

Influencia del uso del gas licuado de petróleo en la potencia en neumáticos durante el funcionamiento en condiciones de ensayo de un motor a gasolina con carburador adaptado al sistema dual.

Influence of the use of liquefied petroleum gas in power tubing during operation under test conditions of a gasoline engine with carburetor adapted to the dual system.

Jorge Antonio Inciso Vásquez

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú
wfvillarrealalbitres@gmail.com

Recepción: 05-05-2013 / **Aceptación:** 17-06-2013

RESUMEN

El objetivo de esta investigación consistió en determinar cuál es la influencia que ejerce el uso de un combustible alternativo como el GLP en la variación de la potencia motriz en neumáticos que ocurre cuando se usa un combustible convencional tal como la gasolina. Se utilizó de forma experimental un Motor Daewoo Modelo Tico de 1000 cc a Carburador de Encendido por chispa, adaptado al Sistema Dual de Alimentación de Combustible y se estudiaron los Sistemas de Alimentación y Conversión de ambos combustibles. Las variaciones de potencia en los neumáticos fueron medidas con el dinamómetro de chasis FLA 203, verificándose la influencia causada por el uso del GLP en la potencia en neumáticos para este tipo de motor.

Palabras clave: Gas Licuado de Petróleo (GLP), Potencia en neumáticos, Ensayo experimental, Sistema dual de alimentación, Motor (MCI) a gasolina.

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the influence that occurs on engine power when it uses an alternative fuel like LP gas instead of conventional gasoline. To achieve this, tests were performed on a 1000 cc Daewoo Tico Engine provided with a Spark Ignited Carburetor adapted for dual fuel supply system. Fuel supply and conversion systems for both types of fuel were studied, and the engine power was measured at driving wheels. To measure the differences, a chassis dynamometer FLA 203 was used, and the data obtained proved that an influence on engine power was due to the use of LP gas instead of conventional gasoline in this type of engine.

Key words: Liquefied Petroleum Gas (LPG), Engine Power at driving wheels, Experimental test, Dual Fuel Supply System, Gasoline Engine.

1. INTRODUCCIÓN

La mejora de la calidad urbana es un objetivo de toda ciudad, siendo necesarias acciones encaminadas a conseguir un transporte público de mayor calidad. En este marco Repsol GAS ha iniciado desde 1998 en el Perú el desarrollo del Mercado de automoción a gas licuado de petróleo (GLP), a través, de la construcción de estaciones de servicio con venta de gas automotor en el ámbito nacional, la difusión y conversión de vehículos a GLP. Teniendo en cuenta que el mega proyecto “CAMISEA” ya es una realidad en nuestro país y que al respecto existe un proyecto UNIGAS – FIM de la Universidad Nacional de Ingeniería que tiene como objetivo comprometer la participación de las universidades en la promoción de una cultura del gas para de esta manera hacer más fácil y más rápido su desarrollo, cabe mencionar que existe como combustibles alternativos el gas natural vehicular y el gas licuado de petróleo que se usan EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA originalmente diseñados para usar gasolina, el desarrollo de este tipo de tecnología generalmente se basa en la conversión de motores que operan con el ciclo Otto, teniendo la posibilidad para operar con dos combustibles, el término **Bi-fuel** denota un motor capaz de funcionar con gasolina, con gas natural o gas licuado de petróleo esto hace que el vehículo opere satisfactoriamente con gasolina, cuando el gas natural o gas licuado de petróleo no está disponible.

El concepto Bi-fuel gas natural/gasolina consiste en que el mismo motor con un carburador para gas natural (generalmente llamado mezclador gas/aire) o un sistema de inyección de combustible gaseoso, en adición al carburador regular. Entre el 2000 al 2002 teniendo en cuenta el crecimiento acelerado del parque automotor en la ciudad de Trujillo de 41950 en el año 2000 a 43119 en año 2003 en especial el sector del transporte público que creció de 7660 en el año 2000 a 9788 en el año 2003, de los cuales 4184 usan gasolina, 5428 usan Diesel 2 y 176 GLP, De los cuales 3991 son taxis que usan gasolina, 2509 son taxis que usan Diesel2 y 33 son taxis que usan GLP, el vehículo más usado en el servicio de taxi, es el modelo Tico Con motor Daewoo de 1000 CC. La información al respecto es escasa en estudios similares al nuestro; pero si

contamos con información de otros países como: España, Italia, Argentina, Brasil y Turquía, referente al Kit de conversión y ventajas del uso del GLP en el parque automotor. La calidad de los motores de combustión interna se caracteriza índices principales entre los que destaca la potencia del motor de acuerdo a Jovaj [1].

Una particularidad en el trabajo del motor de automóvil consiste en la frecuente variación, y en algunos casos, brusca en los regímenes de velocidad y de carga. El cambio de la potencia y del régimen de velocidad del motor de automóvil está limitado generalmente por las curvas características como $N_e = Bn^3$ que representa la variación de la potencia en función de la frecuencia de rotación. El calor de vaporización del combustible indica la cantidad de calor necesario para la evaporación total del combustible en los MCI con formación externa de la mezcla y de encendido por chispa (ECH), es preferible que el combustible se vaporice en su totalidad antes de llegar a los cilindros, la presencia de combustible no vaporizado da lugar a la formación de una película líquida en las paredes del múltiple de admisión, la misma que es causante de una mala distribución del combustible a los cilindros del motor, lo que ocasiona un empeoramiento de los índices de potencia y economía del motor. Además el combustible líquido puede depositarse en las paredes del cilindro diluyendo el lubricante, lo que aumenta el desgaste del motor.

El número de octanos, es una medida de la capacidad antidetonante del combustible, cuanto mayor sea el número de octano, menor será la tendencia a la detonación. La utilización de mayor número de octano en un motor, permite elevar la relación de compresión mejorando así los índices de potencia y economía de combustible. El poder calorífico del combustible determina la cantidad de calor que se libera durante la combustión de éste. De su valor dependen parámetros del motor tales como la temperatura de los gases durante la combustión, la presión media efectiva del motor, eficiencia térmica, potencia y otros. En el Perú Repsolgas se ha preocupado de la preparación de un gas preparado especialmente para uso automotor como ocurre en Europa. Esta mezcla especialmente

preparada no permite el cascabeleo o pintoneo que sí ocurre cuando se utiliza un gas para uso doméstico (gas para cocinas). Se obtiene una mejor performance en el motor y por lo tanto un mejor rendimiento que con el gas doméstico.

Todos los vehículos gasolineros pueden ser convertidos para que trabajen con GLP, el Kit de conversión simplemente se agrega al equipo del motor de automóvil. Para convertir un auto a GLP; por lo tanto no se requiere tocar, modificar o maquinar el motor. Actualizando el análisis económico de la conversión de un taxi al sistema dual de Alimentación realizado por Prieto [2], se obtiene un ahorro de: 52,7-50,4 -46,7-40,1 por ciento en lo que es gasto de combustible y Mantenimiento lo que significa una recuperación de la inversión en Aproximadamente 1,6-1,7-2,01-2,6 meses usando gasolina de 97-95-90-84 octanos respectivamente. En la ciudad de Trujillo se están realizando adaptaciones de vehículos con motores de encendido por chispa al sistema de alimentación dual (GLP – GASOLINA), por lo económico en el combustible y el mantenimiento vehicular, según Paredes [3]. Lo que se pretende en este estudio es hallar la variación de la potencia en una misma unidad vehicular, de manera que se fomente el uso del GLP como combustible alternativo.

2. MARCO TEÓRICO

Potencia en el motor de combustión interna

Uno de los índices principales que caracterizan la calidad de los MCI es la potencia, siendo el motor la fuente de la fuerza motriz del automóvil. La potencia se mide o expresa en CV, HP o en Kw., se comprende que a cilindros iguales la potencia será mayor cuanto más explosiones motrices se consigan en el mismo tiempo, así pues la potencia es función de la cilindrada y de la velocidad de rotación del cigüeñal en la Figura 1 se representa la curva de potencia y de par motor del mercedes 190 Δ 2.5 en ello se observa que a 2000 rpm el motor solo da 45 CV, mientras que para 4500 rpm el motor da una potencia de 90 CV (que es lo máximo del motor). Las características indicadoras de los motores de carburador, dependen de la plenitud y la oportunidad de la combustión, así como de las pérdidas caloríficas al sistema refrigerante y con gases de escape.

Grado de compresión: En los motores de carburador poseen un grado de compresión $\varepsilon = 6,0 \dots 12,0$ el aumento de ε hace aumentar la utilización calorífica lo que conduce al incremento de η_i (Rendimiento indicado) y ρ_i (presión indicada media). Además, al incrementarse ε mejora un tanto las condiciones de inflamación, lo que posibilita la ampliación de los límites de empobrecimiento eficaz de la mezcla y el incremento adicional de η_i trabajando a cargas parciales. Como en este caso la unidad u objeto de estudio cuenta con un motor que tiene una relación de compresión de 9.3:1 por consiguiente obtiene los beneficios referidos anteriormente.

Composición de la mezcla: Esta influye fuertemente sobre el desarrollo del proceso de combustión y, respectivamente en las características indicadoras del ciclo, es importante que el valor máximo de n_i se alcanza usando mezclas más pobres que aquellas correspondientes al máximo de η_i/α (factor de potencia) y ρ_i . Esto se debe a que al llegar a cierto nivel de empobrecimiento de la mezcla, mejora la plenitud de combustión de la misma. Sin embargo al quedar la mezcla muy empobrecida, la velocidad de su combustión baja en medida considerable, pudiendo incluso darse ciclos de inflamación fallada.

Angulo de avance del encendido: Si a las demás condiciones constantes se hace variar el valor del Angulo de avance (adelanto) del encendido, podría de esta manera aproximarse o alejarse la combustión respecto al punto muerto superior.

Frecuencia de Rotación: El incremento de la misma hace más intenso el movimiento de la carga y la combustión de la misma en el cilindro, sin embargo debido a la reducción del tiempo por el cual transcurre todo el ciclo, la duración de la combustión en grados de giro del cigüeñal aumenta, un tanto, con lo que se requiere el aumento respectivo de θ_{ave} , posibilitándose el mismo mediante el regulador centrífugo de encendido adelantado.

Características y estabilidad del régimen de funcionamiento de los motores.

En la construcción y la fabricación del vehículo automotor se han diseñado de tal manera que opere bajo ciertos criterios, siendo variables las condiciones de carga, velocidad bajo ciertas condiciones de operación. Por eso, la potencia del motor siempre deberá corresponder a aquella que sea necesaria para el movimiento del vehículo con la velocidad requerida, y asegurando las cualidades dinámicas dadas o elevados índices de economía de combustible. La máxima potencia efectiva que el motor puede desarrollar en todos los regímenes de velocidad está limitada por la característica externa de velocidad. Dicha potencia se emplea para el movimiento del vehículo a una determinada velocidad. La relación entre la frecuencia rotación del cigüeñal del motor y la velocidad de movimiento del vehículo va (en Km. /h) se establece por la ecuación:

$$Va = \frac{2\pi \cdot r_r \cdot n}{i_c \cdot i_o} \quad (1)$$

Donde:

- r_r = es el radio de la rueda en (metros) ;
- n = es la frecuencia de rotación del motor en (rpm);
- i_c = es la relación de velocidades en la caja de cambios;
- i_o = la relación de velocidades en la transmisión principal.

Por lo tanto, para cada relación de velocidad y conociendo el radio de la rueda, en el eje de las abscisas puede trazarse la escala de velocidad del movimiento del automóvil. La potencia del motor se consume en vencer la fricción de la transmisión N_{tr} , la resistencia a la rodadura del vehículo N_{rr} , y la resistencia que opone el aire N_a . De esta manera, la potencia sumaria consumida en el movimiento es:

$$N_{\Sigma} = N_{tr} + N_{rr} + N_a \quad (2)$$

La potencia gastada en vencer la resistencia a la rodadura del vehículo depende de la calidad de la carretera y de las ruedas, de la masa del vehículo y de la velocidad de movimiento y se determina a base de curvas experimentales. La potencia gastada en vencer la resistencia del aire depende de las formas externas del vehículo, de su área frontal, de

la fuerza y dirección del viento con respecto a la dirección del movimiento. La magnitud N_a varía aproximadamente proporcional al cubo de la velocidad del movimiento del vehículo ($N_a \sim v_a^3$), las potencias N_{rr} y N_a influyen visiblemente sobre la potencia consumida que varía en función de las condiciones del movimiento. En toda la gama de la variación de potencia, delimitado por la curva N_e , por el eje de las abscisas y por la ordenada correspondiente a la máxima frecuencia de rotación, el motor debe funcionar establemente con la óptima economía, máxima fiabilidad y menor toxicidad de los gases quemados. Es importante también que el paso de un régimen de funcionamiento a otro se efectúe en el mínimo tiempo posible [1]

Una de las formas para determinar el cálculo de la potencia N_e con la relación a la máxima frecuencia de rotación del motor es, usando la ecuación de Leiderman para un Motor gasolinero donde:

$$N_e = N_m \left[a \left(\frac{n_x}{\eta e_N} \right) + b \left(\frac{n_x}{\eta e_N} \right)^2 - c \left(\frac{n_x}{\eta e_N} \right)^3 \right] \quad (3)$$

Donde:

- $a, b, c = 1$
- N_m : Potencia máxima del Motor
- n_x : Revoluciones Promedios entre en Mínimo y el Máximo valor.
- η_{eN} : Revolución Máxima del Motor.

Calculo de tracción del automóvil.

Una de las tareas fundamentales del cálculo de tracción es la elección de la potencia del motor para el automóvil que se proyecta. La potencia del motor debe ser suficiente para asegurar la marcha a la velocidad máxima V_{max} . Prefijada, utilizando por completo la capacidad de carga del motor. La siguiente tarea del cálculo de tracción es la elección de las marchas del automóvil. Comencemos por determinar la relación de reducción i_o de la transmisión principal. Si el automóvil debe desarrollar la velocidad directa entonces:

$$i_o = \frac{0.377 \cdot x \cdot r_r \cdot x \cdot n_v}{V_{max}} \quad (4)$$

Para calcular el radio de rodadura del Neumático se utiliza la siguiente fórmula:

$$r_r (mts) = 0.0127d'' + 0.00085B^{mm} \quad (5)$$

donde:

B^{mm} = Ancho de sección del neumático en milímetro.

d = Diámetro interior del neumático en pulgadas.

La frecuencia de rotación del motor n_r , que entra en esta fórmula, correspondiente a la velocidad máxima, se toma según la característica del motor. Las dimensiones de las ruedas y su radio de rodadura r_r , se determinan durante la composición del automóvil, partiendo de las cargas que estos perciben, utilizando los datos informativos para los neumáticos. El radio r_r convencionalmente se adopta como magnitud constante, igual al radio estático de las ruedas.

Conocimiento de la potencia del vehículo.

Es importante conocer la potencia necesaria para realizar la actividad requerida, tomando en cuenta la que se pierde por el propio movimiento del vehículo. Entre las potencias que se deben considerar están:

* Potencia aerodinámica

Es la potencia necesaria para vencer la resistencia del aire sobre el vehículo y está dada por:

$$P(A) = (F_{aire})(V) \quad (6)$$

donde F_{aire} es la fuerza que opone el aire al movimiento del vehículo y está dada por

$$F_{aire} = \frac{1}{2} Cx \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \quad (7)$$

Donde:

V = es la velocidad del vehículo

ρ = densidad del aire

S = área frontal proyectada del vehículo (m^2)

Cx = coeficiente de resistencia al aire y depende de la forma del vehículo, por lo tanto la potencia aerodinámica está dada por:

* Potencia de rodamiento

Es la potencia necesaria para permitir que los neumáticos se muevan sobre el piso y está dada por:

$$P(R) = KMgV \quad (8)$$

Donde:

K = es el coeficiente de rodamiento (kg/Ton) (0.015 – 0.040)

De acuerdo a Chudakov [4],

M = masa del vehículo incluyendo carga (Ton)

g = aceleración de la gravedad (m/s) [4]

* Potencia total

Es la suma de las potencias anteriores.

* Potencia necesaria

Es la potencia total dividida entre la eficiencia de transmisión y el coeficiente de pérdidas por la altura. (Pérdida de potencia 10% por cada mil metros de altura)

* Potencia Neta:

Generalmente se aplica un 15% de margen de potencia por lo cual, la potencia neta será el producto de la potencia necesaria por 1.15.

Otros parámetros importantes por considerar en la selección de un vehículo son las pérdidas de energía en el motor. Si se considera que el combustible tiene 100 unidades de energía aproximadamente 30 unidades se pierden en el escape, 30 se pierden en el sistema de enfriamiento, de las 40 restantes 10 unidades las utilizan los equipos auxiliares, 10 se pierden en la transmisión y las 20 restantes pasan a neumáticos.

Energía del vehículo en movimiento

El volante transmite ese par torsional del cigüeñal al *clutch* y a la caja de velocidades, siguiendo por la flecha cardan, al eje diferencial, a los ejes de las llantas y finalmente a los propios neumáticos.

Por supuesto que la entrega del par torsional del motor hacia las llantas tiene inevitablemente que pasar por un rozamiento entre partes mecánicas lo cual produce fricción, y la fricción significa resistencia al movimiento de esas partes; para vencer esa resistencia se requiere de energía, es decir, combustible que compense esas pérdidas. Si

consideramos el par torsional que entrega el cigüeñal en cada revolución del mismo, podemos hablar de la potencia al freno. Esta se mide comúnmente al hacer frenar la flecha de salida por medio de un sistema hidráulico o de un dinamómetro en las pruebas de los fabricantes.

Combustibles convencionales para motores de combustión interna

En los M.C.I se utilizan combustibles (carburantes) líquidos y gaseosos. La fuente principal para obtener el combustible líquido es el petróleo natural, el combustible líquido consiste fundamentalmente en una mezcla de hidrocarburos que difieren según su estructura molecular que es la que muestra la estructura química del combustible, y según su composición química que indica el contenido de determinados elementos la estructura molecular indica el contenido de diferentes series homológicas de hidrocarburos existentes en el combustible, y determinan las principales propiedades físico-químicas del combustible e influye en los procesos de evaporización, inflamación combustión del mismo. Los principales componentes del petróleo son los hidrocarburos de la serie: Parafínicas (alcanos) del tipo C_nH_{2n+2} ; Nafténicas del tipo C_nH_{2n} y Aromáticos de los tipos C_nH_{2n-6} y C_nH_{2n-12} .

Los hidrocarburos de la series olefínica, diolefínica y acetilénica se contienen en cantidades insignificantes en el petróleo. El petróleo contiene un promedio de 84-85% de carbono y 12 – 14% de Hidrógeno; lo demás está conformado por nitrógeno, Oxígeno y Azufre, los hidrocarburos que integran la composición de los combustibles líquidos contienen una molécula de 5 a 30 átomos de carbono (en la gasolina, 5-12 en el kerosén y en el Aceite Diesel hasta 30) [1].

Combustibles alternativos para motores de combustión interna

En los motores de automóviles se emplean gases comprimidos y licuados, los gases comprimidos generalmente están compuestos por una mezcla de metano, hidrógeno libre, óxido de carbono, así como también por cierta cantidad de gases incombustibles (inertes): nitrógeno, gas carbónico,

oxígeno y otros. Dichos gases pueden estar comprimidos a temperatura normal hasta una presión elevada (20MPa) y no pasar al estado líquido. Los gases comprimidos se dividen en gases que poseen altos valores del calor de combustión ($H_u = 23 \dots 37,5 \text{ MJ/m}^3$) y gases de mediano valor ($H_u = 14,5 \dots 23 \text{ MJ/m}^3$). Entre los gases que poseen alto calor de combustión figuran el gas natural, el gas derivado del petróleo (industrial), el gas de las canalizaciones, así como también la fracción mecánica del gas de coque obtenida en las fábricas de abonos nitrogenados; a los gases que poseen calor de combustión mediano se refieren el gas de coque, el gas de alumbrado y algunos gases industriales [1].

Los GLP

Con las siglas G.L.P se designan a aquellos gases que, obtenidos como subproductos o derivados del petróleo, se conserva, almacenan y transportan en forma líquida a cuya circunstancia se debe su nombre genérico de “Gases licuados de petróleo”, si bien a esta masa líquida la acompaña siempre, o casi siempre, una bolsa o cámara de fase gaseosa.

Sistema de alimentación con carburador

Con el fin de preparar y suministrar la mezcla carburante a los cilindros de los motores de carburador, regular su cantidad y composición sirve el sistema de alimentación cuyo funcionamiento ejerce gran influencia en todos los índices principales del motor (potencia, economía y toxicidad de gases de escape). Durante la explotación de los motores es preciso mantener dicho sistema en un estado técnico debido.

Sistema de alimentación alternativo

En la figura 1 se muestra el esquema de construcción del sistema de alimentación con gas licuado de Petróleo de un automóvil, en el balón 8 el combustible gaseoso se encuentra al mismo tiempo en dos fases: Líquido y gaseoso, el grifo 7 para la salida de la fase gaseosa y el grifo 9 para la salida de la fase líquida el gas, a través, de la tubería 5 ingresa al evaporador 1, el cual está conectado, a través, del filtro 2 con el reductor de gas, el evaporador está conectado con el sistema de

enfriamiento del motor, el calor se utiliza para la evaporación del gas (evaporadores incorporados en el reductor)

Reductor 11 está conectado con el economizador clasificador, y este conectado con el mezclador de gas 12, en la cabina del conductor los indicadores 3 y 4 indican la presión del gas en la primera etapa del reductor y el nivel de la fase líquida del gas en el balón 8.

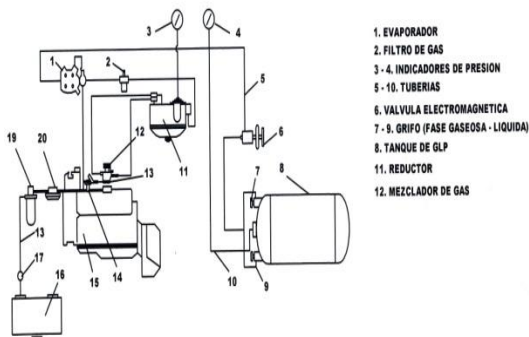


Figura 1: Sistema Dual de Alimentación.

Para quemar completamente una molécula de propano se requiere 5 moléculas de oxígeno, mientras que para el butano se requiere 6.5 moléculas de oxígeno. Esto quiere decir, que para quemar 1 m^3 de propano o butano se requiere 24 m^3 o 31 m^3 de oxígeno respectivamente. En los motores que funcionen con gas es menor el coeficiente de variación molecular, todos estos factores: menor poder calorífico de la mezcla, menor coeficiente de llenado y menor coeficiente de variación molecular hacen que los motores a gas pierdan potencia.

Composición y Propiedades del Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Los principales componentes del GLP son el propano C_3H_8 , el butano C_4H_{10} así como etano, etileno, propileno y otros componentes. El propileno y butileno pertenecen al grupo de olefinas que se caracterizan por ser formadores de gomas y disminuyen el número de octano. La temperatura crítica del propano es $+ 97\text{ }^\circ\text{C}$ y del butano $+ 126$

$^\circ\text{C}$. En consecuencia por encima de las temperaturas que se dan en el medio ambiente ambos hidrocarburos requieren una pequeña presión para ser licuados.

Los poderes caloríficos inferiores de los combustibles que son materia de nuestra investigación, según IMCI-UNI [5]:

Para la gasolina : 32.56 MJ/Kg .

Para el gas licuado de petróleo: 24.3 MJ/Kg .

Ventajas del uso de gas en los motores de E.CH.

- ♦ Disminución del desgaste de las piezas del grupo pistón en 1,5...2 veces.
- ♦ Disminución considerable de la toxicidad y humeado de los GE.
- ♦ Aumento de la vida útil del motor en 30 –40%
- ♦ Disminución del consumo de aceite y aumento de la vida del mismo en 2 –2,5 veces.
- ♦ Menor costo en el mercado respecto de otros combustibles.
- ♦ Ahorro anual en soles por cambiar a GLP del 52,7-50,4 – 46,7 y 40,1
- ♦ Por ciento al usar gasolinas de 97-95-90 y 84 octanos respectivamente

Esto se obtuvo al actualizar el análisis económico hecho por Víctor Hugo Prieto Huertas [2].

Desventajas

- ♦ Baja concentración de energía por unidad de volumen (casi 1000 veces menor que la gasolina). Su transporte y su conservación son más complicados.

3. MARCO METODOLOGICO

MÉTODO:

La unidad fue sometida a estudios bajo los siguientes procedimientos:

Verificación del estado técnico y los índices de reglaje del vehículo Daewoo modelo tico para realizar las pruebas:

- a) Revisión del sistema de Alimentación de Combustible.
- b) Revisión de la transmisión.

- c) Revisión de la suspensión
- d) Revisión de la dirección
- e) Revisión de los neumáticos

Selección del combustible gasolina a suministrar:

1. Se accionó el swith para suministrar la gasolina de 90 octanos al motor durante un periodo de 45 minutos.
2. Se ubicó la unidad vehicular sobre le dinamómetro de rodillo marca: Bosch Modelo: FLA 203
3. Se hizo la instalación de los elementos de entrada de información del dinamómetro de rodillos en la unidad vehicular.
4. La unidad vehicular fue accionada por un periodo de 2 a 3 minutos en cada una de las pruebas
5. Luego los resultados fueron impresos por el equipo, y evaluadas para su análisis.
6. Esta prueba fue repetida tres veces con un intervalo de tiempo de 20 minutos.
7. Los resultados fueron procesados y analizados comparativamente mediante un proceso estadístico.

Selección del combustible gas licuado de petróleo a suministrar:

1. Se accionó el swith para suministrar gas licuado de petróleo (GLP) durante un periodo de 45 minutos.
2. Se ubicó la unidad vehicular sobre le dinamómetro de rodillo marca: Bosch Modelo: FLA 203
3. Se hizo la instalación de los elementos de entrada de información del dinamómetro de rodillos en la unidad vehicular.
4. La unidad vehicular fue accionada por un periodo de 2 a 3 minutos en cada una de las pruebas
5. Luego los resultados fueron impresos por el equipo y evaluadas para su posterior análisis.
6. Esta prueba se repitió tres veces con un intervalo de tiempo de 20 minutos.

Los resultados son procesados y analizados comparativamente mediante un proceso estadístico.

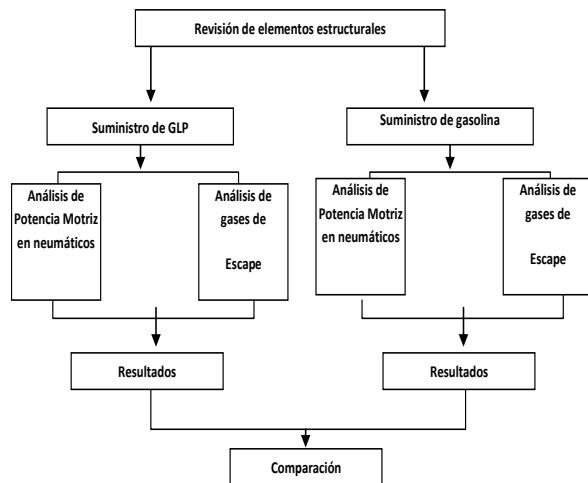


Figura 2: Esquema de procedimientos.

- Diseño Experimental : De Comparación Simple
- Diseño Aleatorizado: n = 3
- Pruebas de Hipótesis: Prueba T de Student.
- Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Hipótesis para la Potencia:

Hipótesis Nula:

Potencia usando gasolina = Potencia usando GLP

Hipótesis Alterna:

Potencia usando gasolina > Potencia usando GLP

EQUIPO DE MEDICIÓN DE POTENCIA:

DINAMÓMETRO DE CHASIS BOSCH FLA 203: (Propiedad del banco de ensayo de SENATI zonal la libertad). Es un equipo que mide valores de potencia en los neumáticos, la potencia generada por el motor es transferida a la caja de cambios, a través, de un sistema de embrague, y esta transfiere la potencia a los neumáticos por sistema de palieres. Todos estos dispositivos absorben parte de la potencia, y como resultado el poder que llega a las ruedas es substancialmente menor del que llega a la banda de rodamiento.

Este equipo tiene un freno ligado a un rodillo que mantiene el vehículo a una velocidad específica, en

este tipo de dinamómetro el vehículo puede manejarse y puede afinarse a velocidades constantes bajo varias condiciones de carga.



Figura 3: Dinamómetro de chasis Marca Bosh Modelo FLA 230 (izq.) Vista de rodillos del dinamómetro (der.).

4. RESULTADOS

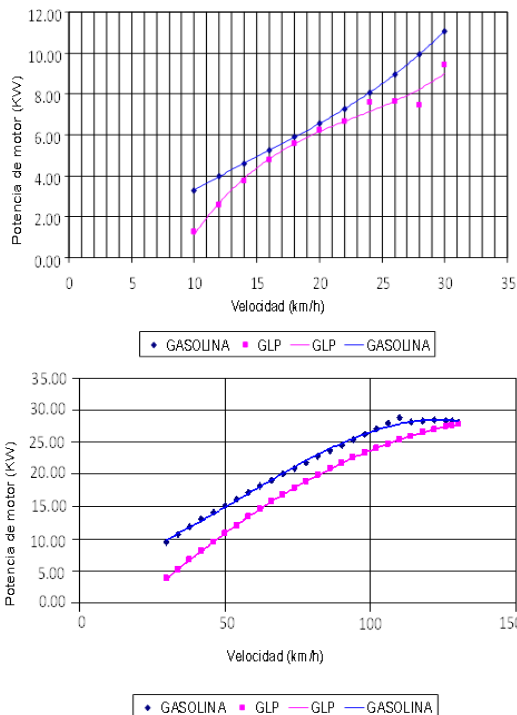


Figura 4: Comparación de potencias en motor entre combustibles.

La Figura 4 muestra las curvas de tendencia promedios de potencia en motor en primera marcha usando gasolina y GLP, las cuales son representativas de todos los ensayos hechos en cada uno de ellas. Las curvas de la izquierda corresponden a la primera marcha y las de la derecha a la cuarta marcha.

La Figura 5 muestra las curvas de tendencia promedios de potencia en neumáticos en primera marcha (izquierda) y cuarta marcha (derecha) usando gasolina y GLP, las cuales son representativas de todos los ensayos hechos en cada uno de ellas.

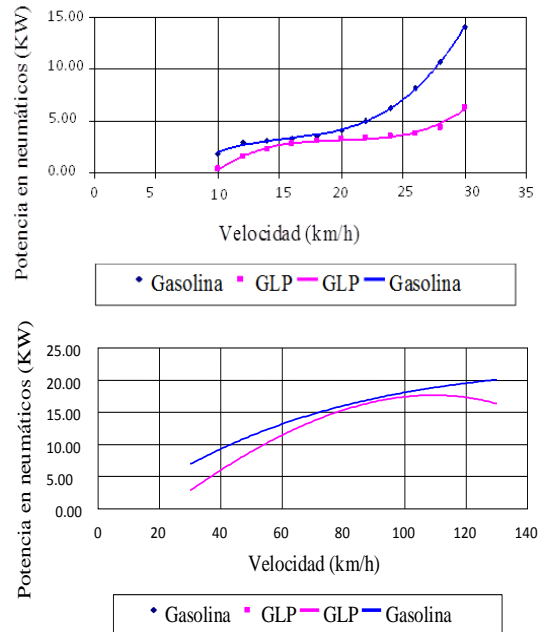


Figura 5: Potencia en neumáticos usando gasolina y GLP para velocidad en primera (izquierda) y velocidad en cuarta (derecha).

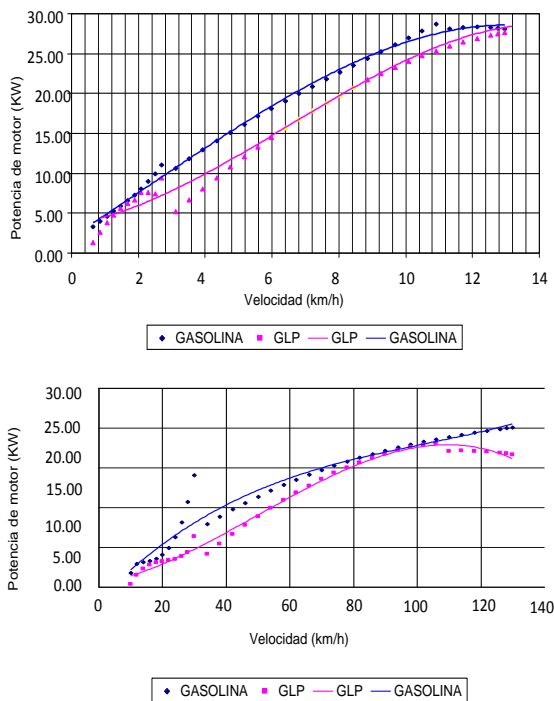


Figura 6: ensayos de potencia usando gasolina y GLP vs velocidad motor (izquierda) y neumáticos (derecha).

La Figura 6 (izquierda) muestra las curvas de tendencia promedios de potencia en motor en primera y cuarta marcha usando gasolina y GLP, las cuales son representativas de todos los ensayos hechos en cada uno de ellas tienen como modelos matemáticos a:

- Gasolina:
 $P = 9E-06V^3 + 0.0007V^2 + 0.2711V + 1.0086$ con un coeficiente de regresión $R^2 = 0.997$
- GLP:
 $P = -2E-05V^3 + 0.003V^2 + 0.0651V + 2.6684$ con un coeficiente de regresión $R^2 = 0.9856$

La Figura 6 (derecha) muestra las curvas de tendencia promedios de potencia en neumáticos en primera y cuarta marcha usando gasolina y GLP, las cuales son representativas de todos los ensayos hechos en cada uno de ellas tienen como modelos matemáticos a:

- Gasolina:

$P = 1E-05V^3 - 0.0032V^2 + 0.4096V - 1.6678$ con un coeficiente de regresión $R^2 = 0.9528$

- GLP:
 $P = -2E-05V^3 + 0.0031V^2 + 0.0698V + 0.3974$ con un coeficiente de regresión $R^2 = 0.9924$

5. DISCUSIÓN

Comparación entre potencias

- **Usando gasolina:** Los valores del ensayo para la potencia en neumáticos son un poco menores de los teóricos, obtenidos por la ecuación de la potencia del motor obtenida del ensayo, esto se justifica debido a las inevitables pérdidas de potencia que ocurren en los apoyos o cojinetes además de las pérdidas en los engranes por contacto y rozamiento.

Para velocidades cercanas a los 25 Km/h se observa un comportamiento no uniforme según la tendencia, esto debido a las inexactitudes presentadas al hacer el cambio de marcha, lo cual no brinda una lectura real y continua de los valores de potencia en neumáticos del vehículo, se plantea que pueden ser efectos inerciales de aceleración angular de los neumáticos durante el cambio de marcha., gráfico N°20.

El comportamiento de la potencia del motor en cuarta marcha, gráfico N°21 resulta ser mayor que la de neumáticos, debido a las pérdidas por eficiencia de transmisiones, se observa con mayor claridad el comportamiento similar de ambas potencias, así como se propone un indicador de eficiencia de la transmisión de potencia del motor hacia los neumáticos.

- **Usando gas licuado de petróleo glp:** Comportamiento similar al motor usando gasolina pero se acerca más a la curva característica con este combustible. Al igual que la gasolina se observa el comportamiento, debido a las pérdidas de potencia por rozamiento en cojinetes y engranes; así como, en los sellos o placas de obturación, Figuras 1 y 2.

Comparación de potencias entre combustibles

Se observa un incremento de la potencia del motor usando gasolina, recuérdese que las rpm en 1ra

marcha alcanzadas son bajas, lo cual no condiciona una buena alimentación de combustible en el carburador, reduciendo la potencia generada en el motor, sin embargo, esto se observa menos significativo en el motor usando GLP donde para la zona de régimen estable del ensayo (entre 10 y 25 Km/h) la potencia del motor tiende a ser uniforme mientras que la de la gasolina se incrementa, figuras 3 y 4. Para rpm y en consecuencia velocidades mayores figuras 5 y 6 desarrolladas por el vehículo se observa la potencia del motor usando GLP menor que la potencia usando Gasolina, la figura 6 muestra un ligero decremento en la potencia del motor usando GLP (entre 6.081 y 15.69%), además de lo preestablecido en los poderes caloríficos de ambos combustibles.

6. CONCLUSIONES

1. La potencia del cuando usa como combustible gasolina de 90 octanos es mayor que la potencia usando GLP, esta diferencia es notoria en la cuarta marcha a velocidades de los 30 hasta los 110 km/hora con un porcentaje de confiabilidad del 95%. (la diferencia es de 9.7% con valores promedio de potencia máximas alcanzadas con cada combustible). La potencia en el motor y en neumáticos en primera marcha no es notoria, ni la diferencia de velocidades, usando ambos combustibles.
2. En las pruebas realizadas al vehículo con motor Daewoo modelo tico, en el servicio de taxi que usa el sistema dual de alimentación se observó que la potencia en neumáticos usando gasolina es mayor que la potencia en neumáticos usando GLP como combustible. (La diferencia es de 9.7% con valores promedio de potencia máximas alcanzadas con cada combustible) con 95% de confiabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jovaj, M.S. Motores de Automóvil. Editorial MIR. 1a Edición. Moscú. 1982.
- [2] Chudakov, D.A. Fundamentos de la Teoría y el Cálculo de Tractores y Automóviles. Editorial MIR. 1a Edición. Moscú. 1977.
- [3] Patrahaltsev, N. Curso Teórico Práctico de Conversión de Motores Gasolineros a Gas. Editorial UNI. Lima. 2002.
- [4] Becco, L. Los G.L.P. Editorial Departamento de Relaciones Externas del Butano S.A. Madrid. España. 1985.
- [5] Canchaya, J. Ventajas del uso del G.L.P como Combustible Automotor-Repsol Gas. Editorial UNI. Lima. 2002.
- [6] Paredes, S y Carrillo, A. Gas de Camisea. Editorial UNI. Lima.-3713. 2001.
- [7] Alburqueque, G. Consideraciones Técnico-Económicas para la operación de un Motor por Chispa con Combustible Etanol. Tesis de Bachiller en Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. 1989.