

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL GLP  
COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO EN LA FLOTA  
VEHICULAR DE EL ALTO - PIURA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO**

**LEONARDO DANIEL ARANDA OKAMOTO**

**PROMOCIÓN 1981-I**

**LIMA - PERU**

**2009**

# CONTENIDO

	Pág.
<b>Prólogo</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>Estudio del Parque Automotor Local</b>	<b>8</b>
2.1 Breve Reseña Histórica del Distrito de El Alto	8
2.2 Principales Actividades Económicas de la Zona	11
2.3 Ubicación del Servicentro Triangulo de Oro	14
2.4 Mercado Local de Vehículos a Gasolina	18
2.5 Vehículos a Gasolina de Contratistas Locales	21
2.6 Estaciones de Servicio a Nivel Nacional	22
<b>CAPITULO III</b>	
<b>Conceptos sobre el funcionamiento de los Motores de Combustión Interna con GLP</b>	<b>31</b>
3.1 Tipos de Combustibles Gaseosos	31
3.2 Principales Propiedades de los Combustibles Gaseosos	33
3.2.1 El Poder Calorífico	33

3.2.2	El Calor Específico	34
3.2.3	Indice de Wobbe	35
3.2.4	Intercambiabilidad	35
3.3	Formación de la Mezcla en los Motores a GLP	36
3.3.1	Características de la Combustión	37
3.3.2	Parámetros en la Combustión	37
3.3.3	Mezcla de GLP-Aire en los Motores de Combustión Interna	38
3.4	Marcas de Kit's de Conversión Dual para GLP	43

#### **CAPITULO IV**

	<b>Efectos de los Gases de Combustión en la Población</b>	<b>44</b>
4.1	El Aire	44
4.1.1	Propiedades Físicas	47
4.1.2	Composición del Aire	48
4.2	La Contaminación Atmosférica	51
4.2.1	Fuentes de Contaminación	52
4.2.2	Clasificación de las Fuentes de Contaminación	52
4.2.3	Tipos de Contaminación	53
4.3	Los Gases de Combustión	54
4.3.1	Contaminantes Inofensivos	55
4.3.2	Contaminantes Peligrosos	56
4.4.	Efectos en la Salud	68
4.4.1	Impacto en las Personas	68
4.4.2	Otros Impactos	70
4.5	Monitoreo de Calidad de Aire AÑOS 2007 – 2008 en el ALTO	72

4.5.1	Monitoreo Año 2007	73
4.5.2	Monitoreo Año 2008	73
4.5.3	Comparación con Estándar Ambiental	74
<b>CAPITULO V</b>		
<b>Conversión Dual: Gasolina – GLP</b>		<b>78</b>
5.1	Qué es el GLP?	78
5.1.1	Tensión de Vapor	79
5.1.2	Variación de la Tensión de Vapor	81
5.1.3	Calor de Vaporización	81
5.1.4	Características Físicas	85
5.2	Generalidades	87
5.2.1	Alternativa a la Gasolina	88
5.2.2	Ventajas Comparativas con la Gasolina	90
5.2.3	Esquema de una Instalación Básica de GLP	91
5.2.4	Principio de Funcionamiento	92
5.3	Partes del Kit de Instalación	95
5.3.1	El Depósito de GLP	95
5.3.1.1	Depósito Metálico	95
5.3.1.2	Elementos de Fijación	98
5.3.1.3	Accesorios	99
5.3.2	Válvula Electromagnética de GLP	106
5.3.3	Evaporador	107
5.3.3.1	Primera Cámara	109
5.3.3.2	Segunda Cámara	109
5.3.3.3	Intercambiador de Calor	110

5.3.4	Unidad de Mezcla	111
5.3.5	El Conmutador	113
5.3.6	La Instalación Eléctrica	114
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>Análisis Económico Ambiental de la Conversión</b>		<b>117</b>
6.1	Análisis Económico de la Conversión	117
6.1.1	Generalidades	117
6.1.2	Consideraciones para el Cálculo	118
6.1.3	Cálculo del Ahorro Económico	121
6.2	Análisis Ambiental de la Conversión	125
6.2.1	Consideraciones	125
6.2.2	Cálculo de las Emisiones Gaseosas con GLP	127
6.2.2.1	Cantidad Teórica de Aire	128
6.2.2.2	Cálculo del CO y CO <sub>2</sub> Producto de la Combustión	128
6.2.3	Cálculo de las Emisiones Gaseosas con G-95	129
6.2.3.1	Generalidades	129
6.2.3.2	Cantidad Teórica de Aire	130
6.2.3.3	Cálculo del CO y CO <sub>2</sub> Producto de la Combustión	130
6.2.4	Ventajas Ambientales por Uso del GLP	132
6.2.4.1	Cuantificación del CO y CO <sub>2</sub> Utilizando GLP	132
6.2.4.2	Cuantificación del CO y CO <sub>2</sub> Utilizando G-95	133
Conclusiones		136
Recomendaciones		139

Bibliografía	141
Apéndice	142

## *Dedicatoria*

*A mi esposa Julieta, por su constante apoyo.*

*A mis hijos Daniel y Dante para su formación  
futura.*

*A mis padres por su ejemplo de vida en el  
trabajo cotidiano.*

*A ellos les dedico este Informe de Suficiencia  
como culminación a la carrera universitaria  
que me ha brindado éxito y satisfacción en mi  
vida profesional.*

## PROLOGO

Teniendo en consideración el enorme avance tecnológico que ha ocurrido en estos últimos años en la industria automotriz, que ha visto mejorado tremendamente la eficiencia de los motores, la autonomía del mismo y del vehículo como un todo, adaptándose a las necesidades actuales por la tendencia mundial de buscar combustibles alternativos para mejorar las condiciones de vida del entorno mediante la protección del medio ambiente, debido a que la calidad de aire va paulatinamente degradándose en desmedro de la población y de los seres vivos en general, y, tratando de lograr un ahorro substancial en la economía de los usuarios mayoritarios al proponer que se logre el uso generalizado del GLP en la flota vehicular que opera en la zona noroeste del país, específicamente en la población de El Alto y Talara, Departamento de Piura, Región Grau.

Para ello se desarrollará en los siguientes capítulos un estudio teórico y práctico de esta aplicación, el mismo que podrá usarse como guía a cualquier lector que opte por implementar en su respectivo vehículo o flota de vehículos con motor gasolinero, un sistema dual para el uso del GLP como combustible principal, logrando cambiar la matriz energética y sin eliminar la posibilidad de seguir utilizando a la gasolina como combustible solo para eventos de emergencia, es decir, cuando no se disponga de estaciones de servicio para el abastecimiento a tiempo del GLP. El Objetivo es lograr cambiar la prioridad energética en los



vehículos que utilizan la gasolina por un combustible mucho más barato y limpio ambientalmente.

En el Capítulo 1 Introducción, se describe el objetivo principal del presente Informe que significa evaluar la alternativa de uso del GLP como combustible alternativo y principal en los vehículos de flota liviana que circulan en el poblado de El Alto, vehículos que en su mayoría pertenecen a los diversos contratistas que laboran en la zona. Por lo tanto, se especifica el propósito de este Informe, el alcance y la metodología a seguir para la implementación del sistema dual.

En el Capítulo 2, se realizará una descripción de la reseña histórica del distrito de El Alto, se describen las principales actividades económicas que se realiza así como un estudio del parque automotor local del distrito de El Alto, mostrando un inventario general de todos los contratistas que laboran en esta jurisdicción. Asimismo, se presenta datos estadísticos de la atención del centro de abasto del GLP para poder realizar una proyección mensual y anual. Asimismo, se muestra una tabla completa de las estaciones de servicio que expenden GLP a nivel nacional.

En el Capítulo 3, se describe el marco teórico sobre el cual funcionan los motores de combustión interna utilizando gases combustibles, que para el caso es el GLP, tratando de explicar la forma como se realiza la mezcla aire combustible en el interior del motor y la forma que se produce la combustión de la mezcla. Se describen también los principales parámetros de funcionamiento y características de la combustión.

En el Capítulo 4, se explicará la composición del aire y sus características, el problema de la contaminación atmosférica y los posibles efectos de las emisiones gaseosas producto de la combustión en la salud de la población. Asimismo se presenta información estadística de los diversos monitoreos de Calidad de Aire de los años 2007 y 2008 realizados en distintos puntos del centro poblado, para darnos una clara idea del nivel de contaminación de la zona o calidad de aire que se respira en la zona.

El Capítulo 5, abarca la descripción detallada del proceso de instalación del Kit de conversión dual. Es una explicación al detalle de cada uno de sus componentes con el propósito que pueda entenderse claramente cada uno de los elementos que conforman las partes de este sistema y de la forma como funcionan.

En el Capítulo 6 se desarrolla un breve estudio del análisis económico y ambiental que se obtiene al utilizar el GLP como combustible alternativo. Este resultado nos indicará la factibilidad de extender el uso del GLP a todos los vehículos gasolineros livianos dada las enormes ventajas económicas y ambientales que se obtienen.

Por último se presentan las Conclusiones del Informe y las principales recomendaciones que surgen del mismo.

Quiero dejar constancia mi agradecimiento al conjunto de Catedráticos que han contribuido con sus sugerencias para culminar el presente Informe.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El presente Informe de Suficiencia tiene como propósito realizar un estudio con el fin de poder evaluar el uso del GLP como combustible alternativo en la flota vehicular liviana que opera en el Distrito de El Alto, Provincia de Talara, Departamento de Piura.

Debido al impulso que se viene dando en estos últimos años en la mayor parte de ciudades del Perú para optar por la masificación en el uso del GLP como combustible alternativo, desde el año 2002 el Distrito de El Alto se puso a la vanguardia en la zona Noroeste del país al contar con un gasocentro de despacho de GLP que abastecía íntegramente a las unidades particulares de una sola empresa, y con el transcurrir del tiempo, otras empresas fueron implementando en forma paulatina su consumo, por este motivo se propone evaluar económica y ambientalmente la posibilidad de ampliar la atención a las unidades gasolineras livianas en general que opten por la conversión, inclusive aquellas unidades vehiculares que se encuentran de paso, teniendo en cuenta que el centro de abasto se encuentra ubicado al lado izquierdo de la carretera panamericana, rumbo sur-norte, precisamente en el punto de ingreso a este distrito norteño.

Es sabido que una de las principales y grandes ventajas obtenidas con el uso del GLP es la disminución de los gases contaminantes que se obtiene en la combustión si lo comparamos con la gasolina, el mismo que contribuye con la preservación y conservación del medio ambiente, medio que se ve contaminada día a día, y con lo cual vamos a contribuir en minimizar la emisión de contaminantes a la atmósfera, máxime si se tiene en cuenta que en la zona se viene laborando desde el año 2001, con la Norma ISO 14001, Normas de Gestión que está relacionada con el cuidado del Medio Ambiente en el desarrollo de las tareas.

El alcance del proyecto se circunscribe al ámbito de la flota vehicular de El Alto, los mismos que tiene hasta cuatro componentes: la flota vehicular propia de la principal empresa petrolera de la zona, flota vehicular de las empresas contratistas que laboran para la contratista principal, flota vehicular particular de los pobladores de la zona y por último la flota vehicular "golondrino" por así denominarlo, es decir, aquellos que se encuentran de paso por la zona norte, los cuales están constituidas principalmente por los vehículos de turistas que se dirigen o retornan de la zona de Tumbes, Punta Sal ó Máncora, quienes como mínimo hacen uso de dos abastecimientos.

También se espera demostrar que se logra una disminución en la emisión de los gases contaminantes constituidos básicamente por el Monóxido y Dióxido de Carbono, y para ello se va a cuantificar aproximadamente cada uno de estos contaminantes producidos por la combustión del combustible, sea GLP o Gasolina tipo G 95. Asimismo el análisis económico que conllevará a demostrar

el ahorro que se logra al instalar el mecanismo Dual para utilizar al GLP como combustible principal.

Con este Informe se pretende brindar un pequeño aporte a la cultura de consumo del GLP utilizando para ello equipamiento típico diseñado específicamente para este combustible que son de amplia aplicación en el mercado automotriz. Se plantea una alternativa de uso de tecnología disponible que debe analizarse en función al riesgo, tamaño de instalación, importancia en la continuidad, protección a las personas, nivel de confiabilidad, preservación del medio ambiente y tomando en consideración, finalmente, el factor económico.

El GLP es un producto que viene creciendo en forma muy fuerte en los últimos años, no solamente en los dos últimos, sino que ya viene desde atrás, al extremo que ha sobrepasado en esa carrera al consumo de gasolinas (19% vs. 15%), y la respuesta es sencilla, mientras que las gasolinas y el diesel han subido de precio impulsadas por el precio internacional del petróleo, el precio del GLP no ha subido en la misma proporción manteniendo su precio casi inalterable o con variaciones mínimas.

Mientras que a comienzos de 1999 teníamos un solo punto de venta, para el mes de octubre del 2008 ya tenemos más de 90 puntos de venta de GLP a todo lo largo y ancho del país, ubicándose mayoritariamente a lo largo de la carretera panamericana y en las principales ciudades de la sierra del Perú. En la práctica, un conductor se puede desplazar por toda la carretera Panamericana y algunas vías de acceso intermedias de penetración, así como localidades del Oriente,

con gas licuado automotor, sin temor a quedarse desabastecido de este combustible.

El Gobierno de turno actualmente viene promoviendo el “Cambio de la Matriz Energética” que consiste en la sustitución de los combustibles importados por aquellos que son producidos localmente. Entre otros objetivos, esta medida busca disminuir el déficit en la balanza comercial, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y asegurar el cuidado del medio ambiente. Pues bien, el GLP es precisamente uno de los combustibles cuyo consumo se debe fomentar. En efecto, se trata de un combustible limpio y seguro, que es producido localmente, entre otros, a partir del Gas Natural y de la refinación del petróleo. Tradicionalmente ha sido un combustible de uso doméstico, pero ha demostrado tener un gran potencial en el comercio y últimamente en la industria automotriz.

En el Perú el organismo encargado de controlar y autorizar el funcionamiento de los Servicentros de Abastecimiento de GLP es el OSINERGMIN, ente estatal autónomo que regula entre otros, toda la actividad relacionada con el despacho y comercialización de este hidrocarburo, poniendo énfasis especial en las condiciones de seguridad de estos centros de abasto. Por otro lado, toda la regulación técnica es elaborada y brindada por el INDECOPI a fin de aplicar las condiciones técnicas relacionadas con los equipos de despacho, parámetros de calidad del GLP y otra información técnica relacionada con manipulación de este combustible.

Finalmente, el abastecimiento del GLP en la zona norte está garantizada por la existencia de la principal refinería estatal existente en el Perú, se trata pues de la Refinería Talara de propiedad de PETROPERÚ que abastece de este combustible a nivel nacional, producción que está garantizada por ser una zona de alta actividad petrolera, principal insumo utilizado para la elaboración del GLP.

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO DEL PARQUE AUTOMOTOR LOCAL**

#### **2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL DISTRITO DE EL ALTO**

El Distrito de El Alto se ubica en la Provincia de Talara, departamento de Piura y se ubica a 275 m.s.n.m. La historia de este poblado data desde el año de 1910 cuando se perforó el primer pozo petrolero en la playa de Los Amarillos jurisdicción anclada a orillas del mar, y estuvo a cargo de la Empresa inglesa The Lobitos Oilfield Limited. Jurídicamente el distrito de El Alto, tiene sus orígenes en el año 1922, con los campamentos de Restin y Peña Negra, que luego llegó ha pertenecer al ya existente Distrito de Máncora. Posteriormente en el año 1926, el Alto contó con una agencia Municipal que se encargaba en sus inicios de atender los servicios propios relacionados con las inscripciones de los registros civiles, hasta que con fecha 17 de Marzo de 1955 por Ley N° 12217 fue elevado a la categoría de Distrito durante el gobierno del General Manuel A. Odría.

El local Municipal era un amplio y cómodo local confeccionado íntegramente de madera y construido el año 1928. Con el transcurrir del tiempo, se construyo la segunda planta; aquí también funcionaba la Gobernación, el Juzgado de Paz y la Guardia Civil (hoy Policía Nacional



del Perú) que también tenía un ambiente, además funcionaba la oficina de Correos, telégrafos y Afines. A lo largo de su desarrollo y crecimiento, el distrito ha tenido 19 alcaldes quienes aportaron al desarrollo de este pujante distrito.

Históricamente, detallamos que el municipio alteño en sus inicios, recibió el amplio respaldo de la empresa petrolera a cargo de las operaciones de exploración, tanto la Compañía Petrolera Lobitos, como la Internacional Petroleum Company. Se apreciaba cierta predisposición para dotar al pueblo de locales para las diferentes instituciones, mantenimiento de los servicios básicos, atención al abastecimiento de agua a través de la Planta de Tratamiento y condensación de Agua Potable que operaba en la caleta de Cabo Blanco, abastecimiento de fluido eléctrico y servicio de Gas a domicilio. En el tiempo, este apoyo se recorta con la privatización acontecida en la zona noroeste, cuyas operaciones hasta diciembre del año 1996 estaban a cargo de la empresa estatal Petróleos del Perú – PETROPERU S.A.

A partir del año 2003, la municipalidad viene recibiendo considerables ingresos por concepto de Canon Petrolero que le otorga ciertas ventajas para asumir un futuro alentador en la realización de obras de envergadura para el desarrollo de este distrito. De allí que en estos últimos años El Alto muestra una mejoría en cuanto a la modernización de su infraestructura básica poblacional: pavimentación de calles, construcción de veredas, construcción de parques y otras áreas verdes,

sistema de abastecimiento de agua potable y proyectos de alcantarillado.

Ver Figuras N° 2.1 y 2.2.



**Figura N° 2.1 Municipal Distrital El Alto - Talara Piura**



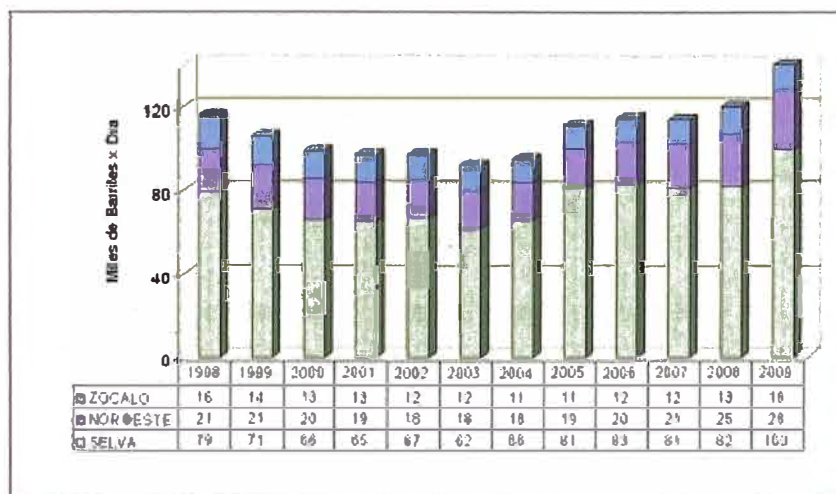
**Figura N° 2.2 Modernización de El Alto - Talara Piura**

Por otro lado la inversión privada igualmente viene incrementando su presencia en la zona, de allí que se cuente con una estación de servicio

con despacho de GLP desde el año 2002, el cual abastece a la flota vehicular liviana de la zona y de todas aquellas unidades vehiculares que transitan a diario por la carretera panamericana con rumbo hacia las zonas turísticas de Cabo Blanco, Los Órganos, Máncora, Punta Sal y Tumbes.

## 2.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA ZONA

Económicamente hablando, la zona circundante al Distrito de El Alto es primordialmente petrolera. De acuerdo a la estadística acerca de la producción de petróleo en el Perú, de PERUPETRO, el distrito de El Alto produjo el año 2008 un promedio de 14,144 barriles de petróleo por día, lo que representa aprox. el 12% de la producción nacional, siendo en la Provincia de Talara, el distrito que más produce este producto, ya que representa el 57% de la producción petrolera de la zona noroeste. La estadística de la producción nacional puede apreciarse en la **Figura N° 2.3**, en donde puede observarse la producción nacional de petróleo desde el año 1998 hasta el presente año.



**Figura N° 2.3 La estadística de la producción nacional**

Como se mencionó anteriormente, la zona circundante al Distrito de El Alto es un área en donde se desarrolla básicamente la actividad petrolera y la extracción del petróleo crudo se realiza a través de aparatos artificiales de extracción denominadas Unidades de Bombeo, P.U. (pumping units) o AIB (aparato individual de bombeo). Precisamente la **Figura N° 2.4** nos muestra la configuración total de uno de estos equipos. Nótese la existencia de un cerco perimétrico alrededor de la unidad de bombeo, una condición de seguridad básica por la cercanía de los pozos a las zonas pobladas, en prevención que algún poblador, niño o adulto, que por curiosidad se acerquen a observar el funcionamiento del equipo con consecuencias impredecibles.



**Figura N° 2.4** Configuración total de un cerco perimétrico alrededor de la unidad de bombeo

También puede observarse que la zona circundante a la Unidad de Bombeo es totalmente árida y con escasa vegetación, sin embargo existe una especie arbórea que ha podido adaptarse a la inclemencia del clima: el algarrobo.

Por otro lado, el distrito cuenta con extensas playas y caletas de pescadores como los son Cabo Blanco, El Ñuro y la ciudad de Los Órganos, por lo tanto, la actividad pesquera representa la segunda actividad económica que destaca en la zona por la diversidad de especies marinas extraídas del litoral. Ver **Figura N° 2.5**.



**Figura N° 2.5** Actividad pesquera

En orden de prioridad, sigue la actividad turística y por último la actividad comercial. Es preciso mencionar que la zona no cuenta con cuencas acuíferas de agua dulce que hagan de la agricultura una actividad productiva, siendo una realidad que los productos de pan llevar de consumo diario es traído de otras ciudades como son Tumbes, Piura y Chiclayo, que si cuentan con cuencas hidrográficas.

Se puede concluir entonces que el transporte es una actividad diaria necesaria para realizar todas las actividades económicas anteriormente descritas, y por lo tanto, el uso de combustibles es de alta prioridad y

necesidad para el desarrollo de cualquiera de estas actividades. En la actualidad existe una diversidad de marcas y modelos de unidades vehiculares que circulan por la zona, pero predomina la marca Toyota, tanto en autos como camionetas, debido a la proximidad de los concesionarios autorizados tanto en la ciudad de Talara como en Piura.

### 2.3 UBICACIÓN DEL SERVICENTRO TRIANGULO DE ORO

El Servicentro Triángulo de Oro, es el único centro de Abastecimiento de GLP en la zona noroeste por el momento; se sabe que hay inicios de una próxima construcción e inauguración de un nuevo Gasocentro que estará ubicada en la ciudad de Talara, para el despacho de GLP. Ver **Figura N° 2.6**.



**Figura N° 2.6** El Servicentro Triángulo de Oro

Se ubica al lado derecho del km 1190 de la carretera Panamericana Norte, precisamente en la intersección de ingreso hacia el Distrito de El

Alto y ocupa un área aproximada de 4500 m<sup>2</sup>. Para mejor ubicación se muestra una aerofotografía del área donde se ubica el Servicentro Triangulo de Oro. Ver **Figura N° 2.7**.



Figura N° 2.7 Ubicación del Servivcentro Triangulo de Oro



Este Servicentro cuenta con 04 islas de atención para el público usuario:

1ra Isla: Despacho de G-84 y G-95.

2da Isla: Despacho de GLP, con dos pistolas de abastecimiento.

3ra Isla: Despacho de Diesel, G-90 y G-95.

4ta Isla: Despacho de Diesel, G-84 y G-90.

Las Islas de despacho 1 y 3 es utilizada para el despacho de combustible a las empresas contratistas de la zona, quienes hacen uso del crédito proporcionado a las contratistas; la Isla 4 es únicamente para el despacho particular que hacen el pago en efectivo del consumo de combustible, y la Isla 2 es de atención general.

Precisamente la 2da Isla esta conectada a un tanque horizontal que se ubica en el subsuelo adyacente al surtidor, cuyas instalaciones cumple con todas las condiciones de seguridad para el despacho, teniendo una capacidad de almacenaje de 2500 gl y asegura el abastecimiento para 20 días continuos. Ver **Figura N° 2.8**.



**Figura N° 2.8** Tanque horizontal ubicado en el subsuelo

El Servicentro cuenta además con un tanque cisterna portátil propia que es utilizada para el transporte del GLP desde Talara hacia El Alto, con capacidad de almacenaje de 5966 gl. Ver **Figura N° 2.9**.



**Figura N°2.9** Tanque cisterna portátil

#### **2.4 MERCADO LOCAL DE VEHÍCULOS A GASOLINA**

No existe una fuente confiable y actualizada para poder conocer la cantidad de vehículos que circulan en la zona, por esta razón se tuvo que hacer una estadística diaria durante el último trimestre del año 2008 en el principal grifo del distrito de El Alto para tener una idea de las unidades móviles que se abastecen y circulan por la zona, y sobre esta base estimar el potencial mercado de conversión de vehículos que utilizan, hasta ahora, a la gasolina G-95 como combustible principal.

La Estación de Servicios Servicentro Triángulo de Oro ubicado en el kilómetro 1190 de la antigua carretera Panamericana Norte sirvió para realizar el estudio estadístico de las unidades móviles que pueden utilizar

el sistema Dual gasolina-GLP, en razón que se trata del único servicentro ubicado entre las ciudades de Sullana y Tumbes. Por lo tanto, cuenta con un mercado cautivo casi estable de los vehículos que circulan en el entorno del distrito de El Alto y Los Órganos, debido a las actividades económicas que se desarrollan en la zona y eventualmente de aquellos vehículos que circulan por la carretera panamericana.

La **Tabla N° 2.1** muestra la estadística sobre la cantidad de vehículos de contratistas abastecidos durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2008. Teniendo en cuenta la aleatoriedad de las muestras y para que éstas sean representativas para el estudio, se hicieron mediciones por 1 hora diaria en horarios diferentes, de lunes a sábados, incluyendo feriados en algunos casos, tomando 22 días de cada mes. Luego cada medición se proyectó para un despacho de 12 horas/día, que corresponde al turno de trabajo/día en la zona de todas las Contratistas, y finalmente, proyectado para 26 días/mes (no se considera los días domingos), que son los días efectivos de trabajo de la zona, obteniéndose finalmente un promedio de la cantidad de gasolina consumida y de vehículos de contratistas que se abastecen en este servicentro. Es importante mencionar que de acuerdo a lo observado y de los diálogos sostenidos con los representantes del servicentro, la atención para el despacho de G-95 entre las 19:00 hrs. y 07:00 hrs. es mínima, y se puede afirmar que es casi nula debido a que los horarios de trabajo de los contratistas no se prolonga más allá de las 19:00 horas.

Como resultado de las observaciones realizadas, se muestra a continuación el consumo/mes calculado:

Octubre: 4723 galones de G-95 abastecido a 681 vehículos.

Noviembre: 4637 galones de G-95 abastecido a 610 vehículos.

Diciembre: 4708 galones de G-95 abastecido a 624 vehículos.

Entonces si trabajamos con la media aritmética, se puede afirmar que en el último trimestre del año 2008, se despachó un promedio mensual de 4689 galones de combustible G-95 a 24 vehículos/día ó 638 vehículos/mes. Por lo tanto, se puede concluir que muchos de estos vehículos vuelven a reabastecer con cierta periodicidad debido a que en el área de influencia de El Alto, los contratistas que operan en la zona no cuentan con un número tan grande de vehículos como puede verse en la Tabla 2.2. del punto 2.5. Cabe mencionar que algunos de estos vehículos abastece combustible también en la ciudad de Talara debido a que diariamente se desplazan a esta ciudad por ser el sitio de residencia de muchos usuarios, muy especialmente los fines de semana.

La estadística mostrada puede ser significativa en la medida que se tome en cuenta que existe un mercado potencial por explotar, coexistiendo además otro grupo de vehículos que está conformado por la flota de particulares que pertenecen a pobladores y transportistas de la zona a quienes la instalación del sistema dual les proporcionará las ventajas económicas que brinda el utilizar el GLP básicamente por el menor precio

del combustible, lo que traerá consigo el bienestar económico para estas familias. Precisamente durante estos tres meses de evaluación se pudieron contabilizar un aproximado de hasta 30 vehículos particulares abasteciéndose de la gasolina G-90, como puede observarse en la **Figura N° 2.10** que se muestra como evidencia objetiva.



**Figura N° 2.10** Vehículo particular abasteciendo G-90

## **2.5 VEHÍCULOS A GASOLINA DE CONTRATISTAS LOCALES**

En la **Tabla N° 2.2** se muestra la relación de empresas contratistas y la cantidad de vehículos que utilizan combustible G-95 en las operaciones de El Alto. En total son 43 empresas contratistas que cuentan con flota vehicular livianas que utilizan la gasolina y el diesel como combustibles.

Potencialmente son 65 vehículos que utilizan la gasolina G-95 a los cuales se les puede implementar el sistema Dual sin ninguna complicación. El detalle radica en la voluntad que pueda mostrar cada

empresa para contribuir en la minimización de las emisiones tóxicas locales. Por otro lado, se observa también que existe en mayor número, una cantidad significativa de vehículos que consumen diesel, hasta 97 vehículos, en cuyo caso se deberá esperar a que el vehículo cumpla su ciclo de vida para que se dé un cambio en el uso de los combustibles lo que significará una nueva matriz energética de los contratistas de la zona. La experiencia en los vehículos que consumen el GLP, nos indica que los motores de los vehículos se adaptan a este cambio muy rápidamente y que el proceso de aprendizaje para conducir utilizando el GLP es asumida rápidamente por los conductores. Sabemos que con el cambio se espera una mínima pérdida de potencia en el motor, alrededor del 10%, sin embargo, es compensado largamente con la economía que se logra, y que en el largo plazo resulta beneficioso.

Indudablemente que los resultados que se obtenga de este estudio permitirán difundir, las ventajas competitivas en el uso del GLP y comprender que el objetivo principal para el uso de los vehículos en la zona, es utilizarlo como medio de transporte y facilitar el transporte del personal y no para competencia automovilística, por lo tanto, la pérdida de potencia que experimente el motor del vehículo pasará totalmente desapercibido.

## **2.6 ESTACIONES DE SERVICIO A NIVEL NACIONAL**

En la página web del organismo estatal OSINERGMIN ([www.osinerg.gob.pe](http://www.osinerg.gob.pe)) se puede encontrar la relación de estaciones de

servicio que expenden GLP en el ámbito nacional. Como el GLP un combustible limpio cuyo uso ha sido difundido y masificado en gran parte del Perú, mayormente en las regiones de Costa y en menor cantidad en Sierra y Selva, por la facilidad de ser transportado y por la existencia de puntos de venta a lo largo de los departamentos de la costa del Perú. Precisamente en la **Tabla N° 2.3** se muestra las Estaciones de Servicio que expenden este combustible en los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque.

Se puede observar que en la Provincia de Talara, por ahora, solamente existe un único centro de abastecimiento de GLP, y se ubica precisamente en el distrito de El Alto, por esta razón, se debe aprovechar al máximo este mercado cautivo de unidades vehiculares que potencialmente pueden utilizar a futuro el GLP, sin contar con los vehículos que se encuentran de paso con dirección a las localidades turísticas de Máncora y Punta Sal.

Cabe mencionar que la información de los centros de abastecimientos de GLP a nivel nacional se obtuvo de la Base de Datos del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) al mes de Octubre, por tanto, se trata de una fuente oficial disponible en la página web de dicha entidad; ésta relación puede sufrir variación en el tiempo debido al incremento de nuevas estaciones de servicio.

La **Tabla N° 2.4** muestra los centros de Abastecimiento ubicados en el departamento de Lima y por último, en la **Tabla N° 2.5** la relación de Estaciones de Servicios ubicados en otros departamentos del Perú.

Esta información servirá también de referencia para todos aquellos lectores que requieran conocer sobre los centros de abastecimientos de GLP a nivel nacional y que actualmente estén pensando erróneamente que la alternativa de uso del GLP solo ha sido centralizada en Lima capital, obviando que su uso también ha llegado a lugares en el interior del país, debido a la facilidad de transporte existente, tanques cisterna como la que se muestra en la **Figura N° 2.9**, que desplazan grandes cantidades de GLP por su facilidad de transporte y almacenamiento.

Precisamente los diseños de los tanque cisterna se basan en Normas Internacionales ASME (ASME BPVC 2007 Cap. XII: “Reglas para la Construcción y el Servicio Continuo de Tanques de Transporte”), y regulación con norma legal nacional propia del sector hidrocarburos que son auditados con cierta periodicidad por el organismo OSINERGMIN que se encarga de velar por la seguridad de estos equipos por tener una operación de alto riesgo (“Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo aprobado con el Decreto Supremo N° 027-94-EM”)



Tabla N° 2.1 Consumo de G-95 / Cuarto Trimestre Estación de Servicio Triangulo de Oro

Mes de Octubre 2008					Mes de Noviembre 2008					Mes de Diciembre 2008				
Día	Cantidad de Vehículo Atendido		Consumo G-95 (gl)		Día	Cantidad de Vehículos Atendidos		Consumo G-95 (gl)		Día	Cantidad de Vehículo Atendido		Consumo G-95 (gl)	
	Observada	Por Día (12 hrs)	Horas Observada	Por Día (12 hrs)		Observada	Por Día (12 hrs)	Observada	Por Día (12 hrs)		Observada	Por Día (12 hrs)	Observada	Por Día (12 hrs)
1	4	48	28	336	3	2	24	19	228	1	2	24	19	228
2	1	12	5	60	4	2	24	13	156	2	1	12	3	36
3	3	36	24	288	5	2	24	19	228	3	2	24	9	108
6	2	24	11	132	6	3	36	21	252	4	2	24	20	240
8	3	36	19	228	7	1	12	5	60	5	2	24	12	144
9	2	24	12	144	10	1	12	8	96	8	1	12	5	60
10	1	12	7	84	11	2	24	11	132	9	2	24	19	228
13	1	12	5	60	12	1	12	7	84	10	1	12	9	108
14	4	48	31	372	13	3	36	32	384	11	3	36	25	300
15	1	12	6	72	14	3	36	26	312	12	1	12	10	120
16	2	24	21	252	17	2	24	13	156	15	2	24	19	228
17	2	24	13	156	18	2	24	15	180	16	2	24	17	204
20	3	36	19	228	19	2	24	12	144	17	3	36	24	288
21	2	24	12	144	20	2	24	9	108	18	1	12	5	60
22	1	12	8	96	21	1	12	12	144	19	2	24	12	144
23	1	12	5	60	22	1	12	5	60	22	1	12	6	72
24	3	36	20	240	24	3	36	33	396	23	3	36	25	300
27	3	36	23	276	25	2	24	11	132	24	3	36	23	276
28	2	24	9	108	26	1	12	4	48	25	1	12	8	96
29	1	12	9	108	27	1	12	6	72	26	2	24	9	108
30	3	36	22	264	28	3	36	31	372	28	3	36	24	288
31	3	36	24	288	29	3	36	15	180	30	4	48	29	348
Prom/día		26		182	Prom/día		23		178	Prom/día		24		181
Prom/mes		681		4723	Prom/mes		610		4637	Prom/mes		624		4708

Prom/mes	638	veh/mes
	24	veh/día
	4689	gal/mes

Tabla N° 2.2 Relación de Vehículos por Contratista en El Alto

	Contratista	Vehículos a Gasolina	Vehículos a Diesel
1	ABRAXAS	1	4
2	AZUL PERÚ S.A.	0	4
3	BJ SERVICES	0	6
4	CAGM	2	0
5	COMUSE	2	0
6	CORAL	0	2
7	COSEREGO	2	0
8	COSMOS	4	2
9	ENERGY SERVICES	3	6
10	EQUIPETROL	2	0
11	G4S	1	3
12	GOWELL	0	3
13	HAZCO	2	4
14	HLC	0	2
15	HNOS. BENITES	1	2
16	INNOVA ANDINA	3	0
17	M&C PARIÑAS	2	2
18	MANGI	2	0
19	MI SWACO	0	1
20	NETSUI	0	3
21	OSPET S.A.C.	1	0
22	PETREVEN	4	0
23	PETREX	2	6
24	PETROPARIÑAS	3	0
25	PTCSAC	0	2
26	SAE PERÚ	0	5
27	SAN ANTONIO INTERNACIONAL	3	5
28	SANTO DOMINGO	3	3
29	SCHLUMBERGER	0	5
30	SELTA	2	0
31	SERMETAL	0	1
32	SERVICIOS ELECTRÓNICOS	2	0
33	SKANSKA	5	12
34	SPC	2	2
35	SUNSET	1	0
36	TRANSPORTES LAVALLE	0	4
37	TRANSPORTES PAQUITA	0	2
38	TRANSPORTES SAN LUIS	3	0
39	TUATD ALIMENTACION	2	0
40	UNIPETRO	1	0
41	URTEAGA	0	3
42	WALES	1	0
43	WEATHERFORD DEL PERU	3	3
	<b>TOTAL DE VEHÍCULOS</b>	<b>65</b>	<b>97</b>

**Tabla N° 2.3 Estaciones de Servicio de GLP en Tumbes – Piura - Lambayeque**

Departamento	Provincia	Ciudad	Dirección	Capacidad (x Lt)	Establecimiento
TUMBES	TUMBES	TUMBES	CARRETERA PANAMERICANA NORTE KM. 1270-1271	1.73	EST. DE SERVICIOS LA ALBORADA SRL
PIURA	PIURA	PIURA	ESQ. PROL. AV. GRAU CON JR. LAS LOMAS	1.77	ESTACION DE SERVICIOS SAN JOSE S.A.C.
PIURA	PIURA	PIURA	INTERSECCION AV. BOLOGNESI Y CALLE LIBERTAD	1.91	ESTACION BOLOGNESI SRLTDA
PIURA	PIURA	PIURA	ZONA INDUSTRIAL MZ. 248 LT. 1A	1.92	COESTI S.A.
PIURA	SULLANA	SULLANA	PANAM. NORTE SUBLOTE A-2 ZONA INDUSTRIAL MUNICIPAL IV	1.79	GRUPO EMPRESARIAL DEL CHIRA S.A.
PIURA	TALARA	EL ALTO	CARRETERA PANAMERICANA NORTE KM. 1190	1.72	SERVICENTRO EL TRIANGULO DE ORO S.R.L
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	LA VICTORIA	AV. VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE N° 2600	1.69	ESTACIÓN DE SERVICIO PECOLINE S.R.L.
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CHICLAYO	AV. BOLOGNESI N° 690	1.71	MULTISERVICIOS CHICLAYO S.R.L.
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	LA VICTORIA	AV. LOS INCAS N° 270	1.71	SERVICIOS MAXIMO S.A.C.
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CHICLAYO	AV. VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE No 250	1.8	GLP GRANEL S.A.C.
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	LA VICTORIA	AV. VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE 2396 MZ 1 LOT 5	1.74	INMOBILIARIA SIGLO XXI S.A.
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	LA VICTORIA	MZ. 33 LT. 05 PANAMERICANA NORTE KM. 756	1.8	REPSOL COMERCIAL S.A.C. - ( MILANO )
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	LA VICTORIA	AV. LOS INCAS N° 100	1.8	REPSOL COMERCIAL S.A.C.

Tabla N° 2.4 Estaciones de Servicio de GLP en Lima

Departamento	Provincia	Distrito	Dirección	Precio / x Lt	Establecimiento
LIMA	BARRANCA	BARRANCA	JR. LIMA N° 672 ESQ. JR. CASTILLA N° 940	1.84	J.E.W. S.R.L.T.D.A.
LIMA	CALLAO	VENTANILLA	AV. NESTOR GAMBETA KM. 18.26 (CARRETERA VENTANILLA KM. 5.9)	1.78	C & M SERVICENTROS S.A.C.
LIMA	CALLAO	LA PERLA	AV. LA PAZ N° 2326	1.72	ASESORIA COMERCIAL S.A.
LIMA	CALLAO	CARMEN DE LA LEGUA	AV. ELMER FAUCETT N° 377	1.83	REPSOL COMERCIAL S.A.C.
LIMA	CALLAO	BELLAVISTA	AV. BUENOS AIRES ESQ. CALLE VIGIL	1.83	REPSOL COMERCIAL S.A.C. - ( VIGIL )
LIMA	CALLAO	CALLAO	AV. ARGENTINA N° 333 Y JR. HUASCAR N° 102 URB. CHACARITAS	1.59	EST.SERV. PASO DE LOS ANDES S.A.C.
LIMA	CALLAO	CALLAO	ESQUINA AV. ELMER FAUCETT CON AV. TOMAS VALLE	1.7	EST. DE SERVICIO AEROPUERTO S.R.L.
LIMA	CALLAO	CALLAO	AV. ELMER FAUCETT CON AV CARACAS S/N.	1.72	SERVICENTRO AGUKI S.A.
LIMA	CALLAO	CALLAO	AV. QUILCA CON CALLE 10 - URB SAN ALFONSO SANTA IRENE MZ. A	1.79	INVERSIONES PICORP S.A.C.
LIMA	CALLAO	CALLAO	ESQUINA DE LA AV. ARGENTINA Y AV. NESTOR GAMBETA	1.82	REPSOL COMERCIAL S.A.C.
LIMA	CALLAO	CALLAO	AV. NESTOR GAMBETA KM. 14.5	1.83	REPSOL COMERCIAL S.A.C.
LIMA	CAÑETE	MALA	AUTOPISTA CARRETERA PANAMERICANA SUR KM. 88	1.89	SERVI GRIFOS SOCIEDAD ANONIMA
LIMA	CAÑETE	SAN VICENTE CAÑETE	PANAMERICANA SUR KM. 142.5	1.76	BENITO ISMELIN FLORENCIO PEREZ
LIMA	CAÑETE	SAN VICENTE CAÑETE	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM. 145	1.9	TERMINAL TERRESTRE ICA S.A.
LIMA	HUARAL	HUARAL	AV. CIRCUNVALACION NORTE Y PROLONG. MCAL. CASTILLA MZ. B	1.79	ANTONINA BEATRIZ HERRERA
LIMA	HUARAL	CHANCAY	PANAMERICANA NORTE KM.82	1.82	GRIFOS BRIGNETI EIRL
LIMA	HUARAL	HUARAL	PARCELA 42 EXFUNDO HUERTO ESQUYIVEL (AV. CHANCAY KM. 8)	1.82	IBESA S.A
LIMA	HUARAL	HUARAL	AV. CHANCAY S/N Y JULIO C. TELLO URBANIZACION EL ROSARIO	1.82	JOSE Y HUGO BRIGNETI S.A.
LIMA	HUAURA	SANTA MARIA	PANAM. NORTE N° 1598 (ANTES CARRETERA P. NORTE KM. 150.250)	1.84	GASERSI S.R.L.
LIMA	HUAURA	SANTA MARIA	CARRETERA PANAMERICANA NORTE 1766 KM.150	1.84	GRIFOS SAGITARIO SRL
LIMA	LIMA	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	AV. LIMA 1455 URB. JOSE GALVEZ	1.65	SERVICENTRO JOSE GALVEZ S. A.
LIMA	LIMA	PUEBLO LIBRE	AV. SUCRE N° 1201-1203	1.75	ENERGIGAS S.A.C.
LIMA	LIMA	VILLA EL SALVADOR	AV. 200 MILLAS ESQ. CON AV. MICAELA BASTIDAS	1.89	JEVARO S.A.C.
LIMA	LIMA	SURQUILLO	AV. REPUBLICA DE PANAMA N° 4361-4395, INTERS. JR. SALAVERRY	1.7	EST. DE SERV. THE FRIENDS S.A.C.
LIMA	LIMA	SANTIAGO DE SURCO	MZ. D LOTE 2, SECTOR VILLA HEROEES DE SAN JUAN	1.69	GAS LAS JUANAS SAC
LIMA	LIMA	SAN MIGUEL	AV. LA MARINA N° 2901	1.75	SURCOPETROL S.A.
LIMA	LIMA	SAN JUAN DE MIRAFLORES	PANAMERICANA SUR KM. 14 URB. SAN JUAN	1.69	SERVI GRIFOS S.A.
LIMA	LIMA	SAN JUAN DE LURIGANCHA	AV. LA PRINCIPAL (EX AV. CAMPOY) MZ. B LOTE 5	1.69	ESTACION VIP S.A.C.
LIMA	LIMA	SAN BORJA	AV. J. PRADO ESTE N° 3095 ESQ. AV. AGUSTÍN DE LA ROSA TORO	1.72	BRATA SRL.
LIMA	LIMA	LA MOLINA	AV. LA MOLINA 2421	1.72	FULL SERVICE LA MOLINA S.A.C.

Tabla N° 2.5 Estaciones de Servicio de GLP en Otros Departamentos del Perú

Departamento	Provincia	Distrito	Dirección	Precio x Lt	Establecimiento
ICA	CHINCHA	CHINCHA ALTA	AV. CENTENARIO N° 502	1.79	JORGE ROMAN MEDINA MERINO
ICA	CHINCHA	SUNAMPE	AV MARISCAL BENAVIDES N°1575 - CARRETERA PANAM. SUR KM 196	1.75	JORGE ROMAN MEDINA MERINO
ICA	CHINCHA	CHINCHA ALTA	AV. MCAL OSCARR.BENAVIDES N° 914 - 916	1.81	GLP GRANEL S.A.C
ICA	CHINCHA	CHINCHA ALTA	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM. 198.5 (ANTES KM 200)	1.81	SUPER GRIFO CHINCHA S.A.C.
ICA	ICA	LA TINGUIÑA	ESQ. AV. SIETE Y AV. FINLANDIA C.P. SAN IDELFONSO MZ.9 LT.02-A	1.65	ESTACION FINLANDIA EIRL
ICA	ICA	LOS AQUIJES	SUB LOTE 5-A , SECTOR SUNAMPE, CARRETERA ICA, LOS AQUIJES	1.78	ESTACION DE SERVICIOS LASER E.I.R.L.
ICA	ICA	SALAS	PANAMERICANA SUR KM. 295 - GUADALUPE	1.78	GAS PERU HUASCARAN S.A.C.
ICA	ICA	PARCONA	ESQ. AV. SIETE CON JR. ROSEDAL	1.7	EST. DE SERV. LASER - PANY E.I.R.L.
ICA	ICA	SUBTANJALLA	PANAMERICANA SUR KM. 299	1.78	ESTACION DE SERVICIO LASER E.I.R.L.
ICA	ICA	ICA	AV. SAN JOAQUIN VIEJO N°666	1.65	LIDIA EMILIA CABRERA HUAROTO
ICA	ICA	LOS AQUIJES	PANAMERICANA SUR KM. 307	1.79	COMPAÑIA COMERCIAL MELCHORITA S.R.L.
ICA	ICA	PARCONA	CARRETERA ICA - PARCONA KM. 1 + 150	1.78	EST. DE SERV. LASER - PARCONA E.I.R.L.
ICA	ICA	SUBTANJALLA	PANAMERICANA SUR KM. 297.2 PARCELA 221 SUB LOTE A Y B	1.78	GRIFO SUBTANJALLA S.R.L
ICA	ICA	ICA	AV. JORGE CHAVEZ - CDRA. 1 - CASERIO SAN MARTIN	1.7	CARMEN FONTELA E.I.R.L.
ICA	NAZCA	NAZCA	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM. 442.8 Y AV. LOS INCAS S/N.	1.99	EL OASIS DE ICA S.A.C.
ICA	NAZCA	VISTA ALEGRE	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM. 444	1.99	D'MIKELI S.A.C.
AREQUIPA	AREQUIPA	CERRO COLORADO	VARIANTE DE UCHUMAYO KM. 3.6 - SEMI RURAL PACHACUTEC	1.72	SOLUCIONES ENERGETICAS DEL SUR S.A.C.
AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	CALLE RICARDO PALMA N° 502 - 504 UMACOLLO	1.78	A.C. INVERSIONES E.I.R.L.
AREQUIPA	AREQUIPA	CERRO COLORADO	PROLONGACION AV. EJERCITO N° 508	1.78	OSROS S.A.C.
AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	CALLE JUNIN N° 107	1.78	AUTOMOTRIZ ANDINA S.A.
AREQUIPA	AREQUIPA	CERRO COLORADO	AV. AVIACION N° 2004	1.78	REPSOL COMERCIAL S.A.C.
AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	CALLE TOMAS SILES LT. 01MZ. E URB. EL PARQUE INDUSTRIAL	1.78	GASOCENTRO CISNE S.R.L.
AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	PASAJE MATERRETI N° 128	1.76	LIMA GAS S.A.
MOQUEGUA	ISLAY	MOLLENDO	MZ. C Lts. 1 y 2 ASOC. PEQUEÑOS ARTESANALES MOLLENDO	1.84	J & T INVERSIONES S.A.C.
MOQUEGUA	ILO	ILO	AV. MARISCAL CACERES S/N	1.83	PAITITI E.I.R.L.
TACNA	TACNA	TACNA	AV. LITORAL N° 306	1.97	SERVICENTRO SUR ONDINA E.I.R.L.
TACNA	TACNA	G. ALBARRACIN	AV. MUNICIPAL MZ B-1 LOTE 01 CON AV. CUZCO	1.97	SERVICENTRO LA ESPERANZA S.R.L.
TACNA	TACNA	TACNA+C109	AV. CIRCUNVALACION OESTE N° 475	1.97	SERVICENTRO SUR ONDINA E.I.R.L.
TACNA	TACNA	TACNA	PARQUE INDUSTRIAL MZ. J, LT 19, 20 Y 21	1.97	INVERSIONES ALAN SAC

Departamento	Provincia	Districto	Dirección	Pre x Lt	Establecimiento
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	AV. ATAHUALPA N° 554	1.96	AMADO GUTIERREZ S.A.C.
JUNIN	CHANCHAMAYO	CHANCHAMAYO	CARRETERA CENTRAL SECTOR PAMPA DEL CARMEN	1.97	EST. DE SERV. CHRISMAR E.I.R.L.
JUNIN	CHANCHAMAYO	PERENE	CARRETERA MARGINAL KM. 70	1.89	SERVICENTRO PERENE E.I.R.L.
JUNIN	CHANCHAMAYO	PICHANAQUI	AV. MARGINAL KM. 73 ZOTARARI	1.88	SOLANO ALBINO OSCAR
JUNIN	CONCEPCION	CONCEPCION	CARRETERA CENTRAL KM. 21 ESQ. CON AV. 8 DE DICIEMBRE	1.76	ABRAXAS COM. & DER. S.A.C.
JUNIN	HUANCAYO	EL TAMBO	ESQUINA PROLONGACION JULIO SUMAR Y SANTA ISABEL N° 2100	1.79	MOVILGAS S.R.L.
JUNIN	HUANCAYO	SAN AGUSTIN	AV. SAN AGUSTIN DE CAJAS KM 7. ANEXO BELLAVISTA	1.8	EST. DE SERV. BELLAVISTA S.A.C.
JUNIN	HUANCAYO	HUANCAYO	JR. TACNA N° 545	1.89	SUPERGRIFOS AURELIA S.A.C.
JUNIN	HUANCAYO	CHILCA	AV. JACINTO IBARRA 109	1.79	PETROGAS DEL CENTRO S.R.L.
JUNIN	HUANCAYO	EL TAMBO	ESQ. AV. 13 DE NOVIEMBRE N° 586 Y JR. AREQUIPA	1.8	INVERSIONES TITAN S.R.L.
JUNIN	HUANCAYO	CHILCA	AV. PANAMERICANA SUR N° 417	1.79	MOVILGAS S.R.L.
JUNIN	HUANCAYO	CHILCA	AV. PANAMERICANA SUR No 350	1.86	SUPERGRIFOS AURELIA S.A.C.
JUNIN	JAUJA	JAUJA	AV. TARMA N° 762	1.77	EST. DE SERV. SANTA ROSITA E.I.R.L.
JUNIN	JAUJA	JAUJA	PARAJE MAQUINHUAYO AV. FRANCISCO CARLE 1785	1.79	MOVILGAS S.R.L.
HUANUCO	HUANUCO	AMARILIS	INTER REGIONAL F. BASADRE HUANUCO - TINGO MARIA KM. 1.5	1.45	EST. DE SERV. PASTOR S.R.LTDA.
HUANUCO	HUANUCO	PILLCO MARCA	AV. UNIVERSITARIA CARRETERA HUANUCO - LIMA KM. 25	1.65	ESTACION DE SERVICIO DELTA E.I.R.L.
HUANUCO	HUANUCO	HUANUCO	JR. ABTAO 1680 ESQ. CON AV. ALFONSO UGARTE CDRA. 7	1.45	COLPA GAS S.R.L.
HUANUCO	HUANUCO	AMARILIS	CARRETERA HUANUCO-TINGO MARIA KM 2.5	1.57	GRIFO RACING E.I.R.L.
HUANUCO	HUANUCO	HUANUCO	JR. 28 DE JULIO N° 340	1.6	FULGAS . S.A
HUANUCO	HUANUCO	AMARILIS	AV. ESTEBAN PABLETICH N° 632	1.58	SERVICENTRO SAN LUIS S.R.L.
HUANUCO	HUANUCO	HUANUCO	JR. HUALLAYCO 1772	1.65	EST. DE SERV. LA PERRICHOLI S.R.L.
HUANUCO	HUANUCO	AMARILIS	CARRETERA HUANUCO - TINGO MARIA KM. 0+500	1.65	SERVICENTRO AVILA E.I.R.L.
CUZCO	CUZCO	SANTIAGO	AV. PROLONGACION ANTONIO LORENA S/N.	1.85	LATINO SERVIS S.R.L
UCAYALI	CORONEL PORTILLO	YARINACOCHA	LOTE 3 MZ. 174A POBLADO COMITE VECINAL BARRIO MIRAFLORES	1.31	GASOCENTRO SELVA GAS S.R.L.
UCAYALI	CORONEL PORTILLO	YARINACOCHA	CARR. FEDERICO BASADRE KM 11.150 SECTOR 2 DE MAYO	1.31	SERVICENTRO LA SELVA S.R.L.
UCAYALI	CORONEL PORTILLO	YARINACOCHA	CRUCE AV YARINACOCHA CON EL JR ALFONS UGARTE	1.31	REPSOL YPF COMERCIAL AMAZONIA S.A.C.

## **CAPITULO III**

### **CONCEPTOS SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON GLP**

#### **3.1 TIPOS DE COMBUSTIBLES GASEOSOS**

Se denominan combustibles gaseosos a los hidrocarburos naturales y a los fabricados exclusivamente para su empleo como combustibles, y a aquellos que se obtienen como subproducto en ciertos procesos industriales y que se pueden aprovechar como combustibles. La composición de éstos varía según la procedencia de los mismos, pero los componentes se pueden clasificar en gases combustibles (CO, H<sub>2</sub>, HC) y otros gases (N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>).

Entre los combustibles gaseosos que son utilizados actualmente en la industria, específicamente para el funcionamiento de los motores de combustión interna se pueden nombrar a los siguientes:

Gas licuado de petróleo, que es una mezcla homogénea de propano y butano.

Gas natural, generalmente compuesto por un alto porcentaje de metano.

Condensados de gas.

Gases residuales industriales: metalurgia, producción de coque, altos hornos, etc.

Gas de gasógenos: gasificando combustible sólido.

Gas de mina: gas metano.

Biogás: fermentación de desechos orgánicos, heces de animales, etc.

Gas de desagüe: fermentación de aguas residuales.

Gas hidrógeno.

Los combustibles gaseosos tienen algunas ventajas sobre otros combustibles, como por ejemplo:

Facilidad de manejo y en el transporte por tuberías.

No presentan cenizas ni materias extrañas en estado natural.

El control de la combustión es mucho más fácil, lo que nos permite mantener la temperatura de combustión aún con demandas variables

Posibilidad de regular la atmósfera de los hornos para conseguir atmósferas reductoras según nos convenga

Posibilidad de calentar el gas en regeneradores y recuperadores, elevando de esta manera la temperatura de combustión, y por lo tanto, aumentando el rendimiento térmico.

Algunos proceden o suelen proceder de combustibles sólidos de baja calidad, por lo que nos permite darle un uso mejor a dichos combustibles

Se puede determinar su composición exacta, por lo que es posible determinar bastante bien su poder calorífico.

A igualdad de calor cedido, la llama que origina un combustible gaseoso es más corta que la que origina un combustible sólido o uno líquido.



En la **Tabla N° 3.1** (ver al final del presente capítulo), se muestran algunas propiedades de tres combustibles gaseosos: el Gas Natural, el Metano en estado líquido y el GLP.

## **3.2 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES GASEOSOS**

### **3.2.1 El poder calorífico**

Es una de las propiedades más importantes de un combustible, se expresa para los combustibles gaseosos por unidad de volumen en condiciones normales. El valor del poder calorífico va a variar mucho dependiendo del tipo de gas que estemos manejando, y por lo tanto, en función de los componentes del combustible que estemos manejando. Los componentes no combustibles de un combustible van a bajar el rendimiento calorífico de la combustión. Sin embargo, a pesar de esto, a veces, un combustible de calidad inferior pero que sea subproducto de un proceso industrial puede ser más ventajoso económicamente.

Recordamos que existen dos clases de poder calorífico:

**Poder calorífico superior**, que es el que se libera al realizar la combustión de una unidad de volumen de gas

**Poder calorífico inferior**, que es igual que el anterior, pero sin tener en cuenta el calor de condensación del agua producida en la combustión.

Las unidades del poder calorífico son Kcal/m<sup>3</sup>; Btu/ft<sup>3</sup>; Cal/L

La unidad de volumen puede ser:

- Nm<sup>3</sup> (condiciones normales): Volumen medido a P<sub>N</sub>: 1 atm T<sub>N</sub>: 0 °C
- Sm<sup>3</sup> (condiciones estándar): Volumen medido a P<sub>S</sub>: 1 atm T<sub>S</sub>: 15,6 C

Para calcular el poder calorífico de un combustible gaseoso hay que conocer la composición del mismo (proporción de componentes). Conociendo los calores de combustión de los componentes individuales resulta relativamente sencillo calcular el poder calorífico del combustible aplicando lo siguiente:

$$PC = \sum_{i=1}^n \frac{\%}{100} \cdot PC_i$$

### 3.2.2 El Calor Específico

Otra propiedad importante del combustible es el **calor específico**. Se define éste como la cantidad de calor requerida para que la unidad de masa de gas aumente su temperatura 1°C. Las unidades son cal/g°C; Kcal/Kg°C; Btu/lb°F.

Dependiendo si el proceso de combustión se lleva a cabo a volumen o presión constante, se definen los siguientes calores específicos:

- Calor específico a volumen constante (C<sub>v</sub>)
- Calor específico a presión constante (C<sub>p</sub>)

### 3.2.3 Índice de Wobbe

Otra propiedad de los combustibles gaseosos es el índice de Wobbe (W). Se define como la relación entre el PCS y la raíz cuadrada de la densidad relativa:

$$Wp = \frac{PCS}{(\rho_r)^{1/2}}$$

El índice de Wobbe corregido tiene en cuenta los hidrocarburos más pesados que el CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y otros:

$$Wc = K_1 \cdot K_2 \cdot W$$

Donde: K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> depende de la familia del combustible y del contenido en CO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub>. También el efecto de HC's más pesados que el metano

### 3.2.4 Intercambiabilidad

Se dice que dos gases son intercambiables cuando distribuidos bajo la misma presión en la misma red y sin cambios de regulación producen los mismos resultados de combustión (el mismo flujo calorífico) y la llama presenta la misma e idéntica posición y el mismo comportamiento también.

Es imposible en la realidad que dos gases sean intercambiables al 100%; lo que se ve realmente es que prácticamente sean intercambiables. Existen unos diagramas de intercambiabilidad en los

que de un modo rápido se puede ver si un gas es intercambiable con otro (diagramas de Delbourg).

### **3.3 FORMACIÓN DE LA MEZCLA EN LOS MOTORES A GLP**

En la combustión del GLP es fácil deducir que la mezcla se realiza de una manera fácil y rápida. El modo en que básicamente se realiza la combustión es igual que para un combustible líquido. Se sigue utilizando, en general, el aire como comburente, aunque a veces se usa el oxígeno. Es necesario en este caso el uso de quemadores, que es donde se va a producir la mezcla combustible comburente. La combustión es rápida, pero no instantánea. Es necesario un tiempo de mezcla para facilitar la reacción.

La combustión es, como sabemos, una reacción de oxidación. La llama es la fuente de calor de esta reacción. En todo proceso de combustión hay 3 condiciones que se deben cumplir necesariamente:

- a) Para que pueda iniciar y propagarse la combustión, es necesario que en forma simultánea el GLP y el aire estén mezclados en cierta proporción y que la temperatura de la mezcla sea localmente superior a la temperatura de inflamación.
- b) Para que la combustión se mantenga debe ocurrir que los productos originados en la combustión se evacuen a medida que se produce la alimentación del aire (comburente) y del GLP de tal manera que se cumplan las condiciones expuestas en el primer punto.
- c) Para que la combustión se realice en buenas condiciones se debe cumplir que el aire empleado en la combustión sea el correspondiente a una combustión completa sin exceso de aire, es decir, que el aire

empleado sea igual al aire mínimo; y, también debe haber una determinada turbulencia y un tiempo determinado para la combustión.

### **3.3.1 Características de la Combustión**

**Temperatura de ignición:** La temperatura de ignición es la mínima temperatura a la que puede iniciarse y propagarse la combustión en un punto de una mezcla aire gas. El encendido de una mezcla aire-GLP se produce entre los 480 °C y 550 °C.

**Límites de inflamabilidad:** Se entienden estos como los porcentajes de aire y GLP que presentan una mezcla de ambos para que pueda iniciarse y propagarse la combustión de dicha mezcla. Normalmente se expresa en porcentaje de gas combustible en la mezcla. Tanto el exceso de combustible como de comburentes son perjudiciales para la combustión, fuera de los límites de inflamabilidad

**Velocidad de deflagración:** Es la velocidad de propagación de una llama estable.

### **3.3.2 Parámetros en la Combustión**

**Poder comburívoro o aire teórico:** Es la cantidad de aire necesaria para asegurar la combustión de 1 m<sup>3</sup> de GLP. Generalmente suele expresarse en m<sup>3</sup> normal de aire/m<sup>3</sup> normal de gas.

**Poder fumígeno (humos o gases de combustión):** Conjunto de productos en estado gaseoso que se obtienen en el proceso de combustión. Se trata del volumen expresado en CN de los gases

de combustión que se obtienen en la combustión completa de 1 Nm<sup>3</sup> de gas asociado a una cantidad de aire igual a la teórica. Se pueden distinguir:

- Humos secos: No se considera el vapor de agua.
- Humos húmedos: Se considera el vapor de agua.
- Se expresan en Nm<sup>3</sup> humos/Nm<sup>3</sup> normal de gas.

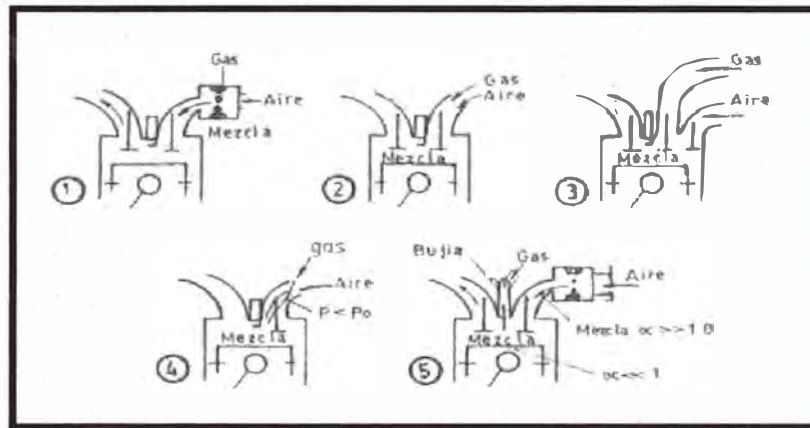
**Índice de exceso de aire:** Para que pueda realizarse una combustión completa va a ser necesario aportar un exceso de aire. El exceso de aire se mide por el índice de exceso de aire, que es el cociente entre el aire real y el aire mínimo.

- **Temperatura adiabática de combustión:** También se denomina temperatura teórica de combustión. Es la temperatura que se obtendría en una combustión estequiométrica con mezcla perfectamente homogénea y en un tanque que nos permita evitar cualquier pérdida de calor al exterior.

### **3.3.3 Mezcla GLP – Aire en los Motores de Combustión Interna**

El esquema más simple y frecuente es el que se muestra en el primer gráfico de la **Figura N° 3.1**, en donde se aprecia que la mezcla de aire con gas ingresa en el cilindro al salir del carburador mezclador. La desventaja de éste sistema es el peligro de explosión de la mezcla, que puede ocurrir en el colector de admisión, o la pérdida de una parte de la mezcla de gas con aire durante el traslape de las válvulas. También se presenta la desigualdad de llenado de los cilindros (desigualdad de  $\alpha$  según los cilindros del motor).

El mezclador produce una mezcla homogénea, lo que es conveniente para los regímenes de plena carga, pero en las cargas parciales empeoran las condiciones de inflamación y de combustión de la mezcla pobre, aumenta el consumo específico de combustible y las emisiones de los componentes tóxicos (CO).



**Figura N° 3.1** La mezcla de aire con gas ingresa en el cilindro al salir del carburador mezclador

Para eliminar algunas de estas desventajas se ha propuesto el gráfico 2 donde el gas y el aire están siendo suministrados al interior del cilindro a través de canales diferentes, el suministro está regulado con una sola válvula, esto elimina el peligro de explosión en el colector de admisión del gráfico anterior, sin embargo la mezcla en el cilindro es menos homogénea, todo esto aumenta la desigualdad de llenado en los cilindros, e incrementa las pérdidas de la mezcla durante el traslape de las válvulas.

En el gráfico 2.3 el gas y el aire están suministrados a través de diferentes canales y su suministro está regulado por dos válvulas diferentes; en este caso se limita la pérdida de gas durante el barrido del cilindro, puesto que el gas está suministrado después del inicio

del suministro de aire y después del cierre de la válvula de escape; tal método permite suministrar gas a presión elevada lo que aumenta el llenado del cilindro.

En el gráfico 2.4, el gas se suministra a través de un inyector electromagnético colocado cerca de la válvula de admisión. En este caso se utiliza la regulación de suministro de gas al igual que en los casos anteriores; al utilizar este método en los motores con encendido por chispa se utiliza la mariposa de estrangulación, que regula el caudal de aire de acuerdo con el funcionamiento del motor; la ventaja de este método radica en la posibilidad de obtener la formación de la mezcla por estratos no homogéneos (mezcla estratificada), es decir, en los regímenes de pequeñas cargas se puede obtener en el cilindro zona de mezcla rica, las cuales se inflaman por chispa eléctrica. El método asegura alta homogeneidad e igualdad de suministro de gas en los cilindros y estabilidad en los ciclos, lo que permite disminuir la frecuencia mínima estable de rotación del cigüeñal al disminuir las emisiones de CO y CH.

En el gráfico 2.5, la regulación del motor no requiere de algún dispositivo de estrangulación. La mezcla pobre se suministra mediante un mezclador-carburador al cilindro, y la mezcla rica se suministra a la antecámara, en donde se encuentra la bujía de encendido; así se logra la inflamación de la mezcla, primero en la antecámara y luego en el cilindro.



El sistema de encendido brinda una mayor duración y energía de descarga, mejora las condiciones de arranque y las condiciones de funcionamiento en el régimen de ralentí, asegura la disminución del desgaste de los electrodos de las bujías de encendido, especialmente asegura el incremento de la vida útil de las bujías. En el caso de sobrealimentación del motor la elevada relación de compresión empeora las condiciones de trabajo de las bujías; en estas condiciones es muy importante la evacuación del calor de las bujías, ya que la temperatura de la junta no debe sobrepasar los 120-130 °C. A continuación, ver Tabla N° 3.1 se muestran algunas propiedades de tres combustibles gaseosos, entre ellos el GLP, para fines comparativos y didácticos.

Para nuestro caso, se propone utilizar la instalación que se muestra en el Gráfico N° 2.1, por ser la de más fácil instalación y porque se adapta rápidamente sin mayor dificultad al diseño de alimentación de aire al motor del vehículo, como puede observarse en la **Figura N° 3.2**, la instalación es sencilla y existe el espacio suficiente para colocar los componentes básicos del kit de conversión: Unidad de Mezcla, mangueras y el evaporador llamado también vaporizador. No puede trabajarse sobre el sistema de alimentación del combustible debido a que el modelo de camioneta actual cuenta con sistema de inyección de combustible; se trata pues de un sistema cerrado y presurizado, el mismo que cortará la inyección para dejar pasar el GLP hacia el múltiple de admisión, realizándose de esta manera la mezcla aire-combustible que ingresará a los cilindros del motor. En la

medida que la regulación de ingreso del GLP sea adecuado, la variación relacionada con el cambio de combustible será imperceptible en cuanto a potencia y emisiones.

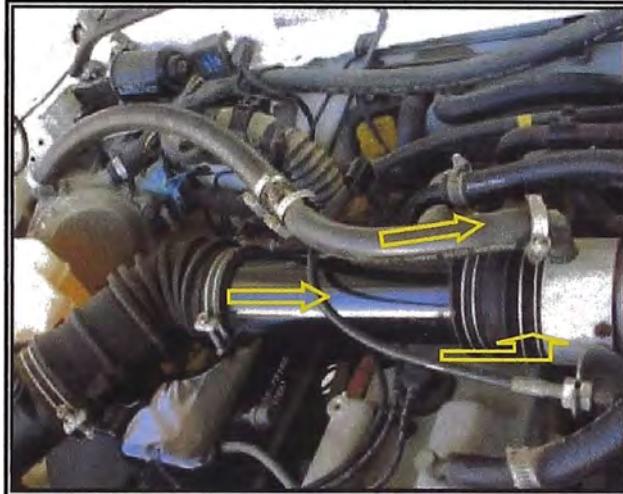


Figura N° 3.2 diseño de alimentación de aire al motor del vehículo,

Tabla N°3.1

PROPIEDAD	GAS NATURAL	METANO LIQUIDO	GLP
Densidad Kg/m <sup>3</sup> (Kg/L)	0,72 – 0,74	(0,415)	(0,54)
Poder calorífico KJ/m <sup>3</sup> (MJ/L)	32,6 - 36	(20700)	(24800)
Poder calorífico de la mezcla estequiometrica (KJ/m <sup>3</sup> )	3200 - 3250	3230	3480
Coefficiente de exceso de aire			
- Límite inferior de inflamabilidad	1,8 – 1,9	1,99	1,71 – 1,76
- Límite superior de inflamabilidad	0,9 – 0,95	0,95	0,83 – 0,85
Número de Octano (método "Motor")	100 - 110	107 - 120	90 - 100
Temperatura de inflamación (°C)	650 - 700	650 - 700	480 - 550

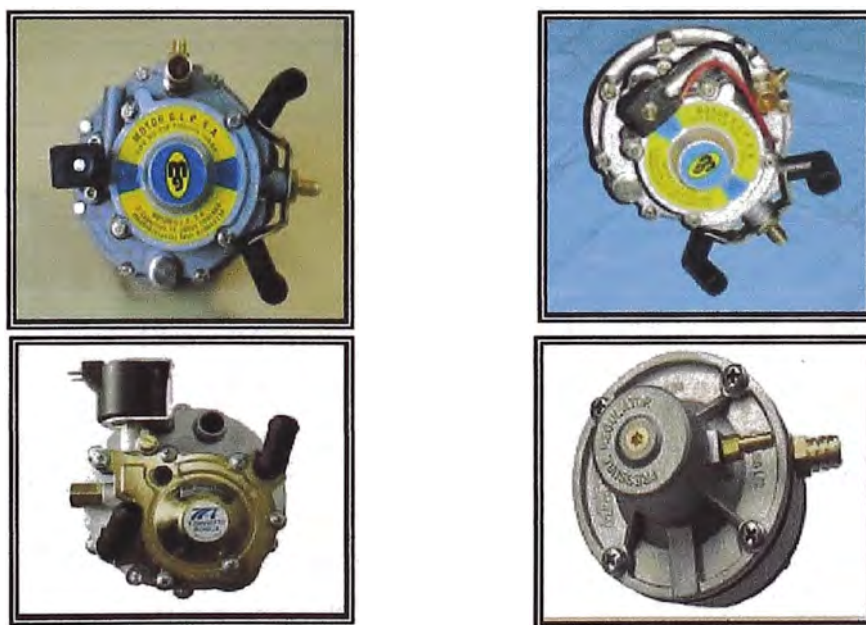
### 3.4 MARCAS DE KIT'S DE CONVERSIÓN DUAL PARA GLP

El incremento gradual en nuestro país por el consumo de GLP en los vehículos gasolineros trajo como consecuencia que en el mercado nacional se ofrezcan una serie de marcas, modelos y tipos de Kits de conversión tales como BEDINI, LOVATO, BRC, HEDEF, OYRSA, TOMASETTO

ACHILLE, MARINI, MOTORGAS, etc., todos compatibles con el parque automotor.

Uno de los principales problemas que se da en nuestro país es la informalidad, se ofrecen a precios bajos la instalación de estos equipos. Precisamente lo que se recomienda para no alentar a la informalidad, es buscar los concesionarios que se encuentren debidamente establecidos y que cuenten con el personal técnico de experiencia para que realicen la instalación.

En la **Figura N° 3.3** se muestra el vaporizador de algunas marcas, en donde se puede observar el diseño propio de cada marca.



**Figura N° 3.3** El vaporizador de algunas marcas

## **CAPITULO IV**

### **EFFECTOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN LA POBLACIÓN**

#### **4.1 EL AIRE**

Se denomina **aire** a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, sujetos alrededor de la Tierra por la fuerza de gravedad. El aire es esencial para la vida en el planeta, es particularmente delicado y está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como el nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, otras sustancias adicionales en mucho menor proporción.

El aire es una mezcla gaseosa sin olor ni sabor que llena todos los espacios ordinariamente considerados como vacíos. En cada aspiración el hombre y muchos animales llenan de aire sus pulmones, una persona adulta inhala de 13.000 a 15.000 litros de aire por día. La calidad del aire que inhalamos no solo es importante para la salud de nuestros pulmones sino que de ella depende la pureza de nuestra sangre, la capacidad de nuestro organismo para sintetizar alimentos, la eliminación de los productos tóxicos, la energía de nuestros músculos, la lucidez de nuestro cerebro y en definitiva la duración y la calidad de nuestra vida.

Nuestro planeta tiene la atmósfera y su fuerza de gravedad la puede sostener, esta fuerza es la que hace que los gases antes nombrados no se pierdan en el universo y rodeen a la tierra protegiéndola de algunas radiaciones que harían imposible la vida sobre la tierra. Formar nuestra atmósfera fue un proceso que llevó miles de millones de años (4.500 millones de años). La atmósfera se divide en cinco capas principales:

- a) **TROPÓSFERA:** es la capa más próxima a la tierra, en la que se desarrolla la vida, alcanza una altura promedio de 11 Km (8 km en los polos y 18 en el ecuador). Su nombre quiere decir zona de turbulencias; dentro de la troposfera se desarrollan los fenómenos climáticos que podemos observar, como vientos, lluvias y casi toda la formación de nubes, salvo los cúmulos nimbus que son las únicas nubes que superan los 11 km. de altura. El sol calienta la superficie terrestre y esta transmite el calor a las zonas más bajas de la troposfera, por esa razón cuando ascendemos nos alejamos del foco de calentamiento y la temperatura disminuye.
  
- b) **ESTRATÓSFERA:** se extiende hasta una altitud de 55 km.y en su parte más baja aún hay algo de humedad por lo que todavía es posible la formación de nubes. Es aquí en donde encontramos la famosa capa de ozono que es una combinación de moléculas triatómicas de oxígeno que nos protege filtrando la radiación ultravioleta que proviene del sol (longitud de onda entre 0,2 y 0,3 micras).

- c) **MESÓSFERA:** se extiende desde la estratopausa hasta una altitud aproximada de 80 km. En esta capa la concentración de ozono disminuye por lo que la capacidad de absorción de los rayos UV es muy pequeña. En la mesopausa que es la zona superior de la mesósfera, se alcanzan las temperaturas más bajas de la atmósfera, de aproximadamente de  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  
- d) **TERMÓSFERA:** el límite que nos separa de la ionósfera varía entre el día y la noche, pudiendo llegar hasta unos 500 km en el día. En esta zona se produce el fenómeno de las “auroras” que se observa en las latitudes polares causado por el choque de partículas cargadas procedentes del sol contra el campo magnético de la Tierra. La termósfera contiene fundamentalmente oxígeno y nitrógeno pero a esta gran altitud las moléculas se encuentran muy separadas.
  
- e) **EXOSFERA:** es la región atmosférica más distante de la superficie de la Tierra y contiene gran cantidad de gases muy reducidos y no tiene un límite superior definido, ya que simplemente la densidad disminuye en forma gradual hasta la desaparición total de la atmósfera. Se estima que esta zona indefinida de tránsito entre la atmósfera terrestre y el espacio interplanetario se encontraría alrededor de los 1000 km de altitud. En la **Figura N° 4.1** se muestra las capas que componen la atmósfera terrestre.



Figura N° 4.1 Las capas que componen la atmósfera terrestre.

#### 4.1.1 Propiedades Físicas

- Expansión: Aumento de volumen de una masa de aire al verse reducida la presión ejercida por una fuerza o debido a la incorporación de calor.
- Contracción: Reducción de volumen del aire al verse presionado por una fuerza, pero este llega a un límite y el aire tiende a expandirse después de ese límite.
- Fluidez: Es el flujo de aire de un lugar de mayor a menor concentración sin gasto de energía

- Presión atmosférica: Fuerza que ejerce el aire a todos los cuerpos.
- Volumen: Es el espacio que ocupa el aire.
- Densidad: Es de  $1,18 \text{ kg/m}^3$  (a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- Propiedades de la mezcla ó Psicrometría: rama de la ciencia que trata de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y sobre el confort humano.

#### 4.1.2 Composición del Aire

La atmósfera terrestre se divide en cinco capas de acuerdo a la altitud, temperatura y composición del aire: tropósfera, estratósfera, mesósfera, termósfera y exósfera . La presión del aire disminuye con la altitud.

Las capas más importantes para el análisis de la contaminación atmosférica son las dos capas más cercanas a la Tierra: la tropósfera y la estratósfera. El aire de la tropósfera es el que interviene en la respiración y está compuesto, aproximadamente, por un 78,08% de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), un 20,94% de oxígeno ( $\text{O}_2$ ), un 0,035% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y un 0,93% de gases inertes como el argón y el neón. En esta capa, de 7 km de altura en los polos y de 16 km en los trópicos, se encuentran las nubes y casi todo el vapor de agua. En esta capa se producen todos los fenómenos atmosféricos que originan el clima. Más arriba, aproximadamente a 25 kilómetros de



altura, en la estratósfera, se encuentra la importante capa de ozono que protege a la Tierra de los rayos ultravioletas (UV).

En relación a esto, vale la pena recordar que, en términos generales, un contaminante es una sustancia que está "fuera de lugar", y que un buen ejemplo de ello puede ser el caso del gas ozono ( $O_3$ ). Cuando este gas se encuentra en el aire que se respira, es decir, bajo los 25 kilómetros de altura habituales, es un contaminante que tiene un efecto dañino para la salud, por lo que en esa circunstancia se le conoce como "ozono troposférico u ozono malo". Sin embargo, el mismo gas, cuando está en la estratósfera, forma la capa que protege de los rayos ultravioletas del Sol a todas las formas de vida en la Tierra, por lo cual se le identifica como "ozono bueno".

Actualmente, con el avance tecnológico se conocen los componentes del aire con bastante exactitud. Éstos pueden ser divididos en:

- Componentes fundamentales: nitrógeno (78,1%), oxígeno (20,9%) y vapor de agua (variable entre 0% y 7%).
- Componentes secundarios: gases nobles y dióxido de carbono (1%).
- Contaminantes: Monóxido de nitrógeno, dióxido de carbono, metano, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, amoníaco y monóxido de carbono.
- Componentes universales: agua (en sus 3 estados) y polvo atmosférico (humo, sal, arena fina, cenizas, esporas, polen, microorganismos, etc.).

Las proporciones de vapor de agua varían según el punto geográfico de la Tierra y las proporciones de estos gases se pueden considerar exactas más o menos a 25 km de altura.

Esta constituido por una mezcla de nitrógeno y de oxígeno como elemento básico (99 %) y el resto como gases nobles. Normalmente, en el aire existen otras sustancias, como vapor de agua en cantidad variable y dióxido de carbono (0,03% en volumen) y en las zonas industriales, hidrocarburos, alquitranes, cenizas, polvo, etc. También las descargas eléctricas modifican la composición de la atmósfera al disociar moléculas de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono para formar  $C_2H_2$ ,  $H_2O_2$ ,  $O_3$ ,  $NO_3H$ ,  $NH_3$ ,  $NO_3NH_4$ . Así, la lluvia abona a los suelos con 10 Kg. N/Ha. Por año en forma de  $NO_3NH_4$ ,  $NH_4OH$ . y  $SO_2$ .

A continuación se muestra una tabla resumen de los principales componentes del aire atmosférico. En la **Tabla N° 4.2** se muestran las concentraciones volumétricas aproximadas de los gases en el aire limpio.

**Tabla N° 4.2 Principales componentes de gases en el aire**

Componente		Concentración aproximada
Nitrógeno	(N)	78.03% en volumen
Oxígeno	(O)	20.99% en volumen
Dióxido de Carbono	(CO <sub>2</sub> )	0.03% en volumen
Argón	(Ar)	0.94% en volumen
Neón	(Ne)	0.00123% en volumen
Helio	(He)	0.0004% en volumen
Criptón	(Kr)	0.00005% en volumen
Xenón	(Xe)	0.000006% en volumen
Hidrógeno	(H)	0.01% en volumen
Metano	(CH <sub>4</sub> )	0.0002% en volumen
Óxido nitroso	(N <sub>2</sub> O)	0.00005% en volumen
Vapor de Agua	(H <sub>2</sub> O)	Variable
Ozono	(O <sub>3</sub> )	Variable
Partículas		Variable

#### 4.2 LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Un contaminante del aire puede definirse como cualquier sustancia que al ser liberada en la atmósfera altera la composición natural del aire y puede ocasionar efectos adversos en los seres humanos, vegetación, animales o materiales.

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes, y es resultado de las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es

provocado por las actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias.

#### **4.2.1 Fuentes de Contaminación**

Pueden ser:

- **Móviles:** Incluyen las diversas formas de transporte tales como automóviles, aviones que producen grandes cantidades de monóxido de carbono y también plomo, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.
- **Estacionarios:** Son las instalaciones no móviles tales como plantas de energía y establecimientos químicos e industriales. También los restaurantes y viviendas que utilizan la leña para la cocina.
- **Puntuales:** Está referida a una fuente en un punto fijo como una chimenea o tanque de almacenamiento que emite contaminaciones gaseosas.
- **Áreas:** Se refiere a una serie de fuentes pequeñas que en conjunto pueden afectar la calidad del aire en una región. Por ejemplo un incendio forestal o una erupción volcánica.

#### **4.2.2 Clasificación de las Fuentes de Contaminación**

- **PRIMARIOS:** Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la

calidad del aire se consideran: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.

- **SECUNDARIOS:** Son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, es el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono (O<sub>3</sub>).

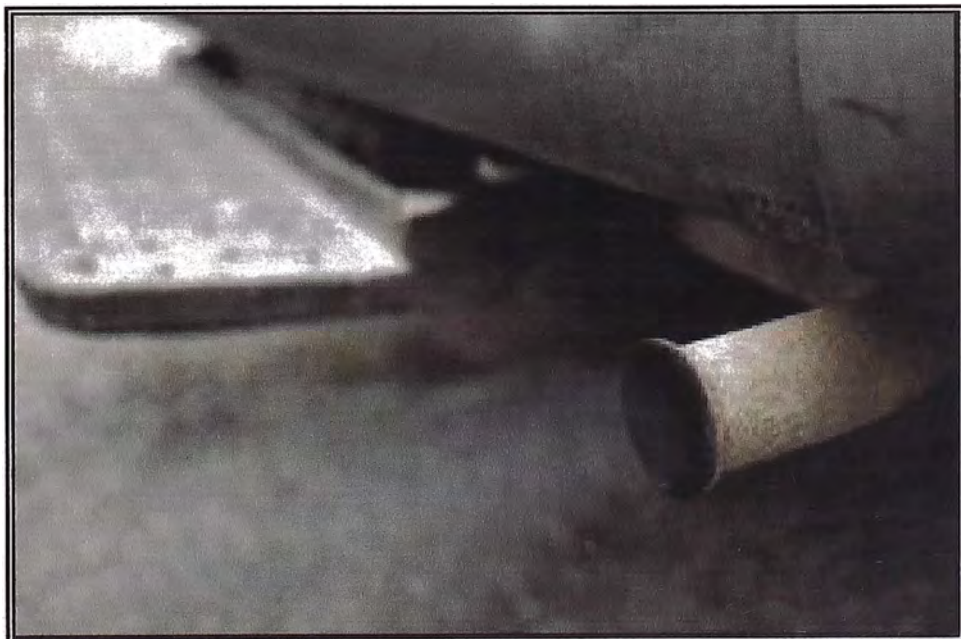
#### **4.2.3 Tipos de Contaminación**

- **CONTAMINACION GASEOSA:** referida a la emisión de gases tóxicos. Se puede evitar cambiando las fuentes de energía tradicionales por alternativas, utilizar filtros en las chimeneas de las fábricas, cambiar métodos industriales por otros no contaminantes. El tipo más comúnmente reconocido de Contaminación del aire es la niebla tóxica (*smog*).
- **CONTAMINACION BIOLOGICA:** referida en general a todos los agentes representados por organismos vivos, donde la mayoría suelen que ser microorganismos como bacterias, virus, hongos, etc. Se evita con un control de basurales a cielo abierto que representa el foco principal de generación de estos microorganismos.
- **CONTAMINACION SONORA:** referida a los sonidos muy fuertes pues provocan molestias que van desde el sentimiento de desagrado y la incomodidad hasta daños irreversibles en el

sistema auditivo. La presión acústica se mide en decibelios (dB) y los especialmente molestos son los que corresponden a los tonos altos (dB-A). La presión del sonido se vuelve dañina a unos 75 dB-A y dolorosa alrededor de los 120 dB-A, incluso puede causar la muerte cuando llega a 180 dB-A. Una forma de control es plantar árboles en calles de mucho tránsito, modificar costumbres y hábitos (boliches, walkman, etc.) usar protectores de oídos para ciertos trabajos donde el ruido es inevitable, utilizar métodos de aislamiento en fábricas y lugares que generen ruido, evitar el uso de la bocina, control sobre los vehículos que usan sirena, etc.

#### 4.3 LOS GASES DE COMBUSTIÓN

Los gases de combustión son gases producidos como resultado de la combustión de combustibles derivado del petróleo. Ver Figura N° 4.2.



**Figura N° 4.2 Gases de Combustión**

Se descarga a la atmósfera a través de una tubería o chimenea. Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes. Ver Figura N° 4.3.

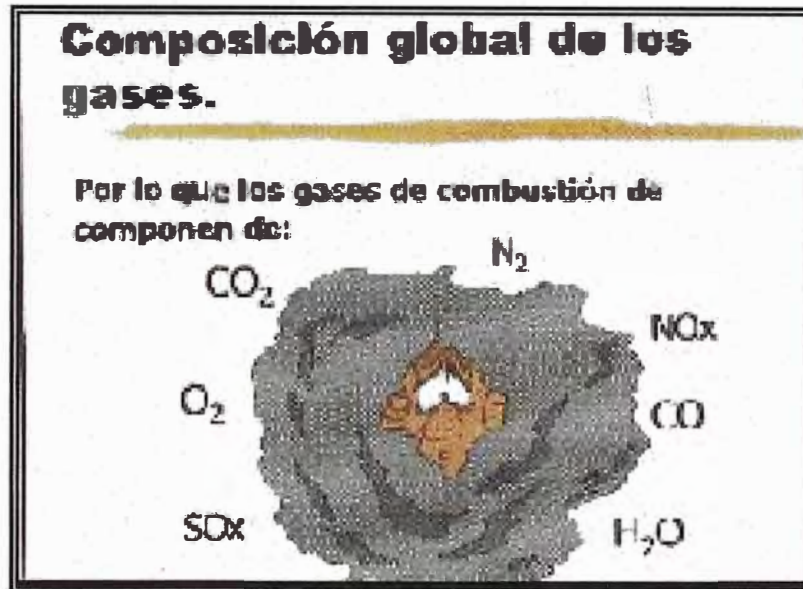


Figura N° 4.3 Composición global de los gases

#### 4.3.1 Contaminantes Inofensivos

Están formados, fundamentalmente, por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono, vapor de agua e Hidrógeno.

- El Nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el Nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de Óxidos de Nitrógeno, un gas inerte a temperatura ambiente.

- El Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.
- El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del Hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape.
- El Dióxido de Carbono producido por la combustión completa del Carbono no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce como consecuencia lógica de la combustión, es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de Dióxido de Carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto invernadero).

#### **4.3.2 Contaminantes Peligrosos**

- El Monóxido de Carbono, es un gas incoloro, inodoro y ligeramente más denso que el aire que en concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la Hemoglobina, molécula



encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en Carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. La falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca completamente y se forme Monóxido de Carbono en lugar de Dióxido de Carbono. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno, es decir, la quema incompleta del combustible. Los efectos en la salud humana por exposición al monóxido de carbono se muestran en la **Tabla N° 4.3**

**Tabla N° 4.3 Efectos del monóxido de carbono en la salud**

Concentración de Carboxihemoglobina en la sangre (%)	Efecto Observado
2,3-4,3	Disminución en la capacidad de realizar un ejercicio máximo en corto tiempo en individuos jóvenes saludables
2,9-4,5	Disminución en la duración de ejercicio, debido a dolor en el pecho en pacientes con enfermedades al corazón. Disminución del consumo máximo de oxígeno y tiempo para realizar ejercicio, en individuos jóvenes saludables durante ejercicio fuerte.
5-5,5	Disminución en la percepción visual y auditiva. Pérdida de la capacidad sensorial, motora y de vigilancia.
5,0-17,0	Disminución en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio fuerte, en individuos jóvenes saludables.

7,0-20,0	Dolor de cabeza, decaimiento.
20,0-30,0	Mareo, náusea, debilidad.
30,0	Confusión, colapso durante el ejercicio.
40,0	Pérdida de conciencia y muerte si la exposición continúa.
50,0	Muerte.

- Los Hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de Aldehídos y Fenoles.
- Los Óxidos de Nitrógeno son un grupo de gases formados por nitrógeno y oxígeno. Las fuentes más comunes de los óxidos de nitrógeno en la naturaleza son los incendios forestales y de pastos. Las fuentes principales de emisión antropogénica son los escapes de los vehículos y la quema de combustibles fósiles. Aun cuando el nitrógeno forma 8 óxidos diferentes, el interés principal respecto a la contaminación del aire se centra en los

dos óxidos más comunes: el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

El NO es un gas incoloro que tiene algunos efectos perjudiciales sobre la salud, pero estos efectos son apreciablemente menores que los de una cantidad equivalente de NO<sub>2</sub>. En la atmósfera y en las plantas industriales, el NO reacciona con el O<sub>2</sub> para formar NO<sub>2</sub>, un gas de color café que es un fuerte irritante respiratorio. Su color café es bastante intenso como para que, a menudo, sea posible ver que sale de la chimenea de una planta generadora de electricidad o del desfogue de cualquier proceso en el que se use ácido nítrico, el cual libera NO<sub>2</sub>. Con frecuencia, el NO y NO<sub>2</sub> se tratan juntos como un problema o como cuasi especies y se escribe NO<sub>x</sub>. La mayor parte de las reglamentaciones para las emisiones de los NO<sub>x</sub> pasan todos los valores numéricos sobre la hipótesis de que todo el NO se convierte en NO<sub>2</sub>. Se ve esto escrito como "NO<sub>x</sub> expresados como NO<sub>2</sub>".

La inquietud principal en relación con los NO<sub>x</sub> es que los óxidos de nitrógeno contribuyen a la formación del ozono, O<sub>3</sub>, que es un fuerte irritante respiratorio y uno de los constituyentes principales del smog veraniego urbano, irritante de los ojos y de la nariz y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y

contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.

Los efectos en la salud humana por exposición al dióxido de nitrógeno se muestra en la **Tabla N° 4.4**.

**Tabla N° 4.4 Efectos del dióxido de nitrógeno en la salud**

Concentración (ppm)	Tiempo de exposición	Efecto observado
5	14 hrs.	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas, aumento de la hipereactividad- bronquial.
2,5	2 hrs.	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas.
1	2 hrs.	Individuos normales: Pequeño cambio en CVP*
0,5-5	3-60 min.	Individuos con bronquitis crónica: Incremento de la resistencia de las vías aéreas
0,5	20 min.	Individuos asmáticos, con 10 min. De ejercicio moderado: Disminución de FEVI**

\* CVP: Presión Venosa Central

\*\* FEVI: Fracción de Eyección del ventrículo izquierdo; está relacionado con insuficiencia cardíaca

- El Plomo es una sustancia natural que abunda en el ambiente.  
La fuente primaria de contaminación del aire por plomo ha sido

el uso de combustibles con plomo en los automóviles utilizado como aditivo del combustible. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de tetraetilo de plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas.

Actualmente en las gasolinas sin plomo se ha sustituido este metal por otros componentes u aditivos menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano. Los efectos en la salud humana ante una eventual exposición al plomo se muestran en la **Tabla N° 4.5**. Teóricamente en el Perú, actualmente ya no se producen gasolinas utilizando el tetraetilo de plomo, por lo que la contaminación en las personas con este componente es muy remota, por no decirlo imposible. Sin embargo, en los datos técnicos de las gasolinas que Petroperú expende a los distintos grifos a nivel nacional, en su página web ([www.petroperu.com.pe](http://www.petroperu.com.pe)) se puede encontrar la siguiente información:

- Gasolina Petroperú Super Plus 97 (sin plomo)
- Gasolina Petroperú Super Plus 95 (sin plomo)
- Gasolina Petroperú Super Plus 90 (sin plomo)
- Gasolina Petroperú Super Plus 84 (sin plomo)

Todas las gasolinas contienen 0,013 g/L de plomo, pero como las cantidades son mínimas, se consideran que nuestras gasolinas no contienen este elemento.

**Tabla N° 4.5 Efectos del plomo en la salud**

<b>Concentración de plomo en sangre (ug/100ml)</b>	<b>Efecto observado</b>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edad gestacional reducida (exposición prenatal)</li> <li>- Bajo peso al nacer (exposición prenatal)</li> <li>- Retardo en crecimiento</li> </ul>
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interferencia en el metabolismo de la vitamina D</li> </ul>
15-20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevación de protoporfirinas eritrocitarias</li> <li>- Alteraciones electrofisiológicas</li> </ul>
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteraciones conductuales, déficit en la atención</li> </ul>
30	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Disminución en la conducción nerviosa periférica</li> </ul>
40	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reducción en la producción de hemoglobina</li> <li>-Velocidad de conducción nerviosa periférica reducida</li> <li>-Alteraciones en el aprendizaje</li> <li>-Síntomas gastrointestinales</li> </ul>
50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución marcada del cociente de inteligencia</li> </ul>
70	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anemia franca</li> <li>- Nefropatía grave</li> </ul>
80	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encefalopatía</li> <li>- Daño cerebral grave</li> <li>- Retardo mental grave</li> </ul>

- Óxidos de Azufre, son gases incoloros que se forman al quemar azufre. La fuente primaria de óxidos de azufre es la quema de combustibles fósiles.

Los óxidos de azufre son contaminantes que se encuentran en todas partes, los cuales tienen muchas fuentes. Estos gases son fuertes irritantes respiratorios que pueden causar daños a la salud en concentraciones elevadas. Estos gases también forman partículas secundarias en la atmósfera con lo que contribuyen al problema de las pm10 y al deterioro de la visibilidad, son las causas principales de la lluvia ácida.

El azufre es el décimo sexto elemento más abundante en la corteza terrestre, con una abundancia de más o menos 260 ppm, la mayoría de este azufre existe en la forma de sulfatos en su mayor parte como Yeso. Todos los combustibles usados por los humanos (combustible derivado del petróleo, carbón mineral, gas natural, turba, madera, otras materias orgánicas) contienen algo de azufre. Los combustibles como la madera tienen muy poco, en tanto que la mayor parte de los carbones minerales tienen del 0.5% hasta el 3%. En general, los combustibles derivados del petróleo tienen más azufre que la madera, pero menos que el carbón mineral. Si se queman los combustibles el azufre contenido en su mayor parte, formará dióxido de azufre, si se pone esto en la atmósfera, llegará un momento en que vendrá hacia el suelo, en su mayor parte con precipitación.

El dióxido de azufre es un gas estable, no inflamable, no explosivo e incoloro y extremadamente soluble en agua. En la atmósfera el dióxido de azufre se convierte en trióxido de azufre al reaccionar con el oxígeno. El  $\text{SO}_2$  y el  $\text{SO}_3$  reaccionan con la humedad del aire para formar el ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) y el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Los efectos en la salud humana por exposición al dióxido de azufre se muestran en la **Tabla N° 4.6**.

**Tabla N° 4.6 Efectos del dióxido de azufre en la salud**

<b>Concentración en 24 horas (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Efecto observado</b>
400 - 900	Posible incremento de los trastornos respiratorios (tos, irritación de la garganta y silbidos en el pecho) en personas con asma.
500 - 1700	Incremento de los trastornos respiratorios en personas con asma y posible agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas.
1700 - 2300	Incremento significativo de los trastornos respiratorios en personas con asma y agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas.
2300 - 2900	Trastornos respiratorios severos en personas con asma y riesgo serio de agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas.
> 2900	Cambios en la función pulmonar y trastornos respiratorios en individuos sanos.



- Material Particulado, inicialmente, con la denominación de partículas totales en suspensión (PTS) se reconoció a una amplia categoría de material particulado como contaminante criterio. Las PTS son las partículas sólidas o líquidas del aire entre las cuales se incluyen contaminantes primarios como el polvo y hollín y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. Como se mencionó anteriormente, desde la segunda mitad de la década de 1980, varios países incluyeron en sus normas sobre material particulado a las partículas con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM10).

En la segunda mitad de la década de 1990, las normas sobre material particulado especificaron considerar no solo al PM10 sino también al material particulado con menos de 2,5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM2,5). El motivo de este cambio, como ya se ha comentado, es que las partículas más pequeñas son más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar a la parte inferior de los pulmones son partículas en fase sólida ó líquida que están dispersos en el aire.

El material particulado se forma por muchos procesos, tales como la polinización de plantas, incendios forestales y los efectos del viento sobre ciertas superficies. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos, como la madera y el carbón, las

actividades agrícolas como la aplicación de fertilizantes, el almacenamiento de granos y la industria de la construcción.

El material particulado puede tener efectos perjudiciales sobre la salud y bienestar del hombre, puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de algunas enfermedades cardiovasculares, y puede afectar la visibilidad en ciertas zonas de alta contaminación. Así mismo puede retrasar la velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre. Los efectos en la salud humana por exposición al material particulado se muestran en la **Tabla N° 4.7**

**Tabla N° 4.7 Efecto del material particulado en la salud**

<b>Concentración (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Efecto observado</b>	<b>Impacto</b>
200	Disminución capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños	Moderado
400	Afecta a toda la población	Grave
500	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos	Muy grave

- Ozono, es considerado como un contaminante secundario. Se forma mediante una serie compleja de reacciones en la

atmósfera. En términos sencillos, se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. El ozono es el principal componente del smog fotoquímico o niebla fotoquímica y causa efectos nocivos en seres humanos y plantas. La población de mayor riesgo a la contaminación por ozono son los enfermos y ancianos, así como los neonatos y nonatos.

Para controlar el ozono debe entonces controlarse a los precursores de éste. Las fuentes principales de  $\text{NO}_2$  y COV son los productos de la combustión incompleta que emiten los escapes de los vehículos, la quema de combustibles fósiles y el uso de compuestos de petróleo y solventes orgánicos en procesos industriales y de limpieza.

El ozono tiene la singularidad de que es también beneficioso para los seres humanos y otros seres vivientes. Es un componente necesario de la estratosfera, la capa del aire que protege la troposfera, porque sirve para proteger a la tierra de la nociva radiación ultravioleta del sol. Sin embargo, cuando se encuentra en concentraciones altas en la troposfera o capa inferior de la atmósfera, se le considera un contaminante.

De esta manera, aunque el ozono es nocivo y debe ser controlado en la tropósfera, es un protector necesario en la estratosfera. Las nuevas iniciativas de control de la

contaminación del aire que se están llevando a cabo, incluidas la reducción progresiva de las sustancias denominadas halocarburos y de clorofluorcarbonos, evitan el agotamiento del ozono en la estratosfera.

#### **4.4 EFECTOS EN LA SALUD**

##### **4.4.1 Impacto en las Personas**

La exposición a contaminantes del aire puede causar efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo) en la salud. Usualmente, los efectos agudos son inmediatos y reversibles cuando cesa la exposición al contaminante. Los efectos agudos más comunes son la irritación de los ojos, dolor de cabeza y náuseas. A veces los efectos crónicos tardan en manifestarse, duran indefinidamente y tienden a ser irreversibles. Los efectos crónicos en la salud incluyen la disminución de la capacidad pulmonar y cáncer a los pulmones debido a un prolongado período de exposición a contaminantes tóxico del aire, tales como el asbesto y berilio.

Aunque los contaminantes pueden afectar a la piel, ojos y otros sistemas del cuerpo, el principal perjudicado es el sistema respiratorio. El aire se inhala por la nariz que actúa como el sistema filtrante primario del cuerpo.

Las condiciones calientes y húmedas de la nariz eliminan eficazmente las partículas contaminantes de mayor tamaño. Luego el aire pasa por la faringe, y laringe antes de llegar a la parte superior

de la tráquea. La tráquea se divide en dos partes, los bronquios izquierdo y derecho. Cada bronquio se subdivide en compartimentos cada vez más pequeños llamados bronquiolos que contienen millones de bolsas de aire llamados alvéolos. Los bronquiolos y alvéolos, constituyen los pulmones.

Los contaminantes de aire, tanto gaseosos como particulados, pueden tener efectos negativos sobre los pulmones. Las partículas sólidas se pueden impregnar en las paredes de la tráquea, bronquios y bronquiolos. La mayoría de estas partículas se eliminan de los pulmones mediante la acción de limpieza (barrido) de los cilios, pequeños filamentos de las paredes de los pulmones. Esto es lo que ocurre cuando se tose o estornuda, se transporta las partículas a la boca. Las partículas se eliminan cuando son ingeridas o expulsadas del cuerpo. Sin embargo, las partículas sumamente pequeñas pueden alcanzar los alveolos, donde a menudo toma semanas, meses o incluso años para que el cuerpo las elimine.

Los contaminantes gaseosos del aire también pueden afectar la función de los pulmones mediante la reducción de la acción de los cilios. La respiración continua de aire contaminado disminuye la función de limpieza normal de los pulmones, lo que puede ocasionar que gran número de partículas llegue a las partes inferiores del pulmón. Los pulmones son los órganos responsables de absorber el oxígeno del aire y remover el dióxido de carbono del torrente sanguíneo. El daño causado a los pulmones por la contaminación del

aire puede imposibilitar este proceso y contribuir a la aparición de enfermedades respiratorias como la bronquitis, enfisema y cáncer. También puede afectar el corazón y el sistema circulatorio.

#### **4.4.2 Otros Impactos**

La contaminación del aire tiene un efecto perjudicial sobre casi todas las fases de nuestra vida. Además de los efectos sobre la salud tratados anteriormente, hay muchos otros efectos secundarios sobre la vegetación, suelo, agua, materiales hechos por el hombre, clima y visibilidad. Desde 1970 se ha estudiado los efectos de la contaminación del aire sobre los cultivos, árboles y otro tipo de vegetación. Las investigaciones de campo y experimentos de invernadero han revelado que el ozono es tóxico para las plantas y puede destruir variados cultivos comerciales.

De igual modo, la lluvia ácida afecta cultivos como la avena, alfalfa, guisantes y zanahorias, y también áreas forestales. Existen pruebas de que el incremento de radiación ultravioleta debido a la pérdida de ozono en la atmósfera superior está afectando el ciclo de crecimiento normal de las plantas. Asimismo la lluvia ácida ha recibido mucha atención en el nivel internacional. Se forma cuando los contaminantes del aire, tales como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se transforman en ácidos en la atmósfera. Posteriormente, la precipitación resultante (lluvia, nieve o niebla) deposita los ácidos en lagos y suelos. El control de la lluvia ácida se

ha convertido en una preocupación internacional, ya que a menudo la fuente de estos contaminantes se encuentra alejada del lugar donde se registran los efectos.

Las investigaciones han indicado que la lluvia ácida puede destruir o dañar la fauna silvestre de lagos y arroyos, y también las construcciones hechas por el hombre, tales como los edificios y monumentos al aire libre. Las estatuas antiguas de Grecia e Italia han sido dañadas considerablemente por la lluvia ácida.

Otro efecto de la contaminación del aire es el relacionado con la visibilidad. Esto ha dado lugar a problemas relacionados con la seguridad de la operación de los aviones y la destrucción de paisajes naturales. Un efecto importante y que nos concierne a todos es el calentamiento de la atmósfera, existen pruebas de que la contaminación del aire contribuye al calentamiento de la atmósfera o al efecto invernadero. La quema de combustibles fósiles emite demasiado dióxido de carbono a la atmósfera.

Normalmente, el dióxido de carbono no es peligroso ya que es un alimento necesario para las plantas, pero la cantidad que se produce es mucho mayor que la requerida por la vegetación. El dióxido de carbono forma un manto sobre la superficie de la tierra y atrapa el calor reflejado del suelo. El efecto es similar al de un automóvil cerrado o un invernadero, de allí el término de efecto invernadero.

Los científicos han pronosticado que en los próximos cincuenta años el calentamiento del planeta podría elevar la temperatura tres a nueve grados más que los promedios actuales. Esto produciría cambios drásticos en el clima de todo el mundo. Como se ha visto, la contaminación del aire afecta nuestras vidas en muchos aspectos. Las fuentes primarias de contaminación del aire son las fábricas y las comodidades modernas de las que dependemos para el crecimiento económico y estilo de vida. Equilibrar el desarrollo económico con la necesidad de proteger a la población de los riesgos de la contaminación del aire sobre la salud y el bienestar es un reto que enfrentan los países. En ese sentido, en el Perú, el CONAM está impulsando programas como el Programa Nacional A Limpiar el Aire y el Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para manejar el impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire – PROCLIM, en respuesta a la preocupación del Perú frente a esta problemática tanto Local y Mundial.

#### **4.5 MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE AÑOS 2007 – 2008 EN EL ALTO**

Se muestra a continuación los resultados de las mediciones de la Calidad de Aire realizados en distintos puntos de la población de El Alto.

Los resultados obtenidos nos ofrecen un panorama de la calidad de aire ambiental que respira la población de los poblados de El Alto, Cabo Blanco, Los Órganos y El Ñuro.



Sin lugar a dudas que cualquier mejora que contribuya a minimizar las emisiones gaseosas, traerán como consecuencia que a futuro la calidad de aire no sufrirá un deterioro y que el control que se tenga sobre las emisiones será de vital importancia para seguir manteniendo un aire limpio, precisamente, el cambio que se propone para utilizar el GLP, significa a la larga menos emisión de CO, de CO<sub>2</sub>, principales gases contaminantes que emite todo motor de combustión interna. Más adelante, en el Capítulo VI se comprobará el efecto de estos contaminantes cuando se utiliza uno u otro combustible.

Allí radica la importancia de tratar de difundir y masificar el uso del GLP como combustible alternativo, debido a la facilidad de contar con un centro de despacho, único en la Provincia de Talara, por el momento. Sin lugar a dudas, que los resultados obtenidos en la disminución de estos contaminantes gaseosos (CO y CO<sub>2</sub>) a la larga contribuye a una mejor calidad de vida de la población.

#### **4.5.1 Monitoreo Año 2007**

En la Tabla N° 4.6 se muestran los resultados de los monitoreos de calidad de aire ambiental realizado durante el año 2007. Se puede observar que los parámetros de medición se encuentran muy por debajo de los límites fijados por la normatividad peruana. Por otro lado, el CO, monóxido de carbono que vendría a ser el contaminante producto de la combustión de combustibles fósiles, se obtienen valore equivalente al 20% del límite máximo requerido por la norma peruana.

#### **4.5.2 Monitoreo Año 2008**

En la Tabla N° 4.7 se muestran los resultados de los monitoreos de calidad de aire ambiental realizado durante el año 2008.

#### **4.5.3 Comparación con Estándar Ambiental**

En la Tabla N° 4.8 se muestra los contaminantes gaseosos regulados en el Decreto Supremo 074-2001-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire emitido el 22.06.01 por la Presidencia del Consejo de Ministros.

Puede notarse que para el Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y para el HNM (hidrocarburos volátiles No Metano) no existen valores, sin embargo, como la zona es de producción de hidrocarburos, se realiza dicho monitoreo, tomando como referencia, valores límites del D.S. 046-93-EM ya derogado, sin embargo se continua tomando como referencia solamente para fines comparativos. Haciendo una comparación con los valores obtenidos en los monitoreos de calidad de aire ambiental durante los años 2007 y 2008, se concluye rotundamente que las emisiones que se vienen dando por la flota automotriz, impacta poco en la calidad de aire de los poblados de El Alto, por los valores mínimos obtenidos.

Resulta pertinente recalcar que los monitoreos son realizados por una empresa consultora ambiental registrada en el Ministerio de Energía y Minas, y para lo cual cuenta con tecnología de última generación para realizar los monitoreos. Si bien es cierto, se

registran valores de monóxido de carbono, estos se verán disminuidos tremendamente en la medida que los vehículos de combustión interna emitan menos CO, al consumir GLP. Esto se demostrará más adelante, en el Capítulo VI, cuando se realice el cálculo teórico de las emisiones gaseosas.

Punto de Muestreo (a sotavento)	Parámetros (concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
	PTS	CO	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HNM
Batería TA-25	16	2000	0,6	1,2	0,5	3
Relleno de Verde	5	2000	0,5	1,1	0,6	2
Planta Eléctrica El Alto	21	3000	0,6	1,1	0,5	2
Almacenes El Alto	46	2000	0,5	1,2	0,7	2
Criadero Frente a AX-11	24	3000	0,5	1	1,7	2
Almacén de Residuos de Laguna	13	2000	0,5	1,1	1,6	3
Población El Nuro	8	1000	0,6	1,1	1,9	2
Población Los Órganos	13	2000	0,5	1,1	1,8	3
Estación Bombas El Alto	53	2000	0,7	1,4	4	4
Batería TA-25	37	2000	0,7	1,4	1,3	5
Base SPC	44	2000	0,5	1,2	0,8	3
PTC	41	1000	0,6	1,1	3,2	4
Laboratorio El Alto	84	2000	0,6	1,2	4	3
Batería PN-32	67	1000	0,6	1,2	0,6	2
Población Cabo Blanco	98	2000	0,5	1,1	2,1	3
Base Energy Services	67	2000	0,6	1,1	0,6	3
<b>LMP</b>	<b>150</b>	<b>10000</b>	<b>30</b>	<b>365</b>	<b>200</b>	<b>15000</b>

Tabla N° 4.6 Resultado de Monitoreo de Calidad del Aire 2007 – Lote X

**Tabla N° 4.7** Resultados de Monitoreo de Calidad del Aire 2008 - Lote X

Punto de muestreo (a sotavento)	Parámetros (Concentración em ug/m <sup>3</sup> )					
	PM 10	CO	H2S	SO2	NO2	HNM
Batería TA 25	17	2000	0,5	1,1	2,6	2,0
Base SPC	16	3000	0,5	1,1	0,5	1,4
Est. Bombas El Alto	28	3000	0,5	1,1	1,0	2,3
Población El Ñuro	52	2000	0,5	1,1	1,0	3,5
Población Los Órganos	18	3000	0,5	1,0	1,3	1,4
Tango Alfa	27	2000	0,5	1,1	0,9	6,2
Base Energy	17	2000	0,5	1,1	1,0	2,8
Población Cabo Blanco	48	2000	0,5	1,1	5,7	3,4
Planta Eléctrica el Alto	15	2000	0,5	1,1	2,2	1,0
Base Cosmos El Alto	15	1000	0,5	1,1	1,9	1,3
Peña Negra 30	22	2000	0,5	1,1	2,5	2,4
Centro Acopio Folche	19	1000	0,5	1,1	1,8	1,6
<b>LMP</b>	<b>150</b>	<b>10000</b>	<b>30</b>	<b>365</b>	<b>200</b>	<b>15000</b>

(1): D.S. N° 074-2001-PCM

(2): D.S. N° 046-93-EM, este decreto ha sido derogado, se considerarán estos estándares hasta tener valores que los reemplacen.

Tabla N° 4.8 Estándar Nacional de Calidad de Aire

<b>Anexo 1- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire</b> (Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico. NE significa no exceder)				
CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS <sup>(1)</sup>
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez/año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo	Anual <sup>(2)</sup>			Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	
Sulfuro de Hidrógeno	24 horas <sup>2</sup>			Fluorescencia UV (método automático)

## CAPITULO V

### CONVERSION DUAL: GASOLINA-GLP

#### 5.1 QUÉ ES EL GLP?

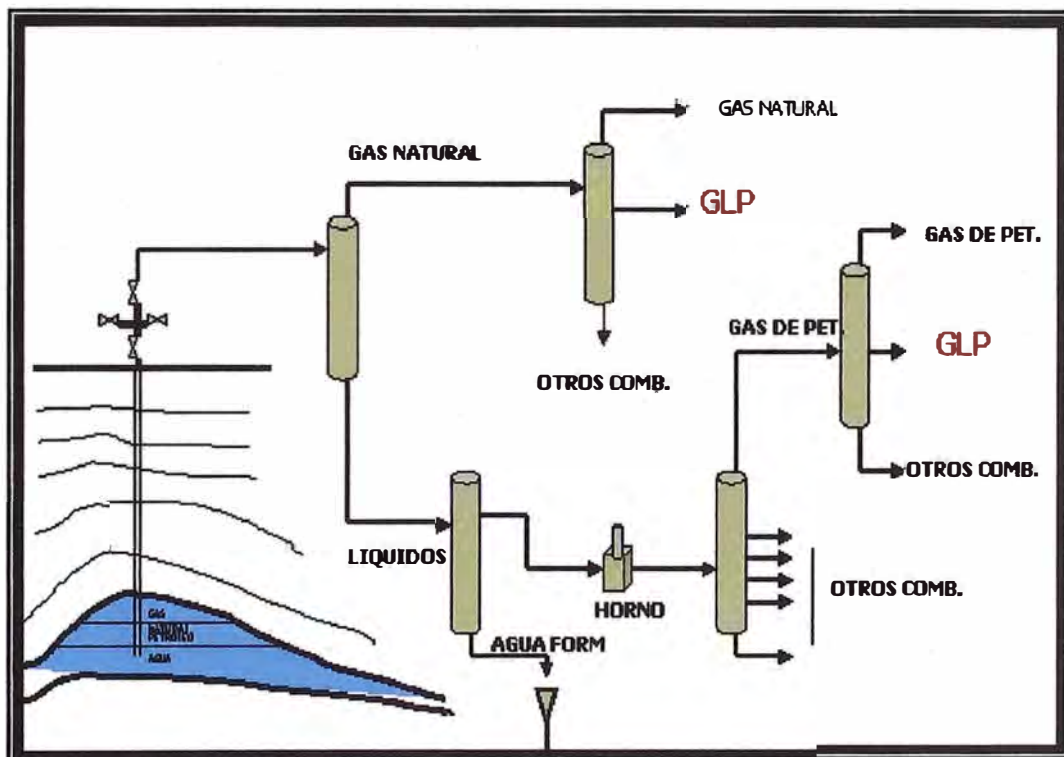
El GLP son las iniciales de las palabras Gas Licuado de Petróleo y representa a un pequeño grupo de hidrocarburos que, a temperatura normal, aproximadamente unos 20 °C y a presión atmosférica, permanecen en estado gaseoso, pero que tienen la propiedad de pasar al estado líquido cuando se les somete a una presión relativamente pequeña.

Esta propiedad les proporciona una ventaja: poder ser almacenados en recipientes metálicos de pequeño volumen y con paredes de reducido espesor, lo que hace que el peso adicional que se agrega al vehículo es mínimo, teniendo en cuenta la capacidad de carga que los vehículos poseen. Se les denomina hidrocarburos porque están compuestos, principalmente de Carbono e Hidrógeno de acuerdo a la fórmula general  $C_n + H_{2n}$  + (metano  $CH_4$ , etano  $C_2H_6$ , propano  $C_3H_8$ , butano  $C_4H_{10}$ , etc.).

Entre este grupo grande de hidrocarburos destacan el Butano y el Propano que, por almacenarse, manipularse y transportarse siempre en estado líquido y por comercializarse embotellado (envasado) también en estado

liquido, se les designa en el ámbito de la industria con las iniciales G.L.P. (gases licuados de petróleo).

Los GLP se obtiene a partir del procesamiento del petróleo, el mismo que al ser tratado adecuadamente en las refinerías de petróleo, durante la etapa de destilación fraccionada del petróleo crudo se extraen entre otros compuestos al GLP De esta forma se obtienen también otros combustibles tales como las gasolinas, los kerosenos, gas oíl, etc. Ver **Figura N° 5.1**.



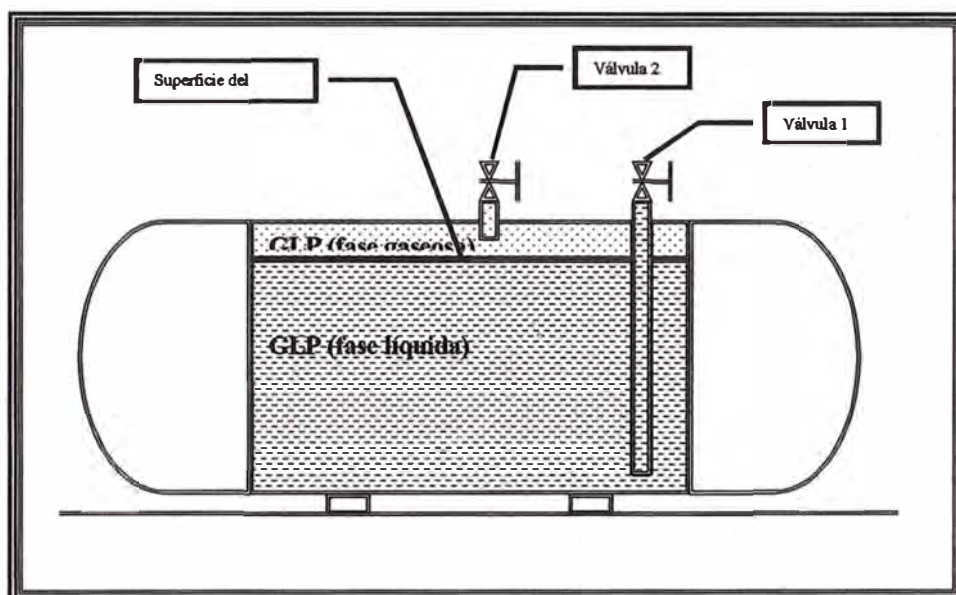
*Figura N° 5.1*

### 5.1.1 Tensión de Vapor

Dado que los GLP se gasifican o vaporizan (simplemente hierven) a la temperatura ambiente en el interior de un recipiente que contenga butano o propano, o una mezcla de ambos, en estado liquido, no todo el gas contenido está en estado líquido.

Una parte se habrá evaporado y el resto permanecerá en estado líquido ya que no se puede evaporar porque se lo impide la misma presión de la parte del gas que se ha evaporado. Esta presión se le denomina "*tensión de vapor*".

En la **Figura N° 5.2** se puede observar el comportamiento del gas combustible que se ha evaporado en el interior del recipiente.



**Figura N° 5.2** comportamiento del gas combustible

El GLP en fase gaseosa ejerce presión sobre las paredes del recipiente y sobre la superficie del líquido. Esta presión sobre la superficie del líquido es lo que se denomina "*tensión de vapor*" y es la que impide que el líquido continúe gasificándose.

Si en la **Figura N° 5.3**, abrimos la válvula 2, saldrá gas del recipiente y se reducirá la presión en su interior, es decir, se reducirá la tensión



de vapor, lo que permitirá que la parte líquida continúe su proceso de vaporización y se vaya transformando al estado gaseoso hasta tanto no se vuelva a cerrar la válvula.

Sin embargo, si abrimos la válvula 1, al estar la toma de combustible de esta válvula en el fondo del recipiente, no saldrá gas sino por el contrario líquido. Y el líquido sale porque es empujado por la presión que ejerce la tensión de vapor sobre su superficie.

Y, al disminuir el volumen de líquido, aumenta el volumen del gas en fase gaseosa y, por tanto, se reduce la presión interna y disminuye la tensión de vapor. Como consecuencia de ello, y como ocurría en el primer caso, la parte líquida continúa su proceso de vaporización.

Finalmente, cuando ya no quede líquido en el interior del recipiente, empezará a salir gas, cada vez con menos presión, hasta que se acabe todo el combustible.

### **5.1.2 Variación de la tensión de vapor**

La tensión de vapor de los GLP no permanece constante, varía con la temperatura del líquido. Y varía de forma directamente proporcional, es decir, a mayor temperatura del líquido mayor es la tensión de vapor, y viceversa.

En el gráfico de la **Figura N° 5.3** y solo para ser utilizado de manera referencial, se muestran las curvas del propano y butano comercial de Repsol Gas; se puede observar la variación de la tensión de vapor

(entiéndase como presión que ejerce el vapor) en función de la temperatura del líquido. En la figura se observa que se han graficado las curvas correspondientes, del butano y propano comerciales, y la mezcla de butano (70%) - propano (30%).

Según se puede apreciar en éste gráfico, con la variación de la temperatura del líquido existe una variación sustancial de la presión, por lo tanto, si simulamos que en el interior de un recipiente que contiene una mezcla butano-propano 70/30, y cuyo líquido se encuentra a una temperatura de 10 °C, le corresponderá una presión interna de 2,1 kg/cm<sup>2</sup>. Si la temperatura del líquido se incrementa a 20 °C, la presión interna sería de 3,4 Kg/cm<sup>2</sup>; si la temperatura del líquido se continúa incrementando hasta 30 °C (temperatura ambiente de la región norte del Perú), la presión interna también reincrementa a 4,9 Kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, si simulamos que la temperatura fuese de -20 °C, la presión sería de unos 100 gr/cm<sup>2</sup>, es decir, apenas se vaporizaría el líquido.

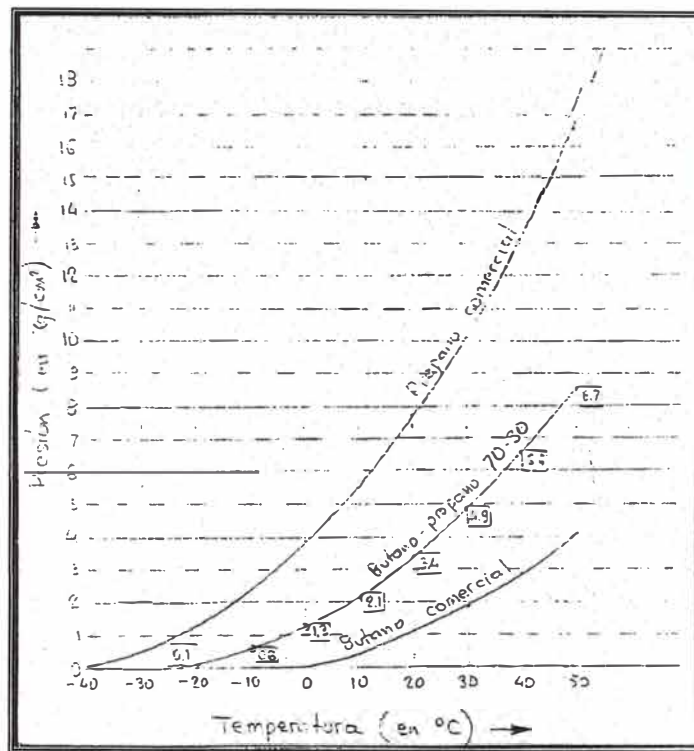


Figura N° 5.3 variación de la tensión de vapor

Pero si la temperatura del líquido fuese todavía mas baja, al disminuir la tensión de vapor, llegaría el momento en que ésta sería inferior inclusive a la presión atmosférica, lo que implica que en esas condiciones no se vaporizaría el líquido, en otras palabras podríamos decir que ésta condición asemejaría a tener agua en una botella a una temperatura de 20 °C por ejemplo, y no saldría gas del recipiente, aunque abriésemos completamente la válvula.

### 5.1.3 Calor de Vaporización

Para que un combustible líquido pase al estado gaseoso hace falta el aporte adicional de calor. Se define como la cantidad de calor que se debe agregar a un gramo de líquido para que pase al estado de vapor a temperatura constante, en su temperatura de ebullición

Como ya sabemos, cuando se consume gas de un recipiente, ya sea en fase líquida o en fase gaseosa, la tensión de vapor disminuye y se produce un desequilibrio en el sistema. Pero, inmediatamente, la fase líquida establece el equilibrio vaporizando una cantidad de líquido igual a la que se ha extraído del recipiente.

Si el consumo es en forma continua y en una cantidad de cierta importancia, el líquido se irá enfriando paulatinamente en el interior del recipiente. No obstante, debemos tener en cuenta que también se realiza una transmisión de calor desde el aire al medio ambiente del líquido, a través de las paredes metálicas del recipiente que lo contiene. Por lo tanto, si la cantidad de calor que pasa al ambiente al líquido, a través de las paredes del recipiente metálico, es inferior a la que absorbe el líquido al vaporizarse, dicho líquido puede "helarse", es decir, deja de vaporizarse.

Ahora bien, en caso que la cantidad de calor transmitido al líquido es igual o mayor que la cantidad de calor absorbido en la vaporización, se establece un equilibrio entre uno y otro y el líquido puede estar vaporizándose continuamente.

#### **5.1.4 Características Físicas**

Las características que se encuentran indicados en la **Tabla N° 5.1** se refieren al butano y al propano en estado puro.

Industrialmente se encuentran mezclados en porcentajes autorizados y regulados, con otros hidrocarburos, por lo que los valores que son mostrados en la tabla difieren ligeramente con los valores reales.

Por su composición y propiedades estos gases producen una gran cantidad de calor durante su combustión, por lo que se han encontrado en ellos muchas otras aplicaciones prácticas en diversas actividades tales como las domésticas, las industriales, las agrícolas, en el transporte, etc.

Los gases butano y propano químicamente puros son incoloros e inodoros. Y esta propiedad es un inconveniente para su utilización, ya que no se detectarían las fugas que se pudiesen producir. Es por ello que a estos gases, se les mezclan con unos productos odoríferos, generalmente **mercaptanos** (etanoetiol  $C_2H_6S$ , compuesto parecido al etanol cuyo átomo de azufre le da olor característico), con el objeto de que se note rápidamente la existencia de una fuga o escape de gas y eliminar de esta forma todo peligro de explosión ó incendio que pueda ocurrir.

**Tabla N° 5.1 Principales características físicas del propano y butano**

CONCEPTOS	BUTANO	PROPANO
Símbolo químico	$C_4H_{10}$	$C_3H_8$
Temperatura de ebullición	- 0,5 °C	- 44,5 °C
Tensión de vapor absoluta (a 20 °C)	2,04 kg/cm <sup>2</sup>	8,20 kg/cm <sup>2</sup>
Densidad del líquido (a 15 °C y 760 mm)	0,58	0,51
Densidad del gas seco (a 15 °C y 760 mm)	2	1,5
Peso molecular	58	44
Poder calorífico por kg de líquido	11810 Kcal	12034 Kcal
Poder calorífico por litro de líquido	6767 Kcal	6041 Kcal
Poder calorífico por m <sup>3</sup> de gas	28344 Kcal	22262 Kcal
Temperatura de inflamación	480 - 530 °C	450 -550 °C
Límites de inflamación mezcla aire-gas	2 @ 8,5 %	2,3 @ 9,5 %
Presión crítica	35 kg/cm <sup>2</sup>	45 kg/cm <sup>2</sup>

Dado que estos gases son fácilmente inflamables, nunca se debe intentar comprobar la existencia de fugas con la ayuda de una llama o fuente de calor, sino por el contrario, debe proveerse de un medio no inflamable como puede ser la ayuda de agua jabonosa, para que el escape se detecte por medio de la formación de espuma y/o burbujas de gas.

El butano y el propano no son gases tóxicos aunque, como es natural, su atmósfera no es respirable. El hecho de respirar en un ambiente enrarecido por estos gases solo puede producir sofocamiento y náuseas. Y si se continúa respirando más tiempo se puede producir un desvanecimiento que desaparece rápidamente al volver a respirar en un ambiente normalmente ventilado.

## 5.2 GENERALIDADES

Los líquidos de petróleo se están utilizando como combustible en vehículos automotores desde hace ya más de cincuenta años, en países como España, Italia, Rusia, Argentina, Brasil, etc. Por el contrario en el Perú, se viene utilizando como una alternativa económica y limpia desde hace unos 05 años aproximadamente pero como una tecnología con poca difusión debido principalmente al costo inicial del "kit" que se puede considerar como un monto relativamente caro, que hoy difícilmente está al alcance de los sectores populares, como los chóferes de servicio de taxis por ejemplo, quienes al conocer las bondades del GLP, optan por un consumo masivo de los motores que utilizan la gasolina como combustible principal. Se muestra en la **Figura N° 5.4** los elementos básicos de un Kit de conversión a GLP.

En varios países de Europa, como por ejemplo España se autorizó su utilización hace algo más de veinticinco años, pero únicamente para vehículos de servicio público, por lo que inicialmente solo se empleaba en vehículos para uso del servicio de taxi equipados con motor de gasolina, de tal manera que dichos vehículos puedan funcionar indistintamente con gasolina o con GLP, mejorando su economía y cuidando desde luego el medio ambiente y la calidad de aire de las urbes principales al disminuir la emisión de gases tóxicos.



Figura N° 5.4 elementos básicos de un Kit de conversión a GLP.

### 5.2.1 Alternativa a la Gasolina

La utilización de los GLP como combustible alternativo a la gasolina, en los motores de explosión, es una tecnología muy difundida por no presentar inconveniente alguno en su instalación, y adaptarse a los requerimientos constructivos de éstos motores.

Como principio de funcionamiento, la carburación en gasolina o en GLP es la misma. Las diferencias sustanciales para implementar su uso consisten en detalles mecánicos (mecanismos e instrumentos que se adicionan a los componentes originales del vehículo) diseñados según las características del sistema de admisión de aire y/o combustible que presentan los vehículos, según la marca y modelo del mismo.

Estos detalles mecánicos están conformados por los elementos necesarios para hacer funcionar el vehículo de manera autónoma, como son el depósito de GLP, el evaporador-regulador, la válvula electromagnética, las tuberías, el conmutador y otros accesorios adicionales, que en su conjunto no adicionan un peso sustancial que hagan variar notablemente la autonomía del vehículo debido al peso incrementado.

La única modificación a la instalación de origen del motor es la incorporación de una unidad de mezcla en el carburador o en el colector de admisión en vehículos de inyección (ver **Figura N° 5.5**), pero ésta modificación no representa después ninguna variación a las características de funcionamiento del motor propiamente dicho,



ya que el vehículo puede funcionar indistintamente y de forma correcta tanto con la gasolina como con el GLP.



Figura N° 5.5

De allí su gran importancia para el uso de ambos combustibles indistintamente. Adicionalmente se puede señalar que el problema de arranque del motor que se tenía antiguamente ha sido superado largamente, pues, el arranque del motor se puede efectuar con el GLP en forma directa, sin necesidad de cambiar a la opción de gasolina.

Es muy importante tener en cuenta que tanto el depósito de GLP como el evaporador-regulador deben ser elementos debidamente homologados (entiéndase como aptos técnicamente) para su utilización en los vehículos automotores.

Además, la transformación del vehículo para que funcione con GLP, debe ser realizada por talleres y personal debidamente capacitado y

calificado para evitar accidentes debido a fallas en el sistema, por el peligro que representa el GLP, dada su alta inflamabilidad.

### **5.2.2 Ventajas Comparativas con la Gasolina**

La experiencia acumulada durante muchos años de utilización de los GLP en vehículos con motor a gasolina ha permitido la confirmación de una serie de ventajas por su uso. Las más importantes pueden resumirse en lo siguiente:

- Mayor economía por consumo del combustible, básicamente establecido por la diferencia de precios.
- Aumento en la vida útil del motor y mantenimiento más sencillo y barato.
- Combustión más limpia en los gases de escape debido a que hay menor proporción de contaminantes producidos.
- Menor consumo de aceite, al prolongar sus características lubricantes.
- Incrementa la suavidad de funcionamiento del motor y apreciable reducción del nivel de ruido, sea cual fuere la velocidad del vehículo.
- Arranque del vehículo rápido y directo sin complicaciones, con el GLP.

### **5.2.3 Esquema de una Instalación Básica de GLP**

En la **Figura 5.6** se representa, de forma esquemática, los elementos más característicos de que consta una instalación de GLP en un vehículo con motor a gasolina.

Como se puede observar, la instalación mecánica se compone de dos bloques bien diferenciados. El primer bloque lo compone el depósito metálico que contiene el GLP, que por lo general es ubicado en la maletera del vehículo para el caso de los automóviles, y, en la tolva, inmediatamente detrás de la cabina, para el caso de las camionetas tipo pick up.

Y el segundo bloque, compuesto por el vaporizador-regulador y sus elementos auxiliares, que son colocados en el compartimiento del motor; ambos bloques son unidos mediante una tubería de cobre, por donde circula el gas en estado líquido.

La unidad de mezcla se sitúa en el carburador cuando el motor es del tipo carburado, ó en el colector de admisión cuando el motor es del tipo inyectado. La unidad de mezcla es diferente para cada tipo de motor y su instalación suele ser sencilla, no modificando en absoluto las características de funcionamiento del motor en gasolina. El conmutador, está situado en el tablero de mandos, y nos va a permitir seleccionar si el funcionamiento del motor es alternativamente con GLP o gasolina. O, si se quiere cortar simultáneamente la alimentación de los dos combustibles cuando el motor del vehículo está parado.

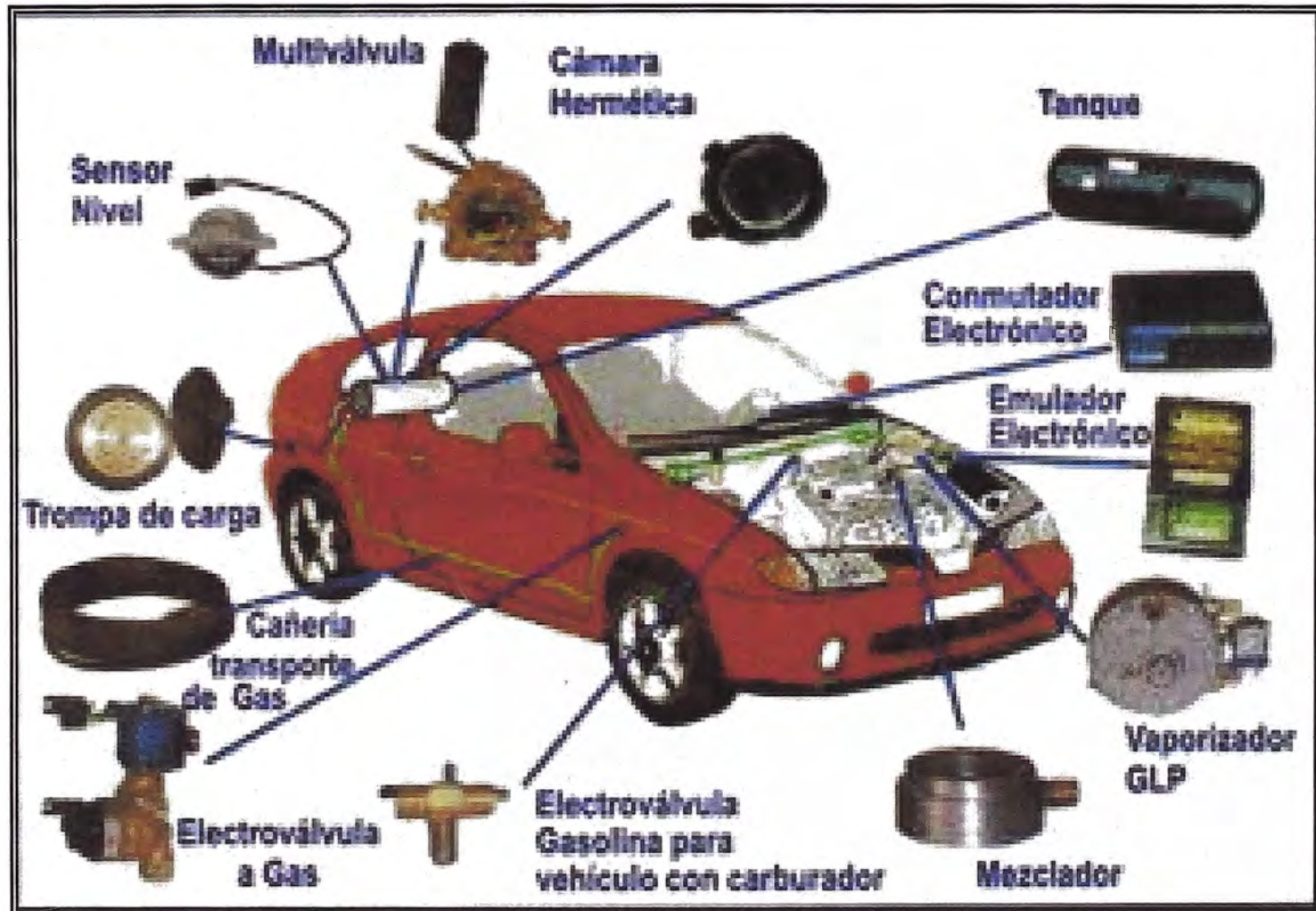
La ubicación de los elementos en el compartimiento del motor es solamente simbólica, ya que el vaporizador-regulador puede estar situado en cualquier zona del compartimiento del motor.

#### **5.2.4 Principio de Funcionamiento**

Si observamos la Figura N° 5.6, el principio de funcionamiento de un equipo de GLP se puede resumir de la siguiente manera:

- El combustible almacenado en el depósito de GLP es conducido, en fase líquida al vaporizador-regulador de presión, en adelante vaporizador. Tener en cuenta que la toma de la válvula de alimentación está provista de un tubo que llega hasta el fondo del depósito.
- A la entrada del vaporizador va instalada una válvula electromagnética de corte de GLP, conectada a un conmutador situado en el tablero mandos.
- Al situar el conmutador en la posición GLP y poner el motor en marcha, esta válvula electromagnética automáticamente se abre y permite el paso del líquido al vaporizador. La válvula permanecerá abierta en tanto esté conectado el encendido del motor.
- El vaporizador dispone en su interior de una serie de cámaras en las cuales se realizan distintas funciones que permiten regular, vaporizar y dosificar el GLP que es aspirado finalmente por el motor del vehículo.

- Cuando el motor es de inyección, la dosificación la realiza un regulador de flujo instalado en la tubería de alimentación a la unidad de mezcla.
- El GLP llega en fase líquida, y a una presión aproximada que varía entre 3 y 5 kg/cm<sup>2</sup>, a la primera cámara del evaporador. En esta primera cámara se reduce la presión entre 220 y 440 g/cm<sup>2</sup> y se vaporiza el líquido, transformándose el GLP en fase gaseosa.
- La permanente vaporización del líquido se consigue manteniendo caliente el interior del evaporador. Para ello se hace circular agua del radiador por el interior del aparato.
- Ya en fase gaseosa, el GLP pasa, cuando es aspirado por el motor a la segunda cámara. Y de aquí, a través de la unidad de mezcla, instalada en el carburador o en el colector de admisión, al motor.
- Además, el evaporador también incorpora un dispositivo electromagnético que permite al motor funcionar en ralentí, cuando el vehículo está parado.
- La unidad de mezcla, como su nombre lo indica, tiene la misión de lograr una adecuada mezcla del aire con el gas para obtener una correcta combustión.



**Figura N° 5.6** Esquema de una Instalación Básica de GLP

## 5.3 PARTES DEL KIT DE INSTALACIÓN

### 5.3.1 El Depósito de GLP

El GLP se almacena en un depósito metálico construido especialmente para este fin y que, por lo general, se instalan en el interior de la maletera como es el caso de los autos. Para nuestro proyecto, la instalación se efectuará en la tolva de las camionetas, inmediatamente detrás de la cabina de pasajeros, sea este de cabina simple o doble cabina. A continuación se describen los elementos que integran el conjunto de la instalación de un depósito de GLP:

- El depósito metálico.
- El evaporador.
- Elementos de Fijación del depósito.
- Accesorios:
  - Válvula de llenado externo.
  - Válvula de llenado interno.
  - Válvula de alimentación.
  - Válvula de seguridad.
  - Líneas de conducción del GLP
  - Indicador de nivel.
  - Caja estanca.

#### 5.3.1.1 *Depósito Metálico*

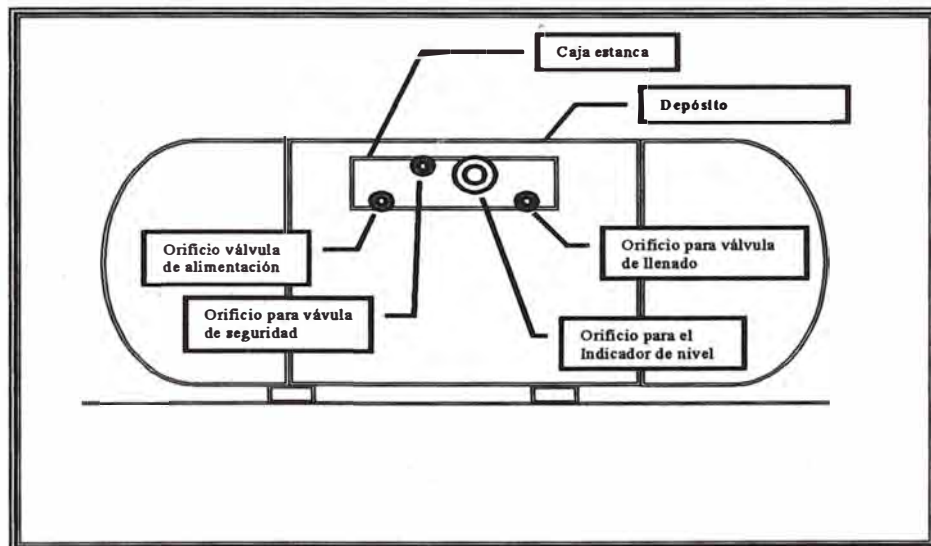
El depósito está construido en chapa de acero. Esta chapa debe ser de tales características físicas que la presión correspondiente

al límite de elasticidad no debe ser inferior a 40 kg/cm<sup>2</sup> y debe ser sometido a una prueba de presión hidrostática de 45 kg/cm<sup>2</sup> durante un minuto, tiempo durante el cual no deben aparecer abultamientos, transpiraciones, pérdidas, grietas o distensiones.

Tiene orificios para el acoplamiento de los siguientes accesorios:

- Válvula de llenado del depósito
- Válvula de alimentación al motor
- Válvula de seguridad
- Indicador de nivel

En la **Figura N° 5.7** se puede observar el esquema de un depósito característico con los orificios dispuestos para la instalación de las Válvulas y el indicador de nivel.



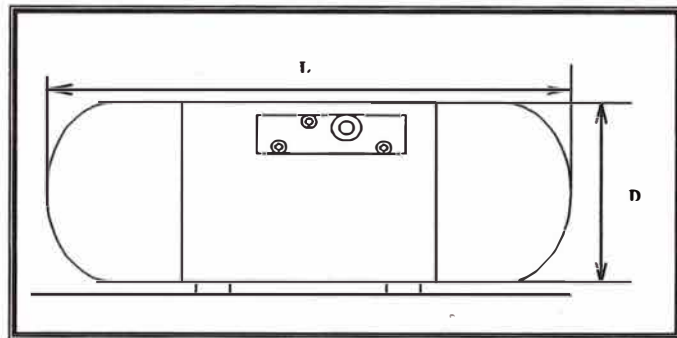
**Figura N° 5.7** esquema de un depósito característico

Las normas de fabricación de estos depósitos establecen que no debe llenarse más del 80% de su capacidad total, para mantener



las condiciones de seguridad de la instalación al aumentar la temperatura exterior.

Así mismo, en la **Figura N° 5.8**, y, **Tabla N° 5.2** que se muestra en la página siguiente se detalla, sólo a manera informativa, todos los modelos de depósitos de GLP se encuentran homologados, con indicación del volumen y de sus medidas exteriores principales.



**Figura N° 5.8** modelos de depósitos de GLP

**TABLA N° 5.2** Dimensiones de depósitos homologados

MODELO	VOLUMEN (litros)	CAPACIDAD 85% (litros)	DIMENSIONES (mm)	
			D	L
MG 30-23	30	25,5	230	860
MG 48-23	48	41,0	230	1305
MG 30-27	30	25,5	270	635
MG 45-27	45	38,0	270	909
MG 37-30	37	31,5	300	640
MG 48-30	48	41,0	300	808
MG 60-30	60	51,0	300	976
MG 70-30	70	59,5	300	1112
MG 60-32	60	51,0	320	876
MG 70-32	70	59,5	320	1005
MG 55-36	55	47,0	360	646
MG 60-36	60	51,0	360	700

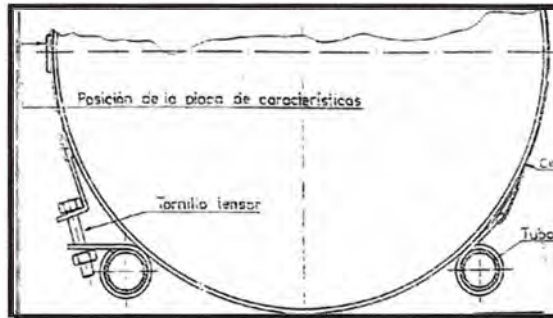
MG 70-36	70	59,5	360	807
MG 85-36	85	72,0	360	965
MG 100-36	100	85,0	360	1110
MG 120-36	120	10,2	360	1321
MG 70-37	70	59,5	375	746
MG 80-37	80	68,0	375	846
MG 90-37	90	76,5	375	946
MG 100-37	100	58,0	375	1041
MG 120-37	120	102,0	375	1236

### 5.3.1.2 Elementos de Fijación

El depósito metálico debe estar firmemente fijado a la carrocería del vehículo. Para lograr esta sujeción, se utilizan dos tubos de acero los cuales van colocados transversalmente, los mismos que están sujetos a su vez en ambos extremos, a la chapa de la carrocería. El depósito se sitúa por sobre estos tubos, apoyado en el fondo y fuertemente abrazado por dos zunchos de fleje de acero que luego son tensados entre ambos tubos por medio de pernos reguladores para garantizar la completa inmovilidad del depósito.

Para prevenir la formación de óxido o pits de corrosión entre los flejes de acero, y la chapa del depósito, se forran los flejes con un protector plástico para evitar el contacto directo entre ambos metales, evitando de esta manera la formación de una pila galvánica, además de la protección superficial que tiene el depósito (capa de pintura).

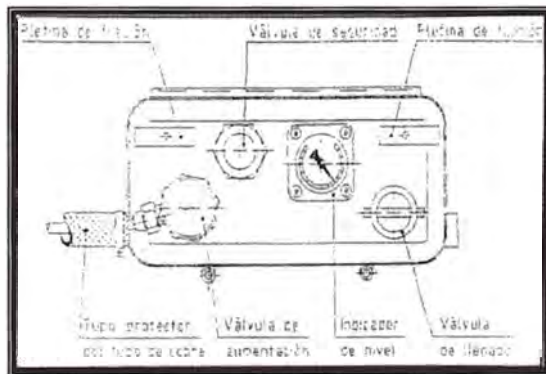
En la **Figura N°5.9** se ha representado la parte inferior de un depósito con los tubos transversales y la forma de fijación de uno de los flejes de acero.



**Figura N° 5.9** Parte inferior de un depósito con los tubos transversales

### 5.3.1.3 Accesorios

A continuación vamos a describir, cada uno de los accesorios que se incorpora en el depósito de GLP y cuya disposición queda reflejada en el dibujo de la **Figura N° 5.10**, donde también se ha representado la base de la caja estanca, fijada por dos patinas laterales.



**Figura N° 5.10** Base de la caja estanca

- **Válvula de Llenado Interno:** Como su nombre indica, esta válvula es utilizada para el llenado del GLP al depósito metálico (ver Figura N°5.11). El diseño inicial prevé que se le conecte la "pistola" de llenado de la manguera que está unida al surtidor de GLP, por un sistema de acoplamiento rápido totalmente estanco. Y el resto del procedimiento es muy similar al que se utiliza para el llenado de gasolina.



**Figura N° 5.11** Válvula de Llenado Interno:

Esta válvula, lleva incorporados dos sistemas de seguridad para evitar la fuga de GLP por cualquier inconveniente: doble válvula anti-retorno, cuya función es el de evitar la salida o fuga del GLP cuando se desconecta la pistola, y un Dispositivo de máximo llenado, que garantiza que no se sobrepase en el llenado del depósito, del 85% de la capacidad del depósito ya que al llegar a este nivel, la válvula se cierra en forma automática.

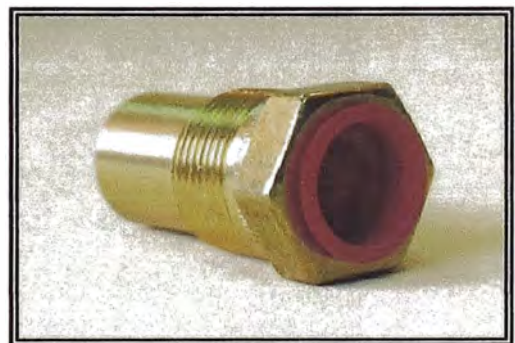
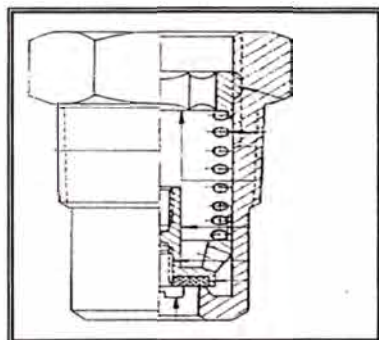
- **Válvula de Alimentación:** Esta es la válvula desde la cual se alimenta el GLP en fase líquida al vaporizador. Para asegurar el suministro en fase líquida, esta válvula lleva incorporado un tubo que llega casi hasta el fondo del depósito y garantiza la máxima utilización del combustible líquido y, al mismo tiempo, evita la absorción de las impurezas del GLP, que podrían llegar a perjudicar el correcto funcionamiento del equipo. Incorpora, en la unión con el tubo, un dispositivo de seguridad compuesto por una válvula de exceso de flujo, que, en caso de rotura de la tubería de cobre o, incluso, del arranque de cuajo de la válvula desde su acoplamiento en el depósito, se cierra automáticamente la salida de GLP del depósito. Esta válvula tiene en el extremo superior una manivela con la cual también puede cerrarse por completo en forma manual ante la eventualidad de presentarse una fuga por la línea de alimentación. Ver gráfico de la **Figura N° 5.12**.



**Figura N°  
5.12 Válvula  
de  
alimentación**

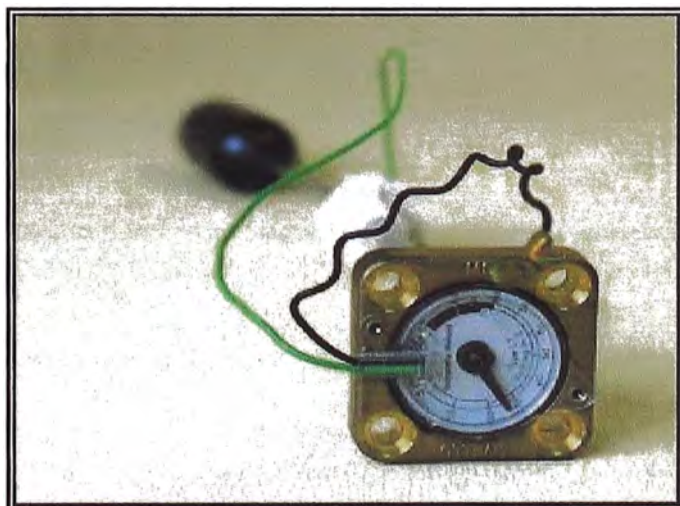
- **Válvula de Seguridad:** Esta válvula previene ante la posibilidad de un exceso de presión en el interior del depósito que podría ser peligroso.

Tal como se puede observar en el corte de sección de la **Figura N° 5.13** el principio de funcionamiento es por acción directa de un resorte, es decir, la fuerza de la presión interna actuaría sobre el cierre de la válvula la misma que vencería la fuerza del resorte y permitiría la salida de GLP, solamente durante un instante, de una pequeña cantidad de combustible en estado gaseoso, hasta que aminore la presión. Esta pequeña cantidad de gas no iría a parar a la maletera del vehículo, sino por el contrario, dado que la seguridad es un tema primordial, desde la caja estanca el flujo de gas sale a través de un tubo de purga, hacia la parte externa del vehículo.



**Figura N° 5.13 Válvula de Seguridad**

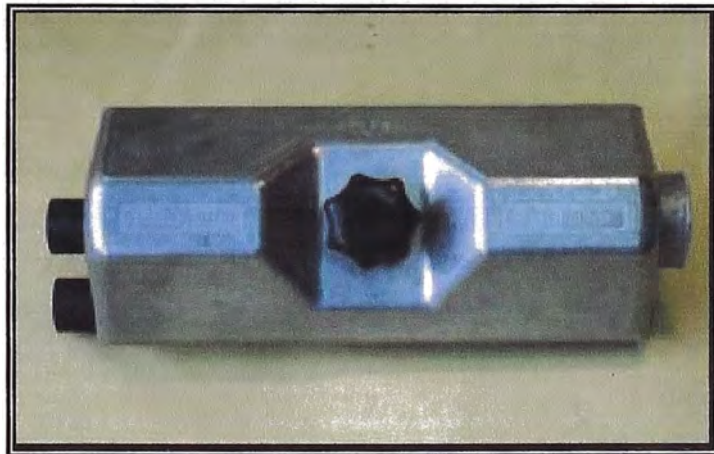
➤ **Indicador de Nivel:** Este accesorio es el que indica la cantidad de GLP, que se encuentra en fase líquida y que está contenida en el depósito. Funciona por un sistema de flotador que transmite su posición, por medio de un mecanismo de engranaje, a un imán que está situado en el interior de la esfera indicadora. Por el exterior de esta esfera indicadora se encuentra una aguja que, por efecto del campo magnético creado por el imán, marca el contenido del depósito en tanto por ciento (porcentaje). En la **Figura N° 5.14** se puede observar su configuración. Adicionalmente, también existen otros dispositivos electrónicos que adaptados a este indicador de nivel situado en el depósito, transmiten la información a un instrumento que se ubica en el tablero de mandos y que nos indica el nivel de combustible existente en el depósito.



**Figura N° 5.14 Indicador de Nivel:**

- **Caja Estanca:** Este accesorio cierra herméticamente el pequeño habitáculo, donde van instaladas las válvulas y el indicador de nivel, con el fin de aislar la maletera de cualquier pequeña fuga de gas que hubiere. Su instalación depende de la marca del kit que se adquiere. Se fija al depósito por medio de dos patinas laterales que sujetan la base de la caja. La tapa, que es una pieza suelta, cierra por encaje, presión y manivela para darle mayor seguridad.

Tanto la hermeticidad de la base con el lomo del depósito, como de la tapa con la base, se garantizan por medio de juntas de goma perfectamente encajadas en ranuras perimetrales.



**Figura N° 5.15 Caja Estanca**

Como se puede observar en la **Figura N° 5.15**, la caja dispone tomas laterales: una es para el tubo de ventilación de la caja estanca, otra para conducir por su interior a la tubería de cobre,



Además para evitar cualquier tipo de suciedad exterior que pueda perjudicar la estanqueidad de las válvulas anti-retorno instalados en el circuito de llenado, la válvula de llenado exterior incorpora una tapa de plástico de gran resistencia cuya función elemental es la de mantenerlo limpia e impedir que objetos extraños ensucien la válvula. Para ello, la tapa siempre deberá estar colocada en su lugar en forma correcta y solo deberá quitarse durante la operación de llenado o abastecimiento del GLP al depósito.

### **5.3.2 La Válvula Electromagnética de GLP**

La válvula electromagnética está constituida por un filtro cuya base principal es de latón, un cuerpo de válvula, un vástago de cierre, una bobina y el filtro propiamente dicho. La función principal de la válvula electromagnética, dependiendo de la posición del conmutador, es abrir el paso del gas al poner el motor en marcha y cerrarse al parar el motor. Ver **Figura N° 5.17**.



**Figura N° 5.17 Válvula  
Electromagnética**

En el interior del cuerpo del filtro lleva incorporado un filtro para retener todas las impurezas no disueltas que contiene el gas y que podría perjudicar el correcto funcionamiento del vaporizador e, incluso, puede afectar el correcto funcionamiento del motor. La bobina es de 12 V, y está construida con espiras de hilo de cobre esmaltado enrolladas sobre un carrete, provista de un yugo de acero de 4 mm de espesor y encapsulada toda ella en plástico negro (elemento sellado).

Como ya indicáramos anteriormente al explicar el principio de funcionamiento del equipo, la válvula electromagnética que se muestra en la **Figura N° 5.17**, va instalada a la entrada del vaporizador y es accionada desde el conmutador, que está situado en el tablero de mandos del vehículo.

### **5.3.3 El Vaporizador**

El vaporizador permite que el GLP pase del estado líquido al estado gaseoso; se trata de un contenedor dividido en compartimientos mediante membranas. La reducción de la presión que se produce en la 1ra cámara, origina una notable disminución de la temperatura.

En la **Figura N° 5.18** se observa el tipo del vaporizador utilizado como modelo para el presente Informe, corresponde al modelo

MG-90E, marca LANDI HARTOG de fabricación española, que es utilizado para nuestro proyecto de conversión.

El vaporizador como su nombre lo indica, es un elemento del sistema que realiza, esencialmente, tres funciones básicas:

- Reducir la presión interna del GLP que viene directamente del depósito metálico.
- Pasar el GLP del estado líquido al gaseoso en su interior.
- Dosificar la cantidad de GLP, en estado gaseoso, suministrado al motor.

Para ello el vaporizador dispone de dos cámaras; en la primera cámara se reduce la presión inicial del GLP, y en la segunda cámara, se efectúa la dosificación del gas.



**Figura N° 5.18 El Vaporizador**

El calor que se precisa para la gasificación del GLP, proviene del agua caliente de la instalación de refrigeración del motor que recircula por el vaporizador. La presión máxima de alimentación del GLP, en estado líquido, desde el depósito metálico hacia el vaporizador es de aproximadamente 5 Kg/cm<sup>2</sup>.

Las partes más importantes del vaporizador son:

Primera cámara.

Segunda cámara

Intercambiador de calor.

#### **5.3.3.1      *Primera Cámara***

Esta cámara tiene la forma de un laberinto (Ver **Figura N° 5.19**); es aquí donde se produce el proceso de gasificación del GLP el cual ingresa a la cámara en fase líquida, procedente del depósito metálico y con una presión que varía entre los 3 y 5 kg/cm<sup>2</sup>. En esta cámara la presión de entrada del GLP se reduce, según el modelo, a presiones que varían entre 220 a 440 g/cm<sup>2</sup>, por medio de un dispositivo de regulación, que está formado por el resorte y diafragma.



**Figura N° 5.19 Primera Cámara**

#### **5.3.3.2 Segunda Cámara**

En esta segunda cámara, señalada en el gráfico de la **Figura N° 5.20**, es donde se regula el caudal del gas que es suministrada a la unidad de mezcla que se incorpora posteriormente directamente al carburador del motor del vehículo.

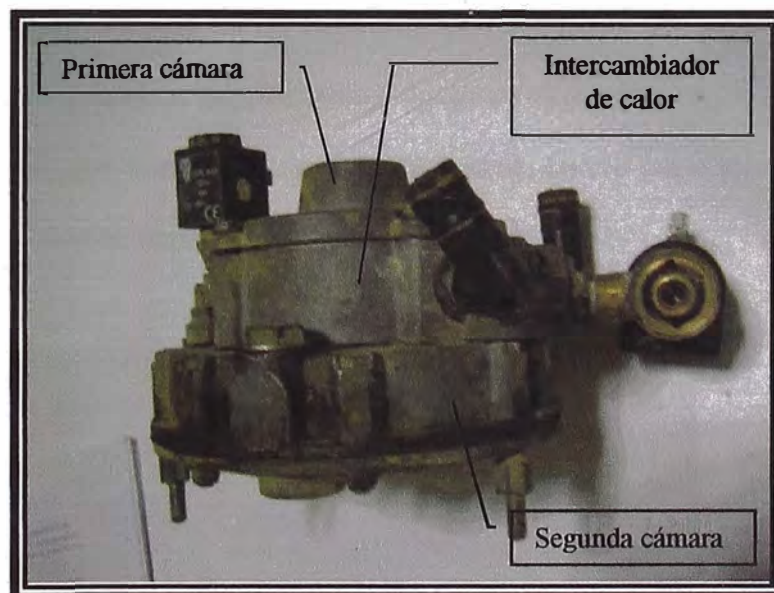


**Figura N° 5.20 Segunda Cámara**

La regulación del caudal de gas se consigue por medio de un dispositivo basculador, que es actuado a su vez por un diafragma y un vástago que los une en su conjunto.

### 5.3.3.3 Intercambiador *de Calor*

Entre estas dos cámaras se encuentra un intercambiador de calor, que está conectado al circuito de agua del radiador del motor. Ver **Figura N° 5.21**. Esta forma de instalación permite la circulación del líquido de refrigeración del motor a una temperatura relativamente caliente (aprox. 80°C) , con lo cual se garantiza una eficiente vaporización de GLP líquido en forma completa y continua.



**Figura N° 5.21 Intercambiador *de Calor***

#### 5.3.4 La Unidad de Mezcla

La unidad de mezcla es un componente constituido, esencialmente por un difusor y su soporte. Se instala, generalmente, en el carburador, entre el filtro de aire y la válvula de mariposa. En los vehículos de inyección de combustible, se instala en el colector de admisión antes de la válvula de mariposa.

La unidad de mezcla tiene como función primordial, la dosificación de la cantidad de gas y la cantidad de aire que se deben mezclar para una correcta combustión del motor.

Tal como se muestra en el dibujo de la **Figura N° 5.22**, el difusor es un cuerpo generalmente de geometría cilíndrica, con forma de anillo, confeccionada de aluminio, con un canal en su perímetro exterior y dotado de pequeños agujeros que comunican el canal exterior, por donde circula el combustible, con la zona interior que es por donde aspira el aire el motor.



**Figura N° 5.22 Unidad de Mezcla**

Con esta configuración del difusor y su apropiado dimensionamiento se obtiene una adecuada dosificación y mezcla del aire con el GLP para conseguir un correcto funcionamiento del motor.

El soporte del difusor, que también se construye generalmente de aluminio, es la pieza donde se aloja el difusor y, al mismo tiempo, sirve para hacer la toma de la conexión del GLP y para su fijación en el carburador del motor.

La ubicación de la unidad de mezcla depende si dicho motor es de carburación o de inyección. Si es de inyección la unidad de mezcla se sitúa siempre entre el manguito de admisión de aire y la caja de mariposa. Y si el motor es de carburación puede ir situada en las siguientes posiciones:

- Entre la base desmontable y el cuerpo del carburador.
- Entre la tapa y el cuerpo del carburador.
- Encima del carburador.
- Entre el filtro del aire y el carburador, incorporada en la manguera del filtro del aire.
- En el interior del filtro del aire.

### **5.3.5 El Conmutador**

Este dispositivo eléctrico se incorpora a la instalación para poder efectuar el cambio de combustible a utilizar: gasolina a GLP, o



GLP a gasolina. Debe ser fijado al tablero de mandos de tal manera que sea visible y fácilmente manipulable desde el puesto del conductor del vehículo. El conmutador incorpora un sistema de cebador temporizado con un dispositivo de seguridad, de tal forma que, al arrancar en GLP, abre la válvula electromagnética de GLP durante 1 ó 2 segundos.

Este conmutador, es de pequeño tamaño, como se puede observar en el dibujo de la **Figura N° 5.23**. La posición izquierda es para arrancar en GLP en caso de que existiera algún problema para arrancar en gasolina (posición derecha).



**Figura N° 5.23 Conmutador**

También incorpora un indicador luminoso que informa de la cantidad de carburante existente en el depósito de GLP.

### **5.3.6 La Instalación Eléctrica**

La introducción de la electrónica y de los motores de inyección en los vehículos ha complicado, ligeramente, la instalación eléctrica a la hora de incorporar el equipo de GLP en dichos vehículos. Por ello, lo mismo que indicábamos para las unidades de mezcla, también las instalaciones eléctricas varían en función del tipo de motor de vehículo. Y en este sentido podemos diferenciar dos grandes grupos:

- Motores de carburación
- Motores de inyección

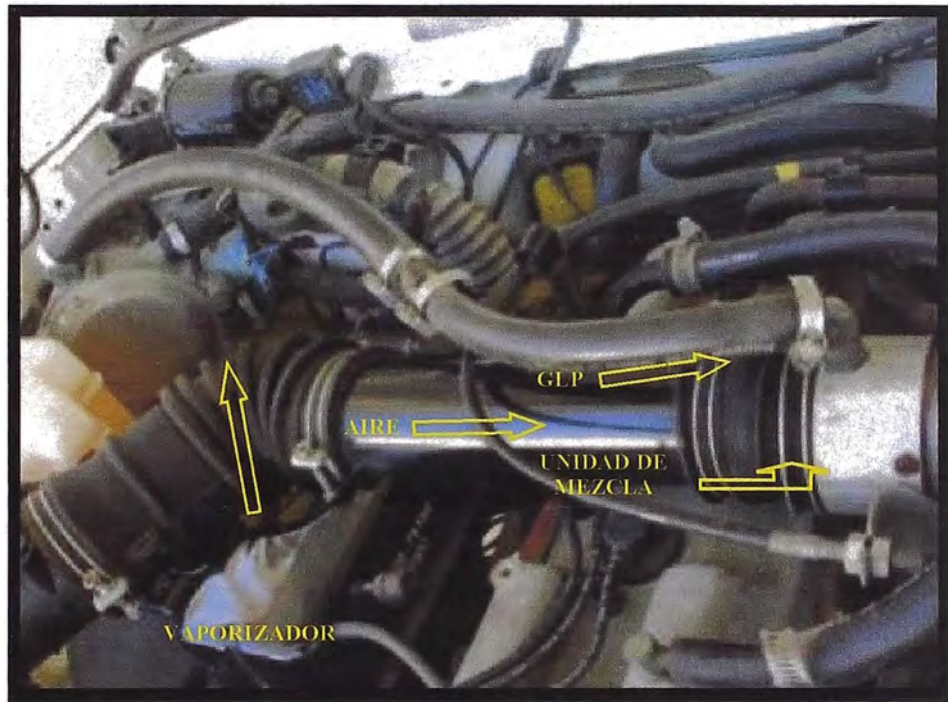
#### **➤ Motores de Carburación**

Es una instalación sencilla a partir del conmutador, que es alimentado desde la bobina y en conexión con la llave de contacto, se conecta el vaporizador-regulador y la válvula electromagnética de GLP, y, a la vez se desconecta la válvula electromagnética de gasolina, para permitir el funcionamiento indistintamente en GLP ó en gasolina. La ventaja de utilizar este sistema radica en que se logra un arranque rápido del motor del vehículo utilizando el GLP. Otros sistemas no permiten éste arranque, muy por el contrario, arrancan con gasolina para después de algunos minutos, cambiar automáticamente de combustible, es decir, de gasolina a GLP.

➤ **Motores de Inyección**

La diferencia principal entre los motores de carburación y los motores de inyección es que, estos últimos no usan la válvula electromagnética de gasolina, ya que el corte del combustible se realiza cortando la corriente eléctrica a los inyectores y a la bomba de gasolina, si fuera el caso con solo activar por el Conmutador, de esta manera se corta la inyección de gasolina para permitir el paso del GLP hacia la unidad de mezcla, que para nuestro caso es instalada en la manguera de aspiración de aire, antes del ingreso a la cámara de admisión, de esta manera la mezcla con el aire se produce en este lugar, Ver **Figura N° 5.24**.

Es importante en los motores a inyección la presencia del Emulador, que es un dispositivo adicional que se instala y simula la señal de los inyectores durante el funcionamiento del motor con GLP. Otro elemento importante también es el Sensor Lambda o sensor de oxígeno, el cual se ubica en el sistema de escape del vehículo e interactúa con el computador por medio de señales eléctricas.



**Figura N° 5.24 Alimentación Del GLP en motores de inyección**

## **CAPITULO VI**

### **ANALISIS ECONÓMICO AMBIENTAL DE LA CONVERSIÓN**

#### **6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONVERSIÓN**

##### **6.1.1 Generalidades**

Uno de los factores que contribuye al incremento del GLP en la matriz energética de los combustibles es indudablemente el aumento del parque automotor que se viene dando en los últimos años y la diferencia de precios en los combustibles que se presenta en el mercado nacional. El precio para el GLP automotriz es aproximadamente 40% más barato que la gasolina de 90 octanos y esta diferencia se incrementa más aún si lo comparamos con la gasolina de 95 oct. (47%) y 97 oct., aunque esta última es de muy poco consumo en la zona, pero se puede lograr un ahorro del 60% si se utiliza esta última. Debo puntualizar que estos porcentajes solo son válidos para los precios de los combustibles en la zona de estudio, es decir, en el área de influencia de El Alto y alrededores y con los precios actuales.

Por otro lado, los fabricantes de los Kits de conversión afirman que hay un mayor rendimiento entre cambio y cambio del aceite lubricante del motor, entre 1.5 y 2 veces más que el de la gasolina, es decir si un vehículo gasolinero cambia aceite cada 3,000 Km, con un vehículo a GLP lo hará cada 4,500 a 6,000 Km. Haciendo cálculos en forma conservadora, se puede afirmar que se obtendrá como mínimo un beneficio del 33% a 50% en ahorro debido al menor cantidad de cambios de aceite de motor, y ello debido básicamente a la menor emisión de CO (monóxido de carbono que se manifiesta como carbonilla en el motor luego de la explosión en la cámara de combustión). Más adelante, en el punto 6.2, cuando se realicen los cálculos teóricos de la emisión de CO, se podrá comprobar si ésta afirmación se puede considerar como válida en un motor de combustión interna que utiliza al GLP como combustible alternativo. También es válido que para el caso de las bujías de vehículos que utilizan gasolina, la combustión dentro de la cámara produce carbón que se impregna en los electrodos, en el caso del GLP esto no sucede al producirse la combustión completa del combustible.

### **6.1.2 Consideraciones para el Cálculo**

Para realizar el análisis económico de la conversión de un vehículo gasolinera al sistema Dual, y solamente para efectos de cálculos, tomaremos como referencia base las siguientes

consideraciones, las mismas que serán válidas solamente para el presente Informe:

- Se utilizó siempre el mismo vehículo durante todo el período de prueba.
- Se hizo el mismo recorrido de la rutina de trabajo diario; incluye el recorrido de ida y vuelta desde Talara hacia El Alto y viceversa.
- Las mediciones de campo se realizaron en todo momento utilizando el mismo conductor.
- El vehículo realizó su recorrido siempre entre las horas 07:00 hrs. y 18:30 hrs. como máximo.
- El abastecimiento en todos los casos nocturno, y siempre de retorno a Talara, luego de la faena diaria, es decir, luego de las 18:30 hrs.
- Se incluyen los recorridos de sábados y domingos, aún cuando no son días de trabajo de rutina.
- Las mismas condiciones de carga en el vehículo, es decir, sin transportar peso.
- Siempre con uno o dos personas como máximo, en éste último caso, está incluido el conductor.
- Se utilizarán los precios de los combustibles a Feb 2009, tanto de la gasolina como del GLP, ofertados al público que hacen uso del Servicentro Triangulo de Oro.
- El precio promedio de un kit de conversión dual Gasolina-GLP oscila en el mercado entre 550 y 700 Dólares USA.

Asumiremos entonces que el precio del Kit de conversión es de 600 Dólares, en promedio, en razón de tratarse de un vehículo que funciona con inyección electrónica.

- Utilizaremos para las mediciones de recorrido y consumo de combustible, una camioneta de nuestra flota de marca Toyota, modelo pick up, de carrocería DC, año de fabricación 2005, para medir el rendimiento que se obtiene utilizando uno u otro combustible.

Por otro lado, por la experiencia de los diseñadores de los equipos duales y fabricantes de automóviles, se conoce que uno de los inconvenientes que presenta un vehículo al utilizar el GLP como combustible, está referida precisamente a la pérdida de potencia que experimenta el motor lo que se traduce en una menor eficiencia en su funcionamiento, en otras palabras, se puede afirmar que se obtiene menor rendimiento en el kilometraje por cada galón de GLP que es utilizado, lo cual vamos a tratar de corroborar con los resultados de la medición.

Luego de las pruebas de campo realizadas a lo largo de un mes, se resume en la **Tabla N° 6.1** el rendimiento obtenido utilizando GLP y G-95; se observa finalmente que existe una ligera diferencia de aproximadamente 10% en el rendimiento: 31 kph con GLP contra los 34 kph logrado por la G-95.



Esta información fue recopilada, procesada y analizada, como se mencionó anteriormente, en el lapso de 01 mes, tiempo que se hicieron las mediciones diarias y consecutivas teniendo en consideración las premisas mencionadas anteriormente.

**Tabla N° 6.1 Rendimiento G-95 - GLP**

Km	Recorrido	G-95	KM	Recorrido	GLP
125587			119013		
125881	294	9	119304	291	12.3
126318	437	11.5	119758	454	13.2
126675	357	10.9	120392	634	14.3
127041	366	11.2	120838	446	13.1
127468	427	11.5	121234	396	11.4
127776	308	9.3	121597	363	11.5
128180	404	12.3	122094	497	12.7
128576	396	12.4	122423	329	14.0
128924	348	11.5	122765	342	13.0
129283	359	11.9	123089	324	13.0
130566	754	22.9	123440	351	13.4
130825	270	7.7	123817	377	12.6
131184	359	9.9	124104	287	10.6
131563	379	10.7	124421	317	12.2
	<b>5458</b>	<b>163</b>		<b>5408</b>	<b>177</b>
	<b>Rendimiento</b>	<b>34</b>		<b>Rendimiento</b>	<b>31</b>

### 6.1.3 Cálculo del Ahorro Económico

Con esta información se obtuvo entonces, el siguiente resultado:

Costo del Kit de Conversión : 1860 Nuevos Soles (1 \$ = 3,10 N. Soles)

Costo Galón de Gasolina G-95 : 11,30 Nuevos Soles

Costo Galón GLP : 5,95 Nuevos Soles

Ahorro por Galón Combustible : 5,35 Nuevos Soles (- 47%)

Recorrido promedio diario : 180 Km/día

Es preciso indicar que solo la distancia entre Talara y El Alto es de 110 km.

Días laborados en el mes : 24 días

Kilometraje recorrido en el mes : 3960 Km /mes

Rendimiento promedio : 31 Km/gl GLP – 34 Km/gl G 95

Por lo tanto, se consume : 139 gl GLP/mes ó  
127 gl de G-95/mes

Ahorro mensual : 607 Nuevos Soles

Recupero de la Inversión : 3,1 meses

Es decir, que en el lapso de 3,1 meses, se paga totalmente el kit de conversión y a partir de allí se obtiene un ahorro sustancial logrado por el precio del combustible. Por lo tanto, si hacemos una simple operación matemática haciendo una proyección del ahorro que se puede lograr durante el primer año de uso, se estima que se obtendrá un ahorro aproximado de S/. 5399 Nuevos Soles, ó su equivalente a 1742 Dólares USA por vehículo, es decir, que con el

ahorro logrado en el primer año de conversión puede adquirirse dos Kits que están disponibles para ser instalados en otros vehículos.

Por otro lado, si tenemos en cuenta que nuestra flota vehicular compuesta por 45 camionetas que fueron adquiridas en el año 2005, y que llegaron con el kit dual instalado, se puede afirmar que son 04 años de uso permanente del GLP, y ello ha significado un gran ahorro por la diferencia de precios existentes entre ambos combustibles.

En Conclusión, podemos afirmar que solamente en el primer año de uso, por utilizar al GLP como combustible principal en nuestra flota, se obtuvo un ahorro en el rubro combustible de aproximadamente \$ 1742 US Dólares/ vehículo, 78369 US Dólares/flota, y en los 04 años de uso un monto equivalente a \$ 395368 US Dólares.

Actualmente existe una flota de camionetas compuesta por 65 unidades que pertenecen a las empresas contratistas que laboran en esta jurisdicción y muchas de ellas, por no decir todas, realizan el recorrido diario desde Talara – El Alto y viceversa, con el consecuente gasto por concepto de combustible que ello involucra.

Adicionalmente, si también se tiene en cuenta el ahorro que puede significar si logramos que otros usuarios logren en el corto tiempo, que el mercado local de consumo del GLP crezca en El Alto, se estaría logrando un cambio sustancial en la matriz energética local.

El resumen de estos cálculos se muestra en la **Tabla N° 6.2**.

**Tabla N° 6.2 Cálculo del ahorro flota propia**

<b>Combustible</b>	<b>G 95</b>	<b>GLP</b>
<b>Costo Kit de Conversión Dual (US \$ 600)</b>	1860	
<b>Costo Combustible (S/.)</b>	11.3	5.95
<b>Recorrido promedio /día (km)</b>	180	
<b>Días laborados / mes (días)</b>	24	
<b>Recorrido mensual (km)</b>	4320	
<b>Rendimiento promedio (km/gl)</b>	34	31
<b>Consumo de combustible (gl/mes)</b>	127	139
<b>Costo total por combustible (S/. /mes)</b>	1436	829
<b>Ahorro mensual (S/.)</b>	—	607
<b>Tiempo de recupero inversión (mes)</b>	3.1	
<b>Ahorro Anual 1er año (S/.)</b>	5399	
<b>Ahorro Anual 2do año hacia adelante (S/.)</b>	7279	
<b>Ahorro x Vehículo en 04 años (US \$)</b>	8786	
<b>Ahorro Flota Vehicular 45 camionetas (US \$)</b>	395368	

Para estimar este ahorro, al igual que el caso anterior, vamos a tener que asumir algunas consideraciones:

- Todos los vehículos recorren diariamente la ruta de 110 km (ida y vuelta) entre ambas ciudades, como mínimo.
- Se estima también un recorrido local adicional de 20 km
- El rendimiento de los vehículos es idéntico al calculado en nuestra flota, por tratarse en su mayoría de vehículos de la misma marca.
- Igualmente se asume que son 24 días laborados en el mes.
- No se consideran los recorridos de sábados y domingos.

Con todas estas consideraciones para tener los mismos criterios de cálculo, se estima un ahorro solo en el primer año, anual equivalente a \$ 402348 Dólares USA. El cálculo teórico se muestra en la **Tabla N° 6.3**.

Tabla N° 6.3 Cálculo del ahorro flota contratistas

Contratistas	Ahorro	
Costo Kit de Conversión Dual (US \$ 600)	1860	
Costo Combustible (S/.)	11.3	5.95
Recorrido promedio /día (km)	130	
Días laborados / mes (días)	24	
Recorrido mensual (km)	3120	
Rendimiento promedio (km/gal)	34	31
Consumo de combustible	92	101
Costo total por combustible	1037	599
Ahorro mensual		438
Tiempo de recupero inversión (meses)	4.2	
Ahorro Anual (N. Soles) 1er año	3417	
Ahorro Anual 2do año hacia adelante (S/.)	5257	
Ahorro x Vehículo en 04 años (US \$)	6190	
Ahorro Flota Vehicular 45 camionetas (US \$)	402348	

## 6.2 ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA CONVERSIÓN

### 6.2.1 Consideraciones

La combustión de un carburante en el cilindro de un motor de combustión interna es un proceso químico complejo, que varía de acuerdo a la composición, tipo y temperatura del combustible, y, de acuerdo a ello, la cantidad de las emisiones va variando en el tiempo.

Para efectuar el análisis teórico de los contaminantes ambientales que se generan luego de la combustión se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

Calcularemos primero las emisiones gaseosas al utilizar al GLP como combustible, teniendo en cuenta que se trata de un gas licuado y como tal se establece que se trata de un combustible líquido.

Luego calcularemos las emisiones gaseosas utilizando a la gasolina G-95, solamente por una cuestión de orden de ideas, de esta manera podremos saber la cantidad de contaminantes que se emite en cada caso.

- En ambos casos, utilizaremos, a manera de comprobación de las emisiones, un Analizador de Gases TESTO modelo 350, parecido al que se muestra en la **Figura N° 6.1**, para comprobar las emisiones del monóxido de carbono. Más información de estos equipos se encontrará en el Apéndice del Informe.



**Figura N° 6.1 Analizador de Gases TESTO modelo 350**

- Para efectos de cálculo, utilizaremos como referencia las fórmulas establecidas en el texto de M.S. Jovak, de la Editorial MIR, Motores de Combustión, traducción 1982, traducido por el Ing. Abelardo Ludeña.
- En razón de utilizar el mismo vehiculo, para efectos de calcular el comportamiento utilizando como combustible al GLP y la Gasolina 95, a continuación se indican las principales características del motor.

Así tenemos:

\* Potencia Nominal ( $N_e$ ) del motor  $aN_e = 80 \text{ Kw}$ ,  $n = 5200 \text{ rpm}$

\* Número de cilindros:  $i = 4$

\* Coeficiente de exceso de aire:  $\alpha = 0,98$  para G 95; 1 para GLP

### 6.2.2 Cálculo de las Emisiones Gaseosas del GLP

Composición del GLP automotriz (Propano 76% y Butano 24%) de acuerdo a la NTP 321.114:2001: "Gas Licuado de Petróleo (GLP) Requisitos para Uso Automotriz". Al ser una mezcla homogénea, está compuesto únicamente por átomos de Carbono e Hidrógeno. Como el GLP está compuesto en mayor proporción por Propano en un 76%, asumiremos para efectos de cálculos, que el GLP está compuesto únicamente por Propano, por lo tanto, la composición másica del combustible es el siguiente:

Carbono:  $36/44 = 0,818$



Hidrógeno:  $8/44 = 0,182$

### 6.2.2.1 Cantidad Teórica de aire

$$L_o = \frac{1}{0,21} \left\{ \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - O_c \right\}$$

Reemplazando valores tenemos lo siguiente:

$$L_o = \frac{1}{0,21} \left\{ \frac{0,818}{12} + \frac{0,182}{4} - 0 \right\}$$

$$L_o = 4,76 (0,1137) = 0,541 \text{ kmol}$$

### 6.2.2.2 Cálculo del CO y CO<sub>2</sub> Producto de la combustión

Se conoce que la combustión del GLP es un proceso químico totalmente limpio, prácticamente se puede afirmar que se trata de una combustión completa y que la generación del CO es mínima, inclusive se puede afirmar que es casi CERO. Esto se puede corroborar de manera experimental, obteniendo valores medidos directamente desde el tubo de escape del vehículo. Precisamente para asegurar tal afirmación, en la **Figura N° 6.2** se muestra la medición en campo realizado con un Analizador de Gases Testo 350, Serie 51817, de la empresa Ecolab SRL que permitió medir la emisión del Monóxido de carbono (CO) en la camioneta de prueba utilizando el GLP. En la pantalla se observa claramente en la primera línea, que la medición que corresponde al monóxido de carbono es CERO ppm. Por lo tanto, se puede concluir que la emisión de los contaminantes se reduce prácticamente a la emisión del CO<sub>2</sub>.



**Figura N° 6.2 Emisión del Monóxido de carbono (CO)  
utilizando GLP**

De acuerdo a ello utilizaremos la fórmula de M.S. Jovak para realizar el cálculo de estas emisiones. Tenemos entonces que por cada kilogramo de combustible GLP se emite lo siguiente:

$$M_{CO} = 0,42 \frac{(1 - 1)}{(1 + K)} (L_0) = \dots \dots \dots = 0,0 \text{ Kmol}$$

$$M_{CO_2} = \frac{C - M_{CO}}{12} = \frac{(0,818) - (0,0)}{12} = \dots \dots \dots = 0,0682 \text{ Kmol}$$

### **6.2.3 Cálculo de las Emisiones Gaseosas con G-95**

#### **6.2.3.1 Generalidades**

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos alifáticos derivados del petróleo. Las moléculas de la gasolina normalmente tienen

entre 7 y 11 átomos de carbón unidos a átomos de hidrógeno. Dentro de la mezcla de hidrocarburos que forman la gasolina podemos encontrar moléculas de diferentes tamaños como los heptanos (7 carbonos), octanos (8 carbonos), nonanos (9 carbonos), etc. La gasolina está formada en su mayoría por octano ya que este soporta grandes compresiones sin encenderse espontáneamente y por algunos otros compuestos como heptano que no resiste las compresiones de la misma manera. Una gasolina de 87 octanos se dice que tiene 87% de octano y 13 % de heptano u otros componentes, esta gasolina puede comprimirse hasta cierto nivel antes de encenderse espontáneamente y sólo debe ser usada en motores que no excedan esa razón de compresión.

Asumimos que la composición másica de la Gasolina 95 SP es:

Carbono = 0,855

Hidrogeno = 0,145

### 6.2.3.2 Cantidad Teórica de aire

$$L_o = \frac{1}{0,21} \left\{ \frac{C}{12} + \frac{H}{4} \cdot O_c \right\}$$

Reemplazando valores tenemos lo siguiente:

$$L_o = \frac{1}{0,21} \left\{ \frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \cdot 0 \right\}$$

$$L_o = 4,76 (0,1075) = 0,512 \text{ kmol}$$

### 6.2.3.3 Cálculo del CO y CO<sub>2</sub> Producto de la combustión

Sabemos que  $K = M_{H_2} / M_{CO_2}$ , y que esta relación de acuerdo a valores experimentales es un valor constante y no depende de  $\alpha$ . Entonces Para la relación H/C de 0,17 a 0,19, el valor de K varía de 0,45 a 0,5. Para nuestro caso H/C = 0,17, por lo tanto asumimos el valor de K= 0,45.

También se debe considerar el hecho que el cambio de combustible de GLP a G 95 es instantáneo, es decir, basta con mover desde el selector de combustible que se encuentra en el tablero del vehículo un botón y se activará automáticamente la alimentación de la gasolina. Por ese motivo, el vehículo se adecua a los requerimientos con la regulación aire/combustible que mantenía con el GLP.

Por lo tanto, solamente para efectos de cálculo utilizaremos un valor de  $\alpha$  muy cercano a 1. Ello obedece a que durante las pruebas prácticas con el medidor multigas, precisamente se obtienen valores de emisión de CO bastante bajas, como puede observarse en la **Figura N° 6.3**, por lo que se concluye que se produce una combustión incompleta.



**Figura N° 6.3 Emisión del Monóxido de carbono (CO)  
utilizando G-95**

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, asumiremos entonces un valor de  $\alpha$  igual a 0,99. Tenemos entonces lo siguiente:

$$M_{CO} = \frac{0,42 (1 - \alpha) (L_o)}{(1 + K)} = \frac{0,42 (1 - 0,99) (0,512)}{(1 + 0,45)} = 0,0015 \text{ kmol}$$

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} - M_{CO} = \frac{(0,855)}{12} - (0,0015) = 0,0689 \text{ kmol}$$

#### **6.2.4 Ventajas Ambientales por Uso del GLP**

Calcularemos la emisión de CO<sub>2</sub> y de CO para ambos escenarios, es decir, utilizando GLP y G-95, los principales contaminantes que se emiten al quemar ambos combustibles.

#### 1.2.4.1 *Cuantificación del CO y CO<sub>2</sub> utilizando GLP*

Los cálculos teóricos realizados al utilizar GLP indica que como resultado de la combustión, únicamente se emite a la atmósfera 0,0682 kmol de CO<sub>2</sub> (ver ítem 6.2.3.3) por cada kg de GLP quemado.

- Si utilizamos la información de la Tabla N° 19, tenemos entonces que mensualmente 01 camioneta consume 139 galones de GLP, por lo tanto, en el año consume la cantidad de 1668 galones.
- Por otro lado, si nuestra flota vehicular está compuesta por 45 unidades, entonces el consumo anual de GLP de la flota será de 75060 galones de GLP. Por lo tanto, en 04 años de uso, se consumió un total de 300240 galones de GLP.
- Sabemos que 1 m<sup>3</sup> equivalen a 264,18 galones US y que el peso específico del GLP es 0,54 kg/l o su equivalente de 540 kg/m<sup>3</sup>, entonces la flota de camionetas consumió en 04 años, un total de 613440 kg de GLP.
- Por otro lado sabemos que 01 mol de CO<sub>2</sub> pesa 44 gr, entonces, si hacemos la conversión a kmol, tendremos que 01 kmol de CO<sub>2</sub> pesa 44 kg, por lo tanto, 0,0682 kmol equivalen a 3,0 kg de CO<sub>2</sub> que se genera y emiten a la atmósfera por cada kg de GLP que se consume por camioneta.
- Finalmente, si por cada kg de GLP utilizado se generan 3 kg de CO<sub>2</sub>, entonces, la flota vehicular durante 04 años ha emitido **1840 TM de CO<sub>2</sub>**.

#### 6.2.4.2 **Cuantificación del CO y CO<sub>2</sub> utilizando G-95**

Los cálculos teóricos realizados al utilizar G-95 indica que como resultado de la combustión, se emite a la atmósfera 0,0015 kmol de CO y 0,0689 kmol de CO<sub>2</sub> (ver ítem 6.2.3.3).

- Si utilizamos la información de la Tabla N° 19, tenemos entonces que mensualmente 01 camioneta consume 127 galones de G-95, por lo tanto, en el año consume la cantidad de 1524 galones.
- Por otro lado, si nuestra flota vehicular está compuesta por 45 unidades, entonces el consumo anual de G-95 de la flota hubiese sido de 68580 galones de G-95. Por lo tanto, en 04 años de uso, se hubiese consumido un total de 274320 galones de G-95.
- Sabemos que 1 m<sup>3</sup> equivalen a 264,18 galones US y que el peso específico de la G-95 varía entre 0,73 y 0,76, por lo tanto asumiremos que es de 0,75 o su equivalente de 750 kg/m<sup>3</sup>, entonces la flota de camionetas consumió en 04 años, un total de 778500 kg de G-95.
- Por otro lado sabemos que 01 mol de CO<sub>2</sub> pesa 44 gr, entonces, si hacemos la conversión a kmol, tendremos que 01 kmol de CO<sub>2</sub> pesa 44 kg, por lo tanto, 0,0689 kmol equivalen a 3,03 kg de CO<sub>2</sub> que se genera y emiten a la atmósfera por cada kg de G-95 que se consume por camioneta.

- Finalmente, si por cada kg de G-95 utilizado se generan 3,03 kg de CO<sub>2</sub>, entonces, la flota vehicular durante 04 años hubiese emitido **2359 TM de CO<sub>2</sub>**.
- Por otro lado, al consumir G-95 también se emite 0,0015 kmol de CO. Si cada mol de CO pesa 28 gr se deduce entonces que cada Kmol de CO pesará 28 kg, por lo tanto, la emisión de CO equivale a generar 0,04 kg de CO por cada KG de G-95 consumido.
- Entonces, la flota vehicular durante 04 años hubiese generado el equivalente a **31 TM de CO**.

De acuerdo a los cálculos realizados y resultados obtenidos, finalmente se concluye que el uso del GLP como combustible alternativo trae consigo una menor emisión de contaminantes como son el CO<sub>2</sub> y el CO, por esta razón es considerado un combustible limpio.

La flota vehicular en 04 años de uso ha dejado de emitir 519 Toneladas de CO<sub>2</sub> y 31 Toneladas de CO, lo que finalmente ha contribuido a conservar la calidad de aire que se respira en la zona.



## CONCLUSIONES

Las Principales Conclusiones que son consecuencia del Informe son:

- 1.- La recuperación de la inversión en el costo del Kit de conversión Dual tiene un retomo muy rápido, en apenas 3 meses, luego del cual se transforma en ahorro. A mayor recorrido más rápido será el retomo de la inversión.
- 2.- El tiempo de recuperación de la inversión es directamente proporcional al recorrido promedio mensual del vehículo; a mayor recorrido, la inversión se recupera en menor tiempo.
- 3.- Se demuestra que la emisión de CO<sub>2</sub> disminuye con el cambio de combustible ayudando de esta forma a preservar el medio ambiente por tratarse de un contaminante que influye directamente en el efecto invernadero.
- 4.- Se minimiza la emisión de CO (menos carbonilla) por tratarse de una combustión completa y limpia, por lo tanto las condiciones de lubricación del aceite, extendiendo consecuentemente la vida útil del motor.

- 5.- La flota vehicular tiene un promedio actual de recorrido que bordea los 200000 km y hasta la fecha ningún vehículo ha presentado fallas por consumo de aceite ni realizado trabajos de descarbonización ni cambio de anillos.
- 6.- Utilizando el kit de conversión dual se obtiene una mayor autonomía del vehículo, vale decir, una vez convertido al sistema Dual, se puede utilizar la gasolina y el GLP, incrementando de esta manera el kilometraje recorrido sin detener el vehículo para abastecer.
- 7.- Con los precios actuales de los combustibles de la zona, se obtiene un ahorro del 47% respecto a la Gasolina G-95 al utilizar el GLP.
- 8.- La capacidad de carga del vehículo no se ve afectada por el poco peso del equipo, con la ventaja que se acomoda fácilmente en la parte posterior de la tolva, en el caso de una camioneta, o en el maletero para el caso de los autos.
- 9.- El Servicio de abastecimiento del GLP está garantizado por contar, por ahora, con el único Servicentro de GLP de la zona y tener la Refinería de Talara a tan solo 55 km de distancia y la Planta envasadora de Sol Gas en la misma ciudad.
- 10.- Hoy, existe un mercado potencial de 65 vehículos por implementar el Sistema Dual en las distintas empresas contratistas que laboran en los alrededores de El Alto, y de 97 unidades que utilizan el combustible diesel

los mismos que conforme cumplan su ciclo de vida, podrían ser reemplazados por vehículos a gasolina pasando a ser los futuros consumidores de GLP.

- 11.- El uso de los vehículos es básicamente para el transporte de personas más no para el traslado de cargas, por lo tanto, la pérdida de potencia pasa desapercibida durante el funcionamiento del vehículo.
- 12.- En el mercado existe una gran variedad de marcas y modelos de Kit de conversión que se adaptan fácilmente a cualquier vehículo.
- 14.- Igualmente encontramos cada vez mayor cantidad de talleres y concesionarios que ofrecen mano de obra calificada para la conversión, inspección y reparación del sistema de GLP.
- 15.- También encontramos en el mercado nacional, vehículos que vienen desde fábrica con el sistema de GLP incorporado adicional al circuito de gasolina.
- 16.- A nivel nacional existe una cadena grande de Servicentros que abastecen de GLP, instalándose en su mayoría a lo largo de toda la carretera panamericana y en todos los departamentos de la costa peruana, existiendo también en ciudades de la sierra y selva, lo que permitirá el uso de los vehículos convertidos en más lugares.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Previa a la conversión se debe realizar una evaluación para determinar el estado mecánico del motor, de esta forma garantizamos que no haya fugas del GLP debido al desgaste de los componentes del mismo.
- 2.- Igualmente es importante una revisión del sistema eléctrico debido a que muchos de los componentes se conectan al sistema del vehículo, por lo tanto es importante garantizar su buen estado.
- 3.- Difundir los resultados del presente Informe a los Gerentes de las contratistas que están instalados en el centro poblado de El Alto para que conozcan las bondades del GLP y los beneficios que se obtienen.
- 4.- Cumplir con las recomendaciones del fabricante en cuanto al cumplimiento del mantenimiento preventivo del vehículo, para garantizar la vida útil del mismo y evitar el deterioro prematuro de los componentes del motor.
- 5.- Entre las alternativas de modelos de conversión Dual que se ofrecen en el mercado, elegir el modelo que trae consigo el conmutador de arranque

automático en GLP, para minimizar al máximo el consumo de la gasolina, de allí la razón de optar por el uso del sistema Dual.

- 6.- Siempre buscar los Centros Técnicos autorizados que nos garanticen mano de obra calificada y por ende una buena conversión y calidad del servicio. Es importante el servicio post-venta que ofrezcan estos concesionarios, especialmente para que garanticen un stock garantizado de repuestos necesarios para el mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Revista GLPPERU, Edición 1 – Octubre 2007. Grupo PERU ENERGÍA
- 2.- Motores de Automóvil, Editorial MIR, Edición 1982. Autor M.S. Jovak.
- 3.- Manual de Información Técnica Motor GLP S.A. Edición 2006.
- 4.- Manual de Instalación GLP, Lovato Auto Gas Edición 2006.
- 5.- Seminario de Motores de Combustión Interna, U.N.I. Edición 2002
- 6.- Página web de OSINERGMIN: [www.osinerg.gob.pe](http://www.osinerg.gob.pe)
- 7.- Página web de PERUPETRO: [www.perupetro.com.pe](http://www.perupetro.com.pe)
- 8.- Página web: [www.textoscientificos.com/energía/combustibles/gaseosos](http://www.textoscientificos.com/energía/combustibles/gaseosos)
9. Página web: [www.textoscientificos.com/energia/quimica/combustion](http://www.textoscientificos.com/energia/quimica/combustion)
- 10.- Página web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Mol>
- 11.- Tesis de Grado: “Evaluación Experimental de los Índices de Economía y ecología de los Motores de Encendido por chispa trabajando con GLP” de Bernabé Alberto Tarazona Bermudez – 1999
- 12.- Informe de Suficiencia: “Cálculo Térmico de los Motores de Encendido por Chispa a Gás” de Vicente Flores Acuña - 2006

# APENDICE

## **APENDICE**

### **INFORMACIÓN DE INTERÉS GENERAL**

#### **1.- Normas Generales de Instalación**

La instalación y montaje de todos los elementos descritos anteriormente es relativamente sencillos. No obstante, se deben tener siempre presentes una serie de consideraciones que facilitarán los trabajos de montaje y permitirán realizar una instalación correcta y segura de todo el equipo.

##### **1.1 Del Depósito de GLP**

El depósito de GLP se instala, normalmente en la parte posterior de la tolva inmediatamente detrás de la cabina para el caso de camionetas, y en el maletero del vehículo para el caso de los automóviles. Generalmente suele ir montado sobre cunas o soportes preparados especialmente para tal efecto. En su instalación se debe tener siempre presente lo siguiente:

- La posición del depósito en la tolva o en el maletero debe dejar libre el máximo espacio disponible posible.
- El depósito debe quedar sólidamente sujeto a la chapa estructural de la tolva o del maletero. Es muy importante que, al situar los soportes, el depósito se apoye en el fondo y en la parte trasera de la tolva ó el



respaldo de los asientos posteriores, para evitar su desplazamiento en el caso de una frenada brusca.

- Debe ser accesible para la operación de llenado del GLP.
- Siempre debe llevar la caja estanca para la protección de las válvulas y posibles fugas de gas.
- En el caso de los automóviles, la tubería de cobre debe estar cubierta en todo el recorrido desde la caja estanca al exterior del maletero, por un tubo de plástico flexible para que, en el caso de producirse una fuga, el gas salga directamente al exterior y no se quede en la maletera.

## **1.2 De la Tubería de Cobre**

Esta tubería, es por donde circula el GLP desde el depósito al habitáculo del motor, y debe instalarse teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Debe ser de una sola pieza, sin soldaduras ni empalmes.
- Debe ir recubierta en toda su longitud por una funda de plástico.
- Con objeto de evitar su deterioro a consecuencia de las vibraciones del motor, recomendamos hacer un pequeño “serpentín” antes de la conexión con la válvula electromagnética de GLP.
- Siempre que la tubería de cobre atraviese la chapa del vehículo, se debe proteger con un protector de jebe adecuado.
- Por último al instalar la tubería de cobre por debajo del vehículo, se deben observar las siguientes normas:

1° Instalarla por las zonas por donde vaya más protegida.

2° Sujetarla con grapas adecuadas, cada 40 cm. como máximo.

### 1.3 De la Maletera

Para la instalación del depósito de GLP en autos, se debe acondicionar el maletero como se indica en la **Figura N° A.1**.

Además, por si por alguna circunstancia se produjese una pequeña fuga de gas, el maletero debe estar provisto de dos pequeños agujeros, de unos 20 mm. de diámetro, a ambos lados del piso del maletero, para que facilite la evacuación del gas.

Es necesario informar al conductor del vehículo que debe procurar que estos agujeros de ventilación no queden nunca tapados con maletas, bolsas, cajas o cualquier otro tipo de bulto que impidan la evacuación del gas.

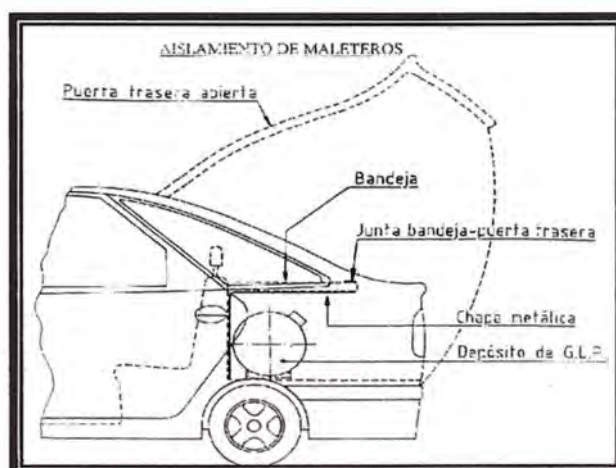


Figura N° A.1

#### **1.4 Del Compartimiento del Motor**

En el compartimiento del motor van instalados todos los elementos de la instalación de GLP, a excepción del depósito y del conmutador.

Las consideraciones a tener en cuenta son:

- **Válvula Electromagnética de GLP:** Va unida al evaporador por medio de una conexión que se rosca directamente a la salida de la válvula. En el orificio de entrada se conecta la tubería de cobre que viene del depósito de GLP.
- **Evaporador:** Debe de sujetarse firmemente a la brida que lo soporta y ésta, a su vez, a la chapa del habitáculo del motor, procurando que los sistemas de reglaje del evaporador queden en una posición favorable para su regulación.
- **Al instalar las tuberías de agua caliente,** siempre es muy importante comprobar que tengan circulación de agua, procurando que no formen bolsas de aire, y evitando instalarlo en un nivel superior al del radiador.
- **Unidad de Mezcla:** Al efectuar el montaje de la unidad de mezcla se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:
  - 1° Si se desmonta el carburador, se debe dejar los reglajes igual a los que traía originalmente.
  - 2° Asegurarse que, al momento de instalar las juntas de la unidad de mezcla, no quede tapado ningún conducto del carburador.
  - 3° Cuando exista una toma para respiradero del aceite, ésta no debe quedar nunca entre la unidad de mezcla y el carburador, sino antes de la unidad de mezcla.

- 4° No dejar por ningún motivo, ninguna entrada de aire abierto.
  - 5° Una vez montada la unidad de mezcla, comprobar que el motor funciona en gasolina exactamente igual que antes de haberla montado.
- Instalación Eléctrica: Se deben tener presente lo siguiente:
    - 1° Comprobar que el punto donde tomamos la corriente para el interruptor no la pierda en ningún momento.
    - 2° Hacer siempre la toma de corriente a través de la llave de contacto para que, una vez se quite ésta, se quede sin corriente la válvula electromagnética.
  - Consideraciones Finales:
    - 1° En todos los motores de inyección, la toma de la válvula de mínimo original del vehículo se debe conectar siempre entre la toma de gas del evaporador y la mariposa del acelerador. Para poder realizar este tipo de instalación, se suministra con el equipo un mezclador con dos tomas.
    - 2° Se debe tener en cuenta que el GLP carece de plomo, por lo que no perjudica en absoluto su instalación en vehículos provistos de catalizador.
    - 3° En los motores de carburación, para tener el carburador en perfectas condiciones de uso, se recomienda hacer funcionar el motor con gasolina una vez a la semana, durante un corto tiempo para que se humedezca el carburador y se limpien los pasos calibrados.

## **2.- La Regulación y Puesta a Punto**

Una vez efectuada la instalación de todos los aparatos de GLP y realizadas todas las conexiones eléctricas, es necesario proceder a la regulación y puesta a punto del motor, para que funcione correctamente en GLP. Esta regulación varía según que el motor sea de carburación o de inyección.

## **2.1 Regulación de Ralentí**

- o Poner el motor en marcha con el conmutador en posición gasolina y regular su régimen de vueltas con los reglajes del carburador, procurando siempre que quede un 10% más alto de lo normal.
- o Poner el conmutador en posición neutra y agotar completamente la gasolina existente en el carburador. Cuando se empieza a notar cierta irregularidad en la marcha del motor, poner el conmutador en posición GLP y regular el evaporador con la aguja de regulación de ralentí.
- o Este reglaje se debe realizar siempre que el motor lo pida, es decir, al cambiar el filtro del aire, al hacer una puesta a punto, etc.

## **2.2 Regulación de Alta**

- Una vez regulado el ralentí, la regulación de la alta se consigue actuando sobre el tornillo del dispositivo de salida de GLP , cerrando o abriendo la salida del gas del evaporador.
- Si se quiere realizar un reglaje "a priori" y sin necesidad de probar el vehículo, se actuará de la siguiente manera:
  - 1° Con el vehículo detenido y motor en marcha, se aprieta el tornillo del dispositivo de salida de GLP hasta el fondo (enroscar todo el

tomillo). A continuación manteniendo el motor acelerado, se va abriendo dicho tomillo poco a poco comprobando que, a cada vuelta que abrimos el tomillo y sin modificar la aceleración, sube el número de revoluciones del motor.

2° En el punto en el que conseguimos que al acelerar, el motor suba a 4 000 ó 5 000 r.p.m. de forma fácil y rápida, contamos el número de vueltas que hemos abierto del dispositivo de GLP, cerrándolo.

3° Abriendo de nuevo este tomillo, el doble de vueltas que hemos contado al cerrarlo anteriormente, el vehículo responderá en movimiento y con carga, de la misma forma que lo hizo en vacío. En lo sucesivo, tanto los reglajes de alta, como los de ralentí, se deben ir realizando periódicamente, según el funcionamiento del vehículo.

### **3.- El Mantenimiento**

Aunque, por la descripción que se ha hecho de las partes que integran el equipo de GLP y de todos los elementos que componen su instalación, pueda parecer que su mantenimiento será complicado, no lo es en absoluto.

No obstante, debido a las duras condiciones de trabajo en las que tiene que funcionar, es necesario un mínimo de cuidados a realizar periódicamente, para conseguir un buen resultado en el funcionamiento de la instalación.

A continuación damos una serie de instrucciones para conseguir mantener la instalación y sus componentes en perfecto estado de funcionamiento.

### **3.1 Compartimiento Depósito de GLP**

Esta parte de la instalación no requiere un mantenimiento específico, ya que la calidad de sus componentes y la sencillez de sus mecanismos lo hace innecesario. Pero sí es aconsejable que, al menos una vez al año, se hagan las siguientes comprobaciones:

- 1° Asegurarse de que el depósito de GLP se mantiene fijo en su emplazamiento y conserva la pintura en buen estado.
- 2° Con todas las válvulas abiertas, impregnar de agua jabonosa las válvulas y el indicador de nivel y comprobar que no existe la más mínima fuga de gas en su conexión con el depósito ni por ninguna otra parte.
- 3° Comprobar que el tubo de plástico negro que sale de la caja estanca no está roto, ni ha sido dañado por algún bulto o equipaje.
- 4° Limpiar los tubos de ventilación del maletero de posibles residuos de suciedad que se haya depositado en su interior.

### **3.2 Válvula Electromagnética de GLP**

El mantenimiento de esta válvula es mínimo. Únicamente se debe sustituir el filtro del gas cada vez que se obstruya. La sintomatología que presenta cuando se requiere cambiarlo, es la pérdida de potencia del motor, muy notorio especialmente en las subidas pronunciadas o largas, se siente que el motor "no jala" y requiere de ir a otra marcha. Esta válvula tiene en el extremo superior una manivela con la cual también puede cerrarse por completo en forma manual ante la eventualidad de presentarse una fuga por la línea de alimentación más baja.

### **3.3 Evaporador**

Este aparato es el "corazón" de toda la instalación del equipo de GLP, y de su buen estado depende el correcto funcionamiento del vehículo. Por lo tanto se debe prestar el máximo cuidado a su mantenimiento. Sin embargo, no existe un tiempo, ni una cantidad de kilómetros recorridos, que puedan servir de indicador para realizar un mantenimiento periódico, ya que ha habido evaporadores que han funcionado, correctamente e ininterrumpidamente, más de 200.000 Km y otros que a los 60.000 Km., ya ha habido que limpiarlos.

El origen de estas diferencias se encuentra en la calidad del GLP utilizado, ya que este combustible, en función de su composición y de la proporción de sus mezclas, va depositando una serie de



residuos grasientos en el interior del evaporador que terminan por dificultar el correcto funcionamiento de este aparato.

Los síntomas más importantes que indican una excesiva suciedad en el evaporador-regulador son los siguientes:

- Comportamiento extraño en su funcionamiento.
- Falta de potencia del motor en las máximas exigencias.
- Dificultad para mantener el reglaje de mínimo.
- En estos casos se debe abrir el evaporador, para efectuar la limpieza de accesorios internos.

#### **3.4 Unidad de Mezcla**

Comprobar, una vez al año, como máximo, que los tornillos de fijación están bien apretados y que los orificios de distribución de gas del dosificador están limpios.

#### **3.5 Revisión General**

Además de todo lo expuesto anteriormente, con carácter general y cada 10.000 Km., se debe realizar las siguientes comprobaciones:

- Con el motor en marcha, y utilizando agua jabonosa, realizar una comprobación de fugas en todas las conexiones de gas del compartimiento motor.
- Limpiar filtro de aire del motor cada 5.000 kms y reemplazar según Manual del fabricante.

- Comprobar el estado del tubo de gas que va protegido con una malla metálica y sus abrazaderas; así como los tubos de goma del agua caliente del evaporador.
- Verificar el estado de la tubería de cobre y de su anclaje en el chasis del vehículo.
- Comprobar el estado de las conexiones eléctricas y del equipo en general.

#### **4.- Problemas de Funcionamiento**

En general cuando se ha efectuado una buena regulación, una correcta puesta a punto, y se realiza un periódico y adecuado mantenimiento, no se producen problemas de funcionamiento en el equipo de GLP.

No obstante, y dado que toda instalación es susceptible de tener algún tipo de avería, indicamos las posibles anomalías que se pueden llegar a producir y su probable origen:

**4.1 Arranque Deficiente**, cuando el arranque en gasolina es correcto, pero en GLP es deficiente, las causas pueden ser las siguientes:

- No llega gas al evaporador-regulador. En cuyo caso se debe comprobar que la alimentación eléctrica del equipo está tomada desde un punto tal que, con el contacto dado, siempre tenga corriente y no la pierda al accionar el arranque, ya que si no llega corriente a la válvula electromagnética de GLP, ésta permanecerá cerrada y no dejará pasar el gas evaporador-regulador y el motor no arrancará.

- Excesiva resistencia en el circuito de alta del encendido (bujías algo abiertas, cables, supresores, etc.). En este caso se debe revisar el funcionamiento de todo el dispositivo de arranque del sistema de GLP.
- Acumulación de gas en el evaporador. Si internamente no cierra herméticamente el paso del gas (por suciedad en el asiento, o por envejecimiento del material), cuando el motor está parado, el gas pasa a la segunda cámara del evaporador, donde se acumula. Esto puede impedir el arranque del motor. Se debe desmontar la tapa del evaporador y limpiar o sustituir, según sea necesario.
- Caída de tensión en la alimentación de la bobina, cuando se acciona el motor de arranque, por defecto en la batería, en el motor de arranque, en las conexiones, etc. Revisar la carga de la batería y examinar el estado de los cables de las bujías y de las conexiones.

**4.2 Fallos y tirones intermitentes**, cuando los fallos y tirones se producen al estar el motor al ralentí, o al iniciar la marcha, de 900 a 1500 r.p.m., se debe a una mezcla pobre. En este caso se debe proceder a modificar la regulación de la siguiente forma:

- Giramos la aguja de regulación de ralentí en el sentido de las agujas del reloj. Con este movimiento avanzamos la posición de la aguja y empobrecemos el gas de la mezcla. Y si el motor lo admite, marcha bien. Pero si con esta regulación seguimos

teniendo fallo en la salida, procederemos del modo contrario, es decir, giramos la aguja en sentido opuesto, sacándola y aumentando el gas de la mezcla. Así eliminaremos el fallo.

- Regularemos el dispositivo de amortiguación del evaporador, constituido por el disco giratorio 16. Para tener acceso a este disco, se debe quitar el tapón de registro, situado en la parte frontal superior izquierda, y hacer girar el disco, poniendo siempre un orificio de menor diámetro que el que tenía puesto hasta ese momento, incluso hasta llegar al 0, que también es una posición válida.
- También se producen fallos debido a problemas en el encendido. Por ello aconsejamos sobre todo, revisar las bujías. Incluso existe la posibilidad de que produzcan fallos si penetra algo de gasolina en el carburador, mientras el motor está funcionando con gas. Esta gasolina puede penetrar por el tubo de sobrante del carburador. Y, en este caso, habría que instalar una válvula antiretorno en el tubo, o condenarlo.

#### **4.3 Consumo Elevado de GLP,** cuando un consumo excesivo de gas puede tener su origen en las siguientes causas:

- El filtro de aire sucio, o que la toma de aire tenga algún objeto que dificulte la suficiente entrada del mismo. Aconsejamos que la tapa del filtro del aire esté permanentemente en posición "invierno", siempre que el funcionamiento del motor lo admita.

En los motores de inyección no se debe tocar la entrada de aire.

- Caudal de gas pobre. Esta circunstancia obliga al conductor a forzar las marchas, utilizando marchas más cortas que las que corresponderían. Es importante tener en cuenta que el motor debe tener una potencia similar, tanto en gasolina como en gas.
- Otras causas de consumo excesivo pueden ser: árbol de levas gastado, poca compresión en uno o más cilindros, excesiva resistencia en circuito de alta, conexiones y cables de bujías en mal estado, etc.

Como se puede comprobar por todo lo expuesto anteriormente, cuando el motor funciona a gas, se detecta cualquier pequeña anomalía que, con gasolina, pasaría prácticamente desapercibida. Y esto es lo que, la mayoría de las veces, ocasiona averías importantes y reparaciones costosas.

Se debe tener en cuenta que la combustión del gas es tan limpia que no se puede apreciar, por el color de las bujías, la calidad de la mezcla de combustión. Las bujías siempre tendrán un color aceptable, aunque estén defectuosas y fallen.

Por último les recordamos que, lo mismo sucede con la gasolina, el motor funciona peor cuando está frío. Y sólo cuando alcanza una temperatura de 80 a 90°C, y la gasificación del GLP es la adecuada, el consumo es el ideal.

## **5.- Medidas de Seguridad**

El gas que se encuentra en el depósito de GLP, en la tubería de cobre y en los elementos que constituyen una instalación estanca, no puede salir sin la intervención del conductor, que maneja y controla el vehículo. Cuando el conductor abre la válvula de alimentación del depósito y pone el motor en marcha, la válvula electromagnética de GLP se abre y deja pasar el gas al evaporador, que lo gasifica y permite que se dirija al carburador. Y cuando el conductor para el motor, se vuelve a cerrar la válvula electromagnética y el gas deja salir, permaneciendo en el interior de la instalación estanca.

Pero, ¿qué ocurre si el depósito, la tubería de cobre o la válvula electromagnética pierden su estanqueidad?. Pues se produce una fuga y el gas sale al exterior. Cuando la fuga es pequeña y existe algo de viento, o el vehículo está en marcha, el gas se diluye en el aire en concentraciones muy débiles y sin ningún peligro. Pero si, por el contrario, la fuga es grande, el vehículo se encuentra parado y el aire permanece en calma, puede ocurrir cualquiera de estas dos cosas:

- 1° Que exista un punto de fuego cerca y el gas se inflame cuando entra en contacto y se forme una llama.
- 2° Que no exista ningún punto de fuego o chispa en su proximidad y el gas se vaya acumulando.

En el segundo caso, se puede llegar a formar una bolsa de gas que, mezclada en una determinada proporción con el aire, y puesta en contacto con un punto de ignición más o menos alejado, reaccione con una violenta explosión capaz de provocar daños importantes. Por lo tanto, se deben extremar las precauciones a tomar cuando se detecte una fuga de gas. Y lo mismo ocurrirá cuando se vaya a efectuar la reparación de un vehículo provisto de una instalación de GLP. Y dado que no existen unas normas específicas para los talleres o locales donde se vayan a realizar este tipo de reparaciones, indicamos a continuación una serie de consejos a seguir cuando se vaya a proceder a la reparación de la instalación de GLP de uno de estos vehículos:

- Situar el vehículo en una zona bien ventilada, es decir, que exista entrada y salida de aire que permita la dilución del GLP en el ambiente.
- Asegurarse que todas las válvulas del depósito de GLP están bien cerradas y herméticas.
- De ser posible colocar un extintor de polvo seco de CO<sub>2</sub>, en las proximidades del vehículo a reparar y fácilmente accesible.
- Situar carteles de "PROHIBIDO FUMAR", de tamaño bien visible en los laterales del vehículo a reparar.
- Poner el vehículo en marcha para que se consuma todo el gas que exista en la tubería de cobre y en los aparatos.
- Se debe tener también en cuenta que en las proximidades de la zona de reparación no debe existir ningún tipo de foso ni

sumidero. Y, si existiese, se debe tapar herméticamente mientras dura la reparación.

- Una vez realizada la reparación, se debe hacer la prueba de estanqueidad. Para ello, hay que abrir la válvula de alimentación del depósito de GLP y poner el motor del vehículo en marcha durante unos segundos.
- Después de apagar el motor, comprobar la estanqueidad de todas aquellas conexiones y aparatos manipulados, por medio de agua jabonosa.
- Si existiese alguna fuga de gas, por pequeña que sea, se detectaría por la formación de pompas o burbujas de aire. En este caso, eliminar todas la fugas que se presenten.
- Recomendamos la máxima precaución en la manipulación del GLP, ya que se debe recordar que estos gases tienen un gran poder de evaporación (hierven) en la atmósfera, por lo que, si un poco de líquido entra en contacto con una parte del cuerpo, se pueden producir en esa zona "quemaduras".