pero con poca potencia mecánica.
- d) Para el caso de velocidades medias de 1800 y máxima velocidad a 2800, la tendencia es la misma, es decir la disminución del flujo de masa de aire será en el motor de 9.01 y de 11.67%, es decir que el motor más allá de dicha velocidad, no funciona.

4.2.2.2. Prueba de sensor de Temperatura del motor.

Tabla 4. Resultado de mediciones a sensor de temperatura del motor a diferentes alturas y rpm

Sensor de Temperatura									
Altitud (msnm)	750 RPM			1800 RPM			2800 RPM		
	Resistencia de sensor (Ohmios)	Temperatura del Motor (°C)	Tensión (Voltios)	Resistencia de sensor (Ohmios)	Temperatura del Motor (°C)	Tensión (Voltios)	Resistencia de sensor (Ohmios)	Temperatura del Motor (°C)	Tensión (Voltios)
0	432	94	3.50	438	96	3.60	442	98	3.70
1000	441	92	3.54	438	96	3.60	439	97	3.65
1300	446	90	3.54	432	94	3.61	439	97	3.65
1500	446	90	3.54	434	93	3.63	435	95	3.58
1800	449	88	3.54	434	93	3.63	435	95	3.58
2000	452	87	3.63	438	91	3.59	432	94	3.56
2500	452	87	3.63	438	91	3.59	432	94	3.56

Fuente: Resultados de Mediciones

En la tabla 4, de las mediciones realizadas al sensor de temperatura a diferentes altitudes y a tres rpm del motor: ralentí, media carga y máxima velocidad, se puede observar que en los tres regímenes de velocidad, el valor de la temperatura del motor disminuyen, el valor de la resistencia eléctrica del sensor se incrementa, y la señal de tensión del sensor disminuye en la misma proporción que disminuye la temperatura.

En la figura 5, se muestra la tendencia de la disminución de la temperatura a los tres regímenes de velocidad a diferentes altitudes.

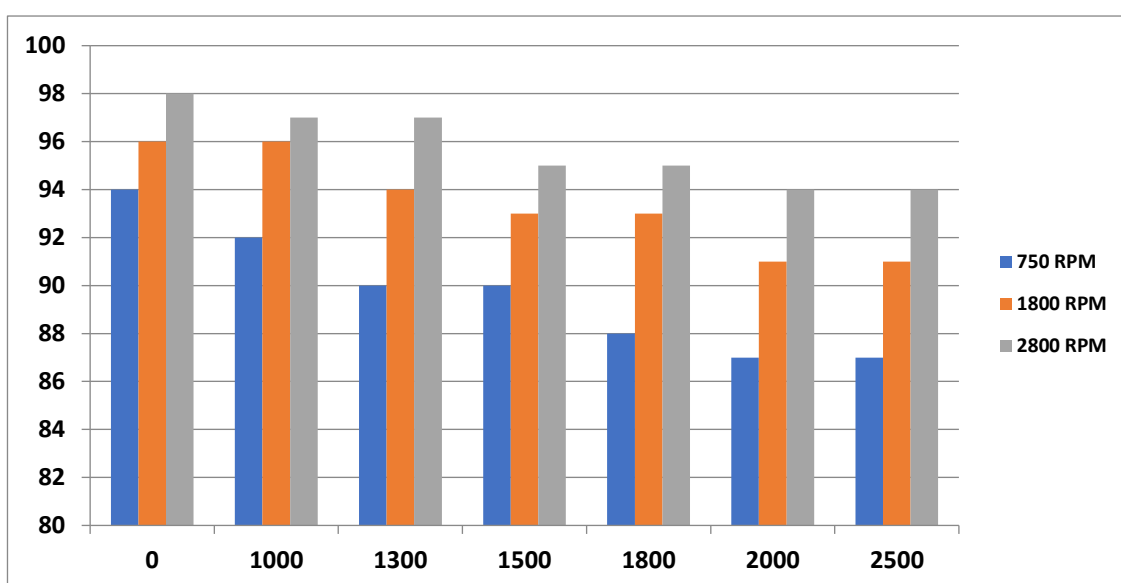


Figura 6. Evolución de la temperatura del motor a diferentes alturas y rpm
Fuente: Resultados de Mediciones

Tabla 5. Variación de la disminución de la temperatura del motor a diferentes msnm.

Sensor de Temperatura						
Altitud (msnm)	750 RPM		1800 RPM		2800 RPM	
	Temperatura del Motor (°C)	Disminución (%)	Temperatura del Motor (°C)	Disminución (%)	Temperatura del Motor (°C)	Disminución (%)
0	94	0.00	96	0.00	98	0.00
1000	92	2.13	96	0.00	97	1.02
1300	90	4.26	94	2.08	97	1.02
1500	90	4.26	93	3.13	95	3.06
1800	88	6.38	93	3.13	95	3.06
2000	87	7.45	91	5.21	94	4.08
2500	87	7.45	91	5.21	94	4.08

Fuente: Resultados de Mediciones

De los valores de la tabla 5 descrita se puede determinar que:

- a) Para la velocidad de ralentí, la temperatura disminuye hasta llegar a un valor de 7 grados centígrados menos con respecto a la temperatura a nivel del mar.
- b) Para media velocidad, se tiene que el valor de la temperatura disminuye hasta en 5 grados centígrados para 2500 msnm, es decir que el motor funciona con temperatura baja, y con una pérdida de potencia mecánica.
- c) Para máxima velocidad, se tiene un valor de reducción de 4 grados centígrados equivalente a 4.08% menos con respecto al valor de la temperatura al motor cuando funcione al nivel del mar.
- d) Para mayores altitudes, el motor se apaga debido a que no tiene la suficiente cantidad de aire, y para mantener las condiciones de funcionamiento de 1800 rpm, no es posible, salvo que se incremente la velocidad superior a 2200 rpm.

4.2.2.3. Prueba Inyector: Tiempo de Inyección

Tabla 6. Resultado de mediciones al tiempo de inyección en los inyectores de GLP, a 3 regímenes de velocidad y diferentes msnm

Inyector de GLP: Tiempo de Inyección (Milisegundos)				
Resistencia Eléctrica (Ohmios): 4,02				
Altitud (msnm)	750 RPM	1800 RPM	2800 RPM	Forma de la Señal
0	4.8	5.2	5.4	
1000	4.83	5.29	5.43	
1300	4.87	5.32	5.45	
1500	4.92	5.38	5.48	
1800	4.94	5.43	5.52	
2000	4.99	5.46	5.56	
2500	5.03	5.49	5.62	

Fuente: Resultados de Mediciones

En la tabla 6, se puede observar que existe un incremento del tiempo de inyección en promedio de los cuatro inyectores, éste incremento del tiempo de inyección implica de manera proporcional el consumo de combustible, es decir mayor tiempo de inyección, será mayor el consumo de combustible.

Para velocidades de ralentí, el tiempo de inyección se incrementa desde 4.8 a 5.03 milisegundos, es decir 0.23 milisegundos más la electroválvula del inyector permanece abierta, producto de la señal que envía la unidad de control electrónica hacia el inyector de GLP.

De manera análoga sucede para velocidad media, como para máxima velocidad de 5.2 a 5.49 y de 5.4 a 5.62 milisegundos respectivamente.

En la figura 6, se observa la tendencia de los tiempos de inyección en promedio de los 4 cilindros del vehículo analizado.

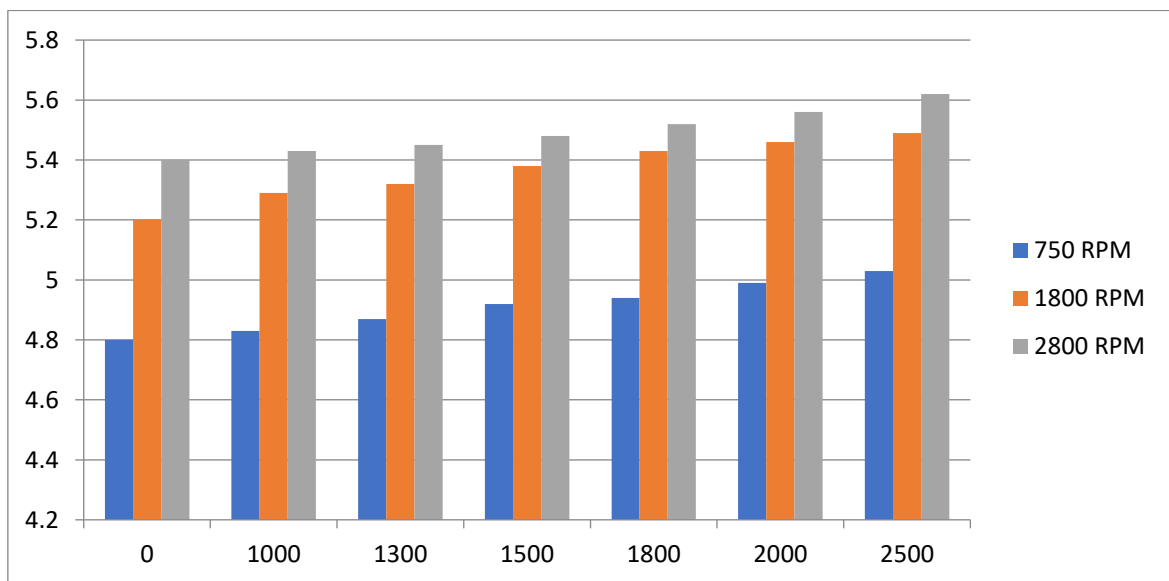


Figura 7. Evolución del tiempo de inyección en el motor a GLP a 3 regímenes de velocidad y diferentes msnm.

Fuente: Resultados de Mediciones

En las pruebas de medición del tiempo de inyección de GLP, en la tabla 9, se describe la variación porcentual del incremento del tiempo de inyección.

Tabla 7. Variación del incremento del tiempo de inyección de GLP en el motor a diferentes msnm

Inyector de GLP: Tiempo de Inyección (Milisegundos)						
Resistencia Eléctrica (Ohmios): 4,02						
Altitud (msnm)	750 RPM	Incremento (%)	1800 RPM	Incremento (%)	2800 RPM	Incremento (%)
0	4.8	0.00	5.2	0.00	5.4	0.00
1000	4.83	0.63	5.29	1.73	5.43	0.56
1300	4.87	1.46	5.32	2.31	5.45	0.93
1500	4.92	2.50	5.38	3.46	5.48	1.48
1800	4.94	2.92	5.43	4.42	5.52	2.22
2000	4.99	3.96	5.46	5.00	5.56	2.96
2500	5.03	4.79	5.49	5.58	5.62	4.07

Fuente: Resultados de Mediciones

El tiempo de inyección para la velocidad media de 1800 rpm, se incrementa en los motores a diferentes alturas; es decir para 2500 msnm, el tiempo de inyección se incrementa en 5.58%, lo que equivale a un incremento del consumo de GLP en la misma proporción que de un vehículo que funciona a 0 msnm; ésta variación de 5.58% es significativa para el rendimiento del vehículo que traducido en términos de soles, por cada 100 soles de GLP que se utiliza en las ciudades de la costa, en ciudades a 2500 msnm, se adiciona 5.58 Soles.

4.3. Determinar la variación del rendimiento del motor en función a las mediciones realizadas.

El rendimiento de un motor se da por la relación:

$$n = \frac{\text{Energía Salida}}{\text{Energía Ingreso}} * 100$$

La energía de salida del motor está dada por la energía mecánica en el eje cigüeñal, y la energía de ingreso está dado por el poder calorífico del combustible.

Para la determinación de la energía de ingreso de combustible está dado por la masa del GLP por el poder calorífico de 1 Kg de GLP; por lo tanto la variación de la energía de ingreso está dado por la variación de la masa de GLP

que ingresa al motor. Esta variación se realizó en a tabla 9, e donde se tiene los incrementos de GLP a diferentes altitudes.

Para la determinación de la energía de salida que es la relación entre el torque del motor y la velocidad angular durante un tiempo determinado.

$$Es = Torque * Vel. Angular * Tiempo$$

El torque será la relación de la fuerza por el radio de giro del cigüeñal, y la fuerza será el resultado de la presión en el interior del cilindro por el área del cilindro.

$$T = F * R$$

$$T = P * A * R$$

$$T = \frac{\pi * \varnothing^2}{4} * P * R$$

Dónde:

T: Torque en N-m.

P: Presión en Pascal.

R: Radio de giro del cigüeñal. (R = 025m)

A: Area del cilindro. (Diámetro del cilindro: 72 mm).

Por lo tanto se obtiene el torque de manera indirecta teniendo la presión como variable.

En las mediciones con el scanner automotriz, se obtuvo la siguiente información para diferentes altitudes, tomando como referencia 3 niveles de velocidad: 750, 1800 y 2800 RPM, que son las velocidades en lo que mayormente opera el motor de GLP.

Tabla 8. Mediciones de la Presión Interior del cilindro (KPa)

Presión Interior de Cilindro (Kilopascal)			
Altitud (msnm)	1500	1800	2200
0	1010	1030	1060
1000	1010	1040	1070
1300	998	1020	1050
1500	987	998	1020
1800	981	991	995
2000	978	984	989
2500	967	973	979

Fuente: Resultados de Mediciones

Con los valores de la presión interior del cilindro, se determina la fuerza, el torque y la energía mecánica.

La fuerza es la multiplicación de la presión interior del cilindro por el área del cilindro, y el toque la multiplicación de la fuerza por el radio de giro, el cual se determina:

$$T = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} * P * R$$

Tabla 9. Cálculo del torque a diferentes RPM y altitudes

Altitud (msnm)	Fuerza (Newton)			Torque (N-m)		
	1500	1800	2200	1500	1800	2200
0	514.0	524.2	539.5	51.4	52.4	53.9
1000	514.0	529.3	544.6	51.4	52.9	54.5
1300	507.9	519.1	534.4	50.8	51.9	53.4
1500	502.3	507.9	519.1	50.2	50.8	51.9
1800	499.3	504.4	506.4	49.9	50.4	50.6
2000	497.7	500.8	503.3	49.8	50.1	50.3
2500	492.1	495.2	498.3	49.2	49.5	49.8

Fuente: Resultados de Mediciones

En la tabla 10 se determina la variación del torque del motor a medida que el vehículo circula a diferentes altitudes:

Tabla 10. Variación del Torque a Diferentes RPM y Altitud

Altitud (msnm)	Torque (N-m)					
	750	Variación (%)	1800	Variación (%)	2200	Variación (%)
0	51.4	0.0	52.9	0.0	54.5	0
1000	51.4	0.0	52.9	0.0	54.5	0.1
1300	50.8	1.2	51.9	1.9	53.4	1.9
1500	50.2	1.1	50.8	2.2	51.9	2.9
1800	49.9	0.6	50.4	0.7	50.6	2.5
2000	49.8	0.3	50.1	0.7	50.3	0.6
2500	49.2	1.1	49.5	1.1	49.8	1.0

Fuente: Resultados de Mediciones

El incremento de energía de ingreso está dado por el incremento de combustible, y la disminución de la energía de salida está dada por el torque, con lo cual se determina el rendimiento del motor a diferentes altitudes.

La determinación de la variación de rendimiento será la relación del incremento de la cantidad de combustible y la disminución de torque; en la tabla 13 se determina dicha variación del rendimiento, utilizando la expresión de la diferencia entre el incremento del consumo de combustible en % a diferentes altitudes menos la disminución del torque en % a diferentes altitudes.

Tabla 11. Determinación de la variación del rendimiento a diferentes altitudes

MSNM	750			1800			2800		
	Incremento de combustible %	Disminución de Torque %	Variación del Rendimiento %	Incremento de combustible	Disminución de Torque	Variación del Rendimiento %	Incremento de combustible	Disminución de Torque	Variación del Rendimiento %
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	0.63	0.00	0.63	1.73	0.00	1.73	0.56	0.08	0.48
1300	1.46	1.19	0.27	2.31	1.87	0.44	0.93	1.87	0.94
1500	2.50	1.10	1.40	3.46	2.16	1.30	1.48	2.86	1.38
1800	2.92	0.61	2.31	4.42	0.70	3.72	2.22	2.45	0.23
2000	3.96	0.31	3.65	5.00	0.71	4.29	2.96	0.60	2.36
2500	4.79	1.12	3.67	5.58	1.12	4.46	4.07	1.01	3.06

Fuente: Resultados de Mediciones

En la tabla 11 se observa que la variación del rendimiento del motor es la diferencia entre el incremento de consumo de combustible medido con el incremento del tiempo de inyección y la disminución del torque en términos porcentuales medidos con la presión interna del cilindro, tomando como referencia 0 msnm disminuye en todos los regímenes de velocidad a diferentes altitudes; notándose que a 2500 msnm para 2800 RPM el rendimiento del motor disminuye en 3.06% con respecto a su funcionamiento a 0 msnm.

V.- DISCUSION

Existe en los conductores y propietarios de las unidades vehiculares que utilizan GLP, las características que tienen éstas unidades y su respuesta a su funcionalidad a diferentes alturas sobre el nivel del mar; en muchos casos no se tiene en cuenta la influencia de éste factor, y se utilizan de manera indistinta a la altitud en donde operen.

En Cajamarca, las unidades que se utilizan para el transporte público de pasajeros, entre un 30 a 40%, han sido convertidos a utilizar el GLP como combustible en el motor; cambiando la tarjeta de propiedad del mismo, sin embargo no se ha realizado un análisis de los parámetros de funcionamiento del vehículo, a fin de verifica que si tienen las condiciones para que puedan operar con los 2 combustibles.

El GLP que se utiliza en los vehículos livianos de 1300 cc, es un hidrocarburo que está constituido por el Butano y el Propano, y en la ecuación de la combustión los elementos de éstos hidrocarburos reaccionan siempre con un exceso de aire, con una relación de 20,7 Kg de aire por Kg de combustible, que difieren a la relación de aire combustible de 14,7 Kg de aire combustible que se requiere para la gasolina, siendo una ventaja en cuanto a la emisión de monóxido carbono, sin embargo ligeramente mayor en los hidrocarburos no quemados.

En el Perú, y específicamente en las ciudades que están ubicadas a mayor de 1500 metros sobre el nivel del mar, el acceso al suministro de Gas Licuado de Petróleo no es el adecuado, debido a que no existen la cantidad adecuada de estaciones se servicios de Glp; es por ello que muchas veces los conductores se ven forzados a utilizar la gasolina como combustible alternativo, cuando no tienen acceso al Glp. Esta situación influye significativamente en el funcionamiento del motor; debido a que, al realizar el cambio de combustible, no se tiene en cuenta los parámetros que en ese momento tiene el motor.

En las zonas de altura mayor a 2000 msnm se observan que los vehículos livianos utilizan una carga límite, es decir que se ven forzados a utilizarse como vehículos de carga; ésta situación ha llevado a que en ocasiones se apague el motor, y que al querer hacerlo funcionar, ya no es posible.

La potencia del motor es de menor valor a la demanda de potencia que requiere la carga. Ello se evidencia en la cantidad de energía calorífica que entrega el GLP al momento de la combustión. La energía calorífica que genera el Gas Licuado de Petróleo, comparado con la gasolina está en la relación 63%; es decir el GLP entrega el 63% de energía calorífica, si se compara con la gasolina.

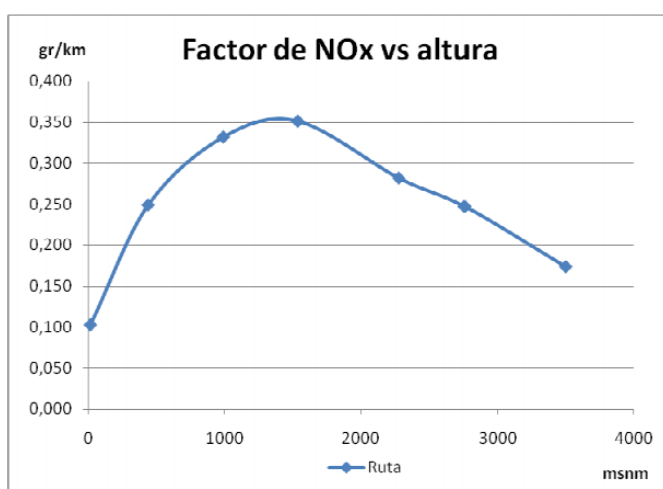


Figura 8. NOx en función a la altura de funcionalidad de los vehículos.
Fuente: Resultados de Mediciones

En la figura 7, se pudo evidenciar que a medida que se asciende a los primeros 500 metros de altura, los valores de óxido de nitrógeno se incrementan desde 0.1 hasta 0,24, es decir que tiene un incremento del 150%, y desde los 500 a los 1000 metros sobre el nivel del mar, éste valor llega hasta el valor de 0.310 gr/Km, sin embargo cuando se llega a alturas de 1500 metros sobre el nivel del mar, el valor supera los 0.350 gr/Km, es decir alcanzó su valor máximo.

Los sensores ubicados en el motor captan el fenómeno y lo convierten en señales de voltaje; en el caso del sensor de Flujo de Masa de Aire, se determina

el flujo de masa de aire en término de señal de voltaje entre 3 y 4 voltios como señal. El sensor de temperatura utiliza un elemento termistor para captar el cambio de temperatura del motor, y el inyector de GLP.

Tabla 12. Altitud y latitud de ciudades con mayor circulación de unidades livianas que utilizan GLP

Ciudad	Altitud (msnm)	Latitud
Santa Cruz	2038	06°37'36"
Chota	2387	06°32'59"
Bambamarca	2532	06°40'59"
Hualgayoc	3716	06°45'43"
Cajamarca	2719	07°09'49"

Fuente: Google Maps, 2019

En la tabla 12, se estableció que dentro de la Región de Cajamarca, el mayor flujo vehicular se da entre 2 mil y 3700 msnm, pero en dichas ciudades, a excepción de Cajamarca, el acceso al suministro de GLP está limitado, solo existen entre 2 y 3 estaciones de servicios; ésta dificultad de suministro obliga a los conductores a combinar el uso del glp y gasolina, es ahí dónde se tiene dicha inestabilidad en lo referente a lo técnico como en lo económico.

El rendimiento de un motor que utiliza GLP a diferentes alturas, es un indicador que muestra los consumos de combustible y los costos de mantenimiento del mismo, siendo ya no rentable en lugares en donde el consumo se incrementa y las veces que el vehículo ingresa al taller por mantenimiento se incrementan, no sólo incrementando el costo, sino también disminuyendo la disponibilidad de ellos.

Los tiempos de reparación o los tiempos entre los fallos, son indicadores que están fuera del margen estándar para éstas unidades vehiculares; se pudo evidenciar en la investigación, que se emplean entre 10 y 20 días en el cual las unidades vehiculares emplean para su reparación; ésta realidad se origina

porque al forzar el motor con el glp como combustible, el incremento de temperatura es significativo, y en alguno casos el motor se ha fundido o se ha dilatado sus mecanismos.

Esta investigación comparada con la realizada en otras ciudades de Latinoamérica, no es posible tener puntos en común de comparación, debido a que en el Perú, se tienen problemas no solamente técnicos, sino problemas inherentes al suministro del glp y de los repuestos que requiere los kits de conversión.

VI.- CONCLUSIONES

Se analizó mediante las ecuaciones estequiometrias ideales y reales la relación aire combustible cuando el motor utiliza GLP como combustible, y se estableció que se requiere 20.17 Kg de aire por Kg de GLP en la combustión, que tiene como hidrocarburos al metano en un 30% y al butano en un 40%. Así mismo las emisiones de gases de escape a las condiciones de funcionamiento no superan los límites máximos permisibles.

Se realizó las mediciones de los parámetros de funcionamiento del motor, en lo que respecta a la masa de flujo de aire, existe un menor ingreso de aire a medida que el vehículo circula a mayor altura, y esto se refleja por el aumento en los valores de la tensión del sensor MAF, desde un valor de 3 hasta 2.71 Voltios para velocidad de ralentí y de 3.6 hasta 3.18 voltios para velocidad de 2800 RPM. En referencia a la variación de la temperatura del motor a diferentes altitudes de funcionamiento del vehículo, se concluye que para la velocidad de ralentí, la temperatura disminuye hasta llegar a un valor de 7 grados centígrados menos con respecto a la temperatura a nivel del mar. Para media velocidad, se tiene que el valor de la temperatura disminuye hasta en 5 grados centígrados para 2500 msnm, es decir que el motor funciona con temperatura baja, y con una pérdida de potencia mecánica. Para máxima velocidad, se tiene un valor de reducción de 4 grados centígrados equivalente a 4.08% menos con respecto al valor de la temperatura al motor cuando funcione al nivel del mar.

Para mayores altitudes, el motor se apaga debido a que no tiene la suficiente cantidad de aire, y para mantener las condiciones de funcionamiento de 1800 rpm, no es posible, salvo que se incremente la velocidad superior a 2200 rpm. Para velocidades de ralentí, el tiempo de inyección se incrementa desde 4.8 a 5.03 milisegundos, es decir 0.23 milisegundos más la electroválvula del inyector permanece abierta, producto de la señal que envía la unidad de control electrónica hacia el inyector de GLP, para velocidad media, como para máxima velocidad de 5.2 a 5.49 y de 5.4 a 5.62 milisegundos respectivamente.

La variación del rendimiento del motor, se determinó en función al incremento del consumo de combustible (tiempo de inyección), y la disminución del torque en el cigüeñal del motor; notándose que a 2500 msnm para 2800 RPM el rendimiento del motor disminuye en 3.06% con respecto a su funcionamiento a 0 msnm.

VII.- RECOMENDACIONES

Es necesario el considerar la cascarilla de arroz por su comprobado poder calorífico como una fuente de energía primaria en la Matriz energética peruana, teniendo en cuenta que, con alternativas tecnológicas como la gasificación, la pirolisis, se solucionan los problemas técnicos, que tenían en su aprovechamiento, que traía perjuicio tanto a los equipos, como al medio ambiente excediendo los Imp que las normas ambientales Mundiales y nacionales determinan

Se deben realizar estudios de caracterización energética, mediante la determinación de poder calorífico superior e inferior y de esta manera estudiar el potencial energético de los Bio combustibles de la Región, tal como el bagazo de la caña de azúcar, la cascara del arroz y los residuos sólidos urbanos, mediante la utilización de la bomba calorimétrica de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, y la respectiva campaña de mediciones por estación, tipo y variedad de cultivo, tiempo de cosecha , condiciones de transporte y almacenamiento esencial , ideal y optimo

Se deben publicar en revistas científicas y de impacto de primer cuartil en el índice R de Scimago, para elevar el nivel académico de la escuela de Ingeniería Mecánica sede Chiclayo de la Universidad Cesar Vallejo y difundir los logros en la comunidad científica de la Ciudad de Chiclayo Metropolitana y alrededores

REFERENCIAS

1. MOLINA PATIÑO, Belén Anais. Análisis de un motor ciclo Otto ante diferentes factores atmosféricos mediante un estudio comparativo de parámetros de identificación para obtener el rendimiento energético. 2020. Tesis de Licenciatura.
2. MANYA OCAÑA, Bryan Fernando; SANTILLÁN YAULEMA, José Heleodoro. Análisis y optimización del desempeño y emisiones de un vehículo con ecu programable bajo el ciclo de conducción de Riobamba. 2021.
3. MEDINA VÁSQUEZ, Miguel Angel. Estudio de emisiones de gases vehiculares en autos convertidos de gasolina a GLP y GNV en la ciudad de Lima, 2021. 2021.
4. CÓRDOVA VÁSQUEZ, Kevin Jesús. Análisis comparativo de la influencia del combustible GLP y ECOPAIS en los niveles de contaminación de un vehículo subcategoría M1 con Motor Otto para el Servicio de Taxi en la ciudad de Guayaquil. 2022. Tesis de Licenciatura.
5. BELTRÁN ANDRADE, Cristian Felipe. Análisis de las emisiones de gases de escape de un motor electrónico a gasolina a diferentes alturas sobre el nivel del mar. 2020. Tesis de Licenciatura.
6. ESTEBAN TUMIALÁN, Jorge Orth. Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia y Las Flores en San Juan de Lurigancho. 2021.
7. AQUINO MONTORO, Josselyn Azucena. Reducción de gases de combustión interna automotriz usando Cu-Zeolita en convertidor catalítico, 2020. 2020.
8. VASQUEZ EGOAVIL, Cesar Armengol. Estudio del funcionamiento de un motor con encendido por chispa con regulación de combustible y del avance del ángulo de encendido a diferentes alturas sobre el nivel del mar.
9. MENÉNDEZ RAMOS, Carlos. Proyecto de conversión a GNC/GLP de un vehículo con MCI de combustible líquido como alternativa a la hibridación eléctrica. 2019.

10. GIL BURGA, Jorge Franklin. Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y la confiabilidad en vehículos Kia Picanto 1000cc convertidos a GLP, Chiclayo 2018. 2019.
11. BEJARANO PÉREZ, Christian Javier. Efectos que produce la conversión a GLP en el performance de los motores de marca Toyota en Huancayo. 2022.
12. GONZÁLEZ PLUA, Steven Alexander; MELÉNDEZ MELÉNDEZ, Edgar Jesús. Evaluación del funcionamiento de un motor de combustión de encendido provocado bajo distintas condiciones atmosféricas para la obtención del mapa de consumo de combustible característico'. 2022. Tesis de Licenciatura. Quevedo-Ecuador.
13. CHINDON LIVISACA, Johanna Elizabeth; PALAGUACHI SUMBA, Juan Pablo. Estudio e implementación de un sistema de sobrealimentación en un motor Kia Asia y montaje en un banco didáctico con visualización de funcionamiento de la sobrealimentación. 2011. Tesis de Licenciatura.
14. BARDÁLEZ BARDÁLEZ, Alvaro Juan. Estudio teórico del efecto de la altitud y la utilización de mezclas BX sobre el funcionamiento de motores encendidos por compresión.
15. AGUILAR MEJIA, Abner Romeo. Mejora de un motor ciclo Otto normal aspirado con modificaciones mecánicas para alcanzar alto desempeño. 2018. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala.
16. LEGUISAMO, Milla; CESAR, Julio. Estudio del funcionamiento de un motor de inyección electrónica directa a gasolina en diferentes alturas con respecto al nivel del mar. 2016. Tesis Doctoral. Tesis (Magister en sistemas automotrices). Quito: Escuela politécnica nacional, Facultad de ingeniería mecánica, 2016. 138pp.
17. LLONTOP GUZMÁN, José Ramos. Análisis comparativo de funcionamiento de un motor Toyota 5e fe, mediante sistema de inyección del 4e-fe para determinar su comportamiento en uso regular". 2020.
18. CORREA GAMBOA, Gerald Antony. Influencia del sistema de sobrealimentación en las prestaciones del motor diesel para un van Toyota Hiace 2017 recorrido Chimbote-Huaraz 2021. 2022.
19. SAYAGO TINOCO, Jorge, et al. Diseño, análisis y comparación de un motor Stirling y un motor de cuatro tiempos. 2021.

20. BENAVIDES LIMA, Kevin Felipe; MONTENEGRO NAGUA, Francisco Ignacio. Análisis de los parámetros de funcionamiento de un motor MPI variando las características de filtrado y tipo de gasolina para mejorar el rendimiento de consumo de combustible mediante ciclo de emisiones reales RDE en la ciudad de Quito-Ecuador. 2023. Tesis de Licenciatura.
21. LLERENA RENGEL, Fausto Javier. Evaluación del comportamiento energético y ambiental de un motor de encendido provocado bajo diferentes tipos de gasolinas. 2020.
22. QUINTANA GAONA, Joau Marco. Estudio de los parámetros de funcionamiento de un motor con GLP de 1300 cm³ con sistema OBD para determinar el tiempo de desgaste en su conjunto móvil. 2019.
23. CORRALES MOLLO, Esnayder. Modificación de una estación de servicios con gasocentro de GLP para la instalación de un establecimiento de venta al público de gas natural vehicular, con suministro eléctrico basado en energía solar. 2021.
24. LOERI BOSÍN, Daniel. Caracterización experimental de un catalizador de tres vías para su aplicación en motores GLP. 2022. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
25. ALCÁNTARA SANTILLÁN, Boris Omar; MORALES TISNADO, Luis Humberto; SIERRA SANABRIA, Jhosselin Briyih. Predicción de demanda de GLP para el parque automotor peruano para el segundo semestre del año 2021.
26. PEREIRA AQUINO, Betania Belén. Desarrollo de modelo térmico para estudio de gestión térmica de un motor de inducción de aplicación automotriz. 2022.
27. SOLANO RIVERA, Anita Clelia. Diseño de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en el alcance de la norma iso 45001: 2018 en la superintendencia de transporte terrestre de personas carga y mercancía-unidad desconcentrada Huanuco 2020. 2021.
28. GEBOL PIZANGO, Krizz. Aplicación del ciclo de deming para mejorar la calidad de servicio en el área de certificación GLP de la Empresa Faregas, La Victoria, 2020. 2020.

29. HUANCA, Mario Maximo. Análisis de escenarios del ingreso de la movilidad eléctrica en el Perú y su impacto en el mix energético y emisiones. 2022.
30. GUZMAN VALERIO, Heber; PUGA GUTIERREZ, Jonathan Alberto Aaron. Implementación del ciclo Deming para mejora de la productividad en el proceso de certificación vehicular en el taller de conversión a GNV de la empresa Servicar Norte EIRL en el distrito de Comas, 2021. 2022.
31. GUEVARA LLATAS, Luz Eudocia. Factores determinantes del precio del gas licuado de petróleo vehicular en el Perú durante el período 2010–2016. 2019.
32. HOYOS HERRERA, Luis Christian. Diseño y factibilidad para el cambio de un motor a gasolina de 1000 cc por un motor de inducción asíncrono sin escobillas para el accionamiento del vehículo, Lambayeque. 2021.
33. ROMERO REALPE, Jonathan Andrés. Análisis de las emisiones contaminantes de un motor G10 Suzuki Forza modificado en su torque y potencia con la aplicación de gasolina de diferente octanaje en el Ecuador. 2021.
34. KAROLYS JARRÍN, Bryan Efrem. Evaluación del consumo de combustible en vehículos a 2385 msnm en los modos de conducción normal y eco-driving. 2021.
35. BARAT VIZCAÍ, Sergio. Análisis del comportamiento termodinámico de una motocicleta y optimización del sistema de refrigeración del KTM RC 250 para un óptimo rendimiento en la competición MotoStudent. 2021. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
36. GUEVARA BUSTAMANTE, Víctor Mariano. Implementación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de conversiones a GLP de un taller automotriz, 2020. 2020.
37. CÓRDOVA VÁSQUEZ, Kevin Jesús. Análisis comparativo de la influencia del combustible GLP y ECOPAIS en los niveles de contaminación de un vehículo subcategoría M1 con Motor Otto para el Servicio de Taxi en la ciudad de Guayaquil. 2022. Tesis de Licenciatura.
38. MANTILLA BUSTAMANTE, Jhonatan Junior. Propuesta de mejora para incrementar la rentabilidad del taller de vehículos convertidos a glp de la Empresa Motor Gas eirl. 2019.

39. CAJÍAS CHÁVEZ, Danilo Fabián. Adaptación de un motor de cuatro tiempos monocilíndrico a carburador a un sistema de inyección electrónica programable y comprobación mediante un análisis comparativo de emisiones a una relación estequiométrica ideal. 2021.
40. LAURA FORONDA, FELIZA. SISTEMA WEB DE GESTIÓN Y CONTROL DE CONVERSIÓN VEHICULAR Y CALIFICACIÓN DE CILINDROS DE GAS. 2020.
41. GILER ZAMORA, Allisson Paulette. Implementación de un estudio técnico-económico para evaluar la transición del uso de combustibles a GNV en vehículos tipo Sedán de la provincia de Santa Elena. 2022. Tesis de Licenciatura. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022.

ANEXOS. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL.	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Variable independiente. PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR VEHICULAR 1300CC CON GLP</p>	<p>Son los valores de variables de los fluidos de trabajo del motor, las variables mecánicas y las variables eléctricas de un motor de combustión interna de 1300 cc, que utiliza GLP como combustible, que al variar inciden en el consumo de combustible, es decir tienen una relación directa entre ellas.</p>	<p>Las variables en cuestión, son medidas indirectamente, y enviadas en forma de señal hacia una unidad de control del motor, que mediante una función determinará el tiempo de inyección en las electroválvulas de los inyectores, y con ello el consumo de combustible.</p>	<p>Presión, temperatura del aire y GLP. Torque, RPM Tensión, corriente, frecuencia eléctrica.</p>	<p>KPa. Grados centígrados. N-m. RPM Voltios. Amperios. Hertz.</p>
<p>Variable dependiente. RENDIMIENTO A DIFERENTES ALTITUDES</p>	<p>El rendimiento es un valor que mide la relación entre las energía de salida y de ingreso en el motor de combustión interna, pero funcionando a diferentes altitudes sobre el nivel del mar</p>	<p>La variación del rendimiento del motor está en función a su funcionamiento a diferentes altitudes, medidas entre los kilómetros recorridos, la pendiente y el consumo de combustible.</p>	<p>Horas de funcionamiento del motor a diferentes regímenes de velocidad. Consumo de combustible</p>	<p>rpm Galones.</p>

GUÍA DE OBSERVACION

Tesis: EVALUACIÓN DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR VEHICULAR 1300CC CON GLP PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO A DIFERENTES ALTITUDES, 2018".

Estudiante: CARRASCO DELGADO, JOSÉ OLFER.

Instrucciones: Realice las mediciones, utilizando medidores calibrados: Scanner Automotriz, Multímetro, Medidor de volumen, Odómetro, Velocímetro.

Ciudad	Vehículo de Prueba	Mediciones								
		Torque(N/m)	RPM	Señal sensor MAP	Tiempo de Inyección (ms)	Temperatura de GLP (°c)	Temperatura del aire (°c)	Señal sensor de Oxígeno	Kilómetros recorridos	Consumo de combustible (litros)
Ciudad 1 a 0msnm	Vehículo 1									
	Vehículo 2									
	Vehículo 3									
	Vehículo 4									
Ciudad 2 a 1000 msnm	Vehículo 1									
	Vehículo 2									
	Vehículo 3									
	Vehículo 4									
Ciudad 3 a 1500 msnm	Vehículo 1									
	Vehículo 2									
	Vehículo 3									
	Vehículo 4									
Ciudad 4 a 2000 msnm	Vehículo 1									
	Vehículo 2									
	Vehículo 3									
	Vehículo 4									
Ciudad 5 a 2500 msnm	Vehículo 1									
	Vehículo 2									
	Vehículo 3									
	Vehículo 4									



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JAMES SKINNER CELADA PADILLA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de la Tesis titulada: "**EVALUACIÓN DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR VEHICULAR 1300CC CON GLP PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO A DIFERENTES ALTITUDES**", cuyo autor es CARRASCO DELGADO, JOSÉ OLFER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 28.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

chiclayo, 21 de setiembre del 2023

Nombres y Apellidos: James Skinner Celada Padilla

DNI: 16782335

ORCID: 0000-0002-5901-2669