

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DE  
COMPRESOR ASPRO MODELO IODM 115/3/19 PARA  
GAS NATURAL VEHICULAR EN UNA ESTACIÓN DE  
SERVICIO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**JHON MOISÉS LIVIAC CALDERÓN**

**PROMOCION 2010-I**

**LIMA-PERU**

**2012**

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mi familia que son la inspiración de cada una mis acciones.

## ÍNDICE

### PRÓLOGO

### CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo .....	5
1.2. Antecedentes .....	7
1.2.1. Inicio del Gas Natural en el Perú .....	7
El Proyecto Camisea .....	7
Composición del Gas Natural en Camisea .....	9
Exportación .....	9
Distribución en Lima .....	10
1.2.2. Estaciones de Servicio – Grifo. ....	11
Normatividad Asociada .....	14
1.2.3. Flujo de Gas Natural desde el City Gate hasta el vehículo. ....	17

### CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Conceptos .....	19
2.1.1. Hidrocarburos .....	19
2.1.2. Gas Natural .....	20
2.1.3. ASPRO .....	25
2.2. Conceptos Científicos .....	27
2.2.1. Primer Principio Fundamental de la Termodinámica .....	27
2.2.2. Segundo Principio Fundamental de la Termodinámica .....	27
2.2.3. Algunas leyes de los Gases .....	27
2.2.4. Ley General de los Gases .....	29
Compresibilidad .....	30
Compresión del Aire .....	30
Etapas de compresión .....	31
Refrigeración Intermedia .....	32
2.2. Compresor .....	32
2.2.1. Tipos Básicos de Compresores .....	34
2.2.2. Compresores de Tipo Alternativos .....	35
2.3. Resumen de Conceptos .....	35

### CAPITULO III: NORMATIVIDAD DEL GNV EN PERÚ

### CAPITULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Concepto de Metodología .....	41
4.1.1. Tipos de Metodología .....	42
4.2. Concepto de Investigación .....	42
4.2.1. Tipos de Investigación .....	42
4.3. Tipos de compresores para GNV en Perú .....	44
4.4. Normatividad asociada a la puesta en marcha .....	45
4.5. Puesta en marcha .....	47
4.5.1. Precauciones previas .....	47
4.5.2. Instalación .....	49
4.5.3. Pruebas y Puesta en Marcha .....	53
4.6. Costos .....	70
Conclusiones .....	71
Bibliografía .....	74

Planos.

Apéndice.

## PRÓLOGO

Al iniciarme en el ámbito laboral el año del 2007 el gas natural era todavía un tema novedoso para el común de los peruanos. Es decir, como concepto y noción teórica existía en nuestros claustros académicos, sin embargo eran muy pocos los que estaban familiarizados con el aspecto práctico del mismo.

Muchos ingenieros viajaron a países donde el gas natural ya tenía mucho tiempo de uso como Argentina, Colombia, Brasil en América Latina o Italia por citar algunos de ellos. Con el correr del tiempo mucho de este conocimiento era trasladado hacia nuestro país en la medida en que avanzábamos con el desarrollo a nivel industrial y domiciliario. Aún en el día de hoy hay mucho por aprender ya que a medida que continuamos creciendo nos vamos encontrando con situaciones distintas y particulares propias.

Dentro de las situaciones particulares están los temas técnicos como la cromatografía<sup>1</sup> del gas, al inicio de la distribución del gas en estaciones de servicio o gasocentros; comúnmente llamados grifos <sup>2</sup> se presentaba el problema del gas sucio<sup>3</sup> esto pudo deberse a muchos factores, no es interés del presente trabajo ahondar en el origen de este problema pero si rescatar el hecho. Ante este hecho muchos compresores de estos grifos vieron afectados su normal funcionamiento.

---

<sup>1</sup> Ver notas en el resumen de conceptos.

<sup>2</sup> Ver notas en el resumen de conceptos.

<sup>3</sup> Ver notas en el resumen de conceptos.

Tanto en la distribución del gas como en la solución de los problemas ocasionados se percibió cierta lentitud en la solución. Desde que el problema fue detectado hasta que no volvió a presentarse transcurrió aproximadamente 2 años.

Otras de las diferencias propias nuestras son todas las relacionadas a los temas sociales, por ejemplo, los conflictos sociales: venta del gas al exterior, no priorizar la demanda interna, la poca promoción de la formalidad en instalaciones de gas natural, sobre todo en las instalaciones vehiculares, que en el corto plazo ya ha provocado algunos accidentes menores; pero que en el mediano y largo plazo podría generar accidentes de magnitudes considerables.

Es decir se está trasladando conocimiento y experiencia, pero no se está haciendo el mismo esfuerzo en seguir las normas y procedimientos adecuados, o mejor dicho hay poco interés de parte de las autoridades por regularizar todo este mercado y hacer cumplir a cabalidad las normas y procedimientos exigidos.

En este camino de promoción del cumplimiento de la normatividad y procedimientos adecuados creí necesario realizar un análisis sobre la instalación, pruebas y puesta en marcha de un compresor. El analizar el modelo IODM 115/3/19 de la firma Argentina ASPRO fue una decisión que fue tomada en base a criterios técnicos:

ASPRO es la marca de compresores de GNV que en el año 2009 obtuvo el 70% del mercado peruano y para el 2010 espera concretar el 60% del mercado nacional. Es decir estaríamos analizando la marca líder en el mercado nacional. Así mismo, el modelo IODM 115/3/19 es uno de los más populares dentro de las estaciones de servicio, esto debido a sus presiones de aspiración, succión o de llegada de gas.

Además se toma en cuenta el criterio comercial ya que este modelo permite tener más surtidores<sup>4</sup> en funcionamiento, generando beneficios comerciales para los dueños del producto.

Mi relación con la marca ASPRO está marcada porque me desempeñé en la empresa Máquinas y Tecnología S.A.C. que es la representante de la marca Argentina en el país. Al principio acompañé en el desarrollo del mercado mediante las ventas pero con el tiempo y el mejor posicionamiento del producto, el servicio técnico del mismo empezó a crecer, pero así como los compresores empezaron a posicionarse, el servicio técnico se hacía más complejo y abundante.

Esto permitió que al ser uno de los pocos ingenieros que laboraban en la empresa que también estaba metido en proyectos me propusieron hacerme cargo de la explicación técnica que había que dar a los clientes. Como la explicación tenía que justificar algunas actividades realizadas por el servicio técnico empecé a involucrarme primero en los trabajos realizados y después en la teoría relacionada al compresor.<sup>5</sup> Esto logró que me adentrara en los conceptos más básicos y prácticos de compresores y gas natural. Allí me di cuenta de la ausencia de guías de conceptos básicos, libros o estudios relacionados a este tema en particular. Si pude salir airoso de cuanto problema se me planteara fue debido a la formación que recibí, de investigación y análisis.

Pero aún así me enfrente muchas veces a la escasez de bibliografía a donde acudir. Los manuales eran insuficientes dado que aludían a problemas del equipo adaptados a realidades distintas.

---

<sup>4</sup> Ver notas en el resumen de conceptos.

<sup>5</sup> Hago notar que lo correcto debió ser que primero sea analizado por ingenieros y posteriormente ejecutado por técnicos. Pero se priorizó la solución del problema antes que su análisis por motivos comerciales.

En el presente trabajo he decidido desarrollar lo más autodidacta posible. Tomo en cuenta que los posibles lectores del mismo no tienen ningún conocimiento anterior del tema pero si manejan conceptos básicos. Aún así defino algunas nociones que me parecen importantes o algunas que se repiten numerosas veces en el trabajo.

En definitiva cada una de las nociones que considero importante será previamente analizada<sup>6</sup>. Además desarrollo brevemente algo de la historia de los compresores y el desarrollo del gas como energético en nuestro país. También señalo las normas internacionales o peruanas a seguir ya que esto es por demás importante para proseguir con la formalización de procedimientos, ver el capítulo de normas en los anexos. Con el mejor entendimiento de las normas procederemos a la formalización de procedimientos y estos a su vez desarrollaran un mercado mas seguro ya que las empresas tendrán de donde basarse y lograr mejorar sus actividades. Promoveremos entonces el desarrollo de nuevas y mejores empresas en nuestro país.

Sobre el trabajo en sí, podemos brindar un breve resumen de los capítulos existentes.

En el capítulo I, veremos antecedentes del GNV en el Perú, de que manera está distribuido en la ciudad y la normatividad existente para el desarrollo del mercado del GNV en el Perú.

En el capítulo II, veremos el marco teórico necesario para la mejor comprensión de este trabajo.

En el capítulo III, se analiza la normatividad relacionada al GNV en el país.

En el capítulo IV, se desarrolla el trabajo en sí, la instalación, las pruebas y la puesta en marcha del compresor.

---

<sup>6</sup> Existe dentro de este trabajo un tema solamente dedicado a la explicación de palabras o conceptos comúnmente usados.



## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. OBJETIVO**

Este trabajo explicará la instalación, pruebas puesta en marcha de un compresor para GNV<sup>7</sup>. Asumiendo que los lectores de este trabajo son personas que tienen conocimientos básicos de ingeniería solo me limitaré a hacer mención de algunos conceptos y no los profundizaré. Sin embargo, dado que el argot de trabajo en este rubro es solo conocido por algunas personas<sup>8</sup>, ofreceré un breve resumen del significado de algunas palabras que se usarán con frecuencia en el presente trabajo, en el llamado Resumen de Conceptos.

Así mismo desarrollaré la historia de los compresores, el gas natural y su influencia en nuestro país. Si bien es cierto no es parte trascendental en el presente trabajo, si considero importante desarrollarlo ya que este trabajo pretende incluirse dentro de un contexto y marco muy particular. Desde el principio se hizo hincapié de que las características del desarrollo del gas natural en el país tienen características propias por lo tanto cualquier producto relacionado con este ofrecerá también dificultades muy particulares.

---

<sup>7</sup> GNV: Ver notas en el resumen de conceptos.

<sup>8</sup> Generalmente son aquellas que trabajan día a día con estos equipos: Los encargados de las estaciones de servicio, los técnicos que las reparan, los ingenieros involucrados en el diseño y personal de OSINERGMIN que se encarga de la verificación.

Posteriormente pasaré a desarrollar cada uno de los pasos que se han de seguir, desde la instalación hasta la puesta en marcha del compresor. Procuraré ser bastante detallista y dar explicaciones sumamente claras del porque de la elección de estos pasos y así mismo haré sugerencias de mejora en algunos aspectos o clarificaré el porque en algunos casos se procede con redundancia.

Finalmente haré algunas conclusiones con respecto a todos los aspectos señalados en este trabajo. Haré un especial énfasis en los pasos de la instalación y la puesta en marcha.

El objetivo principal de este trabajo es el de la formalización de los procedimientos de instalación, puesta en marcha y pruebas que se deben de dar en un compresor para una estación de servicio. Si bien es cierto la fábrica ASPRO tiene un protocolo establecido este no es completamente aplicable a Perú, por lo expuesto en el capítulo anterior.

Las estaciones de servicio, son instalaciones encargadas de adquirir, almacenar y distribuir combustibles, cumpliendo con las normas existentes para tal fin. En nuestro país son las estaciones las encargadas de realizar la venta del gas natural solamente para los automóviles.

## **1.2. Antecedentes.**

### **1.2.1. Inicio del Gas Natural en el Perú**

- **El proyecto Camisea**

Repasando un poco la historia del proyecto Camisea en los archivos del ministerio de energía y minas, podemos notar que todo inicia el mes de Julio de 1981 cuando se suscribió un contrato de Operaciones Petrolíferas por los Lotes 38 y 42 con la Cia. SHELL. Como resultado de la perforación de 5 pozos exploratorios, la Cia. SHELL descubre los Yacimientos de Gas de Camisea. En Marzo de 1988 Se firma un acuerdo de Bases para la explotación de Camisea entre SHELL y PETROPERU. Producto de los problemas sociales que vivíamos y además de la burocracia estatal en Agosto de 1988 se da por concluida la negociación de un Contrato con la Cia. SHELL sin llegar a un acuerdo. Prosiguen entonces, idas y venidas con la empresa SHELL y PERUPETRO hasta que 10 años mas tarde; en Julio de 1998 para ser mas precisos; el consorcio Shell/Mobil comunica su decisión de no continuar con el Segundo Periodo del Contrato, por consiguiente el Contrato queda resuelto. Por lo tanto en mayo de 1999 la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) acuerda llevar adelante un proceso de promoción para desarrollar el Proyecto Camisea mediante un esquema segmentado, que comprende módulos independientes de negocios y el 31 de mayo de 1999, el Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM) convocó a Concurso Público Internacional para otorgar el Contrato de Licencia para la Explotación de Camisea, y las Concesiones de Transporte de Líquidos y de Gas desde Camisea hasta la costa y de Distribución de Gas en Lima y Callao.

Los contratistas iniciales que tienen a su cargo el proyecto Camisea son:

Pluspetrol (27.2%) además es el operador, Hunt Oil (25.2%), SK (17.6%), Tecpetrol (10%), Sonatrach Petroleum Corp BV (10%), Repsol Exploración Perú (10%)

De acuerdo al Ministerio de energía y minas en la dirección general de electricidad en su informativo N° 8, el 5 de agosto del año 2004 se inauguró la planta del Gas de Camisea en el campamento "Las Malvinas". Después de 20 años de su descubrimiento, se inició una nueva etapa en la historia energética del país. La extracción del gas de Camisea se efectuó desde los pozos de mil metros de profundidad, localizados en la plataforma San Martín 1, esta producción es transportada por un gasoducto de 25 km hasta la planta Las Malvinas. El City Gate de Lurin, fue inaugurado el 6 de agosto de 2004, constituyó el inicio del sistema de distribución de gas natural, el cual cuenta con una moderna tecnología de operación, mantenimiento y seguridad, que incluye además los ramales e instalaciones necesarias para los clientes iniciales. El 7 de agosto del 2004 se inauguró la Planta de Fraccionamiento de Pisco que esta diseñada para producir más de 33 mil barriles por día de gas licuado de petróleo - GLP.

El impulso inicial del proyecto Camisea en el sector eléctrico fue el contrato Take or Pay (TOP)<sup>9</sup> y Garantía por Red Principal (GRP) que se llevó a cabo el 9 de diciembre del año 2000 donde el Estado Peruano representado por

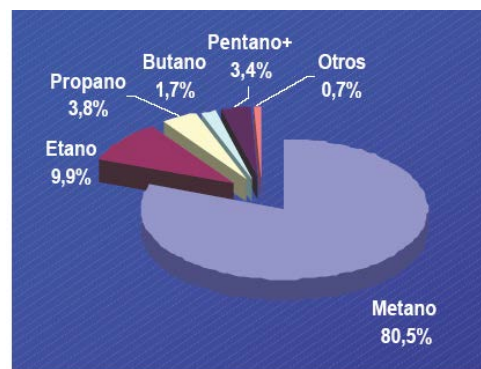
---

<sup>9</sup>Esto es, uno que impone que el comprador pague el precio estipulado por el producto aunque al final no lo consuma. También conocido como contrato de compra garantizada. En el caso del contrato take or pay de Camisea, este contemplaba la utilización del gas natural por parte de Electroperú en plantas termoeléctricas que tendrían por objeto optimizar el despacho de energía, y redundaría en una rebaja de las tarifas eléctricas.

la Empresa de Generación Eléctrica Electroperú adquirió un importante compromiso con el Consorcio de Camisea, con la finalidad de asegurar la viabilidad del Proyecto y otorgar un incentivo al Consorcio por invertir en el Proyecto Camisea. El Contrato de Suministro de Gas Natural para la generación de energía eléctrica (TOP), sirvió para impulsar este Mega Proyecto, pues significó el compromiso de pagar cerca de 20 millones de dólares anuales por la cantidad de gas comprometido, así no consumiera. A fin de asegurar la inversión en proyecto de transporte de gas natural, el Estado decidió financiar parte del pago del transporte del gas natural con aportes del sector eléctrico dentro del peaje de transmisión, hasta que el uso del gasoducto fuera pagado totalmente por sus usuarios demandantes de gas natural.

- **Composición del gas natural en Camisea.**

El gas natural en Camisea presenta la siguiente composición:



**Figura 1.1** Composición del Gas Natural de Camisea.

- **Exportación**

El cuantioso potencial energético del país permitió que el Perú se convierta en exportador de energía, todo el gas para exportación se envía al extranjero a través de la planta de licuefacción de gas natural, terminal marítimo y

gaseoducto Chiquintirca – Pampa Melchorita, en la provincia iqueña de Chíncha. La empresa a cargo de todo esto es Perú LNG, dicha empresa ha construido un tren de procesamiento, tanques de almacenamiento y terminal marítimo lo que hace de Pampa Melchorita la primera en su género de Sudamérica ya que procesará 620 millones de pies cúbicos de gas por día, además de un gasoducto de 408 km de longitud. Esto convierte a Perú en el país número 18 en tener su propio proyecto exportador de GNL, lo cual significa un punto de quiebre estratégico para el desarrollo de la industria peruana del gas.

#### **Distribución en Lima**

Cálidda, Gas Natural de Lima y Callao S.A., tiene a su cargo el servicio de distribución de Gas Natural en el departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao, operando bajo la concesión entregada por el Estado peruano por un plazo de 33 años prorrogable<sup>10</sup>.

Luego de que el Estado Peruano en el 2000 firmara el contrato BOOT<sup>11</sup> con Transportadora de Gas del Perú para la distribución de red de ductos en Lima y Callao. En Febrero del 2002 se constituye Gas Natural de Lima y Callao, a partir de ahí hasta el año 2004 se construye la red principal de principal de sistemas de ductos y los ramales para los principales clientes.

---

<sup>10</sup> <http://www2.osinerg.gob.pe/Pagina%20osinergmin/Gas%20Natural/Contenido/conce002.html>

<sup>11</sup> Son contratos según los cuales el sector privado se compromete a construir una obra, financia esta obra, después la opera y mantiene su propiedad durante el período de operación, y al final del contrato la transfiere al sector público

El 13 de Diciembre del 2004 nace CALIDDA; que es la marca comercial de Gas Natural de Lima y Callao; de tal manera que el año 2005 se brinda gas al primer cliente industrial, al primer cliente residencial y a la primera estación de servicio de GNV en el país. Para junio del 2007 las empresas AEI y Promigas asumen el control de CALIDDA.

### **1.2.2. Estaciones de Servicio**<sup>12</sup>

Las estaciones de servicio, son instalaciones encargadas de adquirir, almacenar y distribuir combustibles, cumpliendo con las normas existentes para tal fin. En este tipo de servicio podemos encontrar a dos grandes actores, las estaciones de servicio y su principal cliente, los automóviles a gas natural, convertidos o no.

Algunas cifras actuales proporcionadas por la Cámara Peruana de GNV<sup>13</sup> nos dan una idea del crecimiento de este negocio:

---

<sup>12</sup> Ver nota en el resumen de concepto.

<sup>13</sup> Esta institución a su vez recogió datos de COFIDE

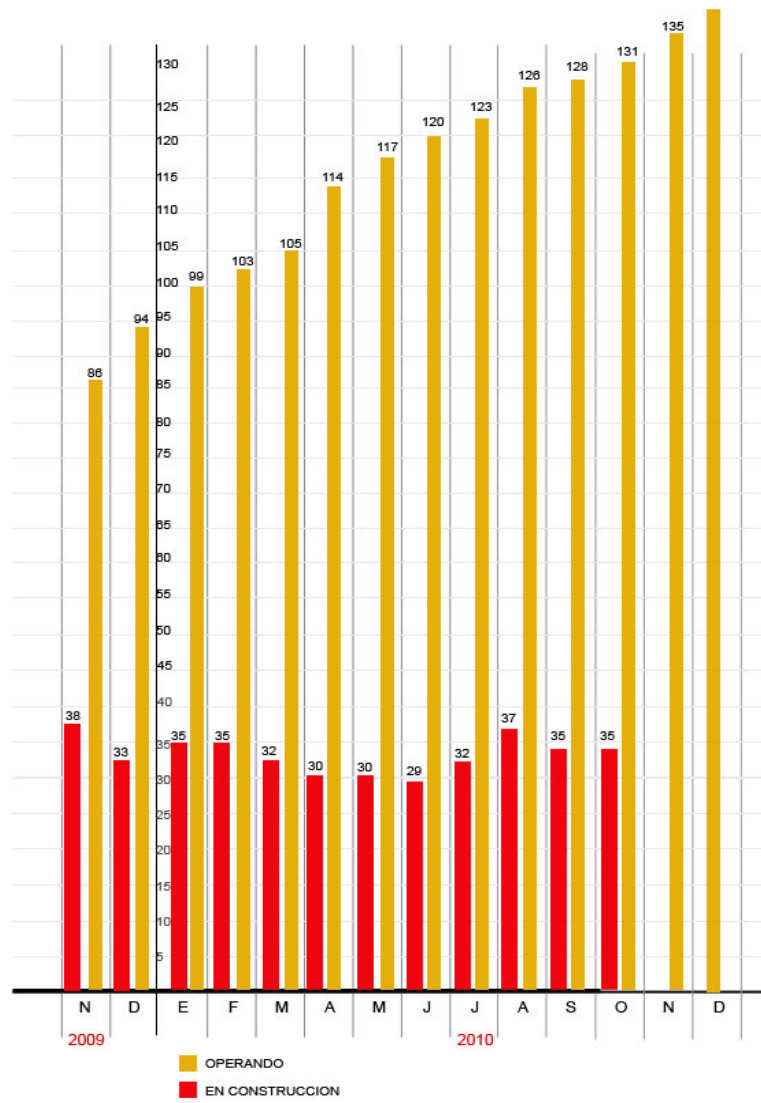


Figura 1.2. Cantidad de estaciones de servicio



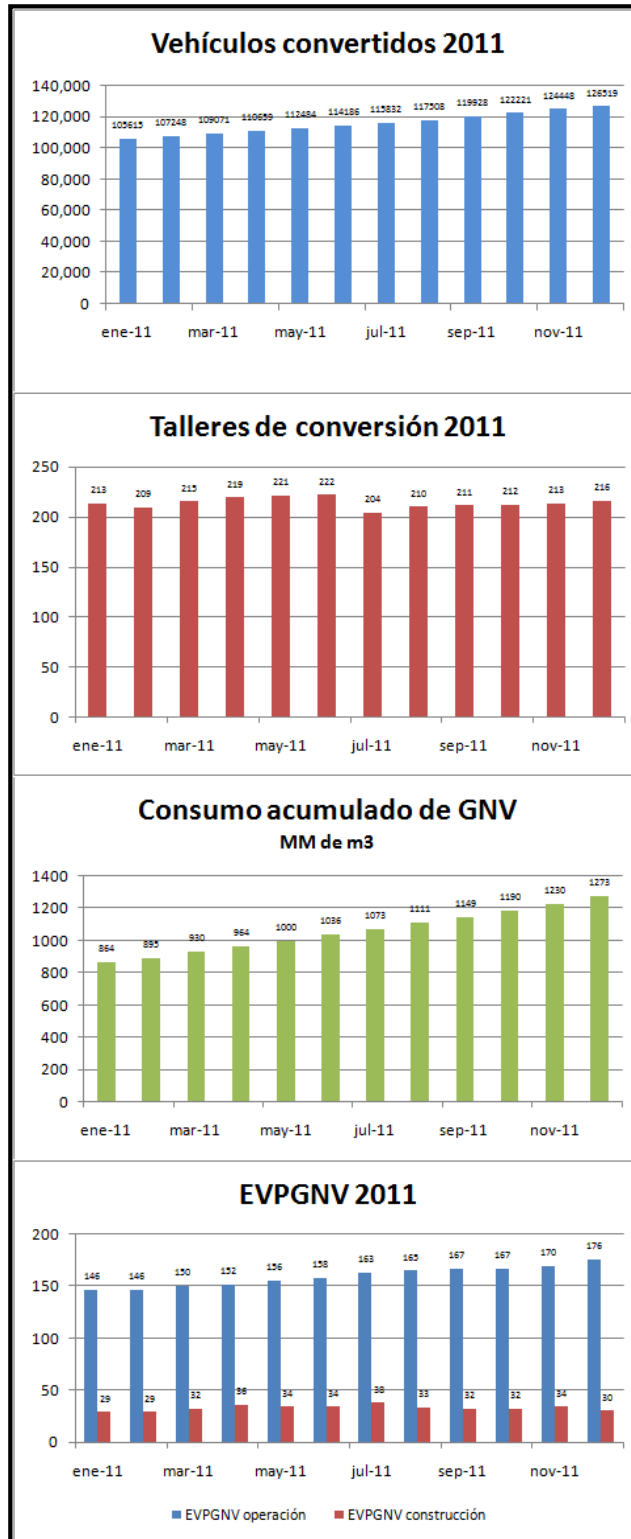


Figura 1.3.

Para Noviembre del 2010 se llegó al automóvil N° 100,000 convertido a Gas natural.

- **Normatividad Asociada.**

El Decreto Supremo N° 006-2005 EM, reglamenta todo lo necesario para la instalación y operación de establecimientos de venta al público de de gas natural vehicular.

Con respecto a como deberá ser entregado el gas natural por el Concesionario y el Decreto Supremo 042-99 – EM establece las siguientes condiciones:

- a) Libre de arena, polvo, gomas; aceites, glicoles y otras impurezas indeseables.
- b) No contendrá más de tres miligramos por metro cúbico (3mg/m<sup>3</sup>(st)) de sulfuro de hidrógeno, ni más de quince miligramos por metro cúbico (15mg/m<sup>3</sup>(st)) de azufre total.
- c) No contendrá dióxido de carbono en más de dos por ciento (2%) de su volumen y una cantidad de inertes totales no mayor del cuatro por ciento (4%).
- d) Estará libre de agua en estado líquido y contendrá como máximo sesenta y cinco miligramos por metro cúbico ( 65mg/m<sup>3</sup>(st)) de vapor de agua.
- e) No superará una temperatura de cincuenta grados centígrados (50° C).

f) Con un contenido calorífico bruto comprendido entre 8 800 y 10 300 kcal/m<sup>3</sup>(st)

Una vez que el dueño de la estación de servicio decide que va a tener el servicio de despacho de GNV realiza los trámites necesarios. Al no ser parte del trabajo solo mencionamos donde poder ubicar todo lo referente a la obtención de documentos que acrediten que una estación de servicio pueda despachar GNV: De acuerdo a la CPGNV<sup>14</sup> refiere que todo lo necesario se puede obtener en el Decreto Supremo N° 006-2005-EM emitido por el Ministerio de Energía y Minas.

Para el funcionamiento de una estación de GNV es necesario un compresor. La llegada del gas al sistema de regulación a una determinada presión asegura el abastecimiento de la estación de servicio<sup>15</sup> pero la presión de llegada siempre será menor a 50 bar. Por ley la presión la que se debe realizar el despacho por la manguera de los surtidores hacia el cilindro del automóvil debe ser de 205 bar. Esto solo es posible lograrlo si es que se cuenta con un compresor. Dependiendo de la presión de entrada y de la cantidad de surtidores que el dueño de la estación desee operar se elige el tipo de compresor, que puede ser de 2, 3, 4 o hasta 5 etapas.

---

<sup>14</sup> Cámara Peruana de Gas Natural

<sup>15</sup> Aunque la presión oscila entre ciertos valores se diseña el sistema de regulación y el de compresión para que puedan funcionar dentro de este intervalo.

Justamente es allí donde mas se necesita de manuales de procedimiento para el arranque y puesta en marcha del compresor. Si el usuario común prescinde de cualquiera tipo de procedimiento puede estar poniendo en riesgo no solo la integridad de su negocio e inversión sino además la vida de personas ya que las presiones de trabajo son demasiado altas, se trabaja con combustibles y además en un lugar de atención al público.

### 1.2.3. Flujo de Gas Natural desde el City Gate.

El gas es tomado de la tubería mas cercana al establecimiento. En el siguiente gráfico se puede apreciar un esquema del recorrido de la tubería y sus subdivisiones:

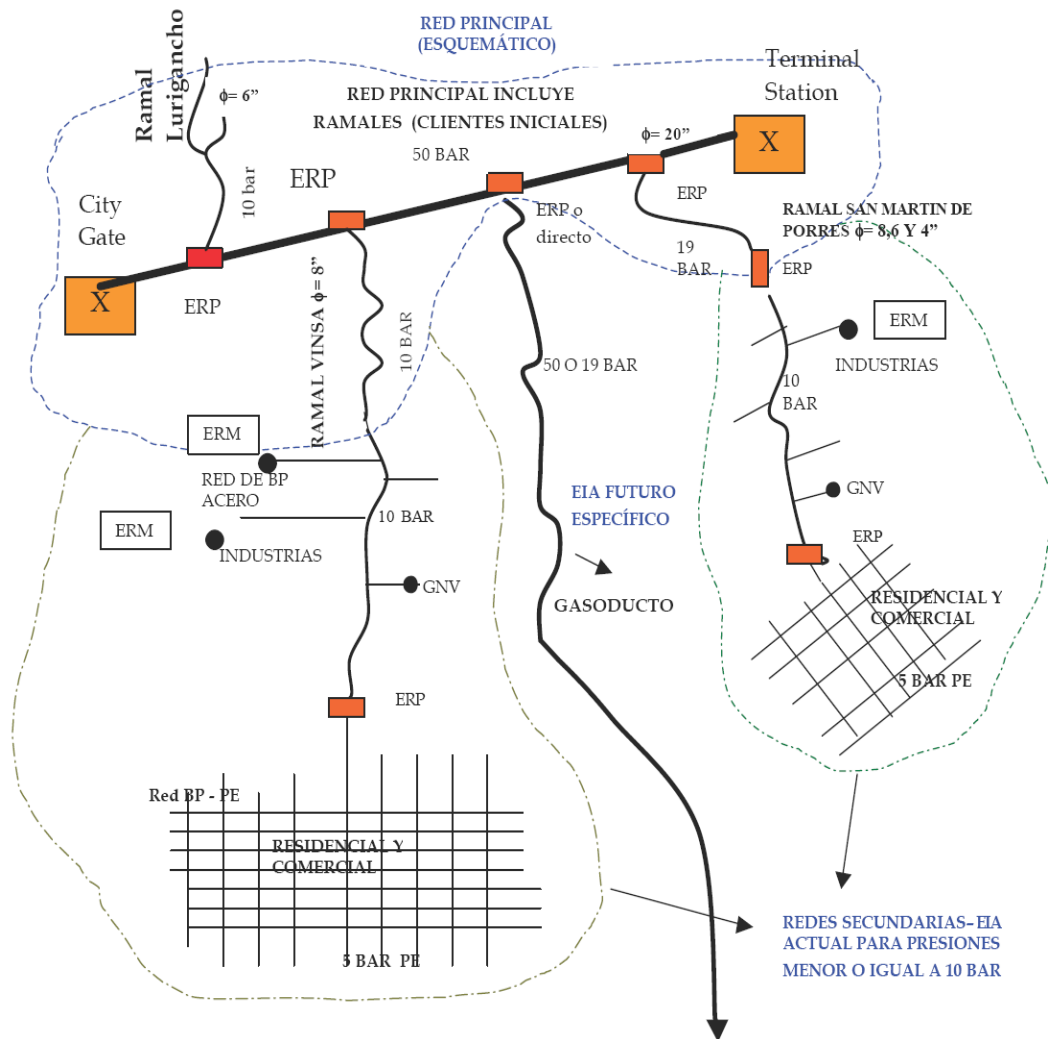


Figura 1.4. Ejemplo de distribución del gas natural en Lima

El flujo que sigue el gas antes de llegar al vehículo es el siguiente:

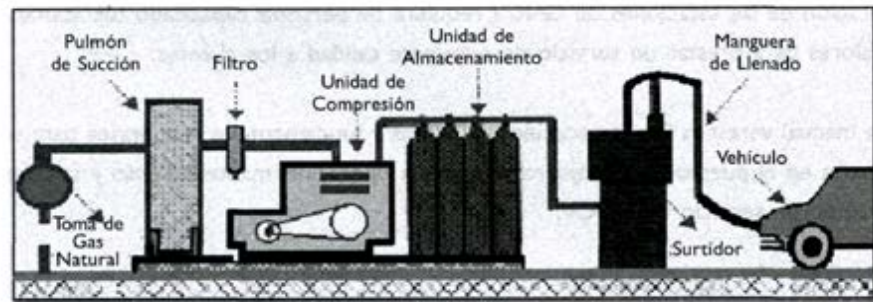


Figura 1.5. Flujo de gas natural en un grifo

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. CONCEPTOS**

##### **2.1.1. Hidrocarburo**

De acuerdo a la ley orgánica que norma las actividades de hidrocarburos en el Territorio Nacional Ley N° 26221<sup>16</sup>, La denominación “Hidrocarburos” comprende todo compuesto orgánico, gaseoso, líquido o sólido, que consiste principalmente de carbono e hidrógeno. Los Hidrocarburos “in situ” son de propiedad del Estado.

---

<sup>16</sup> Revisar en la página web del ministerio de Energía y Minas. En el acápite de hidrocarburos se encuentran todas las leyes promulgadas para su uso y conocimiento público.

### **2.1.2. Gas Natural:**

Dentro de los hidrocarburos podemos encontrar el gas natural, que de acuerdo también al ministerio de Energía y Minas es un combustible compuesto por un conjunto de hidrocarburos livianos, donde el principal componente es el metano CH<sub>4</sub>. Se puede encontrar gas natural asociado o no asociado.<sup>17</sup>

La composición del gas natural varía según el yacimiento. Aquí tenemos un ejemplo de lo que podemos encontrar en un yacimiento:

Tabla 2.1. Ejemplo de componentes de un yacimiento de gas.

<b>Componente</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Composición (%)<sup>18</sup></b>	<b>Estado Natural</b>
Metano	CH <sub>4</sub>	95,08	Gas
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,14	Gas
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,29	Gas licuable <sup>19</sup>
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,11	Gas licuable <sup>20</sup>
Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,04	Líquido
Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,01	Líquido
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	1,94	Gas
Gas carbónico	CO <sub>2</sub>	0,39	Gas

---

<sup>17</sup> Gas natural asociado es todo aquel que está acompañado de petróleo y gas natural no asociado cuando son yacimientos exclusivos de gas natural.

<sup>18</sup> Porcentaje de volumen

<sup>19</sup> GLP

<sup>20</sup> GLP



Además presenta impurezas como son helio, oxígeno, vapor de agua. Las propiedades del gas natural según la composición del cuadro anterior son:

Densidad relativa: 0,65

Poder Calorífico: 9,032 Kcal/m<sup>3</sup>

Cp (presión constante): 8,57 cal / mol. °C

Cv (volumen constante): 6,56 cal / mol.°C

Esta conformación es importante para la selección de materiales a usar al momento de la selección preliminar del compresor. El análisis del gas a comprimir se suele expresar en porcentaje de volumen. Tal como se afirma líneas arriba, la conformación del gas varía según el yacimiento. Es por eso que cada dueño de la estación de servicio cuenta con este estudio del gas que le llega. A este conjunto de datos que se tiene se le denomina Cromatografía de gases. Esta recopilación de datos nos da diversos datos como densidad relativa, poder calorífico, calores específicos a presión y volumen constante. Los factores de compresibilidad, que indican la desviación con respecto a un gas ideal, se dan o calculan en las condiciones de succión y descarga.

**Gas Produced RC1-6XD Well**

Date: 03/14/10  
 Time: 18:42 Sampler: Separator (20#, 90 °F)

Component Name	Mole Porcent	Weight Percent	BTU Gross	Relative Density
C6+ 47/35/17	0.7773	3.9283	41.11	0.0258
Propane	2.0310	4.7171	51.22	0.0309
i-Butane	0.6202	1.8987	20.22	0.0124
n-Butane	0.6810	2.0848	22.27	0.0137
Neopentane	0.0000	0.0000	0.00	0.0000
i-Pentane	0.2757	1.0478	11.06	0.0069
n-Pentane	0.1648	0.6262	6.62	0.0041
Nitrogen	2.6294	3.8796	0.00	0.0254
Methane	88.2396	74.5565	893.29	0.4888
Carbon Dioxide	0.0083	0.0193	0.00	0.0001
Ethane	4.5726	7.2417	81.11	0.0475
<b>Total</b>	<b>99.9999</b>	<b>100.0000</b>	<b>1,126.90</b>	<b>0.6556</b>

Compressibility factor (1/Z) @ 14.73 psia & 60 °F= 1.00267

Base Pressures 14.73

Gross Dry BTU 1129.9 Corrected/Z  
 Gross Sat BTU 1110.24 Corrected/Z  
 Real Relative Density Gas 0.6571  
 Unnormalized Mole Percent 98.575

Date: 03/17/10  
 Time: 16:30 - 18:30 Sampler: Separator (60#, 88 °F)

Component Name	Mole Porcent	Weight Percent	BTU Gross	Relative Density
C6+ 47/35/17	0.2459	1.2689	13.01	0.0081
Propane	2.2468	5.3271	56.66	0.0342
i-Butane	0.7602	2.3756	24.78	0.0153
n-Butane	0.8952	2.7977	29.27	0.0180
Neopentane	0.0000	0.0000	0.00	0.0000
i-Pentane	0.3643	1.4134	14.61	0.0091
n-Pentane	0.1771	0.6868	7.11	0.0044
Nitrogen	0.3090	0.4654	0.00	0.0030
Methane	90.1685	77.7744	912.81	0.4995
Carbon Dioxide	0.1029	0.2434	0.00	0.0016
Ethane	4.7301	7.6474	83.90	0.0491
<b>Total</b>	<b>100.0000</b>	<b>100.0001</b>	<b>1,142.15</b>	<b>0.6423</b>

Compressibility factor (1/Z) @ 14.73 psia & 60 °F= 1.00268

Base Pressures 14.73

Gross Dry BTU 1145.23 Corrected/Z  
 Gross Sat BTU 1125.30 Corrected/Z  
 Real Relative Density Gas 0.6437  
 Unnormalized Mole Percent 99.014

Figura 2.1 Ejemplo de Cromatografía.

El gas natural se encuentra en bajo tierra en los denominados reservorios de gas, su formación es similar a la formación del petróleo. Este es extraído con equipos de perforación y sometido a procesos de separación. Mediante este proceso se obtiene gas natural seco<sup>21</sup> que se transporta por gasoductos a los centros de consumo, líquido de gas natural<sup>22</sup> que se transporta por poliductos hasta una planta de fraccionamiento y otros componentes<sup>23</sup>.

El proceso de fraccionamiento consiste en separar los líquidos del gas natural: gas licuado de petróleo y gasolina natural, todo esto de acuerdo al sistema en el gráfico siguiente:

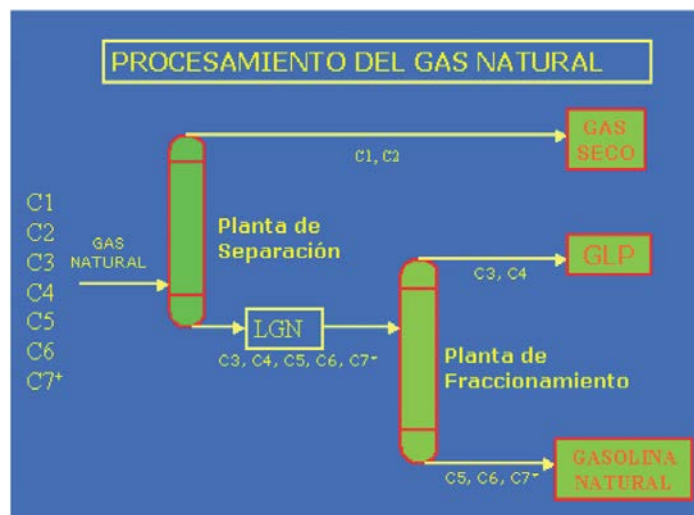


Figura 2.2.

<sup>21</sup> Metano y etano

<sup>22</sup> Propano, butano, pentano y mas pesados

<sup>23</sup> Agua, azufre y otras impurezas que no tienen valor comercial

El gas es posible almacenarlo en reservorios en el subsuelo que generalmente son cavernas de sal y también es posible almacenarlo como gas natural licuado-GNL (en buques metaneros y tanques de gran capacidad). Otra forma de almacenamiento es mediante cilindros donde se almacena gas natural a alta presión para diversos usos. Las capacidades de estos almacenajes varían según su uso. De acuerdo a las fotografías se ven algunos modelos:



Figura 2.3. Almacenaje vehicular



Figura 2.4. Almacenaje de Grifo de GNV

Algunas ventajas del gas natural son su limpieza, el gas natural es menos contaminante que los combustibles sólidos y líquidos; por un lado, como cualquier otro combustible gaseoso, no genera partículas sólidas en los gases de la combustión, produce menos CO<sub>2</sub> (reduciendo así el efecto invernadero), menos impurezas, como por ejemplo azufre (disminuye la lluvia ácida), además de no generar humos. Por otro lado, es el más limpio de los combustibles gaseosos. Su seguridad es otra ventaja, a diferencia de otros gases combustibles, es más ligero que el aire, por lo que, de producirse alguna fuga, se disipa rápidamente en la atmósfera.

Únicamente, se requiere tener buena ventilación. En nuestro país podemos gozar también de su bajo costo ya que actualmente es la energía de suministro continuo más barata. Esto se da debido a que somos un país productor. Si bien es cierto a nivel mundial es también un combustible económico, nosotros al ser productores deberíamos tener un precio por debajo del promedio de la región.

### **2.1.3. ASPRO**

Ya que vamos a concentrarnos en la marca ASPRO he aquí una breve reseña de la marca:

1975: El grupo se inicia como Metalúrgica Aspromonte Hnos. con la mecanización de piezas de alta precisión para diferentes industrias.

1979: Se construye la primera planta industrial del grupo en la localidad de Pablo Podestá, BuenosAires, Argentina.

1985: La empresa orienta una parte de su negocio hacia la fabricación de sistemas de compresión para GNC.

1987: Fabricación del primer compresor para GNC marca Aspro.

1988: Puesta en marcha de la primera estación de servicio de GNC con compresor marca Aspro. Record de ventas 800.000m<sup>3</sup> mensuales.

1990: Aspro se consolida como líder en Argentina en producción y venta de sistemas de compresión para GNC.

1991: Primera exportación con destino a Brasil.

1992: Puesta en marcha de la primera estación de servicio de GNC con Bandera Aspro.

2001: Instalación del compresor N° 1000 en el mundo.

2002: Apertura de una nueva planta industrial en Campo Largo, Paraná, Brasil.

2005: Instalación del compresor N°2000 en el mundo. Presencia en más de 20 países.

2005: Se instala la estación de servicio N°50 de la red de Bandera Aspro.

2008: Venta del compresor de GNC Aspro número 1000 en Brasil.

2008: Venta del compresor de GNC Aspro número 3000 en el mundo.

Aspro posee dos plantas industriales, para sus productos y servicios:

- Casa Central: Escobar, Buenos Aires, Argentina.
- Filial Brasil: Campo Largo, Paraná, Brasil.

Con ingeniería propia diseñan y controlan cada una de las etapas de producción de los equipamientos, y junto con rigurosos programas de gestión de calidad, garantizan la conformidad total de cada producto terminado que sale de sus plantas.

## **2.2. CONCEPTOS CIENTÍFICOS**

Toda materia se compone de moléculas que permanecen en movimiento constante, manteniéndose unidas mediante la fuerza de cohesión. El volumen total de las moléculas de un gas es muy pequeño en relación con el volumen ocupado por el gas.

Todas las moléculas cumplen con las siguientes leyes:

### **2.2.1. Primer principio fundamental de la Termodinámica.**

La cantidad de trabajo producida o absorbida por un sistema es igual a la cantidad de calor introducido o cedido por dicho sistema. En otras palabras la energía no se puede crear ni destruir durante un proceso, aunque puede cambiar de una forma a otra.

### **2.2.2. Segundo Principio fundamental de la Termodinámica.**

El calor no puede por si mismo pasar de un cuerpo frío a otro más caliente.

### **2.2.3. Algunas leyes de los gases.**

La ley de Boyle, dice que a temperatura constante, el volumen de un gas varía en relación inversa a la presión.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2} \quad (2.1)$$

La ley de Charles, expresa que el volumen de un gas, a presión constante, está en relación directa con la temperatura absoluta.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2.2)$$

La ley de Amonton, dice que la presión de un gas, a volumen constante, varía en relación directa con la temperatura absoluta.

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2.3)$$

La ley de Dalton expresa que la presión de una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales de los gases constituyentes. La presión parcial es la que ejercería cada gas si estuviese él solo ocupando el volumen de la mezcla.

$$p = \sum_{i=1}^n p_i \quad (2.4)$$

La ley de Amagat afirma que el volumen de una mezcla de gases es igual a la suma de los volúmenes parciales que los gases constituyentes ocuparían si estuviera cada uno a la presión de la mezcla.

La ley de Avogadro, dice que volúmenes iguales de gases, bajo las mismas condiciones de presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas.

La ley de Poisson, dice que un proceso sin intercambio de calor con su entorno, la relación entre presión y volumen sigue la ecuación:

$$p_1 \cdot V_1^{C_p/C_v} = p_2 \cdot V_2^{C_p/C_v} \quad (2.5)$$



La relación  $C_p/C_v$  es casi constante, normalmente se le designa como  $K$ .

Para gases monoatómicos  $K= 1.66$

Para gases diatómicos  $K= 1.4$  (aire)

Para gases triatómicos  $K= 1.3$

$K$  varía con la presión y la temperatura.

### 2.3. Ley general de los gases.

Por combinación de las leyes de Boyle y Charles obtenemos:

$$\frac{p.V}{T} = \text{constante} \quad (2.5)$$

Si utilizamos el hecho de que el volumen de un mol, a una temperatura dada, sea el mismo para cualquier gas, es muy significativo para operar con la relación obtenida a partir de las leyes de Charles y Boyle. Si  $V_m$  es el volumen de un mol de gas a la temperatura y presión de referencia, para un volumen de cualquier gas.

$$\left(\frac{p}{T}\right)_{ref} .v_m = \bar{R} \quad (2.6)$$

$$\bar{R} = 8.314 \text{ J/(Kmol.K)}$$

Este valor especial de  $\bar{R}$  es independiente del gas ya que  $V_m$  es igual para todos los gases. La constante  $\bar{R}$  se llama constante universal de los gases y para cualquier gas que cumpla las leyes de Boyle y Charles.

$$p.V_m = \bar{R}.T \quad (2.7)$$

Que mediante algunas convenciones puede también usarse como:

$$p.V = m.\bar{R}.T \quad (2.8)$$

## **Compresibilidad**

Todos los gases sufren una desviación respecto a la ley general de los gases y en algunos casos esta desviación es bastante considerable.

Es necesario que esas desviaciones se tengan en cuenta en cálculos de compresores. La compresibilidad se deriva, experimentalmente, de los datos sobre el comportamiento real del gas para cambios en p-V-T. El factor de compresibilidad (Z) es un multiplicador en la fórmula básica. La ley general queda entonces modificada así:

$$p.V = Z.R.T \quad (2.9)$$

## **Compresión del aire**

Isobárica: Proceso que se desarrolla bajo presión constante.

Isocórica: proceso a volumen constante.

Isotérmica: Proceso que se desarrolla a temperatura constante.

Isentrópico: Proceso sin intercambio de calor en el entorno, tal proceso sigue la Ley de Poisson.

Politrópico: Proceso donde no hay intercambio de calor. Es una expresión generalizada de todos los procesos posibles. La ecuación para la politrópica es

$$p.v^n = \text{constante.} \quad (2.10)$$

Dando a "n" valores adecuados, el proceso politrópico incluye los cuatro procesos básicos anteriormente descritos.

n= 0 representa el isobárico.

n= 1 representa el isotérmico.

n= k representa el isentrópico.

n= α representa el isocórico.

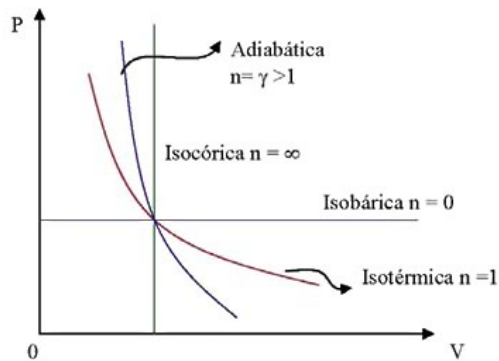


Figura 2.5. Curvas para valores de  $n$  en ecuación (2.10)

### Etapas de compresión

Los procesos en el compresor son politrópicos, lo que significa que la temperatura se incrementa con la relación de compresión

El trabajo de compresión aumenta a medida que se eleva la temperatura.

Con objeto de limitar la temperatura y mejorar en consecuencia el rendimiento de la compresión, normalmente, se realiza en etapas entre cada una de las cuales se refrigera el gas.

La compresión multietápica incrementa también el rendimiento volumétrico, a la vez, que la relación de compresión sobre la primera etapa disminuye.

La refrigeración intermedia es perfecta cuando la temperatura del aire a la salida del refrigerador posterior es igual a la temperatura del aire en la aspiración. Cuando la refrigeración intermedia es perfecta, el consumo de potencia mínimo se consigue si las relaciones de compresión en todas las etapas son iguales. Incrementando el número de etapas de compresión de compresión, la aproximación a la isoterma es mayor. Por una parte, el rendimiento de la compresión se incrementa; pero por otra el compresor se hace más caro y complicado.

Para cada nivel de presión habrá un número de etapas óptimo, dependiendo en la práctica de la utilización que se haya de dar al compresor.

### **Refrigeración intermedia.**

Para compresores de tamaño relativamente grande se utiliza la refrigeración por aire en particular en instalaciones a la intemperie o en aquellos casos donde el calor generado pueda ser fácilmente disipado. La alternativa expuesta es la mas adecuada porque elimina el problema del suministro de agua, los riesgos de congelación, etc.

## **2.2. COMPRESOR**

Un compresor es una máquina diseñada para aumentar la presión y desplazar fluidos compresibles, esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética.

A diferencia de las bombas que son máquinas hidráulicas, los compresores son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura.

La historia de la compresión no es un hecho reciente o al menos del siglo pasado. Esta era ya conocida por el hombre desde tiempos ancestrales. Para ilustrar esto basta con señalar lo complicado que habría resultado realizar la fundición de metales en el pasado si no se contaba con un equipo capaz de alcanzar las temperaturas necesarias; superiores a los 1000°C. Los egipcios y sumerios empleaban un tubo soplete que fue el inicio de los compresores, pero naturalmente, resultaba insuficiente si se requiere fundir un volumen elevado de metal.

El primer compresor mecánico propiamente dicho fue el fuelle manual y el fuelle de pie no se comenzó a emplear hasta 1500 años antes de Cristo. Desde allí se continuó con la aplicación de estos. El primer éxito de transmisión de la energía en gran escala en forma de aire comprimido se produjo durante la construcción del túnel del monte Cenis, en los Alpes Suizos. Así continuo con éxito en todos los países industrializados, apareciendo un número incalculable de patentes de toda clase de máquinas y herramientas. En nuestro país el uso de los compresores ha sido diverso y para todo tipo de segmentos. Pero es la primera vez que se usaría tan masivamente en estaciones de servicio a gran escala en el caso de los compresores de gas natural. La complejidad del mismo no reside en su funcionamiento en sí, sino más bien en entender su correcta puesta en marcha y su mantenimiento diario. A esto hay que añadirle el factor social, la mayoría de los dueños de las estaciones de servicio no quería contar con la asesoría de un ingeniero para su puesta en marcha ni para su mantenimiento. De hecho hasta el año 2010 un 40% de las estaciones de servicio no contaban con ingenieros IG3<sup>24</sup>. Esta mentalidad ha ido cambiando poco a poco y se está tomando conciencia de la importancia y necesidad de la participación de ingeniero IG3 tanto en las puestas en marcha como en los mantenimientos diarios.

---

<sup>24</sup> Ingenieros IG3 son ingenieros acreditados y que son expertos en las normas relacionadas con el gas natural y sus usos.

### 2.2.1. Tipos básicos de compresores:

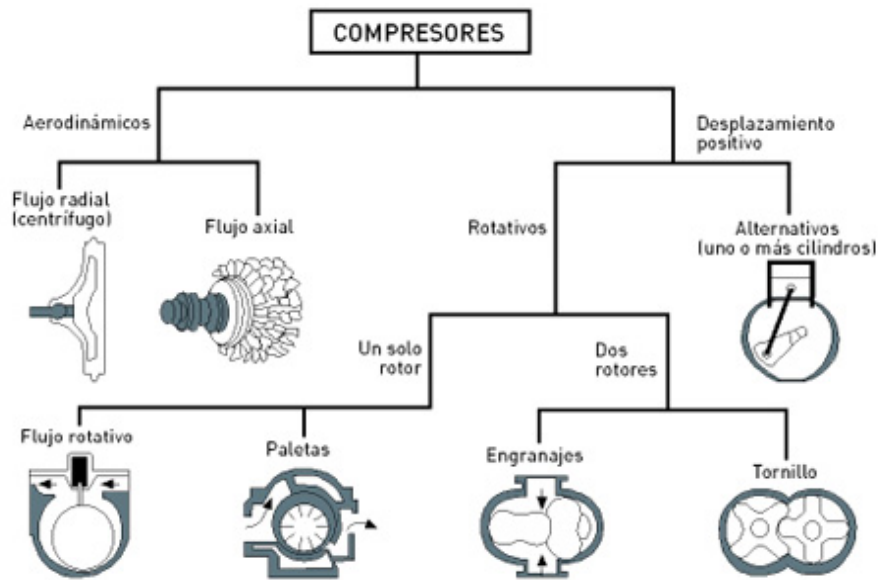


Figura 2.6

### 2.2.2. Compresores de Tipo Alternativos

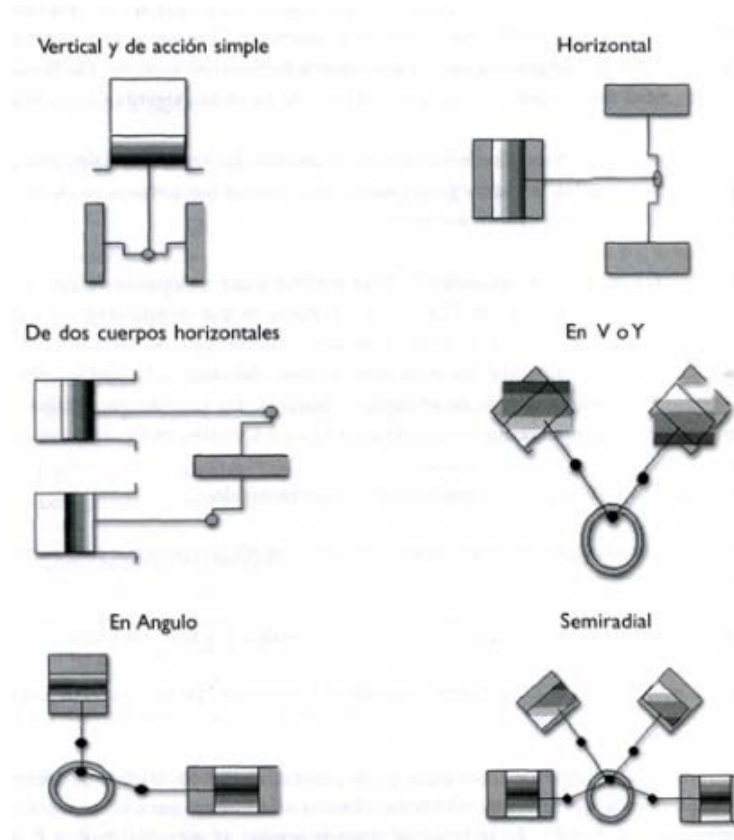


Figura 2.7

### **2.3. RESUMEN DE CONCEPTOS:**

Cromatografía: Composición de gases dentro del Gas Natural Vehicular comercializado.

Grifos: También llamadas estaciones de servicio, lugares donde se vende Gas Natural Vehicular.

Gas Sucio: Gas con partículas en suspensión que no corresponden a su composición natural.

Surtidores: También llamados dispensadores, equipo que se usa para el despacho de Gas Vehicular

GNV: Gas Natural Vehicular

Estaciones de Servicio: Lugares donde se vende Gas Natural Vehicular.

Panel: Pantalla de control y arranque del equipo, por lo general es táctil

PLC Sirius: Controla las señales analógicas para algunas válvulas.

Paradas de emergencia: Sistemas de seguridad que actúan en caso se presenta accidentes y sea necesario el corte de gas.

Actuadores: Electroválvulas, tienen la función de dar pase o no al gas, dependen básicamente de las paradas de emergencia.

Puentes de Medición: Es donde se registra el consumo del gas de la estación.

Almacenaje: Conjunto de cilindros que receptiona el gas hasta una presión adecuada para ser entregada a los dispensadores.

Llave:

Pase: Fuga de gas.

Cilindros de almacenaje: Es un recipiente donde se almacena aproximadamente 30 m<sup>3</sup>.

Aero enfriador: Aspa hélice mas motor que funciona para enfriar el gas dentro del compresor.

Pilotín: Parte de una válvula reguladora, mediante el cual se puede regular la entrada de gas, está ubicada a la entrada del compresor

Medidor de flujo másico: Se utiliza para la calibración de surtic dispensadores de GNV.



### **CAPITULO III**

#### **NORMATIVIDAD DEL GNV EN PERÚ**

En el OSINERGMIN uno puede encontrar las normas legales nacionales relativas a las actividades de comercialización de Gas natural Vehicular (GNV), Gas Natural Comprimido (GNC) y Gas Natural Licuefactado (GNL)

1. Aprueban Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos –  
DECRETO SUPREMO N° 042-99-EM

Modificación:

Decreto Supremo N° 012-2001-EM

Decreto Supremo N° 042-2001-EM

Decreto Supremo N° 053-2001-EM

Decreto Supremo N° 015-2002-EM

Decreto Supremo N° 003-2003-EM

Decreto Supremo N° 038-2004-EM

Decreto Supremo N° 063-2005-EM

Decreto Supremo N° 014-2008-EM

Están dedicados a la regulación de la tubería a instalar para el transporte del gas.

2. El reglamento para la instalación y operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV) se encuentra en el DECRETO SUPREMO N° 006-2005-EM

Modificación

DS N° 009-2006-EM

DS N° 050-2007-EM

DS N° 003-2008-EM

3. El DECRETO SUPREMO N° 043-2005-EM es una serie de disposiciones para que agentes de la cadena de comercialización de combustibles derivados de hidrocarburos provean información sobre sus precios de venta, así como la publicación de los mismos que estará a cargo de OSINERGMIN.

4. En el DECRETO SUPREMO N° 009-2006-EM, se declara de interés nacional el uso del gas natural vehicular y se modifica el reglamento para la instalación y operación de establecimientos de venta al público de gas natural vehicular (GNV) -

5. En el DECRETO SUPREMO N° 003-2007-EM, se dictan disposiciones para la simplificación de procedimientos administrativos para la obtención de autorizaciones de instalación y operación de establecimientos de venta al público de gas natural vehicular

6. En el DECRETO SUPREMO N° 003-2008- EM, se modifica el Decreto Supremo N° 050-2007-EM y se establecen normas complementarias aplicables para la Instalación y Operación de Establecimientos de Venta al Público de GNV y Estaciones de Compresión de Gas Natural.

7. En la RESOLUCIÓN DE CONSEJO SUPERIOR 002-2005-CS/GNV se aprueba modelo de dispositivo de Control Electrónico del Sistema de Control de Carga de GNV, Logotipo y Calcomanía Oficial GNV.

8. La RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO OSINERGMIN N° 150-2005-OS-CDmy la RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO OSINERGMIN N° 096-2007-OS/CD, son una serie de procedimientos para lograr el otorgamiento de Informes Técnicos Favorables para Establecimientos de Venta al Público de GNV, Consumidores Directos de GNV y Estaciones de Servicio, Grifos y Gasocentros de GLP para uso automotor.

9. En la RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO OSINERGMIN N° 394-2005-OS/CD, se aprueba Procedimiento de entrega de información de Precios de Combustibles Derivados de Hidrocarburos (PRICE) y amplían alcance del Sistema de Control de Órdenes de Pedido.

10. En la RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO OSINERGMIN N° 755-2007-OS-CD se ven los procedimientos para el otorgamiento de Informes Técnicos Favorables - ITFs de las Estaciones de Compresión, Licuefacción y de los Centros de Descompresión –

11. En la RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 141-2006-EM-DGH se disponen medidas transitorias para proyectos de instalación de equipos y accesorios para la venta de Gas Natural Vehicular en Estaciones de Servicios -

La norma técnica peruana que establece los requisitos mínimos de construcción, instalación y seguridad que deben cumplir las estaciones de servicio para el despacho de gas natural vehicular, es la NTP 111.019 – 2007.

La norma técnica que nos señala los requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para estaciones de servicio de Gas Natural Vehicular (GNV) es la NTP 111.020. Tanto esta norma como la NTP 111.019 fueron útiles para este trabajo. Ambas pueden encontrarse en los anexos de este trabajo y son tomados como referencia para algunos puntos de este trabajo.

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGÍA**

Durante la investigación de los procedimientos y pautas realizadas para esta puesta en marcha se conversó con la fábrica y en especial con el dueño de la empresa.

#### **4.1. CONCEPTO DE METODOLOGÍA.**

La metodología es una de las etapas específicas de un trabajo o proyecto que parte de una posición teórica y conlleva a una selección de técnicas concretas (o métodos) acerca del procedimiento para realizar las tareas vinculadas con la investigación, el trabajo o el proyecto. La metodología depende de los postulados que el investigador considere válidos-de lo que considere objetivo de la ciencia y el conocimiento científicos porque será mediante la acción metodológica como recabe, ordene y analice la realidad estudiada

No existe una metodología perfecta, por lo que muchas veces concurren mezcladas en relación simbiótica. La validez otorgada al uso de uno u otro método vendrá dada por el paradigma científico en el que se sitúe.

#### **4.1.1. Tipos de Metodología.**

Si tomamos en cuenta lo dicho anteriormente podemos determinar casi siempre 3 tipos de metodología: deductiva, inductiva y científica.

La metodología deductiva, los datos generales son aceptados como válidos y de allí se llega a una conclusión particular.

La metodología inductiva, parte de datos particulares para llegar a conclusiones generales.

La metodología científica, es el camino donde se planea bien la estrategia que se sigue para descubrir las propiedades y características varias en los objetos de estudio.

Por lo tanto después de analizar el como se llegó a obtener los pasos de esta puesta en marcha podemos afirmar que se utilizó la metodología deductiva.

#### **4.2. CONCEPTO DE INVESTIGACIÓN.**

Haré mención a que tipo de investigación realicé para lograr los resultados obtenidos.

La investigación es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes.

#### **4.2.1. Tipos de investigación.**

La investigación puede ser de varios tipos y en tal sentido se puede clasificar en función de su nivel, su diseño y su propósito. En función de su nivel, tenemos:

Investigación descriptiva, consiste en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores.

Preguntas como: ¿Qué es? ¿Cómo es? ¿Dónde está?, etc., nos ayudan a describir y comprender mejor el fenómeno. Pero este tipo de investigación no solo se limita a la recolección de datos, sino además a la predicción e identificación de las relaciones de las relaciones que existen entre las variables existentes. La recolección de datos no es aleatoria, tienen un orden basado en una hipótesis o teoría. Esto ayuda a los investigadores para lograr generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Investigación Exploratoria, es la que se efectúa sobre un tema poco conocido, los resultados por lo tanto constituyen una visión aproximada de dicho objeto. Puede ser por una parte, dirigida a la formulación más precisa de un problema de investigación por carecer de información suficiente. Esto es lo normal al principio y con esta investigación lograremos obtener nuevos datos y elementos que pueden ayudar a formular con mayor precisión las preguntas de investigación. Por otro lado, cuando se desconoce por completo el objeto de estudio resulta difícil de formular hipótesis acerca del mismo. La investigación exploratoria entonces sirve como base para la posterior realización de la investigación descriptiva.

Investigación Explicativa, busca el porqué de los hechos mediante la relación causa-efecto. Este tipo de investigación puede ocuparse tanto de la determinación de las causas como de los efectos mediante la prueba de hipótesis. Los resultados que se concluyan de acá constituyen el nivel más profundo de conocimientos.

La investigación explicativa intenta dar cuenta de un aspecto de la realidad, explicando su significativa dentro de una teoría de la referencia, a la luz de leyes o generalizaciones que dan cuenta de hechos o fenómenos que se producen en determinadas condiciones.

Dentro de esta investigación se dan dos elementos:

Lo que se quiere explicar, se trata del objeto hecho o fenómeno que ha de explicarse, es el problema que genera la pregunta que requiere una explicación.

Lo que se explica, se deduce de un conjunto de premisas compuesto por leyes, generalizaciones y otros enunciados que expresan regularidades que tienen que acontecer. Por lo tanto la explicación es una deducción de una teoría que contiene afirmaciones que explican hechos particulares.

En conclusión, en este trabajo se uso la investigación descriptiva y la investigación explicativa.

#### **4.3. TIPOS DE COMPRESORES PARA GNV EN PERÚ**

Mostraré ejemplos de estos compresores en Perú y en el mundo para hacer conocer la diferencia y el porque de la misma.

En el Perú se utilizan otros tipos de compresores para el manejo del GNV. Aunque utilizan los mismos principios de la termodinámica tienen algunos otros elementos que los hacen distintos.



Por ejemplo:

Tabla 4.1. (Comparación de compresores existentes en Perú para GNV)

COMPRESOR	ASPRO	GREENFIELD	IMW	GALILEO
<b>Origen</b>	Argentina / Brasil	Argentina	Canadá	Argentina
<b>Precio aprox. (dólares americanos)</b>	USA 145,000.00	USA 150,000.00	USA 180,000.00	USA 170,000.00
<b>Costo de Mantto. ( 5000 horas)</b>	USA 3,500.00	USA 3,600.00	USA 4,000.00 Mantto. cada 1000	USA 3,800.00
<b>Servicio Técnico</b>	Nacional	Extranjero	Nacional	Nacional
<b>Compresor al aire libre, modelo especial</b>	No	No	No	Si

#### 4.4. NORMATIVIDAD ASOCIADA A LA PUESTA EN MARCHA.

Pruebas a realizar

Como sustento técnico para los procedimientos de trabajo, se ha tomado en cuenta:

1. Reglamento para la Instalación y Operación de Establecimientos de Venta al Público de GNV, aprobado con el D.S. 006-2005-EM.
2. NTP 111.019
3. NTP 111.020

El personal que debe participar en la ejecución y supervisión de la instalación, pruebas y puesta en marcha deberá de ser Personal Técnico Especializado por parte de fabricante del compresor y dispensadores; Ingeniero residente responsable de la obra en ejecución de la estación de servicio<sup>25</sup> y personal de apoyo de parte de la empresa constructora.

Como medidas de seguridad, el personal encargado de las pruebas, deberá estar entrenado para afrontar situaciones de emergencia y uso de los dispositivos de seguridad instalados<sup>26</sup>.

Los motores, tanto del compresor, así como del aero enfriador son antiexplosivos, las canalizaciones a los mismos se realizan mediante cañerías flexibles antiexplosivos, y se utilizan selladores de acuerdo a las normas vigentes<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> Este ingeniero por lo general es un Ingeniero IG3

<sup>26</sup> Las instalaciones de emergencia se verán en el anexo.

<sup>27</sup> UL NFPA 20

Todas las cajas de paso de señales no seguras son API, los sensores son intrínsecamente seguros<sup>28</sup> o pasan a través de las Barreras Zeners<sup>29</sup> del tablero de control.

El Gas Natural Comprimido es potencialmente explosivo. Su uso requiere tomar precauciones extremas de seguridad, en especial lo que atañe a la entrada accidental de aire dentro del equipo.

Antes de desarmar cualquier parte del sistema hay que asegurarse de que la unidad este completamente despresurizada y sin energía.

Nunca hay que realizar trabajos en el compresor cuando éste se encuentre en marcha. Además está prohibido realizar cualquier actividad que involucre el fuego abierto (fumar, soldar, esmerilar, etc.) en áreas donde se encuentre las líneas del gas natural.

Hay que verificar el estricto cumplimiento de todas las Normas de Seguridad aplicables. En caso contrario, podrá causarse problemas mecánicos ó graves daños físicos con riesgos para la vida de las personas.

## **4.5 PUESTA EN MARCHA**

### **4.5.1. Precauciones previas.**

Se recomienda respetar las siguientes reglas para evitar accidentes o daños tanto para el personal como para la máquina, en el caso de que se requiera realizar alguna tarea dentro del equipo compresor:

- a) No colocar obstáculos alrededor del equipamiento, mantener limpio el lugar de trabajo y el piso seco, libre de manchas de aceite o grasa.
- b) Iluminar en forma apropiada el equipamiento y la zona circundante.
- c) No colocar sobre el equipamiento herramientas, piezas, etc.

---

<sup>28</sup> La Seguridad Intrínseca es un método de protección contra explosiones basado en el criterio de la Prevención.

<sup>29</sup> Las Barreras de Seguridad Intrínseca pasivas utilizan diodos Zener para limitar el voltaje hacia el área clasificada,

d) Mantener en correcto estado y limpios: instrumentos, accesorios, botones de parada (golpe de puño), etc.

e) Mantener las manos alejadas de partes móviles o giratorias durante el funcionamiento. Operar el equipamiento con precaución.

f) No alterar bajo ningún concepto la calibración de los instrumentos del equipamiento.

g) No olvidar desenergizar el equipo y despresurizarlo, antes de realizar cualquier actividad dentro del mismo.



Figura 4.1. Construcción de Grifo de GNV.



Figura 4.2. Interior de la instalación donde se ubicará el compresor.

#### **4.5.2. Instalación.**

El equipo compresor deberá ubicarse tomando en cuenta las normas vigentes del país<sup>30</sup>. Se tendrá en cuenta un espacio; en el cual el operador pueda maniobrar; alrededor del compresor. Además, en el caso de que el equipo cuente con cabina se deberá poder abrir las puertas sin tocar otros equipos, paredes, soportes, cañerías, etc.

Cuando el búnker y las instalaciones estén terminadas, libre de escombros, polvo y se haya verificado la horizontalidad (planitud) de la zona de apoyo del compresor, se podrá instalar la máquina.

---

<sup>30</sup> Decreto Supremo N° 006 – 2005 – EM  
Ordenanzas N° 997, 1091, 1108, 1359



Figura 4.3. La verificación de la plenitud se realiza para este piso donde será ubicado el compresor.

La autorización de la entrega del equipo la realizará personal designado por DELTA COMPRESION S.R.L. o representante debidamente autorizado e identificado.

Se deberá prever para la descarga del compresor del servicio de una grúa y un montacargas.



Figura 4.4. Ejemplo de Grúa utilizada para la instalación.

La empresa contratada para la instalación deberá inspeccionar el lugar y las distancias para planificar la descarga teniendo en cuenta que el peso del compresor es de 4600 Kg. y su altura de 2,50 metros. (Datos Orientativos)

La empresa instaladora deberá contar con eslingas acordes al peso del compresor. La máquina está provista con una estructura que consta con soportes o ganchos propios para facilitar la descarga.



Figura 4.5. Izamiento del compresor.

Montaje del motor del ventilador. Este motor viene en la caja de accesorios y generalmente su potencia oscila entre 5.5 Kw ó 7.5 Kw. Se procede a retirarlo de la caja de accesorios. Normalmente se aprovecha la grúa que sirvió para la instalación del compresor y se monta el motor del ventilador por el mismo lugar por donde fue instalado el compresor.





Figura 4.6. Izamiento del motor del ventilador.



Figura 4.7. Instalación del motor del ventilador.

### **4.5.3. Pruebas y Puesta en Marcha**

El procedimiento que presentamos a continuación son los pasos que se deben de seguir para la puesta en marcha del equipo.

**Paso 1:** Verificar el correcto estado del equipo en general por problemas sufridos en el traslado e instalación: Con el packing list<sup>31</sup> en mano se verifica de manera visual la no existencia de golpes, abolladuras, rajaduras o cualquier otra deformación que pueda haber sufrido el equipo ya sea en el traslado desde la fábrica hasta las instalaciones donde se va usar.<sup>32</sup> Esta

---

<sup>31</sup> El packing list es un documento que viene con el equipo que sirve para verificar la existencia física de cada una de los items señalados en el mismo.

<sup>32</sup> Todos los equipos están asegurados durante su traslado hasta la llegada de las instalaciones.

inspección dura aproximadamente una hora y es realizada únicamente por personal representante de la fábrica.

En caso de que exista algún daño en el equipo, se toma fotografías, se avisa a la aseguradora y se envían a la fábrica para tomar las medidas respectivas y realizar los deslindes correspondientes para la correcta solución del inconveniente.

En el caso de que el packing list no coincida con los equipos enviados se procede al aviso a fábrica y se envía el informe respectivo.



Figura 4.8.

**Paso 2:** Instalación de la polea del motor eléctrico del compresor: La polea se encuentra en una caja de accesorios, se retira de allí para que sea instalada en el eje del motor eléctrico. El motor presenta ya un gancho de izaje<sup>33</sup> el cuál es accionado por un perno sin fin que se encuentra en la parte

---

<sup>33</sup> El gancho de izaje es una herramienta especial que ayuda a la manipulación del motor en forma vertical.

superior del motor, este perno permita levantar el motor unos centímetros para que se pueda hacer la instalación de la polea adecuadamente. Luego se le da el torque<sup>34</sup> correspondiente de acuerdo a lo indicado por el fabricante. Al finalizar la instalación de la polea se retira el gancho de izaje. Se desengancha de los extremos del motor y luego se procede a desenroscar hasta el final de los hilos el perno sin fin. Últimamente los compresores ya llegan con la polea instalada, solo se verifica el torque.

**Paso 3:** Montaje de fajas. Se retiran de la caja de accesorios. Debemos de encontrar 8 de ellas. Manualmente se procede al desempaque y se verifica posibles roturas o rajaduras. Se procede a instalarlas entre la polea del motor y la volante del manovelismo. Se mueve el motor eléctrico por medio de los espárragos<sup>35</sup>. Este accesorio permite acercar el motor a la volante del manovelismo unos cuantos centímetros para proceder a la instalación de cada una de las fajas. Se inicia insertando la primera faja por el manovelismo en el canal mas lejano al manovelismo y se le inserta en el canal de la volante del motor que se encuentre más cerca al motor, la segunda faja se inserta nuevamente por manovelismo en el segundo canal mas lejano del manovelismo y se le inserta en el segundo canal de la volante del motor que se encuentre más cerca al motor y así sucesivamente con cada una de las fajas. Una vez que se insertó la última de las fajas, con el esparrago se desplaza el motor para tensar las fajas hasta llegar a la medida adecuada que puede ser medida con un tensiómetro o de forma manual.<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> Torque es el ajuste con el torquímetro, elemento que sirve para dar el ajuste mas preciso, en este caso particular la medición están en el orden de 120 N-m.

<sup>35</sup> Los espárragos son pernos sin fin que permiten la manipulación del motor de forma horizontal.

<sup>36</sup> Se verifica la flexibilidad de la correa con respecto a poleas ya instaladas, esto debido a la amplia experiencia de los técnicos, el error ha ido disminuyendo con el tiempo.

**Paso 4:** Alineamiento de las fajas del manovelismo. Esta se realiza de forma manual con la ayuda de una cuerda o de una regla metálica, consiste en la verificación primero de los canales de ambas volantes; del motor y del manovelismo; se verifica visualmente si los canales están alineados: dos personas se colocan en ambos extremos de la polea de tal manera que cada una de ellas se miren. Se coge la cuerda o la regla en ambos extremos y se verifica que no se encuentre de forma transversal a los canales sino de forma paralela. Si esto es así entonces las fajas estarán alineadas, si no se procede a mover el motor unos centímetros con ayuda de una palanca. La palanca se ubica de forma perpendicular a la polea, se procede a desajustar los pernos de anclaje y se mueve el motor de acuerdo a lo requerido que por lo general no es más de 2 cm.

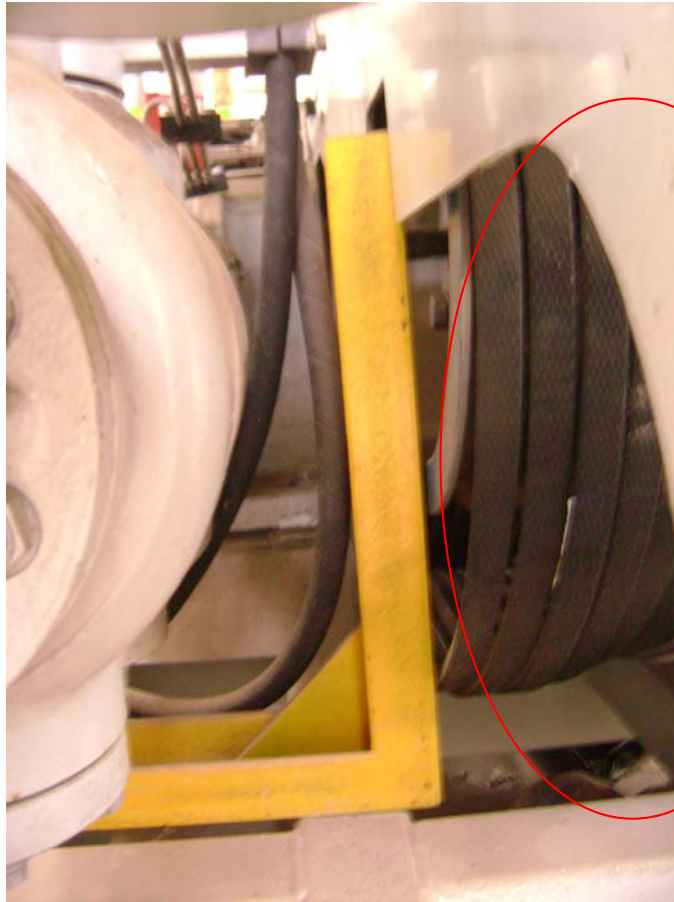


Figura 4.9. Alineación del las fajas.

**Paso 5:** Instalación del ventilador y conexión eléctrica del motor del ventilador: Se retiran la hélice del ventilador de la caja de accesorios. Se procede a instalarla en el eje del motor del ventilador. Posteriormente se coloca un perno en la unión del eje del motor eléctrico con la hélice., después se procede con el ajuste. Es decir se le da el torque adecuado de acuerdo a lo que indique el fabricante. Se abre la caja de borneras del motor y se realiza la conexión eléctrica de acuerdo a lo que indique el fabricante en este caso en estrella – triangulo.

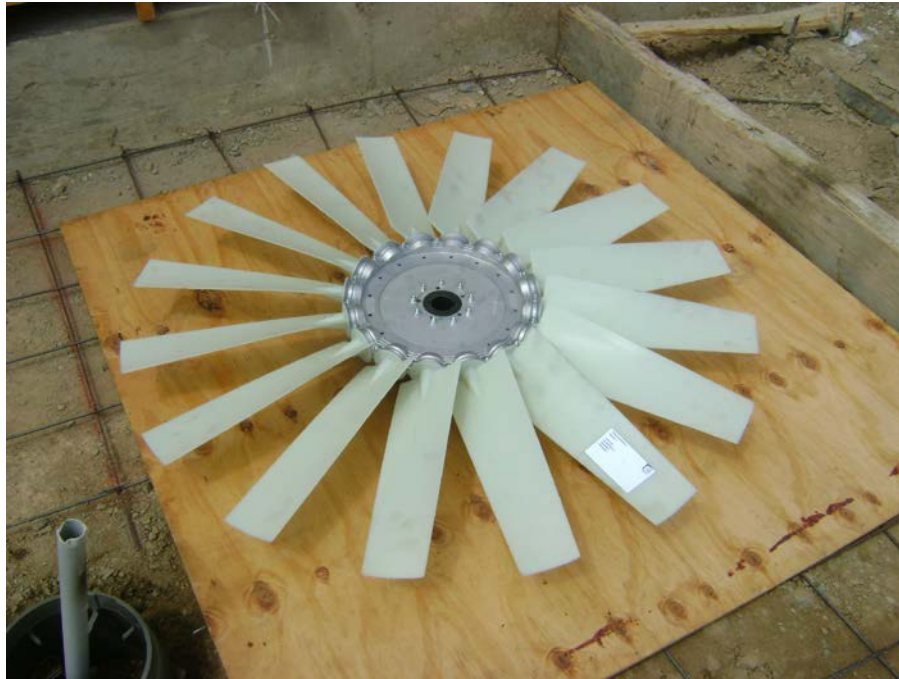


Figura 4.10. Hélices del ventilador.

**Paso 6:** La empresa encargada de la construcción del grifo y de los espacios para el compresor es también la encargada de realizar las conexiones de cables del tablero eléctrico general con el tablero del compresor. Los representantes de ASPRO son, entonces, los encargados de verificar dicha conexión. Este paso se realiza con los planos entregados por ASPRO.

**Paso 7:** Del mismo modo que en el paso anterior el contratista ya debió realizar el conexionado de la llegada de los cables del tablero del compresor con las borneras del compresor: Bornera de motor principal, bornera de ventilador, bornera de señales analógicas, llegada a las 3 electroválvulas.<sup>37</sup> Esto también es verificado por los representantes de ASPRO. Este paso se realiza con los planos entregados por ASPRO.

---

<sup>37</sup> Una electroválvula se ubica a la salida del almacenaje y las otras 2 en el puente de medición

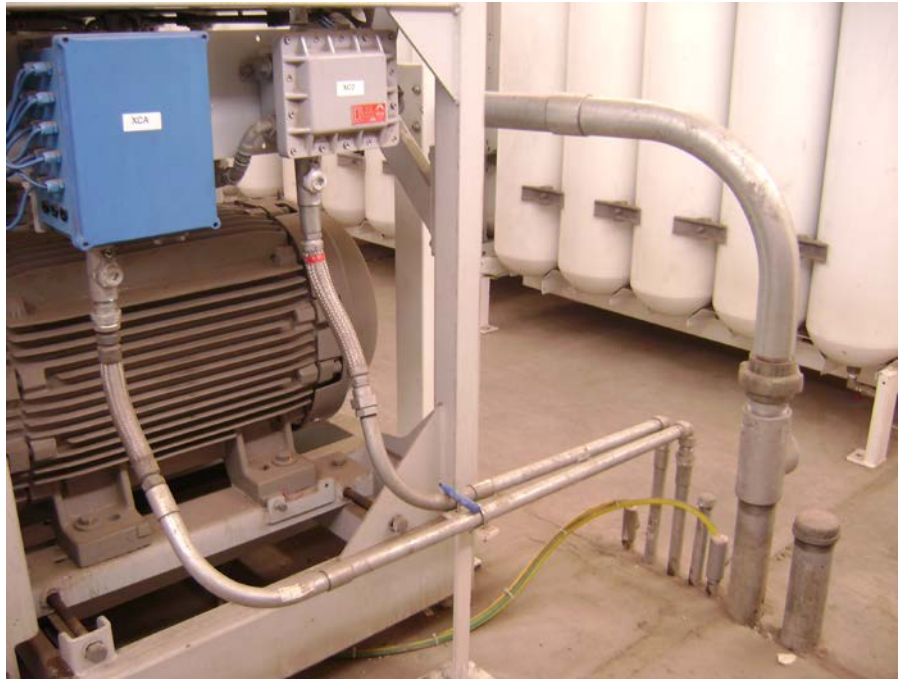


Figura 4.11. Cableado eléctrico del compresor.

**Paso 8:** Una vez comprobada la correcta conexión física de los cables se procede a energizar el sistema y a la verificación del correcto funcionamiento del sistema energizado. Con una pinza amperimétrica se procede a la verificación de tensiones y corrientes adecuadas y permitidas en cada uno de los cables (tensiones de 440V, 220 V y 220V estabilizada).<sup>38</sup>

**Paso 9:** Con el tablero energizado se enciende el panel táctil del tablero eléctrico, en este panel se visualiza varios tipos de alarma como: Baja presión de aspiración, alta temperatura de última etapa, baja presión de almacenaje, falla del arrancador suave, etc. Esto es común y se debe a que muchas veces los cables no han sido correctamente conectados o no les está llegando la señal adecuada, entonces se procede a revisar el cableado de acuerdo a las alarmas que hayan salido.

---

<sup>38</sup> Las tensiones de 440 V son para el motor principal y el motor del ventilador, 220 V es para las electroválvulas y 220 V estabilizado es para las señales analógicas que deben de tener caídas de tensión o dispersión en las señales



Una vez verificadas y corregidas, estas alarmas se borran del panel. No se puede iniciar el siguiente paso sin antes haber eliminado todas las alarmas existentes.

**Paso 10:** Se ingresan parámetros al panel táctil para el funcionamiento del compresor de acuerdo al modelo de equipo que se tenga, en nuestro caso:

**IODM 115/3/19.** ASPRO hace llegar a su representante estos parámetros.

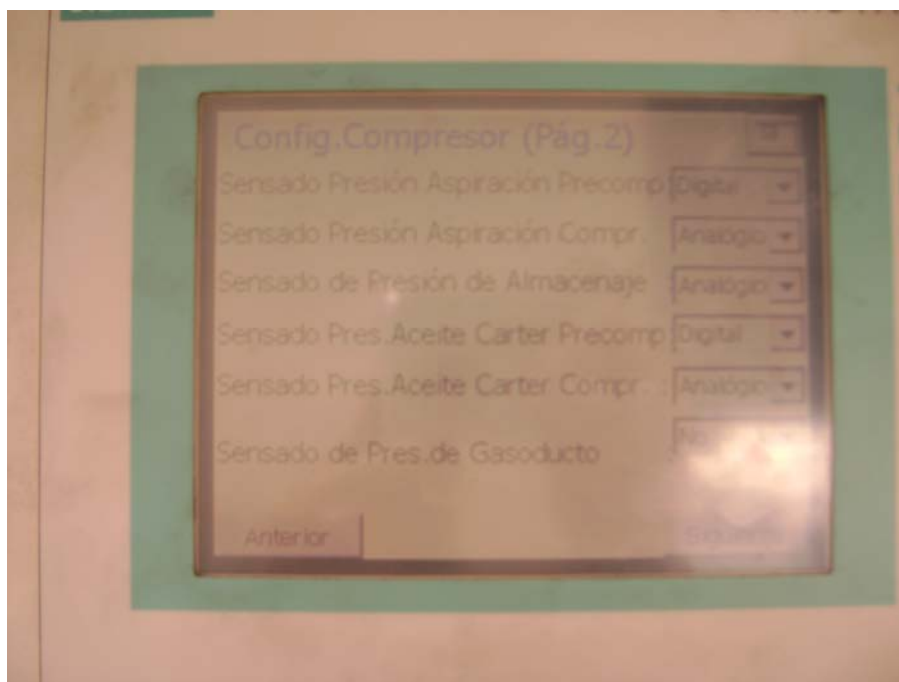


Figura 4.12. Ingreso de parámetros en el tablero de control.

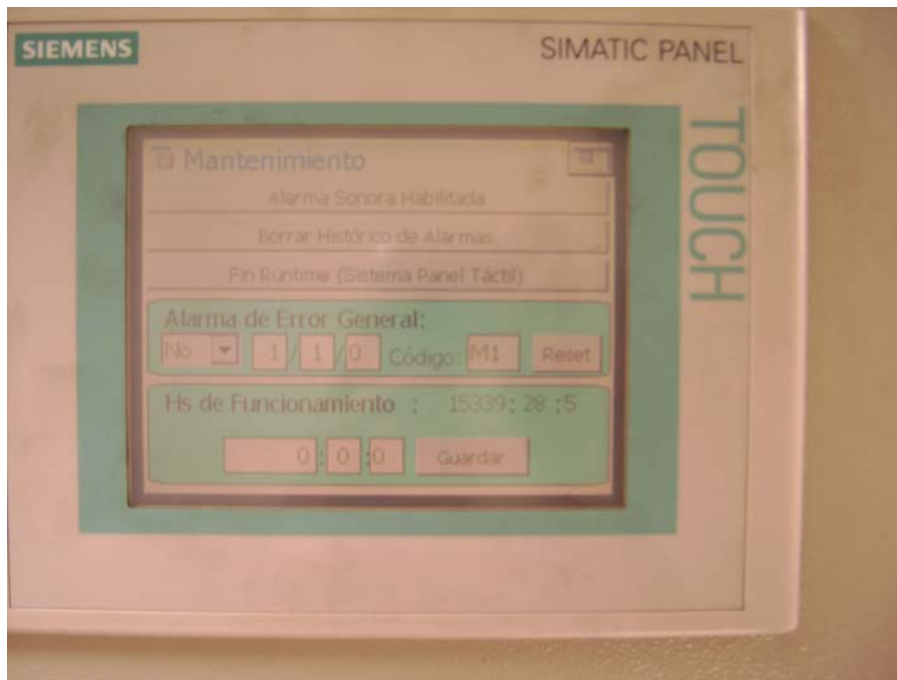


Figura 4.13 Ejemplo de alarmas durante las pruebas.

**Paso 11:** Una vez configurado adecuadamente el tablero eléctrico se procede a hacer la prueba de giro de los motores del compresor. En el motor principal, la prueba de giro consiste en pulsar el botón manual de arranque e inmediatamente el botón de parada ya que solo queremos darnos una idea del giro del motor y no hacer funcionar la máquina. Con este giro que el manovelismo adoptó por inercia (dura aproximadamente 20 a 30 segundos) lo que nos permite ver es que el giro sea el adecuado para el funcionamiento del compresor, en caso de que estuviera invertido se procede a hacer la inversión de los cables de potencia o cables de energía. En el motor del aroenfriador, consiste en encenderlo desde el panel eléctrico, colocándolo en la opción ARRANQUE MANUAL. Una vez encendido el motor, verificamos la aspiración que este realizando. Ya que solo tiene 2 posibilidades de giro, la adecuada sería que actúe aspirando todo lo que este bajo sus hélices, la otra posibilidad, que actúe como

ventilador, es decir expulsando aire a todo lo que se encuentre bajo sus hélices, no es lo que se requiere.

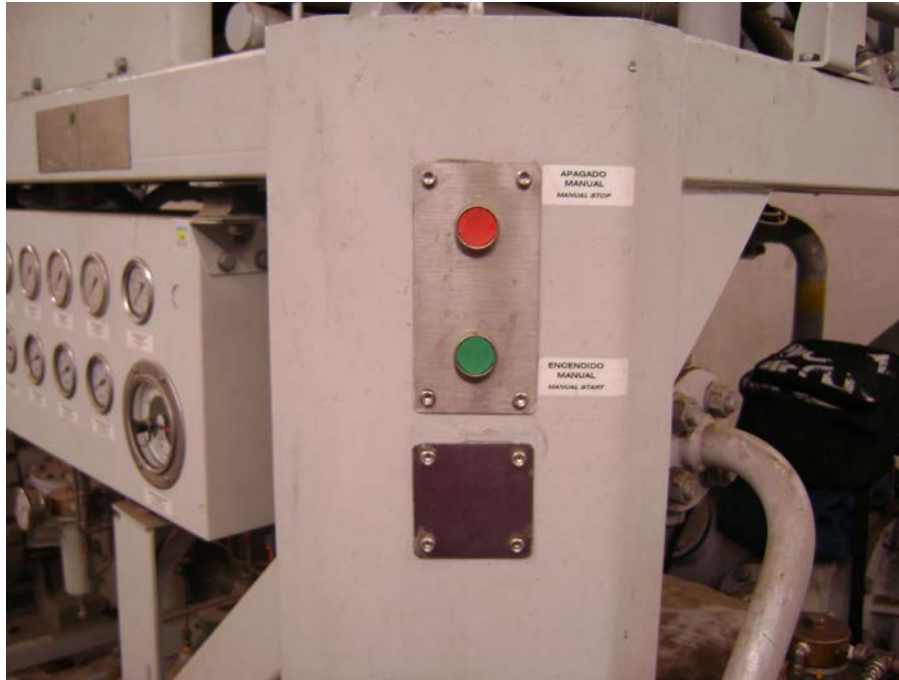


Figura 4.14. Botonera para el arranque manual del compresor.

**Paso 12:** Verificación de la seguridad del equipo, revisión de todas las paradas de emergencia<sup>39</sup>, estas paradas de emergencia son instaladas por la empresa contratista. Se verifica que cada una de ellas accione correctamente, accionándola manualmente y este accionamiento se puede verificar en el panel táctil. La observación que mostrará es ACCIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD, y significa que todo el conjunto deja de funcionar. Una vez realizada la verificación se procede a desconectar la alarma y a borrar la alerta en el panel táctil. Este ejercicio se vuelve a repetir por cada alarma que exista dentro de la estación de servicio.

---

<sup>39</sup> Alarmas llamadas de golpe de puño.



Figura 4.15. Ejemplo de parada de emergencia.

**Paso 13:** Prueba de los detectores de fuga de gas natural, estos detectores de fuga de gas natural<sup>40</sup> se encuentran dentro del bunker.

Antes de proceder con el suministro de gas natural se verificara la operatividad de todos los detectores de fugas de gas y verificación de activación de las alarmas y cierre de válvulas automáticas o actuadores.

Con un spray<sup>41</sup> cuya composición es la misma que la del gas natural, se le rocía cerca al sensor y este deberá activarse: Suena la alarma en la central de alarma y aparece un mensaje en el tablero electrónico indicando fuga de gas natural en el compresor. En el caso de que el compresor esté en funcionamiento para inmediatamente.

Si la alarma no se activa se le informa al cliente para que el tome las medidas del caso.

---

<sup>40</sup> Estos detectores son sensores

<sup>41</sup> Este spray es proporcionado por la empresa proveedora de los sensores de gas natural

**Paso 14:** Suministro de gas por el proveedor: que en el caso de Lima es CALIDDA. Un representante de CALIDDA va a la estación para abrir la válvula principal del puente de medición.

Lo que hace en primer lugar es verificar fugas antes de abrir la válvula principal, también verifica que los actuadores funcionen correctamente.<sup>42</sup>

Una vez realizada estas pruebas se procede a la apertura de la válvula en mención.



Figura 4.16. Puente de medición de la estación.

**Paso 15:** Arranque del compresor, cuando se lleva a cabo el arranque del compresor solo se lleva a cabo con el Personal autorizado.

Esta prueba se realiza suministrando gas en la línea por tramos<sup>43</sup> para ir verificando fugas.

Antes de proceder a abrir la válvula manual de salida del puente de medición se tiene que seguir los siguientes pasos:

---

<sup>42</sup> De existir fugas están en la capacidad de corregir esto inmediatamente

<sup>43</sup> Los tramos son longitudes de tubería que empiezan y terminan con válvulas.

El compresor debe estar habilitado en modo manual para el arranque.

Se verifica que la válvula manual de entrada del compresor este cerrada para que una vez que se abra la válvula manual de salida del puente; en ese tramo, se pueda verificar fugas.

Se abre la válvula del puente de medición por el encargado de CALIDDA y se verifican fugas hasta la válvula de entrada del compresor. Luego se abre la válvula manual de entrada del compresor, se verifica fugas en la válvula, se verifica que la válvula de salida del compresor este abierta<sup>44</sup> y que dos cilindros principales del almacenaje estén abiertos. Se procede a dar el arranque a la máquina comprimiendo solo hasta 50 bar para verificar fugas entre las etapas y los cilindros de almacenaje operativos, luego se abren el resto de cilindros uno por uno verificando fugas en cada uno de ellos.

---

<sup>44</sup> Si la válvula de salida del compresor está cerrada al momento de iniciar el arranque, el compresor elimina el gas por las válvulas de seguridad de cada etapa y se detiene automáticamente por exceso de presión entre las etapas.



Figura 4.17. Almacenaje de la estación.

**Paso 16:** Limpieza de Cañerías<sup>45</sup>, en este paso se realiza la limpieza de tuberías desde la salida del almacenaje hasta los dispensadores.

Se procederá a limpiar las tuberías que van desde el puente de medición hasta los dispensadores.

Esta limpieza lo realiza el personal encargado de la instalación electromecánica y se lleva a cabo por tramos: del puente de medición hacia entrada del compresor, luego de la salida del almacenaje hacia los dispensadores.

Esta limpieza se realiza con el mismo gas natural a baja presión. (dependiendo de los tramos se puede ir desde 10 bar hasta 100 bar).

---

<sup>45</sup> Se le llama limpieza de cañerías al proceso de retirar residuos que normalmente poseen las tuberías, llámese restos de teflón, tierra, piedrecillas, etc.

**Paso 17:** Arranque y llenado de almacenaje hasta 250 bar. Una vez finalizada la limpieza de las tuberías, se enciende el compresor en automático desde el tablero de control, dejando comprimir hasta 250 bar. Se realiza este paso para comprobar que las presiones y temperaturas entre las etapas son las adecuadas. Cada modelo de máquina tiene sus rangos entre etapas; máximos y mínimos que deberán ser respetados.



ALCANCE : SCOPE							
COMPRESORES ASPRO LINEA IODM 115 -LINE IODM 115 ASPRO COMPRESSOR							
PRESIONES MAXIMAS DE TRABAJO EN CADA ETAPA (BAR)							
WORK MAXIMUM PRESSURE IN ONLY STAGE (BAR)							
<b>IODM 115-4RR</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>				1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>	3° ETAPA <i>3<sup>RD</sup> STAGE</i>	4° ETAPA <i>4<sup>TH</sup> STAGE</i>
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
1.4	3	4		17	46	110	250
<b>IODM 115-4R / 4RL</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>				1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>	3° ETAPA <i>3<sup>RD</sup> STAGE</i>	4° ETAPA <i>4<sup>TH</sup> STAGE</i>
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
2	6	8.5		22	58	125	250
<b>IODM 115-4 / 4L</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>				1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>	3° ETAPA <i>3<sup>RD</sup> STAGE</i>	4° ETAPA <i>4<sup>TH</sup> STAGE</i>
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
4	8	10		26	65	135	250
<b>IODM 115-3-12 /12L</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>				1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>	3° ETAPA <i>3<sup>RD</sup> STAGE</i>	
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
7	14	14		50	135	250	
<b>IODM 115-3-19 /19L</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>				1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>	3° ETAPA <i>3<sup>RD</sup> STAGE</i>	
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
12	19	25		67	150	250	
<b>IODM 115-2-30</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>				1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>		
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
19	45	-		150	250		
<b>IODM 115-5-4R</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>			PRECOM. / PRECOM. STAGE.	1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>	3° ETAPA <i>3<sup>RD</sup> STAGE</i>	4° ETAPA <i>4<sup>TH</sup> STAGE</i>
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
0,2	1,1	-	8,5	22	58	125	250
<b>IODM 115-5-3-12</b>							
ASPIRACION - <i>INLET</i>			PRECOM. / PRECOM. STAGE.	1° ETAPA <i>1<sup>ST</sup> STAGE</i>	2° ETAPA <i>2<sup>ND</sup> STAGE</i>	3° ETAPA <i>3<sup>RD</sup> STAGE</i>	
MIN.- <i>MIN</i>	MAX.- <i>MAX</i>	REG. ABIERTO <i>CLEARANCE POCKET REGULATOR OPEN</i>					
1,75	3,25	-	14	50	135	250	

Figura 4.18. Presiones y Temperaturas de los compresores ASPRO

**Paso18:** Puesta en marcha de dispensadores. Se realiza por el personal técnico de puesta en marcha y para tomar todas las medidas de seguridad se tiene aislar la playa y restringir el personal. Se procede a cargar los datos en los surtidores.

**Paso 19:** Presurización de dispensadores. Antes de cada dispensador existe una llave manual. Esta es abierta de a pocos para ir verificando fugas en las instalaciones internas del dispensador. Luego de la verificación de fugas y ajustes necesarios, se procede a regular presión de corte<sup>46</sup>, tomando como referencia el manómetro presostato, que está en el dispensador.

Esta regulación se hace con la presencia de un automóvil para ir cargándolo de gas y mientras esto se desarrolla se va verificando y regulando la presión en la válvula reguladora M15.

**Paso 20:** Calibración de dispensador GNV. Esto se realiza mediante un medidor de flujo másico, el cual tiene que estar en el rango de 2.5 % de acuerdo a la norma técnica.

**Paso 21:** Pruebas de sistema. Concluidas las pruebas antes indicadas, se procederá a realizar la prueba de sistema, en donde se verificará la operación en conjunto de todos los equipos instalados, empleando para tal fin vehículos que han sido convertidos a GNV.

---

<sup>46</sup> La presión de corte deberá ser entre 195 bar y 205 bar, según norma técnica 111.019

El sistema de control de carga debe identificar a través del “chip inteligente” al vehículo y activar al dispensador, luego se inicia la carga del cilindro instalado en el vehículo, la cual debe concluir en forma automática. El despacho a través del dispensador debe concluir cuando la presión en el cilindro llegue a 200 bar. Concluida la carga, el sistema de control de carga emitirá un comprobante, donde se señala el importe y volumen despachado, además estará impreso el número de placa del vehículo.

Esta operación se repetirá en forma simultánea en todos los dispensadores, a fin de verificar el comportamiento del dispensador y de sus parámetros de operación.

Durante esta operación se simulará una parada de emergencia y una fuga de GNV, comprobando que los sistemas de control y seguridad funcionan según lo contemplado en el proyecto.

**Paso 22:** Acta Final. Concluidas las pruebas en forma satisfactoria y no habiendo observación alguna, el IG 3 responsable de la instalación, procederá a elaborar el Acta de pruebas de tuberías y Equipos, la cual será suscrita por el Supervisor de OSINERGMIN.

#### **4.6. COSTOS**

Haré mención de los costos en los que se pueden incurrir para la realización de los trabajos mencionados.

Tabla 4.2. (Costos involucrados en el desarrollo del trabajo)

CONCEPTO	COSTO	CANTIDAD	COSTO SUB TOTAL 1	COSTO SUB TOTAL 2 (16 horas)
<b>Costo de Técnico:</b>	USD 3.00/h*	3	USD 9.00/h	USD 144.00
<b>Costo de Ingeniero Supervisor IG3:</b>	USD 10.00/h*	1	USD 10.00/h	USD 160.00
<b>Costo de Montacargas:</b>	USD 23.00/h	1	USD 23.00/h	USD 69.00 **
<b>Costo de Camión grúa telescópica:</b>	USD 77.00/h	1	USD 77.00/h	USD 231.00 **
<b>Costo de Insumos consumibles (Alcohol, trapos)</b>	USD 27.00/puesta en marcha*	1	USD 27.00/puesta en marcha	USD 27.00
			<b>COSTO TOTAL</b>	<b>USD 631.00</b>

\* Tipo de cambio usado 1 USD = S/. 2.6

\*\* Solo 3 horas.

Para este cálculo se tomo en cuenta lo siguiente:

El costo de las horas hombre involucradas está hecho en base a su salario mensual, dividido entre la cantidad de horas trabajadas en el mes.

## CONCLUSIONES

- 1.- El uso del gas natural en la industria nacional es aún incipiente con respecto a países que tienen más de 30 años usándolo.
- 2.- En cualquier proyecto que se piense llevar a cabo definitivamente se tiene que analizar el **aspecto social**. En el caso de los grifos de gas natural, el impacto social más grande que enfrentarán los futuros grifos es el lugar de instalación, las quejas de los vecinos por los niveles de ruido, congestión vehicular y permisos municipales.
- 3.- Las normativas aún no están siendo adecuadas a la realidad peruana, se está permitiendo el ingreso partes no originales para el intercambio de piezas, se permite que existan grifos que no presenten ingenieros IG3 constantemente en las instalaciones, esto a la larga solo va a generar una deformación de la norma actual.
- 4.- Muchos de los términos son nuevos y han sido adaptados de la terminología argentina. Otros términos se han mantenido de la industria petrolera y el argot utilizado en la industria peruana.
- 5.- El elemento más importante de la composición del gas natural es el gas metano. La cromatografía que se le entrega a cada grifo le es útil para poder realizar el diseño y selección de sus filtros.
- 6.- El gas natural es el combustible que está dando más soluciones que problemas en el país, la masificación de su uso en todos los niveles debería ser prioridad para

el estado, no solo para la exportación de manera bruta sino para venderlo como producto procesado.

7.- Las estaciones de servicio estaban acostumbradas a equipos cuyo servicio de mantenimiento era muy esporádico o en el pero de los casos por lo económico de su precio era mejor comprar uno nuevo. Con el compresor y sus partes tuvieron que cambiar radicalmente su forma de operar en la industria, el cambio aún se está dando y se espera que en los próximos años esto ya sea asumido.

8.- Si bien es cierto los compresores ya vienen siendo usados en el país, la característica distinta en este caso es el fluido que se le considera bastante inflamable, sin embargo es uno de los mas seguros debido a su volatilidad.

9.- El compresor más usado en el país sigue siendo la marca ASPRO, sin embargo el crecimiento de este se debe al servicio técnico que puede llegar a ofrecer a sus clientes.

10.- La planitud, la limpieza, la isonorización y la ventilación del bunker son los aspectos más importantes a tener en cuenta.

11.- OSINERGMIN es el organismo más importante para poder entender reglamentación y permisos. La ayuda de sus expertos siempre debe ser valorada.

12.- CALIDDA es la empresa encargad de proporcionar gas a la estación, del puente de medición para fuera de la estación es responsabilidad de esta empresa, pero del puente de medición para dentro del grifo es responsabilidad del dueño de la estación, por eso es importante supervisar bien los trabajos de los contratistas y programar mantenimientos constantes, no solo de la maquinaria sino de las instalaciones eléctricas y mecánicas.

13.- El panel electrónico es un gran aliado para poder determinar los problemas existentes y lograr mejorar nuestro conocimiento con respecto al compresor, todos los mensajes que obtenemos de ellos deberán ser anotados y los valores monitoreados constantemente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ATLAS COPCO "*Atlas Copco Manual*", España, 3ª edición, 1979.
2. GREENE Richard W. "*Compresores Selección, uso y Mantenimiento*", McGraw-Hill, 1992.
3. Web del Ministerio de energía y minas:

[http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/aspectosgenerales\(2\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/aspectosgenerales(2).pdf)

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/promocion%20electrica/informativo8.pdf>

[http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/proyectocamisea\(1\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/proyectocamisea(1).pdf)

<http://intranet2.minem.gob.pe/Web/archivos/camisea/estudios/redes/descripcion.pdf>