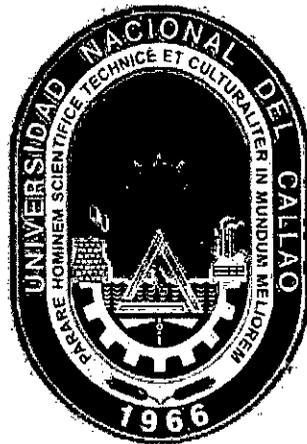


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN  
LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE  
SERVICIOS DE GNV EN LA COSTA PERUANA”**

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL PARA OPTAR  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**FIDEL ARQUÍMEDES CASTRO PANDURO**

**Callao, Marzo del 2017**

**PERÚ**

## ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL MODALIDAD: INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL

A los VEINTIOCHO días del mes de JUNIO del dos mil diecisiete, siendo las 10.00<sup>hrs</sup> horas, se procedió a la instalación del Jurado de Exposición de Informe de Experiencia Laboral de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Resolución Decanal 001-2017-D-FIME-J-EXP-IEL), conformado por los siguientes docentes:

- PRESIDENTE : Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
- SECRETARIO : Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVIAS
- VOCAL : Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ
- ASESOR : Ing. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA

Con el fin de dar inicio a la EXPOSICIÓN DEL INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL presentado por el Sr. Bachiller FIDEL ARQUÍMEDES CASTRO PANDURO quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO, expondrá el Informe de Experiencia Laboral, titulado: “MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE SERVICIOS DE GNV EN LA COSTA PERUANA”

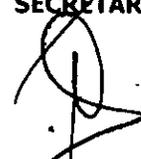
Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Exposición de Informe de Experiencia Laboral de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por Aprobado con el calificativo de BUENO (15) al señor Bachiller FIDEL ARQUÍMEDES CASTRO PANDURO.

Con lo que se dio por cerrada la sesión a las 11:40 del día 28 de Junio del 2017.

  
Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ  
PRESIDENTE

  
Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVIAS  
SECRETARIO

  
Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ  
VOCAL

  
Ing. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA  
ASESOR

## DEDICATORIA

A mis padres Marcos y Estela y hermanos,  
por su comprensión y apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a la Universidad Nacional del Callao- Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía, por haber permitido formarme en ella como profesional, a todas las personas que fueron partícipe de todo este proceso, ya sea de manera directa e indirecta, gracias a todos ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte que hoy se vea reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. Gracias a mis padres que fueron los mayores promotores, por ese empuje diario, esas palabras positivas, esa esperanza de ver culminada su tarea en ser profesional, gracias durante todo este tiempo, a Dios que fue mi apoyo y motivo siempre, y así continuar cada día hasta llegar a la meta.

En este momento muy especial que espero perdure en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino a quienes dieron su tiempo para hacer de este informe un documento importante en los trabajos de mantenimientos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>I. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
1.1- Objetivo General.....	6
1.2- Objetivos Específicos .....	6
<b>II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN .....</b>	<b>7</b>
2.1. Constitución y Tipo de empresa.....	7
2.2. Misión y Visión .....	7
2.3. Políticas de la Empresa .....	8
2.4. Modelo Organizacional.....	9
<b>III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O     INSTITUCIÓN.....</b>	<b>12</b>
3.1. Mantenimiento.....	12
3.2. Servicios .....	12
3.3. Principales Clientes .....	13
3.4. Principales proyectos y actividades desarrolladas.....	14
<b>IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE     INGENIERÍA .....</b>	<b>15</b>
4.1. Descripción del Tema.....	15
4.2. Antecedentes .....	16
4.3. Planteamiento del Problema .....	23
4.4. Justificación .....	24
4.5. Marco Teórico .....	25
4.5.1. Estación de Servicio .....	25
4.5.2. Mantenimiento .....	54
4.5.3. Análisis de criticidad de equipos .....	60
4.5.4-.Marco Normativo .....	66
4.6-Fases del Proyecto .....	67

4.6.1- Fase I: Realizar Inspección General .....	69
4.6.2- Fase II: Compilar y Verificar de la información del PLC y del equipo .....	71
4.6.3- Fase III: Revisar y analizar el historial de visitas técnicas .....	77
4.6.4- Fase IV: Ejecutar la Mejora del Plan del Mantenimiento Basado en la Criticidad del Equipo. ....	82
<b>V- EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICO.....</b>	<b>108</b>
5.1- Evaluación Técnico. ....	108
5.2- Evaluación Económica: .....	110
<b>VI- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>116</b>
6.1- Conclusiones .....	116
6.2- Recomendaciones .....	117
<b>VII- REFERENCIALES .....</b>	<b>118</b>
<b>VIII- ANEXOS Y PLANOS.....</b>	<b>120</b>

## INTRODUCCIÓN

La masificación del gas natural vehicular (GNV) en Lima y las provincias, fue el nacimiento de las Estaciones de Servicios de Gas Natural, esto contribuyó a la formación de un nuevo mercado en servicios de mantenimientos para compresores alternativos multiétapicos.

El gas natural es un combustible fósil con menor impacto ambiental en todo su proceso desde su extracción distribución y consumo. Este combustible con menor formación de contaminantes para el medio ambiente se presenta con un combustible alternativo superando en comparación económica a los combustibles gasol y diesel, de tal manera la conversión de los automóviles tiene un crecimiento masivo incentivado por el apoyo del gobierno central. Esta masiva conversión incentiva la construcción de varias Estaciones de Servicios de Gas Natural e instalación de equipos de Compresión Alternativos Multiétapicos. La instalación de estos equipos permitirá la aplicación de un plan de mantenimiento de acuerdo a indicaciones del fabricante, todo equipo tiene su representante de venta y servicio exclusivo de mantenimiento hasta la finalización de su garantía, permitiendo al cliente continuar con el servicio exclusivo o tiene que agenciarse de otras empresas prestadoras que brindan los servicios de mantenimientos para estos equipos.

Esta necesidad de mantenimiento para estos equipos no está desarrollado a escala mayor, incluso no está determinado como enseñanza en los institutos o nivel de universidad, solo se puede reconocer el concepto y los principios del

mantenimiento. La experiencia de la empresa de mantenimiento FLF Soluciones Técnicas SAC, en sus años de existencia acumula la experiencia para afrontar los desafíos de este mercado de mantenimiento exclusivos de estos equipos de compresión. La coordinación con las indicaciones de fábrica Grupo Galileo S.A, las capacitaciones constantes no solo de los equipos, también los nuevos equipos e indicaciones contribuyen a nuestro progreso en los servicios.

Razón por la cual con el informe titulado: “MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE SERVICIOS DE GNV EN LA CÔSTA PERUANA”, estaremos contribuyendo a incentivar a las empresas de Estaciones de Servicios a reconocer la importancia de tener un plan de mantenimiento que indique los parámetros de jerarquización y evaluación del equipo par determinar la criticidad del equipo, y que nos permitira dar las conclusiones y recomendaciones del caso para la mejora o corregir los planes de mejora del mantenimientos correctivos de estos equipos en Lima y provincia.

El informe está descrito por ocho capítulos cada uno con sus respectivos temas teniendo en la parte final sus conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo I, titulado **objetivos**, describimos el objetivo general y los objetivos específicos del informe.

El capítulo II, **organización de la empresa**, consta de la constitución de la empresa, misión y visión, políticas de la empresa y modelo organizacional.

En el capítulo III, titulado **actividades desarrolladas por la empresa**, se presenta el tipo de actividades, mantenimiento, servicios y principales clientes.

En el capítulo IV, titulado, descripción detallada del proyecto de ingeniería,  
Se presenta los antecedentes, planeamiento del problema, justificación del trabajo,  
marco teórico y las fases del informe

En el capítulo V, el título, **evaluación económica**, se dan a conocer los costos de  
mantenimiento.

En el capítulo VI, el título denominado, **conclusiones y recomendaciones**,  
enunciamos las conclusiones y las recomendaciones.

En el capítulo VII, el título, **referenciales**

En el capítulo VIII, el título, **anexos y planos**

## **I. OBJETIVOS**

### **1.1- Objetivo General**

Mejorar el plan de mantenimiento basado en la criticidad, reduciendo los costos y tiempos de parada de los equipos en las Estaciones de Servicios de GNV en la Costa peruana.

### **1.2- Objetivos Específicos**

- Realizar inspeccion general de los equipos en las Estaciones de Servicios GNV en la costa peruana marca Galileo
- Compilar y verificar la información del PLC y del equipo en las Estaciones de Servicios GNV en la costa peruana marca Galileo
- Revisar y analizar el historial de las visitas técnicas, en las Estaciones de Servicios GNV en la costa peruana marca Galileo
- Ejecutar el mantenimiento correctivo programado, en las Estaciones de Servicios GNV en la costa peruana marca Galileo

## **II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

### **2.1. Constitución y Tipo de empresa**

La Empresa FLF soluciones Técnicas SAC, se funda el año 2011, con el objetivo de cubrir un vacío después de la finalizar las garantías de Mantenimientos de los equipos de compresores multietapicos. De esta manera a través de los años se posesionaría como una de las empresas en rápido crecimiento con los servicios de mantenimiento de compresores multietápicas de gas natural de la marca GRUPO - GALILEO de procedencia – País Argentina.

FLF soluciones técnicas S.A.C. Está ubicado en la calle, Casimiro de la fuente 312 en el distrito de La Victoria. Desde la fecha viene realizando sus operaciones con las atenciones dentro de las 24 horas los 7 días de la semana y todo el año.

El continuo esfuerzo de FLF Soluciones Técnicas SAC, es contar con una continua actualización de los conocimientos y experiencias diarias, permitiéndoles compartir con sus clientes la preferencia de sus servicios.

Contamos con las certificaciones y registro por OSINERMIN, de acuerdo a lo estipulado en el Art. 66 del DS. 006-2005-EM.

Con el registro correspondiente empezaron a operar de una manera formal con todos los riesgos y seguridad del personal de acuerdo a las normas técnicas peruanas de venta de GAS NATURAL para atención al público.

Como empresa de mantenimiento realizaron los trabajos de mantenimiento, instrucción de manejo de los dispensadores charlas de seguridad y venta de repuestos originales para equipos de gas natural.

Actualmente la empresa; cuenta con una cartera de clientes que van desde la industria especializada las Estaciones de Servicios y los servicios de arranque de equipos en provincias.

### **2.2. Misión y Visión**

**Misión:** La Empresa FLF soluciones técnicas SAC ofrece un servicio garantizado a nuestros clientes en el mantenimiento del Sistema de Compresión de Gas Natural para plantas madres, Estaciones hijas, Plantas Reguladoras y Estaciones de Servicio

de Gas Natural; para ellos contamos con un personal altamente calificado y comprometido con la problemática de nuestros clientes.

**Visión:** Ser una empresa líder en el mercado nacional e internacional en el rubro de Proyectos de Hidrocarburos y Montaje, Puesta en marcha y Mantenimientos de Sistema de Compresión de Gas Natural.

### **2.3. Políticas de la Empresa**

La política de FLF SOLUCIONES TÉCNICAS SAC son compromisos de la empresa y de los trabajadores, estamos alineados a cumplir con los objetivos estratégicos de la empresa y su modelo de negocio.

- **Política de Seguridad y Salud Ocupacional**

Estamos con la seguridad y el cuidado de las personas.

Entendemos que la seguridad y la salud en nuestro ambiente laboral es un valor prioritario.

- **Comprometidos con nuestra Política Ambiental**

Estamos comprometidos con el cuidado y protección de medio ambiente y el compromiso con la sociedad.

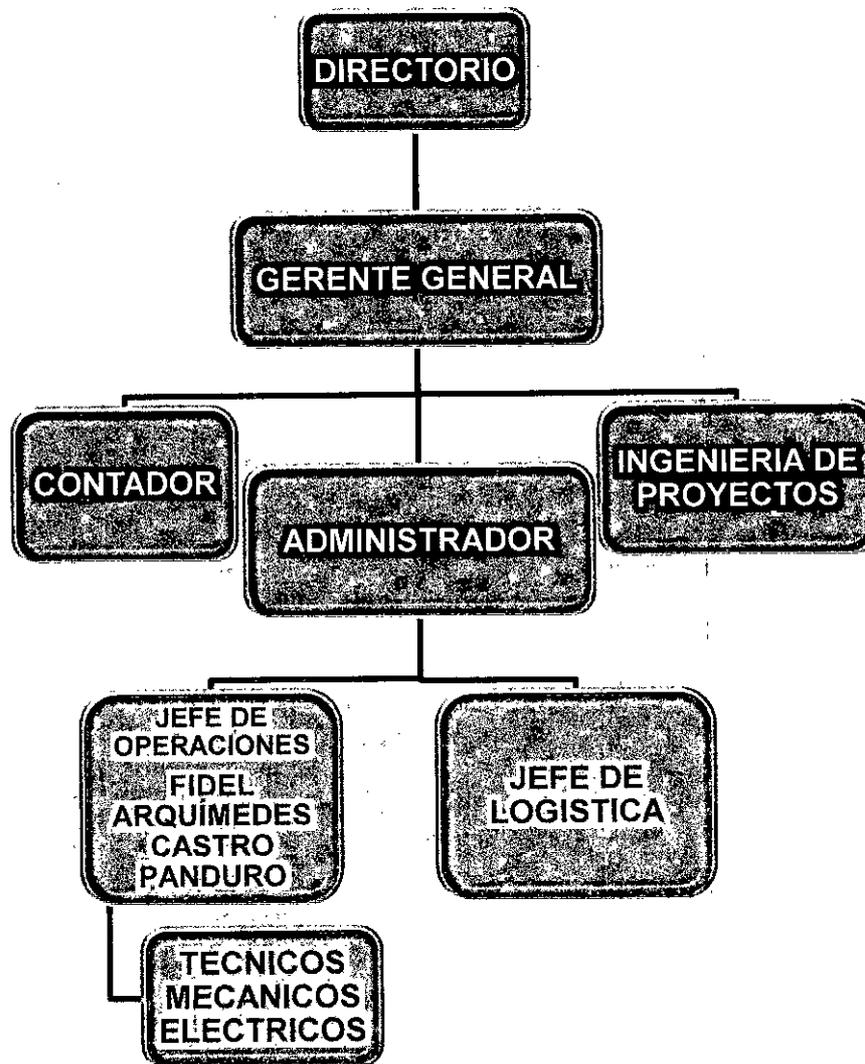
- **Comprometidos con nuestra Política de Calidad**

Nos comprometemos a emplear nuestra capacidad en la mejora continua de la calidad de nuestro Sistema de Gestión.

## 2.4. Modelo Organizacional

La estructura de la organización de la empresa FLF Soluciones Técnicas SAC, se muestra de la siguiente manera:

**Figura N° 1.** Organigrama de FLF Soluciones Técnicas SAC



Fuente: Empresa FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC

## **Descripción detallada de las funciones de la empresa:**

Breve descripción de las funciones de cada área:

- **Gerente General:** Es el encargado de tener la misión de conducir, liderar, dirigir y coordinar las distintas áreas de la institución y de gestionar a potenciales clientes.
- **Administrador:** Encargado de las coordinaciones directas con el área de gerencia general. Lleva la administración de las ordenes de trabajo, facturación mensual y tener registros de las compras y venta de repuestos, gastos, pago de proveedores, créditos otras obligaciones que puede tener la empresa. Se encarga de las negociaciones de las propuestas económicas para los contratos de mantenimientos, plazo de pago, moneda y tipo de cambio.
- **Ingeniería de Proyectos:** Se encarga del estudio de factibilidad y ejecución de proyectos de Hidrocarburos, montaje, puesta en marcha, Asesoría y Recertificación de Equipos de Compresión y Regulación de Gas Natural. Así mismo se diseñan programas de Mantenimientos de Sistemas de Compresión de Gas Natral.
- **Jefe de Operaciones:** Tiene la responsabilidad de coordinar y supervisar los trabajos de las mejoras del plan de Mantenimientos, del personal a su cargo.  
Dentro de estas actividades he desempeñado lo siguiente:
  - Director de mantenimientos en cada Estación de Servicios de GNV que tiene la empresa a su cargo.
  - Supervisor de los proyectos en instalaciones de los equipos compresores de GNC.
  - Supervisor de puesta en marcha de los equipos compresores de GNC en coordinación con indicaciones del manual y fábrica.

- **Jefe de Logística:** Es la persona responsable, en coordinación y organización del área logística de la empresa, encargado del suministro, compra y venta de repuestos para ser usados en los mantenimientos. Se encarga del control de su inventario diario, semanal y mensual, tener un ingreso y salidas, incluyendo los consumibles. Debe informar el estado de su inventario con respecto a su stock de repuestos o pedir los fondos necesarios para las compras de repuestos nacionales o hacer su informe a la gerencia para su visto bueno y de esta manera agilizar la adquisición de repuestos y tener en su debido momento.
- **Técnico de mantenimiento:** Personal capacitado en las labores de mantenimiento para estos equipos de alta tecnología y seguridad. Se cumple todo los procesos y mejoras de los planes de mantenimientos. Son los responsables del servicio preventivo, correctivo y puesta en marcha de los equipos en Lima y provincia y de realizar las visitas diarias. Apoyan en capacitar a los operadores y administradores de las Estaciones de Servicios.
- **Contador:** Es el profesional fuera de la empresa sin embargo es el encargado de toda la función de los registros contables, declaraciones de impuestos y toda la responsabilidad de las normas y leyes contables para la SUNAT.

### **III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

La empresa FLF Soluciones Técnicas SAC, dentro de sus actividades desde su fundación se dedica a los servicios de mantenimientos de los compresores alternativos multietapicos ofreciendo un servicio de mejoras del plan de mantenimiento basado en la criticidad de los equipos. Los trabajos y servicios se desarrollan para empresas de Estaciones de Servicios de GNV ubicadas dentro de la ciudad de Lima y provincias a lo largo de la costa. Las ventajas competitivas son de acuerdo al mercado realizando mantenimientos para clientes conocedores de estos equipos.

Y nuestros servicios se desarrollan de la siguiente manera:

#### **3.1. Mantenimiento**

En el área de la mejoría del Mantenimiento Preventivo y Correctivo (MPC) se trata de jerarquizar y calificar la criticidad del Equipo, esto se implementó por una necesidad de trabajo, de esta manera facilita la información del estado de funcionamiento del equipo los compresores alternativos multietapico, sobre todo de la marca GALILEO de fabricación Argentina GRUPO-GALILEO S.A., en el mercado la existencia de otras marcas no tenemos impedimento para cubrir los trabajos de mantenimientos si algún cliente llega a requerir nuestros servicios.

Los mantenimientos realizados tienen el personal calificado y los avances de las indicaciones técnicas de fábrica y tener la calidad para optimizar tiempo de vida y ahorrar tiempo y dinero de estos equipos en las EE.SS.

#### **3.2. Servicios**

Realizamos el trabajo de ventas de repuestos de las mejores marcas, contamos con el departamento de diseño, construcción de las Estaciones de Servicios, estructuras

y toda la documentación para las certificaciones de acuerdo a normas técnicas peruanas e internacionales.

Tenemos la capacidad de hacer toda una mejoría del plan de seguimientos óptimos de los equipos, inspección semanal, regulación y monitoreo de las presiones y temperatura, de esta manera nuestros servicios en todo el proceso llegamos a cumplir tanto en tiempo de respuesta y seguridad. Disponemos de un equipo especial las 24 horas con eso cubrimos las necesidades de nuestros clientes de las estaciones de servicios.

### **3.3. Principales Clientes**

Los principales clientes son las personas o empresas privadas que encontraron una nueva perspectiva de trabajo de mantenimiento a los compresores. La metodología de mantenimiento es similar de acuerdo a indicaciones de fábrica, sin embargo, por la política de la empresa se logró hacer varios cambios con la única finalidad de hacer la diferencia, el informe de este plan de mantenimiento cumple ese papel, de esta manera aseguramos un funcionamiento del compresor de gas natural Marca GALILEO una mayor producción.

Las Estaciones de Servicio tanto en Lima y en la Costa Peruana; son los siguientes:

**Cuadro N° 1 - Clientes de EE. SS de FLF Soluciones Técnicas SAC**

N°	RAZÓN SOCIAL	DISTRITO	DEPARTAMENTO
01	Repsol Comercial SAC	Ate vitarte	Lima
02	Clean Energy del Perú SRL	Cercado de lima	Lima
03	Estación los jardines EIRL	San Juan de Lurigancho	Lima
04	Inversiones Mavu SAC	Cercado de lima	Lima
05	Aba Singer & Cía. SAC	San Juan de Lurigancho	Lima
06	Servicentro el Asesor SAC	Santa Anita	Lima
07	KFG Inversiones SAC	San Martín de Porres	Lima
08	Eco trading SAC	Cercado de lima	Lima
09	Inversiones satélite SAC	San Juan de Miraflores	Lima
10	E y G Perú SAC	Pueblo libre	Lima
11	Estación de servicios Monte Everest SAC	Surquillo	Lima
12	Clean Energy del Perú SRL	Villa el salvador	Lima
13	Clean Energy del Perú SRL	Piura	Piura
14	Estación de servicios Huaraz SAC	Chincha	Ica
15	Estación de combustibles Huaraz SAC	Ica	Ica
16	Estación el ovalo EIRL	Ica	Ica
17	Clean Energy del Perú SRL	Los olivos	Lima
18	Estación Finlandia EIRL	La Tinguña	Ica

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4. Principales proyectos y actividades desarrolladas.

- Proyecto de construcción del segundo equipo Microbox Galileo 4 etapas, para la Estación de Servicios “el Asesor”, ate vitarte.
- Director en la puesta en marcha del equipo Microbox Galileo, 4 etapas, Estación de Servicios Aba Singer, distrito de Zarate ciudad de Lima-SJL
- Director en la puesta en marcha del equipo Microbox Galileo 4 etapas, Estación de Servicio Korioto, ubicado en las lomas, Distrito de Zarate ciudad de Lima-SJL
- Director en la puesta en marcha del equipo Microbox Galileo, 4 etapas, Estación de Servicio “Gaspetro”, ubicado en Ica
- Director en la puesta en marcha del equipo Microbox Galileo, 4 etapas, Estación de Servicio “El Ovalo” ubicado en Ica
- Director en la puesta en marcha del equipo Microbox Galileo, 4 etapas, Estación de Servicio “Finlandia”, ubicado Ica
- Supervisión de las operaciones de funcionamiento y mantenimiento de los equipos de compresión multietapicos Galileo y IMW

## **IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA**

### **4.1. Descripción del Tema**

Los mantenimientos evolucionan tanto como la rapidez de los tiempos con nuevos procesos e implementación de nuevas tecnologías, de esta manera las empresas logran ver reflejados sus objetivos, su producción. Entonces en base a esta evolución también se van agregando nuevos procesos a los mantenimientos existentes.

Según las estadísticas de la entidad que administra El Sistema de Control de Carga de Gas Natural Vehicular (INFOGAS), las informaciones a final del año 2016 existen 285 Estaciones de Servicios de Gas Natural.

Este crecimiento crea la necesidad de contar con empresas dedicadas al mantenimiento de compresores alternativos multietapicos, enfocados a la técnica, rapidez y calidad.

Despreciar y desconocer los nuevos escenarios supone dejar a un lado los requerimientos del mercado. Es así, FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC en base a la necesidad de las empresas de las Estaciones de Servicios dedicamos a tiempo completo al estudio, planificación, reducción de costos y dar solución a sus necesidades de cada EE. SS, realizando los mantenimientos en coordinación con las indicaciones de fábrica por efecto de la llegada de nuevos equipos y calidad de repuestos.

Entonces la descripción del tema en este caso concerniente a los compresores alternativos multietapicos lo desarrollamos en base a los antecedentes, trabajos, tesis o estudios científicos desarrollados por autores involucrados de alguna manera en el mismo rubro del gas natural.

## 4.2. Antecedentes

(ÁLVAREZ LAVADO, Jesús Marcos). Informe profesional titulado: "IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE CHANCADO EN LA PLANTA PARAGSHA, COMPAÑÍA MINERA VOLCÁN"- 2013. Se encuentra en la biblioteca de la FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, teniendo como Objetivo General. Elaborar e implementar un nuevo programa de mantenimiento para la planta de la Unidad Paragsha.

En la cual se plantean como objetivos específicos:

- Incrementar las TMSD de producción de la planta con la implementación del nuevo programa de mantenimiento, hasta llegar a la producción de diseño.
- Obtener un 80% como mínimo de disponibilidad mecánica de los equipos de chancado, para poder cumplir con los planes de producción.
- Implementar el concepto del mantenimiento como una inversión y no como un gasto en la cultura de la mina.

En dicho estudio se encontró las siguientes recomendaciones:

- La implementación de un Programa de Mantenimiento es un proceso permanente de mejora continua y debe de contar con una planificación a largo plazo, según las producciones estimadas para los años siguientes.
- Para mantener la capacidad de 12000 TMSD se debe continuar con el programa de mantenimiento descrito en el presente trabajo, además proyectarse a parar un día al mes para corregir fallas mayores que todavía se presentaran durante algunos meses, para luego llevar estas paradas a un programa de cada 45 días y según evaluación después a 60 días.
- Recomendamos que al proyectarse para 24 horas cada 45 o 60 días, se debe cumplir fielmente el programa de Mantenimiento propuesto, para así mantener la actual disponibilidad mecánica de nuestros equipos sobre el 80%.
- Para continuar con la política de inversión en mantenimiento se debe iniciar la evaluación de las otras áreas (área de molienda y flotación), para optimizar el uso de los equipos y disminuir los costos de producción.

(CORTIJO LÁZARO, Milciades). Tesis en: “EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN DE UN GASOCENTRO VIRTUAL DE GAS NATURAL VEHICULAR EN LA CIUDAD DE HUACHO” – 2011. Encontrándose en la biblioteca de la FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, tiene como objetivo principal:

- Evaluar la factibilidad técnica y económica, de la instalación de un gasocentro virtual de gas natural vehicular, en la ciudad de Huacho, el cual permitirá satisfacer la demanda existente.

Y como objetivos específicos:

- a. Evaluar las tecnologías existentes y seleccionar la adecuada, para la instalación de un gasocentro virtual de GNV.
- b. Analizar y explicar el funcionamiento de los equipos requeridos, para la instalación de un gasocentro virtual de GNV.
- c. Detallar la normatividad nacional e internacional que se debe cumplir.
- d. Cuantificar los costos involucrados, el tiempo necesario para lograr la máxima demanda y realizar la evaluación económica.

Este trabajo de tesis manifiesta las siguientes recomendaciones:

1. Establecer foros y mecanismos de difusión, con el objetivo de difundir los beneficios económicos y medioambientales que se lograría con la instalación de gasocentros virtuales de gas natural vehicular.
2. El Estado debe adoptar estrategias para la masificación del gas natural, en zonas donde no llegan los ductos de gas natural, para ello se sugiere explorar políticas de apoyo a la instalación de plantas de compresión de gas natural y a la implementación de los gasoductos virtuales.
3. Se recomienda que el Estado debe ampliar la oferta de financiamiento a nivel país, para facilitar la conversión de vehículos a gas natural, hacia los usuarios del servicio público y de transporte de carga, con la finalidad de acelerar el crecimiento del parque automotor a gas natural y, en consecuencia, la instalación de gasocentros virtuales de gas natural vehicular.

4. En las zonas donde se instale gasocentros virtuales de gas natural vehicular, se deberá generar la demanda de gas natural vehicular, entregando bonos de conversión anticipada a los propietarios de los vehículos de servicio de taxi, con el fin de asegurar la demanda inicial. En el presente proyecto se ha considerado entregar bonos de U.S. \$ 300,00 a cada uno de 150 propietarios de los vehículos.
5. Incentivar a los empresarios para la implementación de gasocentros virtuales de gas natural vehicular, en zonas de la periferia de Lima y en ciudades colindantes, ya que la demanda potencial es alta y no existe oferta competidora a la fecha, además se estará ayudando de esta manera a masificar el uso del gas natural.
6. Con el fin de incrementar el parque automotor a gas natural vehicular, se debe implementar el bono del chatarreo, para ser usado como cuota inicial en la compra de un nuevo vehículo a GNV, para ello se deberá registrar a los vehículos, empadronarlos y determinar si se les entrega el bono del chatarreo.
- 7.- Se recomienda que el Estado dicte leyes ambientales que fomenten el uso del gas natural vehicular, en aquellos sectores de alto impacto en la población, por temas de aire y contaminación.

(LIVIA CALDERÓN, Jhon Moisés), Tesis sobre: INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DE COMPRESOR ASPRO MODELO IODM 115/3/19 PARA GAS NATURAL VEHICULAR EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO-2012, se encuentra en la biblioteca de la FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, describe como objetivo principal:

- 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.

Así mismo menciona las 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 peor 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 más 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 encargada 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.

(EXPLOTACIÓN Y RESERVA DEL GAS EN EL PERÚ – 1981), En 1981 el Estado Peruano suscribió con Shell un contrato de exploración en las zonas cercanas al río Ucayali. En 1984, Shell descubrió los Yacimientos Camisea y procedió a la firma del Acuerdo de Bases para la explotación de los mismos. Cabe recalcar que, en aquel momento, nuestro marco legal no exigía a los grandes proyectos consideraciones de tipo ambiental ni social. (Dávila Ordoñez & Gamboa Balbin, 2010)

En el transcurrir de los años hasta el año 1996 donde se firma el contrato de explotación del gas de Camisea, se volvió a frustrar la explotación. Por lo tanto, el Estado Peruano con no pudo desarrollar los yacimientos Camisea debido a aspectos coyunturales como a la dificultad de conciliar los propios intereses de las partes. Sin embargo, a pesar de ello, el Estado tenía una tercera opción para poder negociar en mejores condiciones con los futuros postores.

(García Carpio & Vásquez Cordano, 2004) Es así debido al retiro del consorcio Shell - Mobil, la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) decidió llevar adelante la promoción del Proyecto Camisea a cargo del Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM). Para ello, se estableció que el proyecto debía basarse

en un esquema segmentado, con dos líneas independientes de negocios; (i) la explotación y (ii) el transporte y distribución. La operatividad de esta licitación se basó en fijar parámetros objetivos a cumplir, dejando en manos de los inversionistas flexibilidad para elegir los detalles técnicos del diseño, construcción y operación del proyecto. Para dicha convocatoria, once consorcios fueron precalificados en el concurso de la explotación, y doce para el transporte y distribución. En el año 2000 se llevaron a cabo nuevamente las licitaciones del proyecto Camisea, otorgándose las siguientes adjudicaciones:

- La etapa de Explotación, Separación y Fraccionamiento de Hidrocarburos, por una duración de 40 años, fue adjudicada en febrero del año 2000 al consorcio formado por las empresas PLUSPETROL (Argentina 36%), Hunt Oil Co. (USA 36%), SK Corp. (Corea 18%) e Hidrocarburos Andinos (Argentina 10%), quien ofreció una regalía de 37.24% sobre sus ingresos brutos.

- La segunda etapa que consiste en el Transporte y Distribución del Gas, por una duración de 33 años, fue adjudicada en octubre del 2000 al consorcio liderado por la empresa Techint (Argentina 30%), PLUSPETROL (Argentina 19.2%), Hunt Oil Co. (USA 19.2%), SK Corp. (Corea 9.6%), Sonatrach (Argelia 10%) y Graña y Montero (Perú 12%). Este consorcio constituyó posteriormente la empresa Transportadora de Gas del Perú (TGP). Oficina de Estudios Económicos - OSINERG 14

- Finalmente, la fase de Distribución de gas natural en Lima y Callao fue cedida a Tractebel (Grupo SUEZ de Bélgica) en mayo de 2002, tal como se estipuló en los compromisos del contrato. Posteriormente, Tractebel constituyó la empresa denominada Gas Natural de Lima y Callao S.A. (GNLC).

En agosto del 2004, exactamente hace 13 años, el Proyecto Camisea, el mayor emprendimiento energético realizado en la historia del Perú, inició operaciones

comerciales, contribuyendo a cambiar la matriz energética del país con la llegada del gas natural a Lima.

Y con respecto a las comercializaciones del gas natural en las Estaciones de Servicios según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) está reportando la inscripción de aproximadamente 285 Estaciones de Servicios (EE. SS). Esta cifra de números de Estaciones de Servicios, es un aproximado mínimo de compresores multietapicos existentes y podemos encontrar variedad de marcas: Galileo, IMW, Aspro, Agira, Fornovogas, Ariel.

(GASCA BARRIOS, Camilo Andrés y VELOZA ACOSTA, Cesar Hernando) con el trabajo “OPTIMIZACIÓN AL MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO DE LA EMPRESA SURPETROIL S.A.S. - 2016, dicho trabajo de publicación se encuentra en la FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍAS PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA BOGOTÁ D.C Para ello se plantearon como objetivo general:

- Optimizar el mantenimiento de las estaciones de servicios de la empresa Surpetroil S.A.S.

Y como objetivos específicos los siguientes:

- Realizar un diagnóstico del sistema actual del mantenimiento.
- Elaborar el listado general de los equipos y establecer un sistema de codificación.
- Diagnosticar tipos de fallas y evaluar criticidad de las estaciones de servicio.
- Realizar análisis de la causa raíz de las fallas más frecuentes, catastróficas y críticas para los equipos.
- Diseñar nuevos formatos básicos de mantenimiento; ficha técnica, solicitud de trabajo, orden de trabajo y hoja de vida.
- Replantear los programas sistemáticos de inspección, de lubricación, de ajuste y limpieza.
- Realizar un análisis de indicadores (mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad) con las estadísticas de las fallas presentadas.

- Realizar un estudio de repuestos. Elaborar programa de estrategias y cronograma del plan de mantenimiento.
- Realizar una base de datos y un estudio de software de mantenimiento y por ultimo realizar evaluación financiera del proyecto.
- Como conclusión:
- La inversión inicial en dinero fue \$ 34'118.240, aunque los resultados se ven reflejados en el aumento de disponibilidad del 1,2% y aumento en el tiempo de vida de los equipos.
- La disponibilidad de los equipos incremento del 97,8% al 99%, además mejoró la confiabilidad y disminuyó el número de fallas de 82 a 28 en un periodo de 3 meses.
- Hacer el estudio de repuestos permitió que en la empresa se reconociera existencia de exceso de repuestos y se deja recomendación para ajustar cifras acordes al plan de mantenimiento.
- La empresa recuperara la inversión inicial del proyecto de mantenimiento en un periodo aproximado de 9 meses, incluyendo únicamente los equipos críticos.

### **4.3. Planteamiento del Problema**

Las empresas de Estaciones de Servicios GNV, en la actualidad los que trabajan con el equipo Microbox del Grupo-Galileo tienen la exclusividad del mantenimiento de fábrica hasta un determinado periodo, sin embargo, a través de los años se ha incrementado la necesidad de dar mantenimiento a los equipos, hecho que generó mayor demanda del mantenimiento correctivo..

Desde la puesta del gas natural de Camisea en Lima y Provincias, y la llegada de estos equipos, hizo que se genere un vacío para el mantenimiento correctivo de estos equipos, ya que en el mercado existían muchas empresas de mantenimiento, pero no tenían la experiencia en resolver los problemas de los equipos. No obstante, la empresa exclusiva de venta de estos equipos designa el mantenimiento a otra empresa, pero la necesidad por calidad de mantenimiento para estos equipos era

importante, por esta necesidad empieza la capacitación del personal en la ciudad de Argentina, con buenos resultados para la marca del Grupo Galileo.

Es preciso mencionar los constantes cambios y procesos de mantenimiento por el avance de la tecnología siendo las capacitaciones lograr niveles de conocimientos de técnicas de mantenimiento con cambios nuevos sobre este rubro de mantenimiento en Lima y provincias, es por eso que resulta relevante agregar la técnica de criticidad del equipo, un tema existente en otros equipos pero aun no aplicado para estos equipos de compresores alternativos de gas natural, en las Estaciones de Servicios de Lima y la costa peruana, es preciso entonces analizar esta temática y sentar las bases para de futuros mantenimientos.

Es así en el año 2012 FLF Soluciones Técnicas SAC nace y se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo mejorar el plan de mantenimiento, basado en la criticidad de los equipos de las estaciones de servicios de gnv en la costa peruana?

#### **4.4. Justificación**

**Teórica:** El mantenimiento correctivo para compresores multietapicos se justifica en los resultados de agregar los parámetros de criticidad en los equipos, la metodología aplicada fue un gran avance y permitió al cliente tomar sus decisiones acertadas para justificar las horas de mantenimiento de su equipo. De esta manera se pudo gestionar de forma eficaz las fechas, capacitaciones, repuestos y personal calificado para el mantenimiento. La información actualizada y esquematizada sobre dicho problema, se convirtió en una herramienta para todo administrador o gerente de las EE.SS.

**Metodológica:** El presente estudio será de tipo descriptivo, para la cual se utilizará como instrumento la metodología de criticidad de los equipos aplicada a la realidad del mercado peruano, de esta manera el mantenimiento correctivo tenga el mayor de los éxitos y el ahorro económico. Tener en cuenta que el análisis de la criticidad se toma en base al conjunto de las funciones del equipo.

**Práctica y social:** El presente trabajo contribuirá a una mejor producción para las empresas en las mejoras de sus mantenimientos y en el mejor aporte al medio ambiente.

## **4.5. Marco Teórico**

### **4.5.1. Estación de Servicio**

Son aquellos establecimientos en las cuales permiten el acceso de vehículos para ser abastecidos de combustible, en este caso Gas Natural Vehicular (GNV), está conformado por una red de gas o punto de acometida, un equipo de compresión, cilindros de almacenamiento y surtidores de GNV.

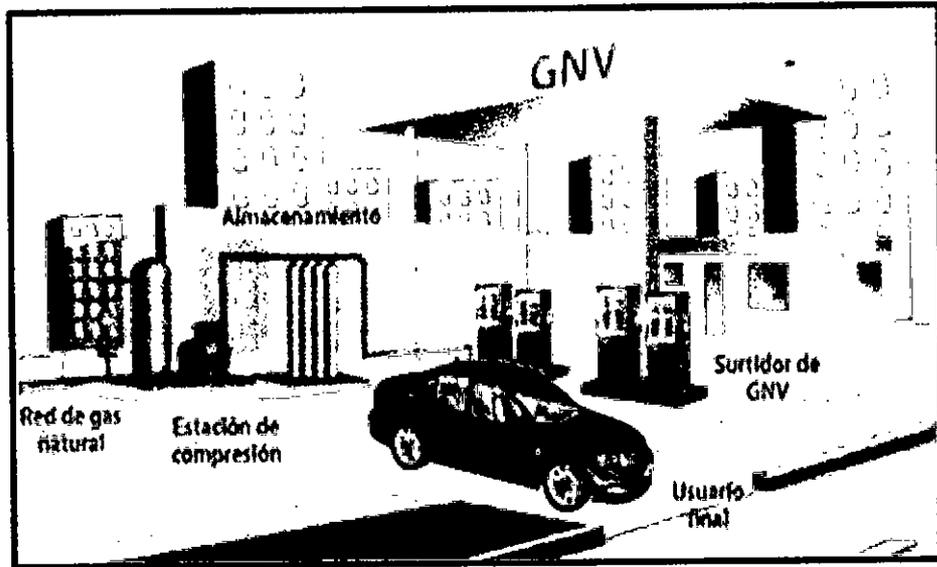
El personal conformado de la empresa tiene que tener la preparación de manejo y seguridad para poder laborar y operar en las Estaciones de Servicio (EE. SS)

El expendio del GNV se almacena a 205 bar por NTP, en cilindros que están diseñados de acuerdo a normas de seguridad Técnica Peruana 111.013.

Una estación de servicios de GNV debe tener los componentes principales:

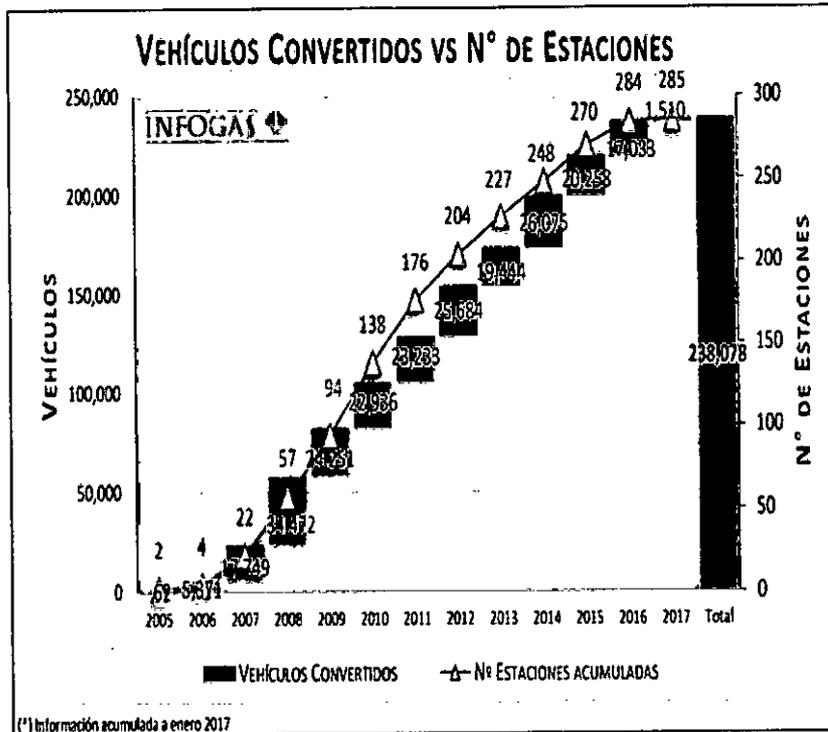
1. Red de distribución.
2. Tubería de conexión
3. Estación de medición
4. Tubería de baja presión SCH 40
5. Compresor multietapico MXS 185-4-1800-5
6. Bunker
7. Tubería de alta presión
8. Surtidores
9. Tablero de control
10. Sub estación eléctrica.

Figura N° 2 Estación de Servicio GNV



Fuente: GFGN OSINERGMIN

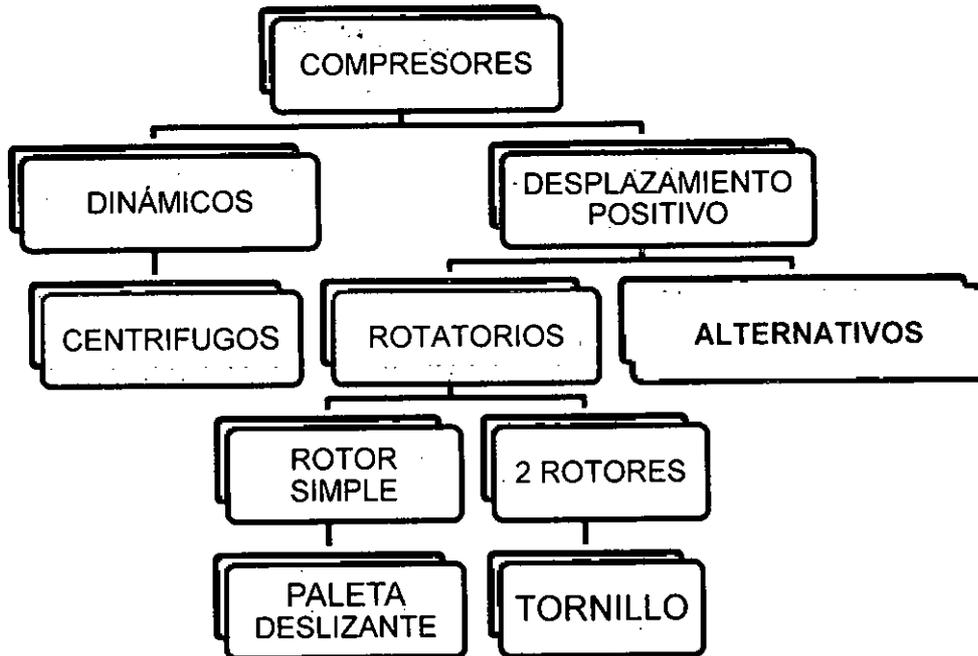
Figura N° 3 - Vehículos convertidos a GNV y cantidad de EE.SS a Enero 2017



Fuente: Infogas- COFIDE

### Tipos de Compresor

Dentro de todos los tipos de compresores existentes por sus diseño y función, el compresor de la rama, y el cual nos compete para los trabajos de mantenimientos están los compresores alternativos.

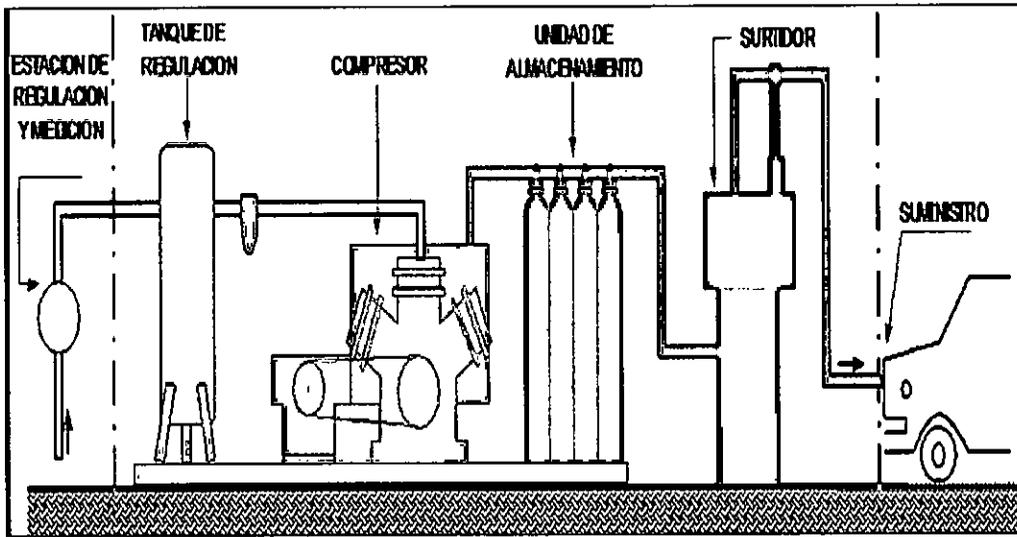


Fuente: Compresión y Tratamiento del Gas Natural en las Estaciones de Servicios

### Compresor Alternativo

Un compresor alternativo también denominado de pistón recíprocante (transliteración demasiado directa del inglés reciprocating), **recíproco** o **de desplazamiento positivo**, es un compresor de gases que funciona por el desplazamiento de un émbolo dentro de un cilindro (o de varios) movido por un cigüeñal para obtener gases a alta presión (Ver Figura N° 4).

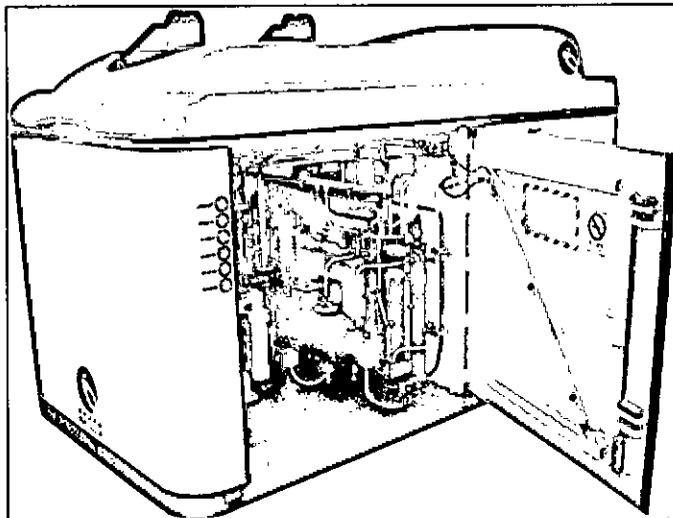
**Figura N° 4 - Procesos de Compresión Alternativo**



Fuente: Elaboración propia

**Compresor Alternativo Multietapico GNV  
Microbox Grupo Galileo**

**Figura N° 5 - Compresor Multietapico Microbox**

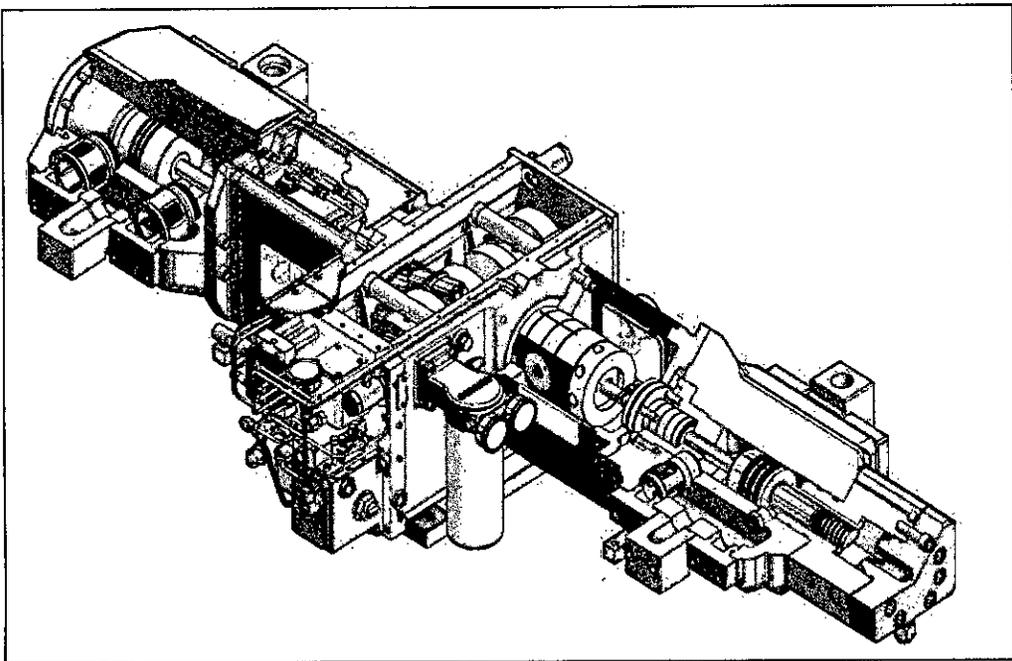


Fuente: Grupo - Galileo S.A.

## CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Modelo	MXS 185-4-1800-8
Número de serie	MX 413
Presión de aspiración máxima	5 bar
Presión de aspiración mínima	3 bar
Máxima presión regulada	8 bar
Potencia eléctrica instalada	200 kw
Frecuencia	60 Hz
Tensión	440 volt.

**Figura N° 6** Compresor Multietapico Microbox



Fuente: Grupo - Galileo S.A.

Figura N° 7 - Listado de Componentes del Compresor Multietapico Microbox



Descripción Description	Marca Vendor	Características Features	Modelo Model	N° de Serie Serial N°	Parámetros Parameters
Compresor/Compressor	Galileo		MX 200	200-0201	1800 rpm
1ra. Etapa/Compressor Cylinder	Galileo		#B30T 220	624-18/220T	--
2da. Etapa/Compressor Cylinder	Galileo		#B14T 120	623-18/120T	--
3ra. Etapa/Compressor Cylinder	Galileo		#M10T 80	580-A2/90T	--
4ta. Etapa/Compressor Cylinder	Galileo		#A05T45	A76/45T	--
Motor de Prelub./Prelubrication Motor	Weg	0.55 Kw/60Hz/440V	--	1008445817	1725 rpm
Bomba de Prelub./Prelubrication Pump	Venturi	--	--	919773	--
Motor Principal/Main Motor	Weg	185Kw/60Hz/440V.	--	1008954332	1790 rpm
Ventilador 1/Electric Fan Motor	Weg	5.5 Kw/60Hz/440V.	--	1008954893	1160 rpm
Ventilador 2/Electric Fan Motor	Weg	5.5 Kw/60Hz/440V.	--	1008954892	1160 rpm
Ventilador Auxiliar/Auxiliary Fan	Weg	0.55Kw/60Hz/440V.	--	1008877845	3475 rpm
Cilindros de Almacenamiento/ Storage Cylinders	Cidogas	L13/10	355-21-125	61553	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69295	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69310	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69324	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69328	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69332	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69337	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69345	125 Lts.
	Cidogas	L61/10	355-21-125	69348	125 Lts.
Cidogas	L61/10	355-21-125	69351	125 Lts.	
Valvulas Alivio Pulmón/ Blow Down Safety Valve	Farínola e Hijos	3/4" x 1" NPT	604D1111	1890-1-4/10	35 bar
Valvulas Alivio 1ra Etapa/ 1st Stage Safety Valve	Farínola e Hijos	3/4" x 1" NPT	604D1111	2150-2-8/10	30 bar
Valvulas Alivio 2da Etapa/ 2nd Stage Safety Valve	Farínola e Hijos	1/2" x 1" NPT	603C1111	2060-1-6/10	65 bar
Valvulas Alivio 3ra Etapa / 3rd Stage Safety Valve	Farínola e Hijos	1/2" x 1" NPT	603C1111	2036-1-6/10	175 bar
Valvulas Alivio 4ra Etapa / 4rd Stage Safety Valve	Farínola e Hijos	1/2" x 1" NPT	60351111	2033-1-6/10	275 bar
Valvula Alivio Bateria/ Storage Safety Valve	Farínola e Hijos	1/2" x 1" NPT	60351111	2169-2-8/10	300 bar
Valvula Alivio By-Pass/ By-Pass Safety Valve	Farínola e Hijos	1/2" x 1" NPT	60351111	2169-1-8/10	300 bar
Intercambiador de 1ª Etapa/ 1st Stage Heat Exchanger	Galileo	--	EN02414100450	1149	
Intercambiador de 2ª Etapa/ 2nd Stage Heat Exchanger	Galileo	--	EN024141001025	991	
Intercambiador de 3ª Etapa/ 3rd Stage Heat Exchanger	Galileo	--	EN024141001025	992	
Intercambiador de 4ª Etapa/ 4rd Stage Heat Exchanger	Galileo	--	EN024141202420	1112	
Transductor de Entrada/ Inlet Transducer	Bourdon Haenni	4-20 ma	Y913	454	0-40 Bar
Transductor de Salida/ Outlet Transducer	Bourdon Haenni	4-20 ma	Y913	869	0-400 Bar
Transductor de Almacenamiento/ Storage Transducer	Bourdon Haenni	4-20 ma	Y913	808	0-400 Bar
Transductor de 1ra. Etapa/ 1st. Stage Transducer	Bourdon Haenni	4-20 ma	Y913	309	0-400 Bar
Transductor de 2da. Etapa/ 1nd. Stage Transducer	Bourdon Haenni	4-20 ma	Y913	867	0-400 Bar
Transductor de 3ra. Etapa/ 3rd. Stage Transducer	Bourdon Haenni	4-20 ma	Y913	815	0-400 Bar
Manómetro de Entrada/ Inlet Manometer	Wika	63mm	213.53	S/N	0-10 bar
Manómetro de 1ra Etapa/ 1st Stage Manometer	Wika	63mm	213.53	S/N	0-40 bar
Manómetro de 2ra Etapa/ 2nd Stage Manometer	Wika	63mm	213.53	S/N	0-60 bar

Fuente: Grupo - Galileo S.A

Figura N° 8 - Listado de Componentes del Compresor Multietapico Microbox

				<b>Listado de Componentes/Component List</b>		
				<b>Modelo: MXS 185-4-1800-5 Número de Serie: MX 524</b>		
Manómetro de 3ra Etapa/ 3rd Stage Manometer	Wika	63mm	213.53	S/N	0-160 bar	
Manómetro de 4ra Etapa/ 4rd Stage Manometer	Wika	63mm	213.53	S/N	0-400 bar	
Manómetro de Salida/ Outlet Manometer	Wika	63mm	213.53	S/N	0-400 bar	
Acetite/ Oil	Mobil	SAE40	HD40	--	--	
Sensor de Gas/Gas Sensor	Prevent	--	EPG-2	328-3	--	
Electrovalvulas/Solenoid Valves	Festo	Cant 7	MGXIAH	S/N	--	
Valvulas de Purga/Purgue Valves	Abec	1/4" npt	VA225M25CT	S/N	6000 psi	
Valvula de Entrada / Inlet Valve	Valbol	3"	52	816	Serie 150	
Valvula de Admision/Admision Valve	Burzan	3"	45	18	Serie 150	
Valvula Prioritaria/Priority Valve	Burzan	1/2"	M44	1391	5000 psi	
Valvula Actuada By-Pass 1° 1st Stage By-Pass Valve	Burzan	1"	M15	3731	5000 psi	
Valvula Retencion By-Pass 1° 1st. Stage Check Valve By-Pass	Burzan	1"	M15	1385	5000 psi	
Valvula Retencion By-Pass 2° 2nd. Stage Check Valve By-Pass	Burzan	1"	M15	3734	5000 psi	
Valvula Retencion By-Pass 3° 3rd. Stage Check Valve By-Pass	Burzan	1"	M15	3730	5000 psi	
Valvula Retencion By-Pass 4° 4th. Stage Check Valve By-Pass	Burzan	1"	M15	751	5000 psi	
Manómetro Pulmon de Mando / Gauge Pressure	Wika	--	213.53	S/N	0-10 bar	
Valvula Actuada de Salida / Outlet Actuated Valve	Burzan	1"	M15	3733	5000 psi	
Valvula Manual de salida / Hand Valve Outlet	Burzan	1"	M15	3158	5000 psi	
Valvula Actuada Bateria / Battery Actuated Valve	Burzan	1"	M15	3729	5000 psi	
Actuador de Salida/Outlet Actuator	Festo	--	DRE-8-F05	S/N	--	
Actuador de By Pass/By Pass Actuator	Festo	--	DRD-4-F05	S/N	--	
Tubo de CO2/CO2 Tube	Protection Safers	--	--	599474	--	
Válvula de Extinción/Extinguish Valve	LPH	--	VDC-E25000	7816	--	
Barreras de Seguridad Intrínseca Tipo PT1000/Intrinsic Security Barrier (PT1000 Type)	Pump Control	REV. 2.0	MBI8889	82	--	
Barreras de Seguridad Intrínseca Tipo Transductores/Intrinsic Security Barrier (Transducer Type)	Pump Control	REV. 2.0	MBI8889	82	--	
Barreras de Seguridad Intrínseca para Electrovalvulas/Intrinsic Security Barrier for Solenoid Valves	Pump Control	REV. 2.0	MBI8889	82	--	
Llave Termomagnética/ Thermomagnetic Key	Weg	--	C10	10076407	--	
Soft Starter	Weg	--	SSW06	1007606418	--	
PTC/PTC	Weg	--	RPW-PTC	S/N	--	
Interruptor General/Circuit Breaker	Weg	--	DWA630N	003-10/09	--	
Contactores/Main Contactor	Weg	CANT 4	CWM32 CWM18	S/N	--	
Regulador de Gas de Control/ Control Pressure Regulator	N/A	--	--	--	--	
Guardamotors/Safety Appliance	Weg	CANT 4	MPW25	S/N	--	
PLC/PLC	SAIA	--	PCD2	S/N	--	
Display/Display	Exor	--	ETOP	--	--	
<b>PUNTE DE MEDICION / METERING STATION</b>						
Valvula de Bloqueo /Blocked Valve	Burzan	3"	45	13	--	
Valvula de Bloqueo /Blocked Valve	Burzan	3"	45	17	--	
Valvula de Bloqueo /Blocked Valve	Burzan	3"	45	18	--	
Valvula de Bloqueo /Blocked Valve	Burzan	3"	45	20	--	
Valvula de Bloqueo /Blocked Valve	Burzan	3"	45	22	--	
Valvula de Bloqueo /Blocked Valve	Burzan	3"	45	14	--	

Fuente: Grupo - Galileo S.A.

Figura N° 9 - Listado de Componentes del Compresor Multietapico Microbox

		<b>GALILEO</b>			
<b>Listado de Componentes/Component List</b>		<b>CERTIFICATE ISO 9001:2000</b>			
<b>Modelo: MXS 185-4-1800-5 Número de Serie: MX 524</b>					
Valvula de Bloqueo /Blocked Valve	Burzan	3"	45	15	--
Valvula de Purga de Pulmon/ Purge Valve Blow Down	Burzan	3/4"	M44	6390	1500 psi
Valvula de Retencion/Check Valve	Thorsa	3"	--	5139	Serie 600
Manometro/Manometer	Nuova Fima	--	1.18.1	L440007	0-40 bar
Manometro/Manometer	Nuova Fima	--	1.18.1	L330003	0-40 bar
Valvula de Purga de FM2/Purge Vavle of FM2	Burzan	1/2"	M44	1398	1500 psi
Valvula de Purga de FM2/Purge Vavle of FM2	Burzan	1/2"	M44	1295	1500 psi
Valvula Exceso de Flujo/ Excess Flow Valve	Fabricaciones Rosario	--	C5	100052	--
Actuadores/Actuators	Valbol	--	AP05S	--	--
Actuadores/Actuators	Valbol	--	AP04D	--	--
Piloto del Regulador /Inlet Pilot Regulator	Tartarini	--	PS 79	Z202246	--
Regulador de Entrada / Inlet Regulator	Tartarini	--	FL 050	L049080	--
Interruptor a Prueba de Explosión/ Explosion Proof	VL Electric	--	EFS2229SA	S/N	--
Luminaria / Lights	VL Electric	--	FVL1212A	S/N	--

Fuente: Grupo - Galileo S.A.

### Concepto de Compresor Alternativo Microbox Galileo

Los compresores multietapicos MICROBOX GALILEO es una línea de compresores montados dentro de una cabina auto portante, la cual se encuentra dividida en tres secciones. Dichas secciones son:

- Cabinas de compresión,
- Cabina de motor
- Cabina de puente de medición.

El trabajo que realizan estos compresores se denomina módulos de estación de recarga de Gas Natural Comprimido (GNC), este equipo simplifica en una mínima expresión la instalación y operación de una planta de GNC.

Es un equipo conformado por una tecnología moderna en sistemas de compresión y control permitiendo un funcionamiento sencillo y seguro.

Su diseño permite la configuración de varios componentes, módulos y dispositivos electrónicos que en su conjunto formaran la estructura del funcionamiento del compresor microbox.

Es un equipo estacionario y móvil cuando se requiera cambiar de lugar. Su operación requiere de estar en una temperatura ambiente mínimo 0°C a 50°C, con una presión de despacho 250 Bar, una tensión de alimentación de 380 +/- 5% v / 440 +/- 5% v estos rangos están sujetos al punto de acometida de la energía eléctrica de las empresas que ofrecen.

Así mismo, es importante mencionar el cálculo de las presiones intermedias, de 1, 2,3 y 4 etapas, el cual se realizan de la siguiente manera:

Performance del Compresor Galileo MICROBOX MXS 185-4-1800-5

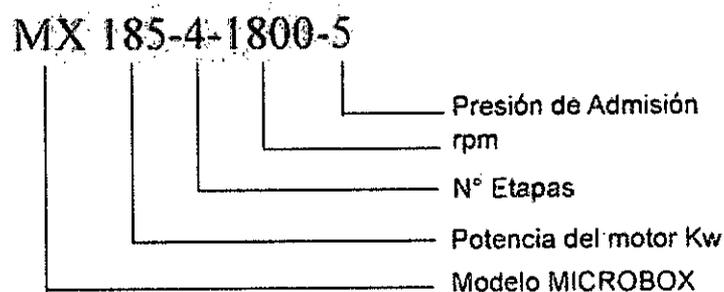
El compresor MXS 185-4-1800-5 permite brindar caudales que van desde los 300 Sm<sup>3</sup>/h hasta más de 20,000 Sm<sup>3</sup>/h, en todos los casos mediante una sola unidad de compresión.

Todo esto se añade con las exigencias programables de su panel (PLC), y las especificaciones de funcionamiento.

### Identificación de un Equipo Microbox

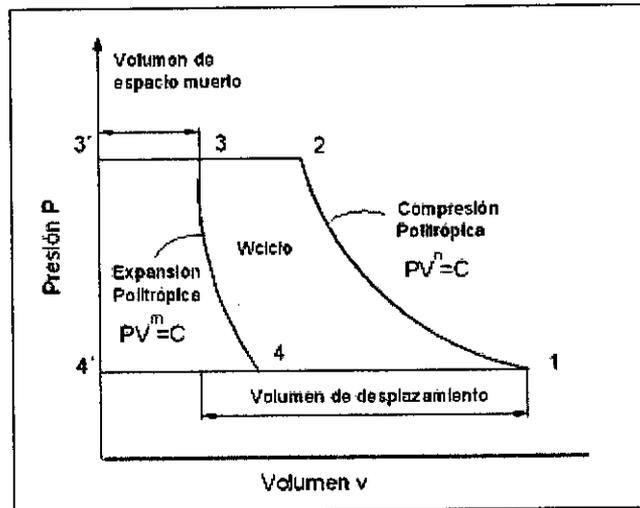
Los Equipos Microbox, tienen la codificación de fábrica descrita de la siguiente manera:

MODELO



### Ecuación Para Describir el Proceso de Compresión en las Multi etapas para Compresores Alternativos con Espacio Muerto

**Figura N° 10** Diagrama P-V de compresor alternativo de simple acción con espacio muerto



Fuente: M. David Burghart, Termodinámica 2da Edición

- Comenzando en el estado 1 de la figura, el gas es comprimido politrópicamente hasta el estado 2; en éste la válvula de descarga se abre.
- El gas es expulsado a presión constante desde 2 hasta 3.
- En el estado 3, el embolo se encuentra en el límite superior de sus carreras, y conforme retrocede, la válvula de descarga se cierra y el gas atrapado se expande hasta alcanzar el estado 4.
- En este último la presión del cilindro es lo suficientemente baja para admitir nuevamente gas a través de la válvula de succión hasta llegar al estado 1 y completar así el ciclo.

## TRABAJO DE UN COMPRESOR CON ESPACIO MUERTO

Para calcular el trabajo realizado por el ciclo observamos que el Área 1234 es igual a dicho trabajo y,

$$\text{Área}_{1234} = \text{Área}_{123'4'} - \text{Área}_{433'4'} \quad 1$$

Donde las Áreas 123'4' y 433'4' es posible calcular como si fuesen trabajos cíclicos correspondientes a un compresor sin espacio muerto. El trabajo del ciclo será:

$$w_{\text{ciclo}_{1234}} = \left(\frac{n}{n-1}\right)P_1V_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] - \frac{m}{m-1}P_4V_4 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] \quad 2$$

Para este caso,  $P_3=P_2$  y  $P_4=P_1$ . Como el trabajo de expansión es pequeño comparado con el de compresión, el error que implica establecer que  $m=n$ , también es muy pequeño. Con tales supuestos y las igualdades de la presión, la ecuación queda como:

$$w_{\text{ciclo}} = \left(\frac{n}{n-1}\right)P_1(V_1 - V_4) \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] \quad 3$$

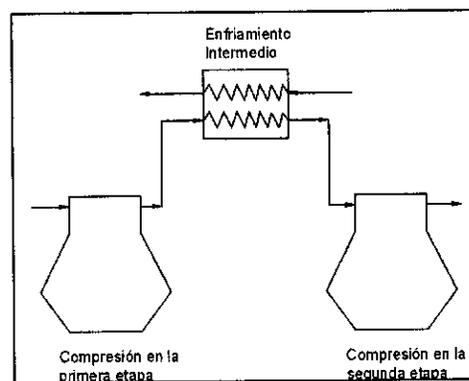
Esta ecuación representa el trabajo cíclico que corresponde a un compresor con espacio muerto. El termino  $(V_1-V_4)$  representa la cantidad de gas que entra al cilindro a  $T_1$  y  $P_1$ . Tal como podemos observar en la figura 3, cuanto más pequeño sea el volumen de espacio muerto, tanto mayor será el volumen de gas que puede entrar en el compresor.

## COMPRESIÓN MÚLTIPLE

Cuando se busca presiones de 300 kPa o más, se requiere emplear dos o más etapas para la compresión, lo que conlleva menos trabajo que si se tratara de una sola etapa. La evaluación exacta se haría con base en el costo, como se efectúan normalmente todas las estimaciones. La compresión en pasos sucesivos es más eficaz debido a

que el gas puede ser enfriado entre cada etapa de compresión. Esto también es necesario para evitar la vaporización del aceite lubricante y evitar su ignición en caso de que la temperatura se eleve demasiado. Lo anterior podría suceder fácilmente en la compresión simple, o de una sola etapa, hasta una presión elevada (en un compresor de un solo paso).

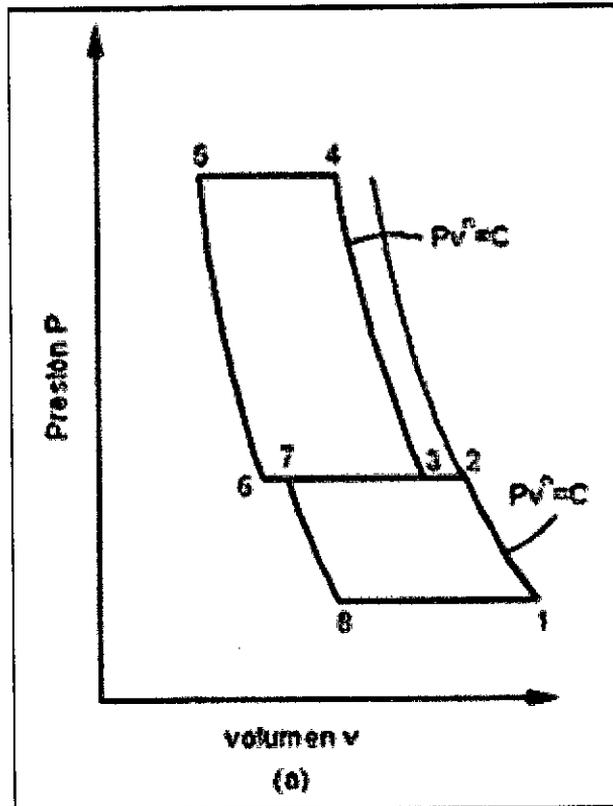
Figura N° 11 Esquema de compresión múltiple con enfriamiento intermedio



Fuente: Elaboración propia

La (figura 11) ilustra un compresor de dos pasos provisto de un enfriador intermedio entre el primero y el segundo. Idealmente, dicho enfriador bajará la temperatura del gas que sale del hasta igualar a la temperatura con que se inicia la compresión en la etapa anterior. La figura 10 (a) presentan el diagrama P-V que corresponden al compresor. Para lograr esta caída de temperatura, el enfriador intermedio puede estar provisto de una camisa de enfriamiento con agua. En el caso de un compresor de dos pasos, tal enfriador puede estar formado por un conjunto de tubos aleteados paralelos que conectan el colector de descarga de la baja presión con el colector de succión de la alta presión. Las aletas de ventilación montadas en el volante del compresor impulsan aire sobre tubos, enfriando con ello el gas comprimido que conducen

Figura N° 12 – Diagrama PV



Fuente: M. David Burghart, Ingeniería Termodinámica 2da Edición.

**Leyenda:**

(a) Diagrama p-V que corresponde a un compresor alternativo de dos pasos.

La figura 12 presentan el diagrama P-V que corresponden al compresor.

El trabajo correspondiente a los cilindros de la primera y la segunda etapa puede calcularse con la aplicación de la ecuación 3:

$$W_{primera\ etapa} = \left(\frac{n}{n-1}\right)P_1(V_1 - V_2) \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right]$$

El trabajo que corresponde a la segunda etapa es:

$$W_{segunda\ etapa} = \left(\frac{n}{n-1}\right)P_2(V_3 - V_6) \left[1 - \left(\frac{P_4}{P_2}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] \quad 5$$

La experiencia en la operación de compresores demuestra que  $n' = n$ . El trabajo total de compresión es la suma de los correspondientes a los dos pasos.

$$W_{total} = \left(\frac{n}{n-1}\right)P_1(v_1 - v_8) \left[1 + \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] - \frac{n}{n-1}P_2(v_3 - v_6) \left[1 - \left(\frac{P_4}{P_2}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] \quad 6$$

En el caso de flujo constante en el compresor, la masa que entra al primer paso también entra en el segundo, siendo

$$W_{total} = \left(\frac{n}{n-1}\right)\dot{m}RT_1 \left[1 + \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] + \frac{n}{n-1}\dot{m}RT_3 \left[1 - \left(\frac{P_4}{P_2}\right)^{\frac{(n-1)}{n}}\right] \quad 7$$

Si se trata de un compresor ideal,  $T_3 = T_1$ . Determinemos ahora el valor de  $P_2$  que reducirá al mínimo el trabajo total. Para que sea mínimo, la primera derivada de la expresión anterior con respecto a la variable  $P_2$  debe ser nula. En consecuencia,

$$P_2 = \sqrt{P_1 \cdot P_4} \quad 8$$

Cuando el valor de la presión correspondiente al interenfriador está determinada como en la ecuación (8), el trabajo es igual en todas las etapas, y el trabajo total será mínimo.

La segunda derivada del trabajo total, expresada como el negativo de la ecuación (7), es positiva; de manera que el trabajo es mínimo.

En el caso de un compresor de tres etapas podemos calcular de manera semejante la presión para el enfriador intermedio de baja presión, P2, y resulta así <sup>(1)</sup>:

$$P_2 = \sqrt[3]{P_1 \cdot P_4} \quad 9$$

De todo esto se deduce la ecuación para varias etapas

$$P_i = \sqrt[Z]{P_{admission}^{Z-1} \cdot P_{salida}} \quad 10$$

Z= Numero de Etapas

<sup>(1)</sup>M. David Burghardt. Ingeniería Termodinámica. II Edición Pág. 347.

En la ciudad de Lima y Provincia encontraremos diversas Estaciones de Servicios que utilizan compresores multietapicos de 3 a 4 etapas, esto se define de acuerdo al punto de acometida de la Matriz de Gas Natural del distribuidor (CÁLIDDA)

Para la aplicación de las ecuaciones, tomamos un compresor de 4 etapas

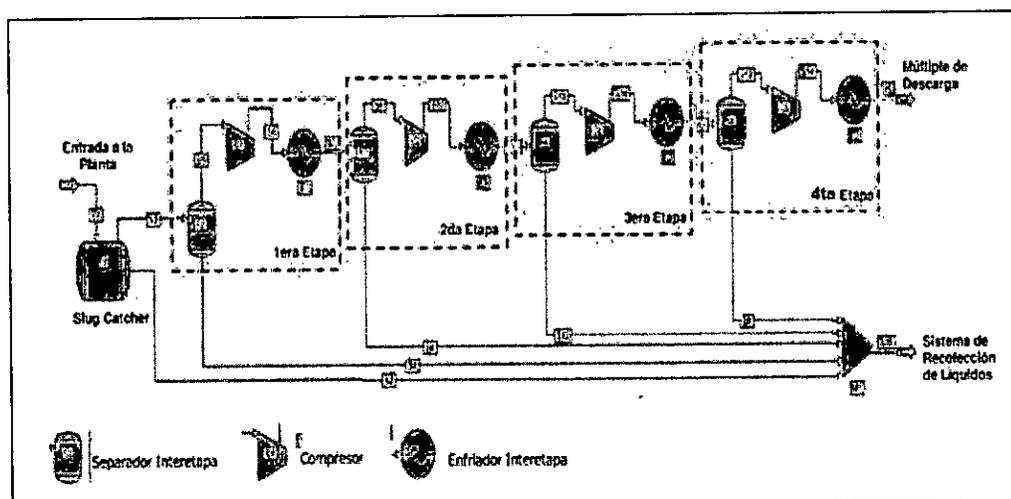
Modelo: MXS 185-4-1800-5

Número de Etapas: 4

Presión de Admisión: 5 (bar)

Presión de Salida: 250 (bar)

Figura N° 13 Diagrama de flujo de Proceso de un Compresor de 4 Etapas



Fuente: Compresores Reciprocantes Universidad Experimental

Rafael María Baralt

Cuadro N° 2 Especificaciones Técnicas: Presión – Diámetro del Pistón por Etapa

N°	MODELOS DE PISTON (mm)	VARIACION DE PRESION (bar)
1° ETAPA	B30T-ø220	5 a 20
2° ETAPA	B14T-ø120	20 a 55
3° ETAPA	M10T-ø90	55 a 110
4° ETAPA	A05T-ø45	110 a 250

Fuente: Manual de Galileo

Considerando una compresión ideal con enfriamiento a presión constante, y las ecuaciones planteadas, se determina las presiones intermedias de:

Y Considerando una compresión multietapica ideal con enfriamiento a presión constante, se consigue un trabajo mínimo y la presión intermedia. De la figura N° 14 se determina.

Presión intermedia de (10)

$$P_i = \sqrt[Z]{P_{admisión}^{Z-1} \cdot P_{salida}} \quad 11$$

$P_1 =$  Presión de admisión = 5 bar.  
 $P_2 =$  Presión de Salida = 250 bar  
 $Z =$  Numero de etapas = 4  
 $P_a, P_b, P_c, P_d =$  Presión intermedias

Reemplazando valores en la ecuación (11)

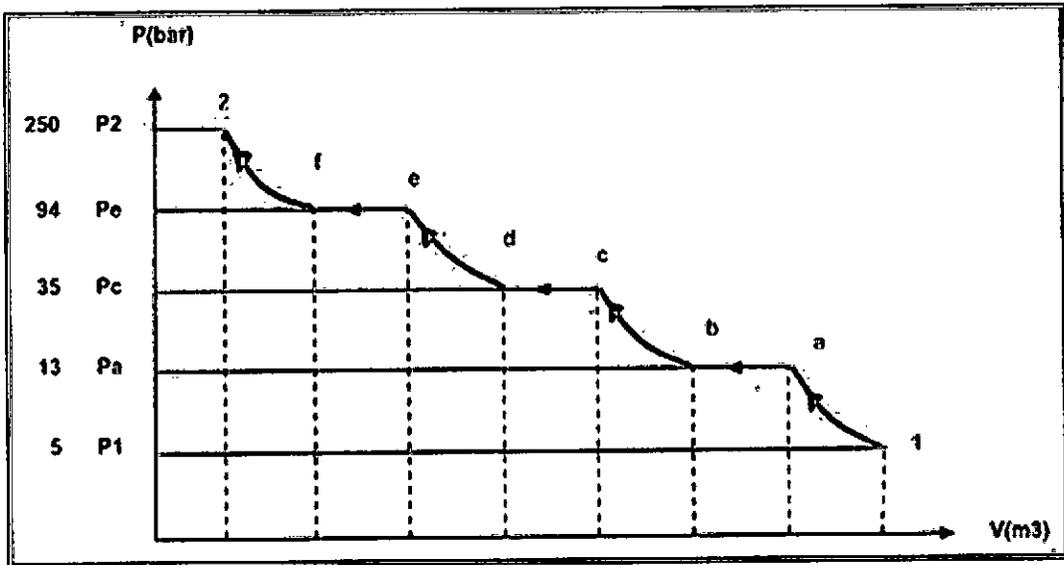
$$P_a = P_b = \sqrt[4]{5^3 * 250} = 13.29 \text{ bar}$$

$$P_c = P_d = \sqrt[3]{13.29^2 * 250} = 35.35 \text{ bar}$$

$$P_e = P_f = \sqrt[3]{35.35^2 * 250} = 94.01 \text{ bar}$$

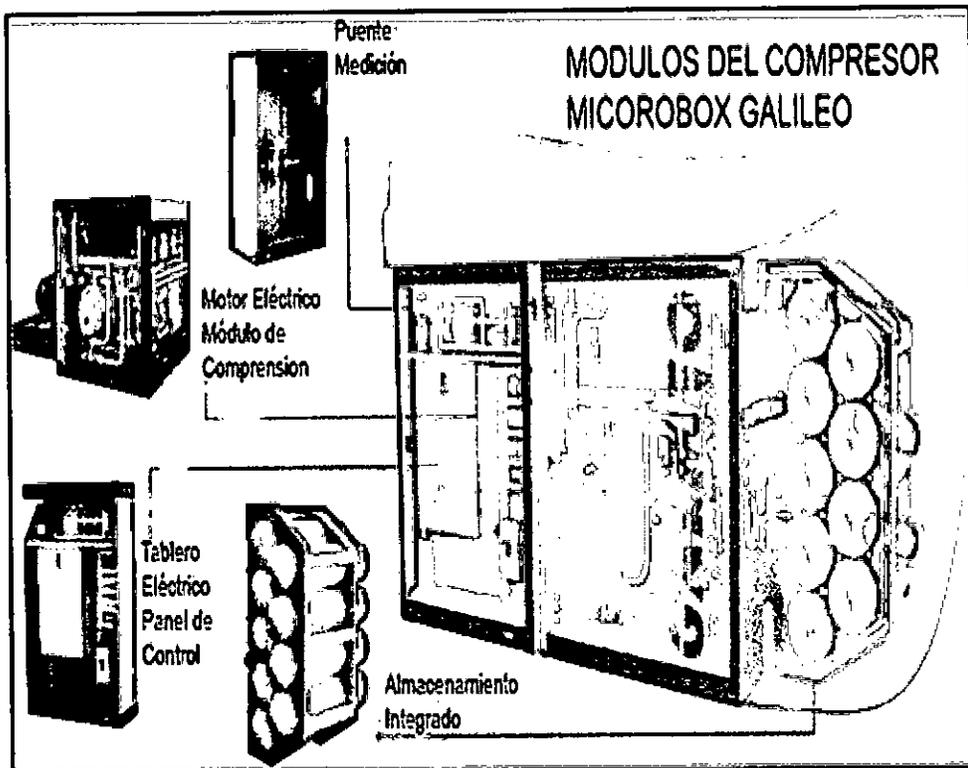
El resultado de la ecuación observamos la diferencia de presión en las distintas etapas. (Ver figura N°14)

Figura 14: Diagrama P-V del Compresor de 4 Etapask



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 15 - Módulo del Compresor Microbox Galileo



Fuente: Grupo Galileo S.A.

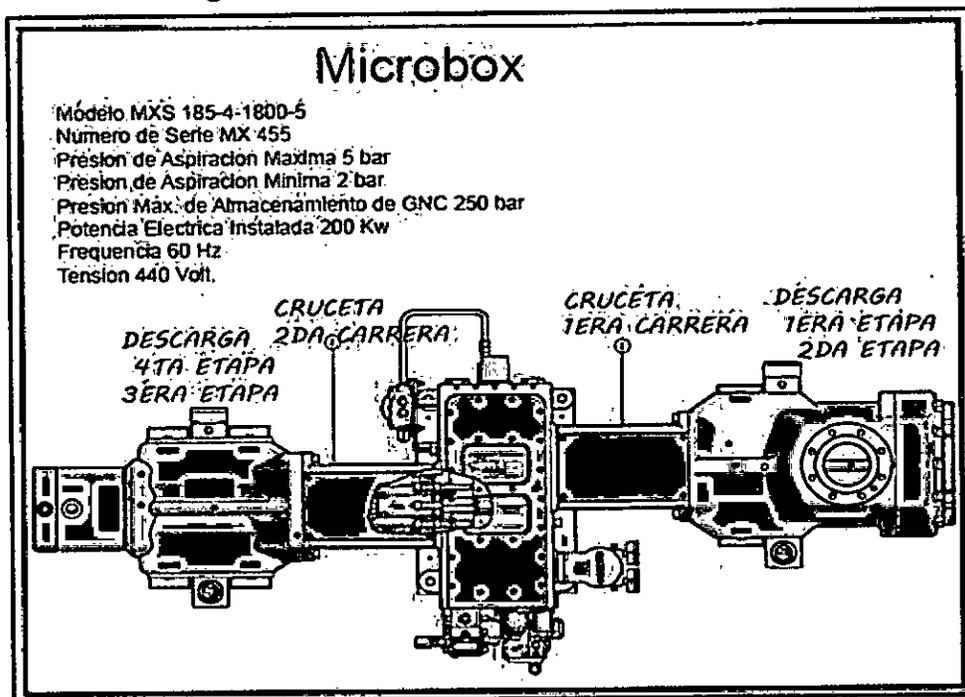
## Descripción de los Principales Componentes del Compresor Galileo:

### Módulo de Compresión:

Es el módulo donde se concentra la parte modular del trabajo de compresión, consistente con una estructura de diseño horizontal.

El compresor se encuentra ubicado en el centro con cilindros horizontales opuestos. Llamados carrera 1 y carrera 2. Este sistema a través del proceso de compresión realiza en su primera etapa con el proceso de la succión, descarga, segunda etapa succión y descarga, tercera etapa succión y descarga y en su cuarta etapa succión y descarga completando el ciclo de compresión. (Ver figura N° 16)

Figura N° 16 - Módulo de Compresión Alternativo



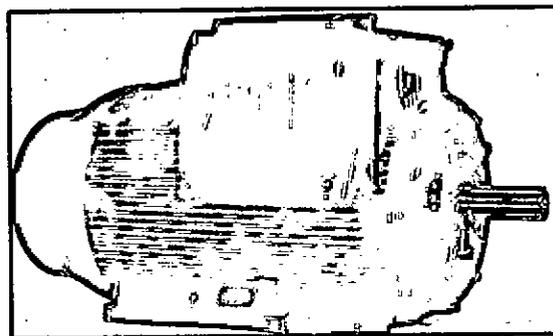
Fuente: Grupo Galileo S.A.

## Motor Eléctrico Trifásico WEG

### Características técnicas

- Motores de Inducción Trifásicos, TEFC
- High Efficiency - atiende a los niveles de eficiencia IE2 de la norma IEC 60034-30
- Frecuencias: 50 o 60 Hz
- Potencias: 0,12 up to 500kW
- Número de Polos: 2, 4, 6 y 8
- Carcasas: 63 hasta 355A/B
- Grado de Protección: IP55 para carcasas 63 hasta 200L y IP55W para carcasas 225S/M y superiores
- Forma constructiva: B3L(D) o B3R(E)
- Clase de aislamiento "F" ( $\Delta T = 80K$ )
- Placa de bornes
- Regimen de servicio: S1
- Categoría N
- Sistema de Aislamiento WISE® (WEG Insulation System Evolution) - Apto para aplicaciones con convertidores de Frecuencia\*
- Termistores (1 por fase) para desconexión a 155 °C para carcasas 160M hasta 355A/B
- Temperatura ambiente: 40 °C, at 1000 m.a.n.m
- Rotor de jaula de ardilla / Aluminio inyectado;
- Sello V'Ring para carcasas 63 hasta 200L y Wseal para carcasas 225S/M hasta 355A/B
- Placa de identificación de acero inoxidable AISI 316
- Tapas deflectoras: de chapa de acero para carcasas 63 hasta 132M/L e hierro fundido para carcasas 160M hasta 355A/B
- Engrasadores para carcasas 225S/M hasta 355A/B
- Agujeros con rosca métrica en la entrada de la caja de conexión
- Color: RAL 5009 – Azul
- Color: RAL 5009 – Azul

Figura N° 17 - Motor Eléctrico Trifásico W22 IPW55

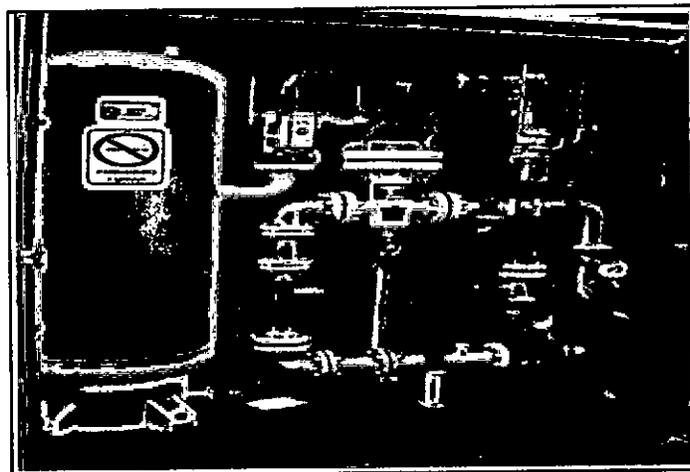


Fuente: Grupo Galileo S.A.

### **Cabina de Puente de Medición:**

Estación de regulación de presión y medición primaria es el componente del sistema de medición La Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP) tiene la finalidad de reducir la presión de la red secundaria a la presión de admisión para el funcionamiento del compresor, esta medida es de acuerdo al diseño del equipo. Este equipo tiene adicionalmente la función de medir el caudal de Gas Natural que pasa a través del medidor montado en dicha ERMP (medidor fiscal), con el cual se facturara al cliente consumidor de Gas Natural. (Ver figura N° 18)

**Figura N° 18 - Cabina de Puente de Medición**

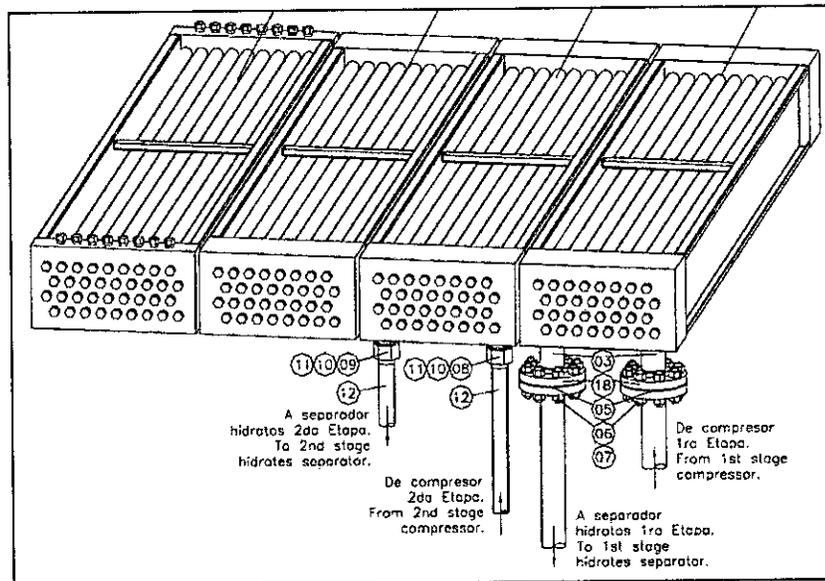


Fuente: Grupo Galileo S.A.

### **Intercambiador de Calor:**

Un intercambiador de calor es un módulo o dispositivo que sirve para enfriar o calentar un fluido. Por los tubos circula el fluido caliente en este caso el GNL, y por fuera de estos circula el fluido frío activado por dos ventiladores de tal forma que el fluido GNL se enfría y el otro se calienta, es por esto que se le llama intercambiador de calor. Está diseñado en base a la cantidad del fluido que se desea enfriar y a las temperaturas, en sus distintas etapas. (Ver figura N° 19).

**Figura N° 19 - Intercambiador de calor**

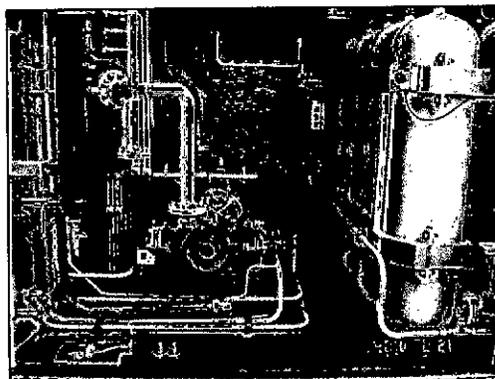


Fuente: Grupo Galileo S.A

**Cilindros de almacenamiento:**

Cilindros de Acero para almacenamiento de GNC, un material de Acero al Cromo-Molibdeno, un espesor de 8,6 mm, diámetro exterior de 339,7 mm, con capacidad de presión de trabajo 250 bar (25Mpa). (Ver figura N° 20)

**Figura N° 20 - Cilindros de almacenamientos GNL**

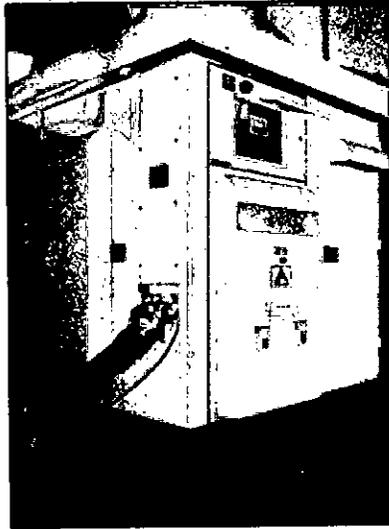


Fuente: Grupo Galileo S.A

**Panel del Equipo:**

Panel de control y operaciones de la totalidad del equipo, el cual responde al diseño del equipo. (Ver figura N° 21).

**Figura N° 21 - Panel del equipo – PLC**

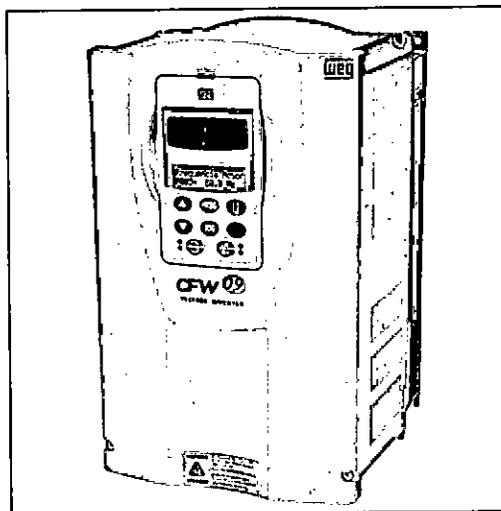


Fuente: Grupo Galileo S.A

**Convertidor de Frecuencia:**

Modelo CFW-09, equipo con la capacidad de impulsar y controlar el funcionamiento del motor eléctrico.

**Figura N° 22 - Convertidor de Frecuencia CFW09**



Fuente: WEG

## **Componentes y Accesorios principales del Módulo de Compresión**

Dentro del reconocimiento del equipo existen componentes principales tales como:

### **Reconocimiento del Equipo**

En primer lugar, es de vital importancia comprender a cabalidad el problema en cuestión. Para ello se enumera las principales fallas con los encargados de la EE.SS. Una vez entendidos los problemas y requisitos de la EE. SS es menester conocer en profundidad el proceso productivo. Para ello, se generan diferentes instancias, tales como: capacitación del equipo y estudio de cada parte o módulo. El estudio de los equipos no sólo se lleva a cabo en terreno, sino que se revisan los manuales de cada uno para entender su funcionamiento.

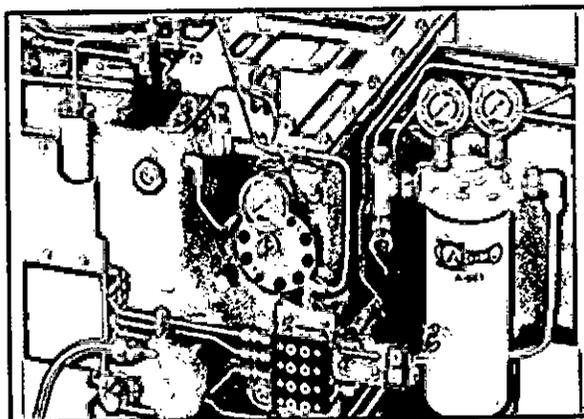
En esta etapa se propone una explicación de las líneas de producción, y funcionamiento del equipo de la EE: SS en las distintas partes en las que se ha dividido la EE. SS y el equipo de compresión para cada una se muestran a continuación:

### **Lubricación a Presión:**

El sistema de lubricación a presión suministra aceite a los cilindros del compresor y empaquetaduras de vástagos de los pistones.

Este es un sistema de inyección en el tanque depositador suministra el aceite por gravedad a través de un filtro para llegar a la bomba de lubricación a presión. Este distribuye a unas válvulas divisoras llamadas bloques de distribución, lubricación de las crucetas, el aceite fluye a los cojinetes de bancada al cigüeñal y a través de los orificios taladrados en el cigüeñal hasta los cojinetes de bielas. Desde allí a través de los orificios taladrados en las bielas a los pasadores de la cruceta. Tener en cuenta el enfriador de aceite lubricante controlado a través de una válvula de control termostato de presión de aceite.

**Figura N° 23 – Sistema de Lubricación**

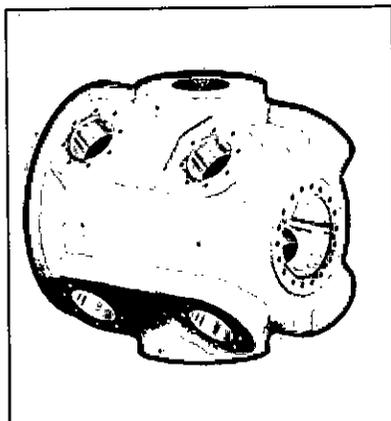


**Fuente: Ariel Gas Compresores**

### **Cilindros**

Los cilindros horizontales de Ariel, tienen el diseño de acuerdo al diámetro externo del pistón de trabajo, es un material en el caso de Ariel donde se someten a un nitrurado iónico que confiere mayor dureza superficial y reduce al mínimo el desgaste del diámetro interno del cilindro. Con los diseños actuales al no tener camisa de agua, se obtiene pasajes de gas de mayor tamaño, se reduce las pérdidas por caída de presión y se genera un alto rendimiento de los cilindros de Ariel en el mismo tamaño de fundición del cilindro. Este diseño permite se elimine el costo del sistema de enfriamiento de los cilindros y los principales problemas de mantenimiento relacionados con el enfriamiento por agua, como la oxidación y la corrosión.

**Figura N° 24 –Cilindro de Compresor GNL**



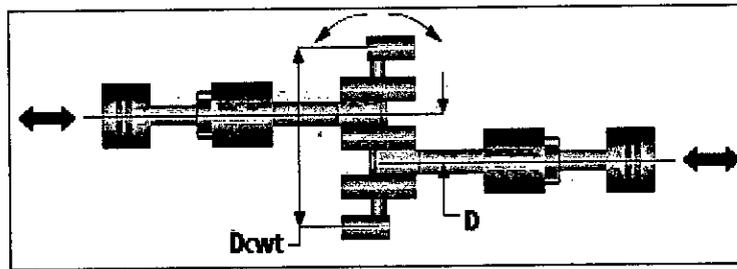
**Fuente: Ariel Gas Compresores**

### **Pistón de compresión.**

El pistón de compresión es una pieza principal que forma parte del mecanismo de funcionamiento del compresor. Este mecanismo de acuerdo a las definiciones se trata de un émbolo, un elemento que se mueve de forma alternativa dentro de un cilindro para interactuar con un fluido. En este caso de los compresores permite trasladar la energía del cigüeñal para desplazar el gas hacia los cilindros de las valvulas y realizar el proceso de compresión en las distintas etapas.

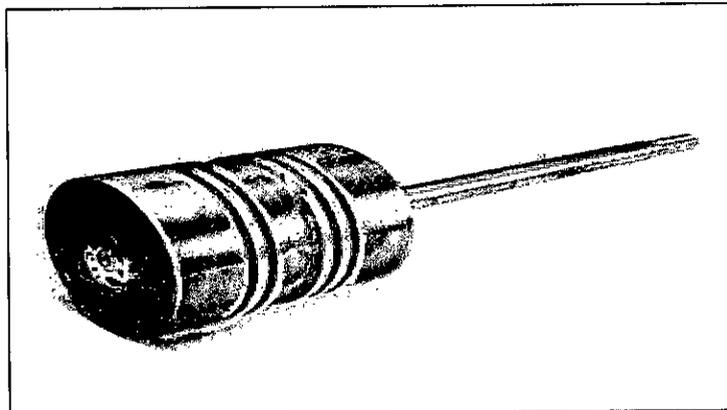
los diámetros de fabricación es de acuerdo a la presión de descarga, velocidad de rotación del compresor, capacidad y carga del pistón.

**Figura N° 25 – Posición del Pistón de Compresion de GNL**



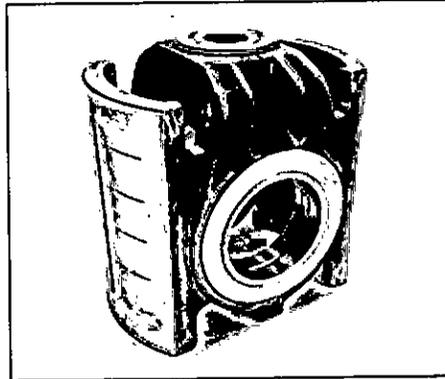
Fuente: Ariel Gas Compresores

**Figura N° 26 – Pistón de Compresion de GNL**



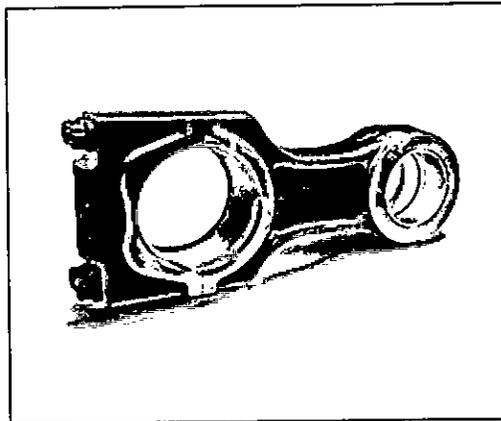
Fuente: Ariel Gas Compresores

**Figura N° 26 - Cruceta**



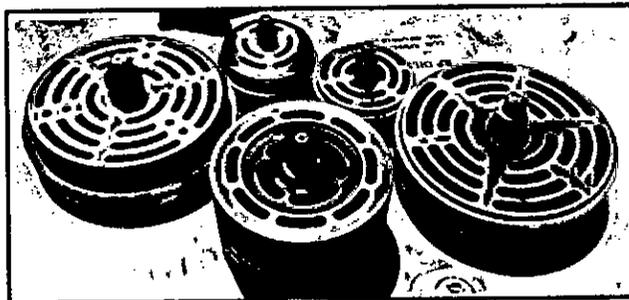
**Fuente: Ariel Gas Compresores**

**Figura N° 27 - Biela**



**Fuente: Ariel Gas Compresores**

**Figura N° 28 – Válvulas De Compresión, Succión y Descarga para GNL**

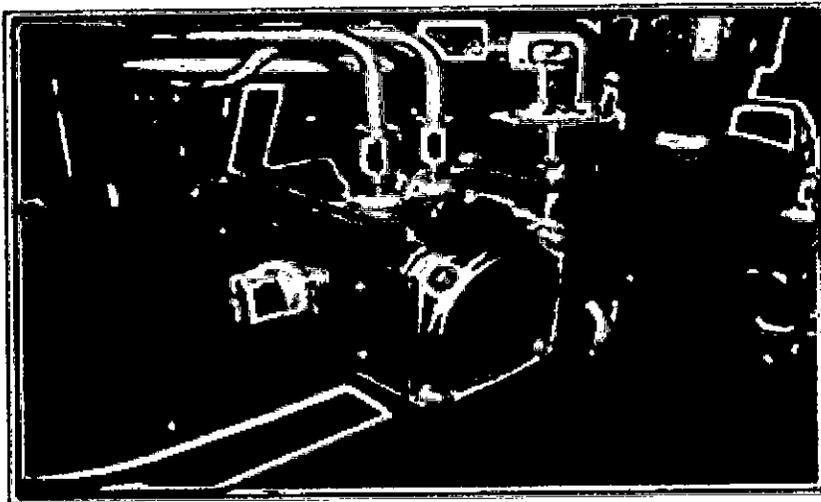


**Fuente: Grupo Galileo S.A**

### **Electroválvulas y Actuadores neumáticos:**

El funcionamiento del compresor está integrado de electroválvulas y actuadores neumáticos de doble efecto. Estos elementos se activan mediante la fuerza del fluido de gas natural a presión de 7 a 10 bar. Existen otros elementos que funcionan mediante la fuerza de la presión de aire. Estos elementos están interconectados con el resto de los componentes de la instalación, a través de tuberías de acero inoxidable (Ver figura N° 29).

**Figura N° 29 - Electroválvula doble efecto**



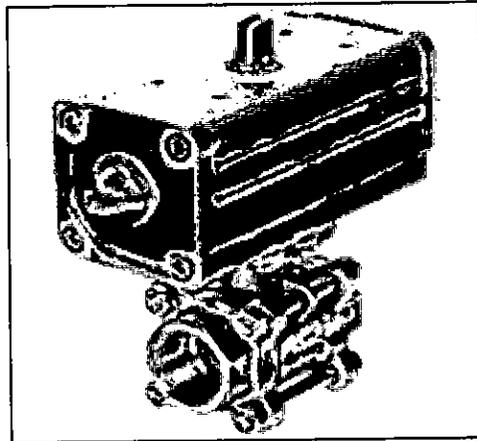
**Fuente:** Grupo Festo

### **Válvulas Esféricas**

Estas válvulas tienen la función de bloquear el flujo. Sus características son de paso total, el diámetro coincide con el diámetro de la cañería.

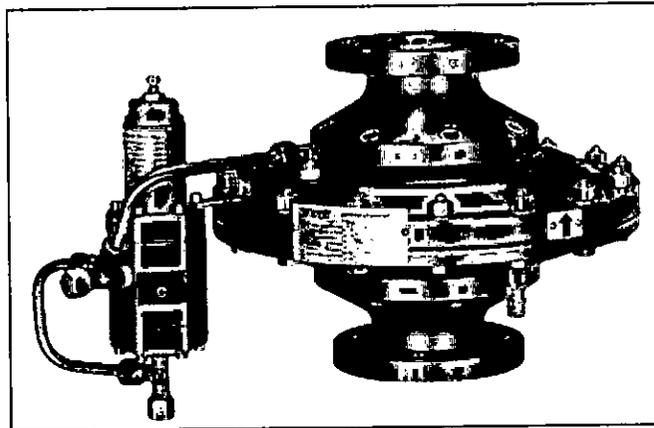
Este modelo de válvula tiene un actuador incorporado que cumple la función de cerrar y abrir cuando se produce alguna emergencia de parada del equipo. (Ver figura N° 30).

**Figura N° 30 - Válvulas Esféricas**



Fuente: Grupo Festo

**Figura N° 31 - Válvula de Alivio de control asistidos para Gas Natural**

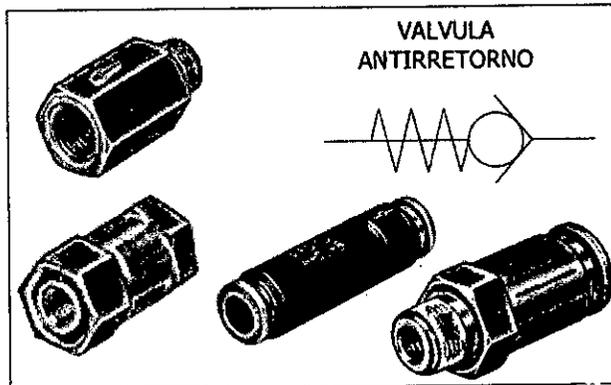


Fuente: Tartarini

### **Válvulas de Antirretorno**

Estas válvulas cumplen la función de evitar el retorno del flujo. Están ubicados en las líneas de descarga del fluido. (Ver figura N° 32).

**Figura N° 32 -Válvula de Antirretornos para GNL**

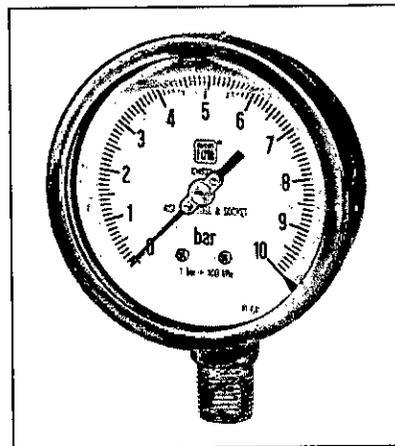


Fuente: Grupo Festo

### **Manómetros de Presión y Temperatura**

Los manómetros de Presión son instrumentos de medidas indicadoras de las medidas en los módulos cañerías y cilindros de carga y pase de fluido puestas en diferentes posiciones. (Ver figura N° 33).

**Figura N° 33 - Manómetros de Presión**



Fuente: Nuova Fima

### **4.5.2. Mantenimiento**

¿QUÉ ES MANTENIMIENTO?

(GARCÍA GARRIDO, Santiago – 2003) Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en

servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

De esta manera el mantenimiento toma la importancia y finalidad en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicios, *pruebas*, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción.

Sin embargo, las sólidas técnicas modernas de mantenimientos y su sentido práctico tienen el potencial para incrementar en forma significativa las ventajas en el mercado global.

#### **Evolución del Mantenimiento:**

Desde los tiempos iniciales de vivencia del hombre, siempre ha tenido la necesidad de mantener su equipo, aún en las más rudimentarias herramientas, aparatos o utensilios. Desde ahí mientras utilizaba la herramienta se esperaba se malogre para tener la idea de reparar o cambiar. Esto significa, el mantenimiento se hacía cuando era imposible usarlo. Se llamaría Mantenimiento de “Ruptura o Reactivo”

Transcurre los tiempos el uso empieza a tener la idea de realizar mantenimiento se empezó dar el valor, de esta forma ahorrar costos para maximizar la vida útil de las herramientas.

En la actualidad el hombre ha transitado por grandes cambios y avances del mantenimiento, a continuación, una cronología del como ha venido surgiendo estas evoluciones:

A lo largo de la revolución industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función del mantenimiento ha pasado diferentes etapas:

- **Primera Generación:** Esta primera generación comprende lo pasado hasta la II Guerra mundial, donde la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de parada no importaban mucho.

En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban del cuidado y las reparaciones de los equipos. Se trataba de máquinas robustas, lentas,

relativamente sencillas, y los tiempos de parada de éstas no eran una cuestión preocupante. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo. A eso se le llamaba Mantenimiento correctivo.

El operario era el responsable de solucionarlo porque era quien más conocía los equipos, el que más familiarizado estaba con ellos.

- **Segunda Generación:** Se habla de una segunda generación de mantenimiento a partir de la Segunda Guerra Mundial. En este proceso de evolución surge por la exigencia de desarrollar una mayor continuidad en la producción y por una mayor complejidad en máquinas y equipos. El resultado de todo este avance se empieza a tener el concepto de mantenimiento preventivo sistemático. Los equipos debían durar lo máximo posible en condiciones óptimas de funcionamiento a los costes más bajos posibles. Se puede describir que se empieza a entender las reparaciones, tanto instantáneas como programadas. Se implantan sistemas de planificación de actividades y control de los trabajos realizados, y a partir de los 70 se generaliza el uso de herramientas informáticas para este fin La Gestión de mantenimiento asistido por ordenador, (también por las siglas GMAO).

- **Tercera Generación:** Transcurre los años 80 entramos a una generación de procesos de mantenimiento centrados en ocho aspectos: Disponibilidad de los equipos y sistemas, fiabilidad, optimización, costes, aumento de seguridad, la calidad progresivamente en crecimiento, en la calidad empieza aparecer las certificaciones (ISO 9001 e ISO 9002) también se puede observar la importancia con el medio ambiente y nace el (ISO 14001), con todo esto se logra el aumento de la duración de los equipos junto a las normas vigentes.

Las actividades de mantenimiento preventivo pasan a formar como actividades rutinarias de acuerdo a su utilidad y las normas vigentes llegan a entenderse su aplicación de acuerdo a su rentabilidad.

Aparecen los mantenimientos según condiciones, predictivos y el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), el TPM (Mantenimiento Productivo Total) Entonces el avance del proceso de mantenimiento sigue en crecimiento y la gestión de Mantenimiento se extiende masivamente a equipos, sistemas e

instalaciones. Continuando con el avance vemos la externalización del mantenimiento esto significa un avance para optimizar costos y direccionar a empresas especialistas.

### **Tipos de Mantenimientos:**

Existen cuatro tipos de mantenimientos reconocidos de las cuales están en función del momento en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función al recurso utilizados, por lo tanto, tenemos:

1. **Mantenimiento Correctivo:** También denominado “mantenimiento reactivo”, un proceso que se realiza cuando se produce la falla o avería, solo hasta ese momento se decide realizar las reparaciones o cambio de pieza.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas. Afecta las cadenas productivas, es decir, los ciclos productivos posteriores verán parados a la espera de la corrección.

Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

La planificación de tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

El mantenimiento correctivo normalmente viene acompañado de periodos cortos para su reparación posterior de la máquina.

El mantenimiento correctivo, sin embargo, no debe estar exentos de tareas rutinarias como lubricación, engrase y reemplazo de componentes que permitan alargar la vida útil de la máquina, a menos que se trate de un componente en las fases finales de su vida útil.

2. **Mantenimiento Preventivo:** Es un conjunto de técnicas aprovechadas con la finalidad de disminuir y/o evitar las reparaciones del plan de mantenimiento con el

menos coste posible. Este tipo de mantenimiento implica rutinas de inspección y renovación de los elementos malogrados y deteriorado.

Para llevar a efecto este proceso, se tiene que desmontar todo y tener el elemento de falla, revisar por completo y analizar, reemplazar y poner en funcionamiento. Estos elementos para ser sustituidos tienen su historial y desde ese tema se toma como referencia la vida útil o su tiempo de operación con tal de reducir su vida útil. Los periodos de inspección son cruciales, para tener éxito en un mantenimiento preventivo, de esta manera llevar una rutina con la finalidad de ahorrar costos debido a la detección de una pronta falla. Un periodo largo de inspección estará el riesgo de mayor costo y paradas largas.

De todas maneras, el riesgo de fallo siempre existe pese a que un periodo de inspección corto ayuda a reducirlo.

El mantenimiento preventivo se aplicará en aquellos casos donde sea económicamente rentable frente a un programa de reparaciones de tipo correctivo. Tener en cuenta que los mantenimientos preventivos requieren también que exista una prioridad en función de la vida esperada de algunos componentes y de su importancia para el funcionamiento del conjunto.

Tener en cuenta que un elemento usado puede servir en un caso de fallas sistemáticas como también dependiendo de su uso y disponibilidad.

**3. Mantenimiento Predictivo:** Es parte de un mantenimiento consistente en determinar en todo instante las condiciones técnicas (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esto se encuentra en real funcionamiento, con este método se hace indispensable contar con toda la información de los parámetros de mediciones más importante del equipo.

Este tipo de mantenimiento entra las funciones algorítmicas y ecuaciones matemáticas que se agregan a los diagnóstico, de tal manera juntos forman parte de la información necesaria del equipo. Con este método se disminuye los tiempos de paradas por mantenimientos y producción.

La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, instrumentación y en contratación de personal calificado.

La aplicación de la tecnología es parte fundamental para diagnosticar las fallas, pero veamos algunos puntos a tomar en cuenta:

- ✓ **Métodos Térmicos:** los colores de la pintura que facilitaran las señales de seguridad y hacen visible las señales de sobrecalentamiento de los motores así como la termografía para la verificación de la temperatura de los conductos y conductos eléctricos.
- ✓ **Visibilidad de Niveles de Aceite:** en todo sus visores y sensores de aceite y el monitoreo del tipo de aceite hasta el tratamiento espectro químico.  
Detección de Fuga: las fugas que provienen de las uniones tubería o dispositivos electrónicos, todo eso se detecta utilizando instrumentos de ultrasonidos o gases halógenos.
- ✓ **Monitoreo de Vibraciones:** Se utilizan medidores electrónicos de impulsos de choque.
- ✓ **Medición de Parámetros de Operación:** viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.

**4. Mantenimiento Correctivo Programado:** En esta unidad del informe se explica la finalidad del Mantenimiento Correctivo Basado en la Criticidad del Equipo.

Equivale a ejecutar los correctivos después de un análisis de criticidad del equipo, tomando en cuenta las posibles fallas de las piezas, detectadas mediante los criterios e inspección visual.

Por lo tanto, este Mantenimiento Correctivo Programado (MCP), es un proceso que consiste básicamente en aplicar el mantenimiento cuando las averías o desperfectos mediante el análisis de criticidad están en el intervalo de una falla grave, que esto puede tener consecuencias catastróficas.

**Para aplicar el Mantenimiento Correctivo, se debe tener en cuenta: Recursos Humano y material:**

- ✓ **Capacitación:** La capacitación del recurso humano es importante en todos los niveles de la empresa. El monitoreo constante del operario de la EE. SS tiene que

estar capacitado en lo mínimo del funcionamiento del equipo, para dar la alerta aviso oportuno a la central, de esa manera el servicio debe ser atendido de inmediato de acuerdo a la gravedad del problema.

Esta capacitación incluye desde manejar el panel de equipo, el variador del motor y saber toda la estructura de fluidos del equipo, el funcionamiento del motor eléctrico y el funcionamiento del módulo de compresión del compresor multietapicos MICROBOX GALILEO.

✓ **Repuestos:** es importante tener el stock de repuestos al día en almacén, porque una falla de repuesto de este modelo de equipo puede requerirse en cualquier momento, porque ante una falla de rotura de alguna pieza, de no existir en stock o en el mercado, se procede a su inmediata fabricación si fuera el caso. Este proceso muchas veces depende del taller disponible para agilizar los tiempos de parada, sin embargo, este tema la empresa FLF Soluciones Técnicas SAC cuenta con taller disponible las 24 horas.

✓ **Logística:** Una de las principales fortalezas de la Empresa FLF Soluciones Técnicas SAC es el sólido soporte logístico para las estaciones de servicios que brindan atención para GNV a nivel Lima y provincias, servicio clave para el negocio de GNV, que constituye un aspecto fundamental para cumplir oportunamente con los compromisos pactados con los clientes.

Gracias al completo inventario con el stock disponible de repuestos podemos dar solución de manera inmediata a nuestros clientes.

Para ello contamos con un eficiente sistema de transporte para atender en forma oportuna el traslado del personal y requerimientos de repuestos, además el almacén opera con personal calificado.

#### **4.5.3. Análisis de criticidad de equipos**

##### **Definiciones y términos de la Metodología de Análisis de Criticidad (AC).**

Para dominar el lenguaje de la Metodología de Análisis de Criticidad (AC) se debe conocer los siguientes términos y conceptos.

### **¿Qué es el análisis de Criticidad?**

Es una metodología que permite establecer jerarquías entre:

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipos
- Elementos de un equipo

Para desarrollar el Mejoramiento del plan de Mantenimiento Basado en la Criticidad de los equipos, en esta caso de los compresores multietapico, tema principal de este informe, debo mencionar los mantenimientos correctivos se realizaba de acuerdo al manual de mantenimiento básico como fábrica indica, sin embargo en el transcurrir de los años, en mi punto de vista tenía la necesidad de agregar el análisis de criticidad del equipo, y para desarrollar mi trabajo considere importante tomar como referencia los criterios o parámetros que se utilizaron en las tablas de ponderación de Carlos Parra y Adolfo Crespo del libro “Métodos de Análisis de criticidad y jerarquización de activos”. En: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en los procesos de gestión de activos. Vol. 5. Sevilla, 2012.

Las tablas de ponderación y el cálculo de los valores de criticidad de los sistemas fueron lo siguiente:

Frecuencia de Fallas (FF)

Impacto Operacional (IO)

Flexibilidad Operacional (FO)

Costos de Mantenimientos (CM)

Impacto de Seguridad, Ambiente e Higiene (SAH)

Luego de recolectar todos los datos de las hojas de visita técnica e informes de mantenimientos de los equipos se procedió a evaluar cada uno de los parámetros, con los cuadros de ponderación de Camilo Andrés Gasca Barrios y Cesar Hernando Veloza Acosta, del libro Optimización al Mantenimiento de las Estaciones de Servicios de la Empresa Surpetroil S.A.S.

Modelo de criticidad de factores ponderados, basado en el concepto de riesgo de Parra y Crespo (2012)

### Criticidad Total por Riesgo CTR

$$CTR=FF \times C \quad (1)$$

Dónde:

**FF:** frecuencia de fallas

**C:** consecuencias de las fallas

Donde las consecuencias (C), se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$C= (IO \times FO) + CM + SHA \quad (2)$$

Dónde: **IO:** factor de impacto de la producción

**FO:** factor de flexibilidad operacional

**CM:** factor de costos de mantenimiento

**SHA:** factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

**Frecuencia de falla:** Con este criterio evaluaron el estado de cada uno de los equipos que intervienen en el sistema de compresión de gas vehicular, de acuerdo al número de fallas presentadas en un periodo de 6 meses. El cual se puede apreciar en el cuadro con cada uno de los criterios con su respectiva ponderación.

**Cuadro N° 3 - Frecuencia de fallas**

CRITERIO	VALOR
Excelente, menos de 6 fallas	1
Baja, entre 7 y 10 fallas	2
Medio, entre 11 y 15 fallas	3
Alta, mayor a 15 fallas	4

**Fuente:** Parra y Crespo 2012. Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos.

**Impacto operacional:** Con este criterio se evaluaron los impactos que pueden presentarse cuando ocurre una falla en un equipo. Este criterio se realizó con el

histórico de fallas, tomaron los valores de tiempos de parada de los equipos en un periodo de 6 meses. Para la selección de los valores tuvieron en cuenta que el cliente le exige a Surpetroil una disponibilidad mayor al 98,5%, lo cual indica que, en un periodo de 6 meses, el número de horas de indisponibilidad no debe superar las 60 horas por estación de servicio. En el cuadro se puede apreciar la respectiva ponderación de los impactos operacionales.

**Cuadro N° 4 - Impacto operacional**

CRITERIO	VALOR
Sumatoria de tiempos de parada mayor a 60 horas	10
Sumatoria de tiempos de parada entre 45,1 a 60 horas	7
Sumatoria de tiempos de parada entre 30,1 a 45 horas	5
Sumatoria de tiempos de parada entre 15,1 a 30 horas	3
Sumatoria de tiempos de parada menos a 15 horas	1

**Fuente:** Parra y Crespo 2012 Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos.

**Flexibilidad operacional:** En este criterio analizaron que tan sencilla es la reparación de un equipo. Para esto tomaron el tiempo promedio de reparación de una falla, se basaron en el histórico de fallas. El siguiente cuadro, muestra los criterios y sus respectivas ponderaciones.

**Cuadro N° 5 - Flexibilidad operacional**

CRITERIO	VALOR
Tiempo promedio de reparación menor a 1 hora	1
Tiempo promedio de reparación entre 1 a 2 horas	2
Tiempo promedio de reparación entre 2 a 3 horas	3
Tiempo promedio de reparación mayor a 3 horas	4

**Fuente:** Parra y Crespo 2012 Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos.

**Costos de mantenimiento:** Este criterio lo determina la junta de accionistas de la empresa FLF Soluciones Técnicas S.A.C. Para el análisis tuvieron en cuenta mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos; los costos de los repuestos y la mano de obra extra laboral de los técnicos. En los mantenimientos preventivos

tuvieron un presupuesto promedio de S/ 9,500.00 mensual por equipo y un límite de S/ 12'500.00 en mantenimientos correctivos. La sumatoria de los límites de los mantenimientos da un valor de S/ 22,000.000. Los siguientes valores son un promedio mensual. El cuadro muestra criterios y su respectiva ponderación.

**Cuadro N° 6 - Costos de Mantenimiento**

CRITERIO	VALOR
Menor o igual a S/ 600.00	1
Mayor a S/ 2,000.00	2

Fuente: Parra y Crespo 2012 Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos.

**Impacto de Seguridad, Ambiente e Higiene:** Este criterio evalúa el impacto a la seguridad del técnico y el impacto ambiental cuando se presentó una falla en un equipo.

**Cuadro N° 7 - Impacto de seguridad, Ambiente e Higiene**

Criterio	Valor
No provoca ningún tipo de daño a personas o ambiente	1
Provoca daños menores al ambiente y seguridad	3
Afecta al medio ambiente, las instalaciones y posiblemente al personal	6
Riesgo alto pérdida de vida, daños graves ambiente e instalaciones	8

Fuente: Parra y Crespo 2012 Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos.

### **Matriz de criticidad**

Utilizaron la matriz de Parra y Crespo 2012, para determinar los estados de criticidad de cada equipo, tanto compresores como surtidores. En las siguientes figuras se aprecia la jerarquización y calificación que utilizaron:

- No críticos (NC)
- Medianamente Críticos (MC)
- Críticos (C)

**Cuadro N° 8 - Modelo de jerarquización**

<b>FRECUENCIA</b>	4	MC	MC	G	G	G
	3	MC	MC	MC	G	G
	2	NC	NC	MC	MC	G
	1	NC	NC	NC	MC	MC
		10	20	30	40	50
		<b>CONSECUENCIA</b>				

**Fuente:** PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos. En: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Vol. 5. Sevilla, 2012

**Cuadro N° 9 - Modelo de calificación**

<b>FRECUENCIA</b>	4	40	80	120	160	200
	3	30	60	90	120	150
	2	20	40	60	80	100
	1	10	20	30	40	50
		10	20	30	40	50
		<b>CONSECUENCIA</b>				

**Fuente:** PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos. En: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Vol. 5. Sevilla, 2012

#### **4.5.4. Marco Normativo**

##### **Marco Normativo Nacional para el desarrollo de Gasocentros**

1. NTP 111.012:2004 2004-11-13 - Terminología del gas natural para uso vehicular (GNV).
2. NPT 111.017: 2004- Revisión periódica de cilindros tipo I para Gas Natural Vehicular (GNV).
3. NTP 111.019:2007- Gas natural seco. Estación de servicio para la venta al público de GNV.
4. NTP 111.020:2004- Requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores Para estaciones de servicio de gas natural vehicular (GNV).
5. NTP 111.024-2006 - Especificación técnica para equipos paquetizados y encasetados para Compresión y almacenamiento de GNV que no requieren muro perimetral.
6. NTP 111.025:2006 - Especificación técnica para la certificación, instalación y controles de equipos Integrados para compresión y despacho de GNV.
7. NTP 111.031:2008 - Estación de compresión, módulos contenedores o de almacenamiento y estación de descompresión para el gas natural comprimido (GNC).

##### **Código Nacional de Electricidad.**

R.M N° 037-2006-MEN/DM-

- Sección 060: Puesta a Tierra.
- Sección 070: Métodos de alumbrado.
- Sección 100: Equipos e Instalaciones Especiales.
- Sección 110: Lugares Peligrosos.
- Sección 120: Lugares de Manipulación de Combustible.
- Sección 150: Instalación de Equipo Eléctrico.

### **Marco Normativo Internacional**

1. **API 653** - Inspección, Reparación, Alteración y Reconstrucción de Tanques
2. **API 510** - Inspector de Recipiente a Presión
3. **ASME B31.3-2010**- Tuberías de Procesos
4. **ANSI/NB-23** - National Board Inspection Code, Código de inspección utilizado por el inspector de los equipos sometidos a presión.
5. **ISO 9000** - Sistema de gestión de Calidad
6. **ISO 15500-1** - CNG Fuel System Components - Part 1 – General requeriment and definitions.
7. **ISO 15500-2** - CNG Fuel System Components. Part 2 – Performances and general test methods.
8. **ISO 15500-3** - CNG Fuel System Components. Part 3 – Check valve.
9. **ISO /DIS 15501-1** - Road vehicles: Compressed natural gas fuelling systems.
10. **PAI 5L/API 5LX** - American Petroleum Institute

### **4.6-Fases del Proyecto**

Para el desarrollo del informe se tuvo en cuenta cuatro fases que a continuacion se detalla:

1. Realizar inspección general.
2. Compilar y verificar la información del PLC y del equipo.
3. Revisar y analizar el historial de las visitas técnicas
4. Ejecutar la mejora del plan del mantenimiento basado en la criticidad del equipo.

**Cuadro N° 10 - Fases del Proyecto**

<p align="center"><b>FASE I</b> Realizar inspeccion general</p>	<p align="center"><b>FASE II</b> Compile y verifique la información del PLC y del equipo</p>	<p align="center"><b>FASE III</b> Revisar y analizar el historial de las visitas técnicas</p>	<p align="center"><b>FASE IV</b> Ejecutar la mejora del plan del mantenimiento basado en la criticidad del equipo</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisar el protocolo de seguridad con equipo funcionando y/o parado.</li> <li>▪ Visualizar el panel del equipo las condiciones e información de cada componente.</li> <li>▪ Revisar la entrada de gas, presión de admisión, presión de carga y presión de despacho.</li> <li>▪ Inspeccionar la línea de fuerza y de control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar la presión y temperatura de trabajo en las diferentes etapas.</li> <li>▪ Tomar apunte de los valores que figura en la pantalla.</li> <li>▪ Detectar visualmente y electrónicamente la fuga de gas.</li> <li>▪ Revisar el sistema de lubricación.</li> <li>▪ Verificar que los sensores se encuentren en óptimas condiciones, sin fuga de gas, presión y temperatura.</li> <li>▪ Ajustar los dispositivos electrónicos.</li> <li>▪ Verificar el motor eléctrico y tablero de fuerza se encuentren en óptimas condiciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contrastar los parámetros técnicos del compresor.</li> <li>▪ Realizar el diagnóstico de visita técnica.</li> <li>▪ Conocer los criterios para dar alternativas de solución a las fallas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desarrollar las mejoras del plan de mantenimiento basado en la criticidad del compresor alternativo multietapico Microbox.</li> <li>▪ Demostrar acciones de mejoramiento en base a la aplicación del nivel de criticidad del equipo.</li> <li>▪ Capacitar al personal del EE. SS</li> </ul>

## **Descripcion de las fases del proyecto**

### **4.6.1- Fase I: Realizar Inspección General**

- **Revisar el protocolo de Seguridad con equipo funcionando y/o parado**

La seguridad es un factor importante tanto en equipo funcionando o parado. Este factor es obligatorio y se cumplen las normas: NTP 111.020: 2004 GAS NATURAL SECO. Requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para estaciones de servicios de gas natural vehicular (GNV) donde se especifica claramente.

Aparte de esa norma el mismo operario y los técnicos de mantenimiento tienen sus propias normas de seguridad que exige el propio equipo.

- Como utilizar los protectores auditivos, cascos de seguridad requeridos en cada tarea- Vestimenta que cumplan la seguridad de no engancharse con algún elemento de la máquina.
- Desconectar el suministro de energía al equipo si la tarea así lo requiere.

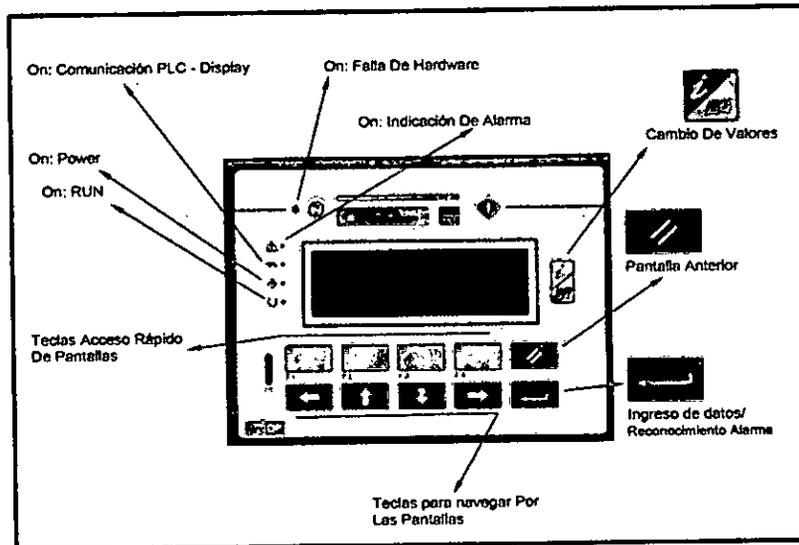
Si la tarea a realizar implica la detención de la unidad, constatar que esta no pueda reiniciar su funcionamiento hasta completar la tarea.

Respetar las advertencias señaladas de seguridad.

- **Visualizar el panel del equipo las condiciones e información de cada componente.**

Esta verificación visual del panel, nos permitirá ver las condiciones de cada componente, posteriormente se hace una inspección visual empezando por el motor eléctrico, sensores de gas, válvulas de retención y sistemas eléctricos.

Figura N° 34 - Panel de Operaciones

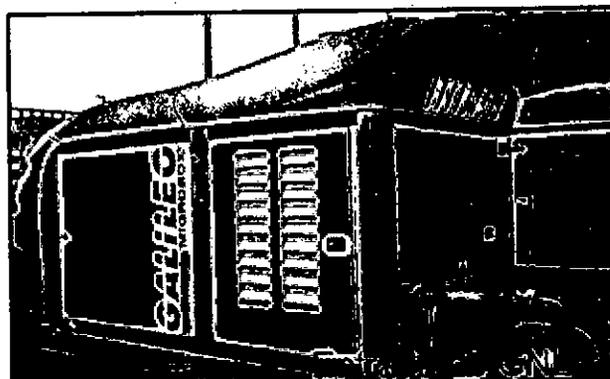


Fuente : Grupo Galileo S.A.

- **Revisar la entrada de Gas, presión de admisión, presión de carga y presión de despacho.**

Consiste en la verificación de dos parámetros principales para cumplir la exigencia de diseño del equipo, entrada de gas del punto de acometida y esto a la vez llega a la entrada de admisión del equipo. La presión máxima se puede obtener después del proceso de compresión siendo esta presión bajo norma la indicada para la inyección en los cilindros de almacenamiento de los automóviles.

Figura N° 35 - Entrada de GNL

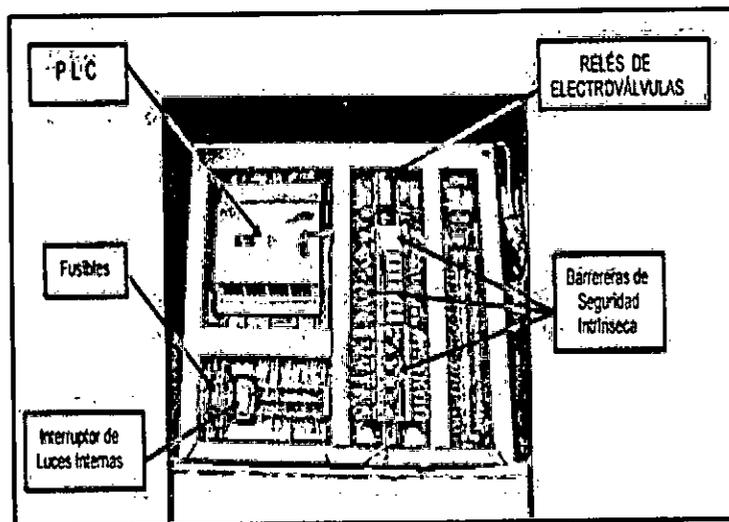


Fuente : Grupo Galileo S.A.

- **Inspeccionar de la línea de fuerza y de control**

La línea de fuerza del equipo esta contituido por diversos elementos como son: llaves termomagneticas, relés de electroválvulas, interruptor de luces internas, etc todos estos elementos óptimas condiciones de funcionamiento, para el manejo del equipo que trae consigo nuevas técnicas, en donde se hace necesario contar con personal calificado para la reparación y mantenimiento de estas nuevas estructuras.

**Figura N° 36 - Tablero de control**



Fuente : Grupo Galileo S.A.

#### **4.6.2- Fase II: Compilar y Verificar de la información del PLC y del equipo**

- **Verificar la Presión y Temperatura de trabajo en las diferentes etapas**

Se verifica a diario para poder llevar todo un historial gráfico y de esa manera empezar a determinar próximas fallas como empezar descifrar fugas o desgaste de válvulas.

- **Tomar apunte de los valores que figura en la pantalla.**

El trabajo del personal asignado para esta tarea es verificar y anotar diariamente los valores que se visualizan en la pantalla del equipo.

- **Detectar visualmente y electrónicamente la fuga de gas**

La detección de fugas es una inspección básica global de todos los componentes, como también se pueden concentrarse solamente en los componentes que son dados a tener fugas importantes.

Este método puede usarse de distintas maneras:

- **Detección con burbujas de jabón**

Es un método rápido, fácil y económico para detectar fugas. Con esta técnica se rocía una solución jabonosa en componentes pequeños, accesibles como las conexiones roscadas.

El jabón es eficaz para ubicar los accesorios y las conexiones flojos, los cuales pueden apretarse de inmediato para reparar la fuga, y para una revisión rápida de la firmeza de la reparación.

La Detección Electrónica Se realiza usando unos pequeños detectores electrónicos de gas equipados con dispositivos de sensores de oxidación catalítica y conductiva térmica diseñada para detectar la presencia de gases específicos. Sirven para aberturas grandes que no pueden explorarse con jabón.

- **Revisar el sistema de lubricación**

Consiste en revisar todo el sistema que incluye:

- **Llenado de Aceite en Tanque Repositor:**

El aceite es el recomendado por fábrica SAE-40, este tanque es de principal observación diaria, los visores de llenado siempre tienen que estar llenos y la válvula de salida completamente abierta durante el tiempo de funcionamiento.

- **Nivel de aceite del Carter:**

Este proceso es visual y práctico se manifiesta en el visor ubicado donde justamente el nivel de aceite tiene que estar en sus  $\frac{3}{4}$  partes, con equipo parado, fuera de este rango verificar los motivos.

**Filtro de Aceite:**

Este filtro cumple la función de filtrar el aceite que se deriva a la entrada del Carter y demás piezas en rozamientos como las bielas, el Packing, y cabeza de pistones.

Su reemplazo se produce en las horas de mantenimientos o cuando se produce una falla afectada en la zona del filtro.

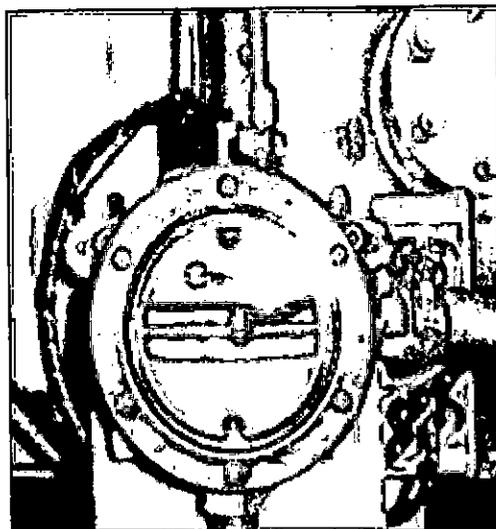
**Purgas de Hidratos:**

Este es un proceso diario que significa purgar el aceite filtrado antes de llegar a los cilindros de almacenamiento.

La indicación de la empresa fabricante para purgar es de 3,500 m<sup>3</sup> de gas despachado, este proceso es hecho solo por el operario a través de una llave de paso.

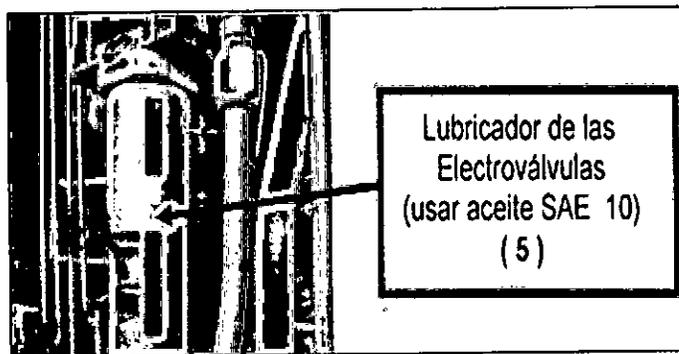
Posteriormente de igual manera con los cilindros de choque, la cañería de venteo y el pulmón de entrada.

**Figura N° 37 - Nivel de aceite y Repositor Automático**



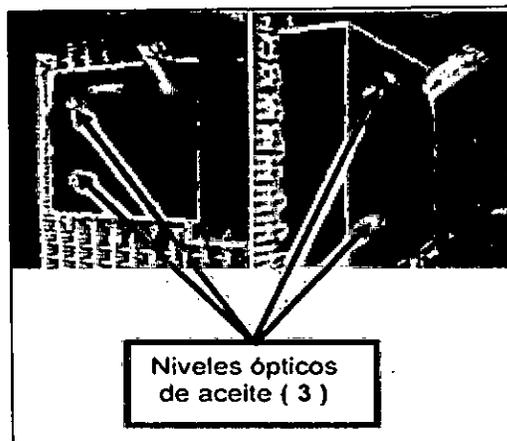
Fuente : Grupo Galileo S.A.

**Figura N° 38 - Lubricador de electroválvulas**



Fuente : Grupo Galileo S.A.

**Figura N° 39 - Nivel de Aceite del Tanque Repositor**



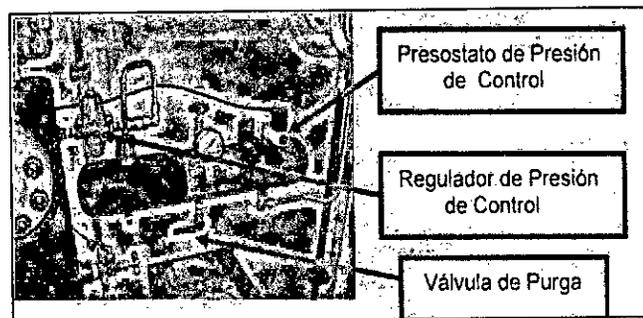
Fuente : Grupo Galileo S.A.

**Para el nivel de aceite del tanque repositor:** Tener en cuenta en el momento de la purga realizar un control visual del nivel de aceite del tanque de reposición, de ser necesario adicionar la cantidad y le tipo de aceite correspondiente. Mantener el aceite siempre por arriba del nivel inferior.

### **Presión de control**

Verificar que los sensores se encuentren en óptimas condiciones, sin fuga de gas, presión y temperatura (Ver figura N° 40).

**Figura N° 40-** Presión de control



Fuente : Grupo Galileo S.A.

- **Ajustar los dispositivos electrónicos.**

Los dispositivos electrónicos se encuentran ubicados en los módulos y accesorios en cada parte de funcionamiento del conjunto del equipo. Estos dispositivos se clasifican en sensores de flujos, sensores de temperatura, sensores de flujo de aceite y sensores de nivel de presión.

Muchas veces las fallas de uno de ellos pueden impedir automáticamente el funcionamiento, todos estos sensores es manejado desde el pannel.

- **Motores Eléctricos**

Verificar el motor eléctrico y tablero de fuerza se encuentre en óptimas condiciones

Los motores eléctricos están clasificados en:

- Motor eléctrico Principal,
- Motor eléctrico de bombeo de aceite
- 2 unidades de motor de ventilador

El conjunto de motores eléctricos es verificado, la vibración y temperatura de funcionamiento. Cada periodo de 1 mes su engrase.

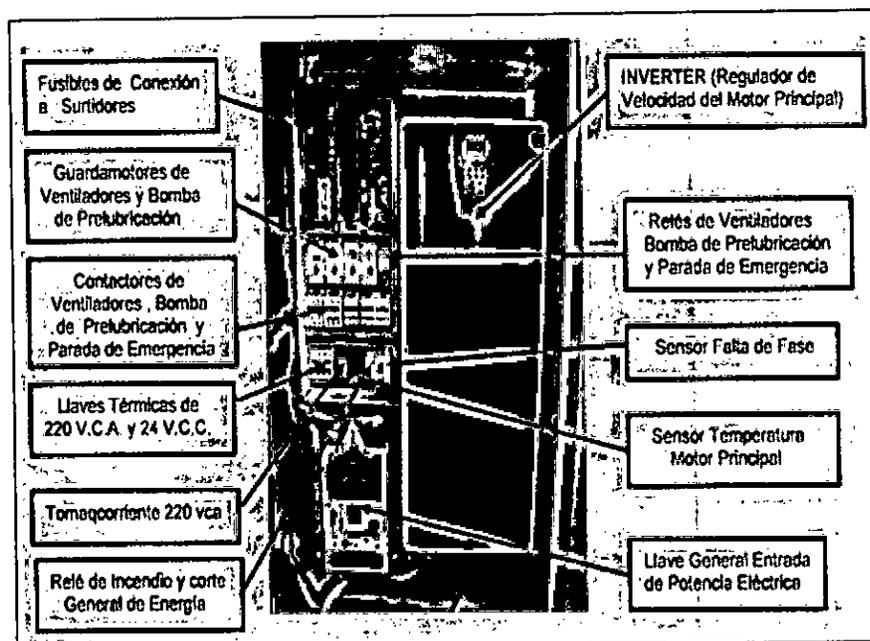
### Tablero de fuerza:

El mantenimiento del tablero eléctrico, su finalidad es conservar en buen estado funcional, interruptores principales y derivados, contactores, botoneras, y en general todos los elementos que integran un tablero, se realiza el servicio de mantenimiento preventivo, el cual consiste en la revisión física, limpieza general, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas y eléctricas.

La mayor parte de las revisiones se realizará con los equipos de medición correspondiente

Cabe mencionar que durante la ejecución del servicio se cumplen las condiciones de seguridad establecidas en la norma NTP 399.450:2008 – Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, de propósito general, potencia nominal de 0,746 kW a 149,2 kW. Límites y Etiquetado.

Figura N ° 41-Tablero de potencia



Fuente : Grupo Galileo S.A.

#### **4.6.3- Fase III: Revisar y analizar el historial de visitas técnicas**

- **Contrastar los parámetros técnicos del compresor**

Los informes semanales o mensuales, nos permiten contrastar los días de funcionamiento del equipo hasta llegar a sus horas de mantenimientos. Y esos valores tomados visualmente o con los instrumentos electrónicos, favorecen un panorama importante para analizar el funcionamiento del equipo, además detectar una posible falla.

Dentro de todo este historial se toman medidas y recomendaciones para prevenir las contingencias y preparación de un plan correctivo frente a una falla o esperar el día de los mantenimientos correctivos de sus horas cumplidas.

Este historial también se refiere a toda la descripción de trabajos realizados durante un mantenimiento bien en sus horas o un mantenimiento imprevisto.

Incluye la descripción de los repuestos cambiados.

A continuación, se pone como ejemplo, parámetros de medidas en el PLC del equipo y el reporte técnico de una visita y horas de mantenimiento.

Adjunto:

- Fotografía de la visualización de temperaturas y presión en el PLC
- Informe técnico realizado in situ:
- Reporte de visita Técnica
- Ejemplo de la Información de la pantalla del PLC, que nos sirve para el contraste de los informes técnicos, (Ver figura N° 40).

**Figura N ° 42 –Valores Medidos de Presión, Velocidad del Motor y Temperatura**

**DESCRIPCION DE PANTALLAS DEL EXOR V2.11.7**

**PANTALLA 1 – Página Principal**

En esta página se pueden observar los datos de fabricación del equipo y de la lógica.

- Datos del MX
- N° Serie-Día -Hora- Año Fabricación
- Idioma-Versión de Lógica del PLC
- Versión de lógica de display (EXOR)

GNC GALILEO	
-----MICROBOX	
No:	999-999/9999
DD/MM/YY	24:00:00
-----	
AÑO:	9999
SERIE:	999-999/9999
MODELO:	9999MM
-----	
IDIOMA :	MMMMMMMMMM
-----	
MBX	110
PLC:	V99.99.99
HMI:	V2.11.7

**PANTALLA 2 – Valores Medidos**

- Presiones medidas :

Muestra las distintas presiones de gas desde la de entrada, bancos, etapas de compresión (si estuviesen sensados), salida a surtidores, almacenamiento y aceite (opcional).

- Velocidad del motor principal:

En caso de poseer variador de frecuencia (INVERTER) muestra las RPM del motor principal.

- Temperaturas:

Lectura de las temperaturas de gas de salida de cada etapa de compresión, salida de gas hacia surtidores, aceite, aire de bunker y aire zona motor principal.

<b>-----PRESIONES MEDIDAS-----</b>	
BOC. ALTA :	999BAR
SALIDA :	999BAR
ENTRADA :	99.9BAR
MMMMMMMMMMMMMM :	999MM
<b>-----VELOCIDAD-----</b>	
MOTOR PRINC. :	9999
<b>-----TEMPERATURAS-----</b>	
1RA ETAPA :	999 oC
2DA ETAPA :	999 oC
3RA ETAPA :	999 oC
MMMMMMMMMMMMMM :	999 oC
SALIDA :	999 oC
ACEITE :	999 oC
AIRE BUNKER :	999 oC
MMMMMMMMMMMMMM :	999 oC
MMMMMMMMMMMMMMMMMMMM :	999MM
MMMMMMMMMMMMMMMMMMMM :	999MM
MMMMMMMMMMMMMMMMMMMM :	999MM
-----	

Informe técnico de una falla imprevista donde se tiene que verificar y cambiar válvulas de 1, 2,3 y 4 etapas.

**Figura N ° 43 –Informe Técnico de un Mantenimiento Correctivo por falla de Válvulas**

<b><u>FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC</u></b>						
<b><u>INFORME TECNICO #01</u></b>						
Fecha	:	20 septiembre 2016				
Cliente	:	Estación lima Sur				
Objetivo	:	Mantenimiento de válvulas 1er, 2da y 4ta E tapa de compresor Galileo.				
<b><u>CONDICIONES PRESION Y TEMPERATURA</u></b>						
	<b><u>Entrada</u></b>	<b><u>I</u></b>	<b><u>II</u></b>	<b><u>III</u></b>	<b><u>IV</u></b>	<b><u>SALIDA</u></b>
<b><u>Presión</u></b>	6.5	22	50	120	230	205
<b><u>Temp°C</u></b>	29	123	116	127	98	25
<b><u>CONDICIONES ENCONTRADAS.</u></b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvulas fallando.</li> <li>• Platinos gastados y rotos (desgaste por uso trabajo)</li> </ul>						
<b><u>TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL SERVICIO</u></b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarmado y limpieza de todas las válvulas</li> <li>• Rectificado de asientos de válvulas</li> <li>• Cambio de kit de reparación de válvulas</li> <li>• Armado de válvulas y ajuste tuercas con loctite 242</li> <li>• Prueba de estanqueidad con bencina</li> <li>• Inspección de Fugas</li> <li>• Entrega de válvulas operativas.</li> </ul>						
<b><u>REPUESTOS A USAR DURANTE EL SERVICIO</u></b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 01 kit de reparación de válvulas succión 1er Etapa</li> <li>• 01 kit de reparación de válvulas descarga 1er Etapa</li> <li>• 01 kit de reparación de válvulas succión 2da Etapa</li> <li>• 01 kit de reparación de válvulas descarga 2da. Etapa</li> <li>• 01 válvulas succión 3er Etapa</li> <li>• 01 válvulas descarga 3er Etapa</li> <li>• 01 kit de reparación válvula concéntrica 45mm última etapa</li> </ul>						

### **CONCLUSIONES**

- Concluido el servicio de mantenimiento, cambio de repuestos originales y Pruebas realizadas las válvulas de (Compresor Galileo), quedaran en óptimas condiciones de Funcionamiento listo para ser usadas.
- Las posibles fallas se produjeron por la calidad del material de las válvulas. La estación decidió en anterior mantenimiento válvulas de menor calidad por lo tanto en este mantenimiento se cambiaron por de mejor calidad.

### **RECOMENDACIONES**

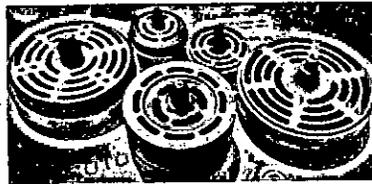
- Verificar constantemente y apuntar las temperaturas, presión del equipo ( Compresor Galileo)
- se recomienda tener en stock válvulas de mejor calidad.

Sin otro particular, me despido atentamente.

**Fernando Huarcaya Rimachi**

**Técnico Mantenimiento**

Adjunto fotos de las válvulas a Reparar



- **Realizar el diagnostico de visita técnica**

El diagnóstico de las visitas técnicas es todo un cumulo de información que se da a través del tiempo de horas de marcha del equipo, esa información acumulada te indica valores suficientes que se toman en cuenta para detectar una posible falla. Como ejemplo se toma la visualización de la figura 40 y 41.

- **Conocer los criterios para dar alternativas de solución a las fallas.**

Los criterios para dar un diagnostico deviene de la información que te brinda el PLC, los reportes técnicos, experiencia del técnico e indicaciones del historial de vida de una determinada pieza.

En este caso al concluir el informe se da las conclusiones y recomendaciones y claramente se nota el motivo de la falla y se toman en cuenta en futuras fallas.

Figura N° 44- Reporte de visita Técnica donde se recomienda dar una alternativa de solución



**SOLUCIONES TECNICAS SAC**  
Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo  
de Compresores de GNV, GNC

Nº 000851



---

**Reporte de Visitas técnica**

Cliente: <b>ACA SINGER</b> Fecha: <b>13-11-13</b>	Equipo: <b>132-3-1800</b> serie: <b>HX522</b>
Hora de llamada de cliente: _____ Hora de llegada: _____ Hora de salida: _____	Razón de llamada: <b>FUGA DE ACEITE</b> <b>BAJA PRESION DE 1ERA ETAPA</b>
Hrs Marcha Mx: <b>11770</b> Hrs Arranque: <b>12631</b>	alarma 1: <b>PRESION DE ACEITE</b> alarma 2: <b>PARADA DE EMERGENCIA</b>

Temperaturas	
1 etapa	116
2 etapa	122
3 etapa	99
4 etapa	-
salida aceite	29
aire bunker	77
cabina motor	
entrada calida	

Presión	
PLC Bco Alta	240
Salida	24
Entrada	6.2
MANOMETROS Entrada	6
1 etapa	24
2 etapa	71
3 etapa	240
4 etapa	-
almacenamiento	240
salida	240

Pulsos de Lubricación					
10	9	8	7	6	5
11	12	11	12	12	12

Tanque de Aceite	
Nivel Máxima	<input checked="" type="checkbox"/>
Nivel Mínimo	<input type="checkbox"/>

Motor	
rpm max	1800
limpieza gabinete inverter	<input checked="" type="checkbox"/>
limpieza cabina motor	<input checked="" type="checkbox"/>

Presión de aceite primaria	
Entrada	10
Salida	-

Limpieza			
Carcoza	<input checked="" type="checkbox"/>	Bunker	<input checked="" type="checkbox"/>
Pte medicion	<input checked="" type="checkbox"/>	Piso del Mx	<input checked="" type="checkbox"/>

SURTIDORES	surtidor 1		surtidor 2		surtidor 3		surtidor 4	
	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4	cara 5	cara 6	cara 7	cara 8
Presión de despacho	-	-	-	-	-	-	-	-

Observación Del Surtidor: \_\_\_\_\_

Razon De La Asistencia Técnica

Tareas **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

- CAMBIO DE SENSOR DE ACEITE
- CAMBIO DE ORO CRUCETAS DE 1º Y 2º CARRERA POR PRESENTAR DESGASTE Y DESPRENDIMIENTO DE RECUBRIMIENTO DE BABIT
- CAMBIO DE METALES DE AMBAS BANCAOS POR DESGASTES
- INSPECCION DE HUELGOS DE AMBAS BANCAOS POR ESTAR DESGASTES

**ALINEAMIENTO DE MOTOR - COMPRESOR**

Repuestas Usados:

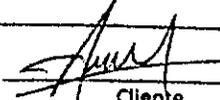
**2 CRUCETAS DE 1º y 2º CARRERA**

**4 METALES DE BANCAOS**

Recomendaciones o Pendientes

**SE RECOMIENDA EL SEGUIMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO HASTA DETECTAR ALGUNA FUGA DE GAS.**

**ALEX RIVARMI**  
Técnico de Campo

  
Cliente

**4.6.4- Fase IV: Ejecutar la Mejora del Plan del Mantenimiento Basado en la Criticidad del Equipo.**

- **Desarrollar las mejoras del plan de mantenimiento basado en la criticidad del compresor alternativo multietapico Microbox**

El desarrollo de los trabajos de mejoramiento, lo explicaremos en su primera parte en base al manual básico que indica la empresa fabricante de los equipos, Grupo Galileo S.A.

Los mantenimientos del manual básico que fábrica recomienda esta resumida en las tablas del diagrama de Gantt, estos mantenimientos están recomendados 2000, 4000, 6000 y 8000 horas de marcha.

**Cuadro N° 11-Diagrama de Gantt del cronograma del plan de mantenimiento correctivo del compresor multietapico alternativo 2,000 horas**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR MULTIETAPICO 2000 HORAS	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
Se ha revisado la programación en el Panel (PLC)									
Registro visual del sistema de aceite									
Registro de manómetros de etapas presión y temperaturas y fugas de gas									
Registro de funcionamiento correcto de válvulas componentes del tablero de control									
Verificación de todo el sistema de filtros y cambios									
Se verifica la calibración de los traductores de presión y temperatura									
Las válvulas de succión y descarga se comprueba 1,2,3 y 4 etapas									
Montaje de piezas y verificaciones de acuerdo al plan de mantenimiento									

Fuente : Elaboracion propia

**Cuadro N° 12-Diagrama de Gantt del cronograma del plan de mantenimiento correctivo del compresor multietapico alternativo de 4,000 horas**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR MULTIETAPICO 4000 HORAS	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
Se ha revisado la programación en el Panel (PLC)									
Registro visual del sistema de aceite									
Registro de manómetros de etapas presión y temperaturas y fugas de gas									
Registro de funcionamiento correcto de válvulas									
componentes del tablero de control									
Verificación de todo el sistema de filtros y cambios									
Se verifica la calibración de los transductores de presión y temperatura									
Las válvulas de succión y descarga se comprueba 1,2,3 y 4 etapas									
Verificación del funcionamiento de los actuadores de las válvulas									
Re calibración de las válvulas de seguridad de recipientes a presión									
verificación de la desalineación del manchón f-no exceda los 0.15mm									
lubricación los rodamientos motor									
Anclajes compresor / motor / Soporte de cañerías / Bidas de las etapas									
Montaje de piezas y verificaciones de acuerdo al plan de mantenimiento									

Fuente : Elaboracion propia

**Cuadro N° 13-Diagrama de Gantt del cronograma del plan de mantenimiento correctivo del compresor multietapico alternativo de 6,000 horas**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR MULTIETAPICO 6000 HORAS	1 H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
Se ha revisado la programación en el Panel (PLC)	■								
Registro visual del sistema de aceite	■								
Registro de manómetros de etapas presión y temperaturas y fugas de gas		■							
Registro de funcionamiento correcto de válvulas componentes del tablero de control		■							
Verificación de todo el sistema de filtros y cambios			■						
Se verifica la calibración de los traductores de presión y temperatura			■	■					
Las válvulas de succión y descarga se comprueba 1,2,3 y 4 etapas				■	■				
Anclajes compresor / motor / Soporte de cañerías / Bidas de las etapas						■			
lubricación los rodamientos motor							■	■	
Montaje de piezas y verificaciones de acuerdo al plan de mantenimiento							■	■	

Fuente : Elaboracion propia

**Cuadro N° 14-Diagrama de Gantt del cronograma del plan de mantenimiento correctivo del compresor multietapico alternativo de 8,000 horas**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR MULTIETAPICO 8000 HORAS	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H
Se ha revisado la programación en el Panel (PLC)										
Registro visual del sistema de aceite										
Registro de manómetros de etapas presión y temperaturas y fugas de gas										
Registro de funcionamiento correcto de válvulas componentes del tablero de control										
Verificación de todo el sistema de filtros y cambios										
Se verifica la calibración de los traductores de presión y temperatura										
Las válvulas de succión y descarga se comprueba 1,2,3 y 4 etapas										
Verificación del funcionamiento de los actuadores de las válvulas										
Re calibración de las válvulas de seguridad de recipientes a presión										
verificación de la desalineación del manchón l-no exceda los 0.15mm										
tubricación los rodamientos motor										
Andajes compresor / motor / Soporte de cañerías / Bridas de las etapas										
Desmontaje de piezas, válvulas, crucetas, pistones y packing										
Observar rayas y ondulaciones en los vástagos										
control huelgo axial de aros de última etapa										
Control de huelgo axial y diametral de cojinetes de biela y bancada										
Control huelgo axial y diametral de cojinetes de biela y bancada										
medición de diámetro interior cilindro de última etapa										
Se observan rayas en las camisas										
Montaje de piezas y verificaciones de acuerdo al plan de mantenimiento										

Fuente : Elaboracion propia

- **Mantenimiento Correctivo de 4,000 horas**

A continuación, planteamos a manera de ejemplo un mantenimiento correctivo, ejecutado en la Estación de Servicios Lima Sur de 6000 horas de marcha en la fecha 20-09-10. Este mantenimiento se ejecuta sin el concepto de criticidad del equipo. Se trata de un mantenimiento desarrollado en base al manual de mantenimiento básico indicado por fábrica.

Ver (Figura N° 45) a continuación:

Figura N ° 45-a Ficha de Servicio Técnico

## SERVICIO TECNICO

### FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC

#### Servicio Preventivo MX-413 28000 ( 4000 Horas)

##### INGENIERO SUPERVISOR

- Fidel castro

##### TECNICOS:

- Fernando huarcaya
- Dennis zuñiga
- Alex huarcaya
- Jorge changanaqui

##### CLIENTE: **EE.SS ABA SINGER SAC**

AV: CHINCHAYSUYO # 710 SAN JUAN DE LURIGANCHO- ZARATE

EQUIPO: MICROBOX MX-413 185-4-1800

Se realizó el mantenimiento de las 28000 horas (4000 horas) en el respectivo horario programado de mantenimiento, cumpliéndose rigurosamente.

Hora de inicio: 7:00

Hora de final: 16:00

Se realizó las pruebas de funcionamiento inicial

Se verificaron parámetros de presión, temperaturas y sensores.

Se procedió al funcionamiento del equipo, verificando y controlando sus parámetros.

Se deja el equipo operativo.

#### CHEQUEO DE TAREAS REALIZADAS

1. Se ha revisado la programación en el PLC
  1. Seteos de alarmas. ok
  2. Tiempos de arranques y paradas. ok
  3. Ajuste de presiones y temperaturas. ok
2. Se registró las cinco últimas alarmas

## Figura N ° 45-b Ficha de Servicio Técnico

1. Parada de emergencia
2. Parada de emergencia
3. Pulso de lubricación
4. Pulso de lubricación
5. Parada de emergencia

3. No se apreciaron ruidos y vibraciones anormales.
4. Registramos los pulsos de lubricación
5. No se encontró soplos en exceso por los venteos de los sellos de vástago C1 Y C2

6. Queda operativo el conjunto de cilindro packing C1 y C2

7. Se verificaron huelgo diametral de bancada de 2da carrera está en 0.15 mm



FIGURA N° 1

8. Se verificación de medidas del diámetro de cilindro de última etapa respecto al pistón, no se encontró rayadura



FIGURA N° 2

**Figura N° 45-c Ficha de Servicio Técnico**

9. Verificación de huelgo entre pin y bujes de biela y cruceta de 1c y 2c

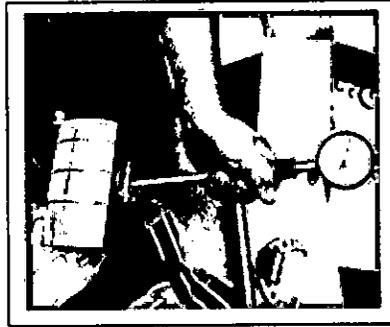
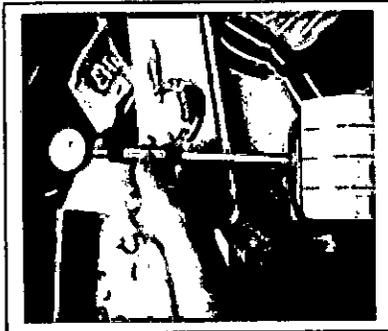


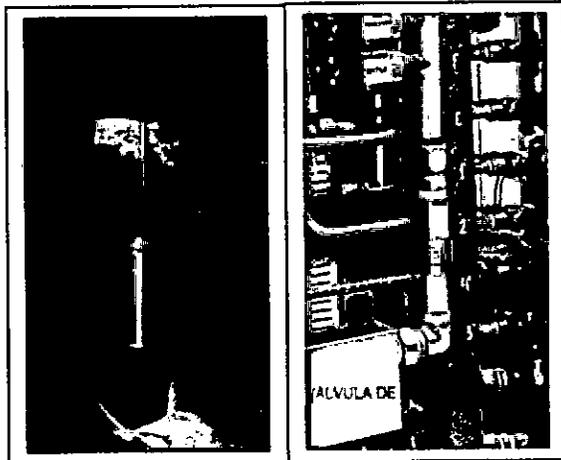
FIGURA N° 3

- 10. Se contralaron y se corrigieron las pérdidas de aceite
- 11. La presión de aceite primaria esta entre 50 y 70 psi (65psi)
- 12. Se verificó funcionamiento correcto de válvulas de retención del fluido de 1"

Resultado:

Se cambió por completo la válvula de retención de 1"

FIGURA N° 4

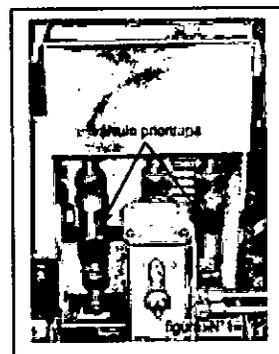


- 13. Se verificó funcionamiento correcto de las 2 unidades de válvulas de retención de 1/2" de la prioritaria encontrándose el kit en mal estado

Observación:

Se procedió a su cambio de kit de válvulas de 1/2"

Figura N° 5



- 14. Se limpió la malla filtro del repositor de aceite "Murphy", queda operativo

## Figura N° 45-d Ficha de Servicio Técnico

14. Se limpió la malla filtro del repositor de aceite "Murphy" , queda operativo
15. Se verificó la calibración de los traductores de presión, quedan operativos
16. Se verificó funcionamiento de manómetros de etapas, se encuentran en buen estado y operativos.
17. Se verificó funcionamiento de manómetros del filtro de aceite  
Resultados: Manómetros descalibrados  
Recomendación: cambiar los manómetros

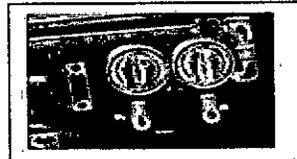


FIGURA N° 6

18. Se reemplazó las 2 unidades del cartucho del filtro coalescente de gas de salida
19. Se reemplazó 1 filtro de aceite
20. Se limpió el filtro de aceite del chupador de Carter
21. Se reemplazó el aceite del box de mecanismo de lubricación secundaria
22. Se limpió el filtro de aceite (bronce poroso) de lubricación secundaria
23. Se limpió filtro del respiradero de Carter de compresor
24. Se verificó el nivel del lubricador de gas de control
25. Se chequeo visualmente estado de componentes de tablero eléctrico de potencia y control

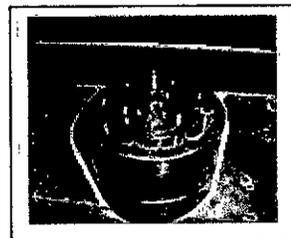
26. Se comprobó estanqueidad de válvulas de compresor con combustible gasolina 84 octanos

1. 3 unidades de válvulas de succión de 1era etapa
2. 2 unidades de válvulas de descarga de 1era etapa
3. 1 unidad de válvula de succión de 2da etapa
4. 1 unidad de válvula de descarga de 2da etapa
5. 1 unidad de válvula de succión de 3era etapa
6. 1 unidad de válvula de descarga de 3era etapa
7. 1 unidad de válvula concéntrica de 4ta etapa

### Resultados:

1. Con pase 2 unidades de válvulas de descargas de 1era etapa, procediendo su reemplazo de cada uno con su respectivo kit de válvulas 98RX
2. Con pase 1 unidad de válvula de descarga de 3era etapa, procediendo a su reemplazo de su respectivo kit de válvula 52RX.
3. Se reemplazó completamente la válvula concéntrica

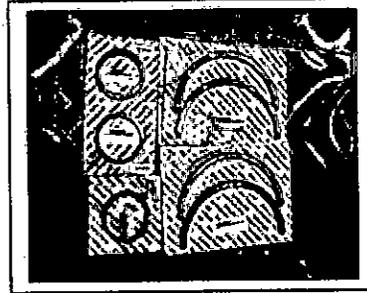
Figura: 7



## Figura N° 45-e Ficha de Servicio Técnico

- 27. Se reemplazó aros de diámetro 200
- 28. Se reemplazó aros de diámetro 80
- 29. Se reemplazó aros de diámetro 40
- 30. Se reemplazó aro guía de diámetro 40

Figura N° 8



- 31. Se verificó los vástagos de 1era y 2da carreras

### Resultado:

Se encontró que el vástago de la primera carrera ya está sobrepasando su límite de tolerancia

Máx. Desgaste: 0.02 mm. / Conicidad: 0.05 mm. / Ovalización: 0.03 mm

Se necesita en próximo mantenimiento el cambio de vástago de 1era carrera



FIGURA N° 9

- 32. Se verificó tolerancia de los dientes del engranaje de los piñones de la bomba de lubricación, están en estado operativo
- 33. Se ha verificado que la desalineación del acople (manchón) no exceda los 0.15mm
- 34. Se chequeo que los siguientes tornillos estén firmemente ajustados de anclajes del compresor
- 35. Se chequeo Anclajes de motor
- 36. Se chequeo bridas de las etapas

- 37. Se chequeo soporte y cañerías

**Figura N° 45-f** Ficha de Servicio Técnico

Observación:

Se necesitará cambiar en próximo mantenimiento la cañería de 1" y la unión "T" del hidrato de tercera etapa hacia la inyección de gas para la tercera etapa

Ver figura 10

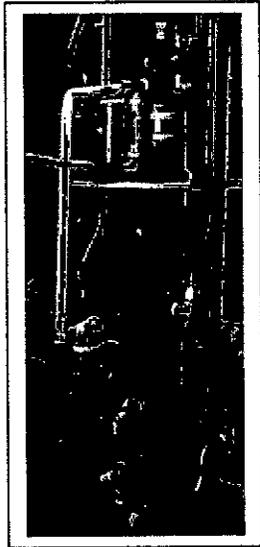


Figura N° 11

38. Se reemplazó cañería de conexión del manómetro de pulsos de lubricación a la bomba secundaria

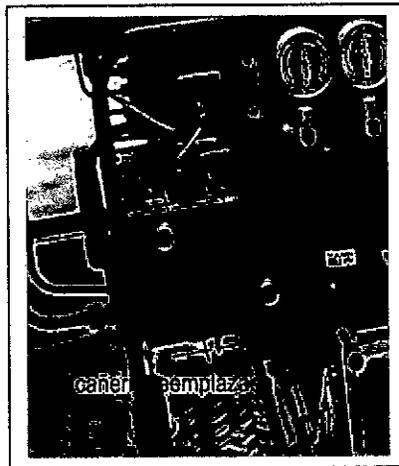


Figura N° 12

**Figura N ° 45-g** Ficha de Servicio Técnico **Figura N ° 45-f** Ficha de Servicio Técnico

<p><b>CONCLUSIONES.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El mantenimiento de 28000 horas (4000 horas) se realizó exactamente de acuerdo a la cartilla de mantenimiento que dicta la fábrica GALILEO de argentina</li><li>• se realizó cumpliendo los plazos de hora y el equipo se deja operativo</li></ul> <p><b>RECOMENDACIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se recomienda el cambio de 2 manómetros de filtro de aceite</li><li>• Se recomienda en próximo mantenimiento el cambio del vástago de primera carrera</li><li>• Se recomienda la devolución a la empresa FLF SOLUCIONES TECNICA la válvula concéntrica</li><li>• Se recomienda el cambio de la cañería que comunica el hidrato de tercera al block de tercera etapa.</li><li>• Se recomienda la verificación del templado de la cadena de la bomba secundaria para el próximo mantenimiento</li><li>• Se recomienda la alineación del motor por una empresa de prestigio</li></ul> <p>Zarate, 26 de febrero del 2013</p>
--

Fuente : Elaboración Propia

•  **Demostrar acciones de mejoramiento en base a la aplicación del nivel de criticidad del equipo**

En esta parte del informe, empezamos a demostrar mediante la herramienta del análisis de criticidad de los equipos, la facilidad de entender el valor del mantenimiento correctivo al ver reflejado en ahorro de repuestos y tiempo muerto.

Empezaremos por reconocer la serie del equipo, locación y codificación.

Las Estaciones de Servicios de GNV vinculadas comercialmente con la empresa FLF Soluciones Técnicas SAC, mediante contrato de servicios, en esta fase vienen logrando avances al aplicar esta herramienta de trabajo.

### Codificación de Compresores

Primero se clasifican los equipos según las características principales, entre las más importantes: fabricante, potencia del equipo, sistema de transmisión de potencia y número de etapas, en el cuadro 1 está la clasificación de los compresores.

**Cuadro N° 15 - Codificación de Compresores**

Equipo	Fabricante	Número de Equipos	Potencia (Kw)	Número de etapas	Imagen equipo
Microbox	Galileo x Core	Galileo 10	2 185	3-4	

Directo

**Cuadro N° 16- Codificación de Compresores**

Equipo	Locación	Codificación
Microbox 507 Lima sur	Villa maria del T	MX 185-4-1800
Microbox 413 Aba Singer	San Juan de Lurigancho	MX 185-4-1800
Microbox 471 korioto	San Juan de Lurigancho	MX 185-4-1800
Microbox 441 EyG vmt	Villa maria del T	MX 132-3-1800
Microbox 542 Gaspétrol	Pueblo Libre	MX 185-4-1800
Microbox 552 Faucett	Pueblo libre	MX 185-3-1800
Microbox 378 Los Jardin	San Juan de Lurigancho	MX 185-4-1800
Microbox 404 El Asesor	Santa Anita	MX 185-4-1800
Microbox 383 Ecotrading	Cercado	MX 185-3-1800
Microbox 436 Lurín	Lurín	MX 185-3-1800
Gaspétrol	Ica	MX 350-4-1800
El Ovalo	Ica	MX 185-4-1800
Gaspétrol	Trujillo	MX 185-4-1800

### Reporte de las visitas técnicas acumuladas como ejemplo para concretar un Mantenimiento Correctivo.

Como ejemplo tenemos 7 unidades de reporte técnico, el primer reporte tiene el significado de anotar las 30,092 Horas de marcha. En el último reporte se llega a

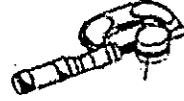
32,000 Horas de marcha, esta información compilada nos permite tomar la información y dar el parámetro correspondiente de acuerdo al tema del antecedente estudiado. El resultado de la información, nos permite realizar un informe y presentar a las empresas de la estación de Servicio donde sus decisiones solo corresponden a la visión de cada empresa.

Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000)

**FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC**

Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo de Compresores de GNV, GNC

Nº 000855



Reporte de Visitas técnica

Cliente	LIMA SDR	Equipo	185-3-1800-20
Fecha	11/05/2016	Aire	SOX
Hora de llamada de cliente	10:00	Hora de llamada:	REGULACION DE LUBRICADOR DE ACTUADORES NEUMATICOS
Hora de llegada	10:30		
Hora de salida	11:30		
Dir Martha Ma	30092	alarma 1	
Dir Arranque		alarma 2	

Temperaturas		Presión		Pulsos de Lubricación					
1 etapa		PLC	Bo Aire	10	9	8	7	6	5
2 etapa			Salida						
3 etapa			Entrada						
4 etapa			Entrada						
salida aceite		MANOMETROS	1 etapa						
aire bunker			2 etapa						
cabina motor			3 etapa						
entrada caldera			4 etapa						
			almacenamiento						
			sólido						

Presión de aceite primaria		Limpieza			
Entrada		Carcasa	<input checked="" type="checkbox"/>	Bunker	<input checked="" type="checkbox"/>
Sólido		Pte medicion	<input checked="" type="checkbox"/>	Piso del Mx	<input checked="" type="checkbox"/>

SURTIDORES	surtidor 1		surtidor 2		surtidor 3		surtidor 4	
	caro 1	caro 2	caro 3	caro 4	caro 5	caro 6	caro 7	caro 8
Presión de despacho								

Observación Del Surtidor:

Razon De La Asistencia Técnica EQUIPO PARADO POR FALSA DE LUBRICACION

- Tareas:
- INSPECCION DE CRUCETAS Y GOIAS DE CRUCETAS DE PRIMERA Y SEGUNDA CARRERA CON AJUSTES DENTRO DE TOLERANCIA
  - REGULACION DE VISO LUBRICADOR DE ACTUADORES NEUMATICOS
  - INSPECCION DE PULSOS DE LUBRICACION

Repuestos Usados:

Recomendaciones o Pendientes MONITOREO CADA 2 HORAS PARA VERIFICAR NIVELES DE LUBRICACION  
RANGO 6.10.16

COSTO \$120

*[Signature]*  
Tecnico de Campo

*[Signature]*  
Cliente

Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000)

**FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC**

Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo de Compresoras de GNV, GNC

Nº: 000859



**Reporte de Visitas técnica**

Cliente	LINA SER	Código	185-3-20
Fecha	05/06/2016	Serie	507
Hora de llamado de cliente	2 AM	Razón de llamado:	
Hora de llegada	2:40 PM	FUGA DE ACEITE POR EL PRIMARIO	
Hora de salida	3:40 PM	OLAJA POR BAJA PRESION DE 1ª ETAPA	
Hrs Marcha Ms	30429	alarma 1	
Hrs Arranque		alarma 2	

Temperaturas		Presión		Pulsos de Lubricación						
1 etapa		MANOMETROS	Bca Alto		10	9	8	7	6	5
2 etapa			Salida							
3 etapa			Entrada							
4 etapa		PLC	Entrada		Tanque de Aceite					
Salida aceite			1 etapa							
aire buñtr			2 etapa		Nivel Máximo	Nivel Mínimo				
cabine motor			3 etapa		Motor					
entrada caldado		4 etapa								
		abscenamiento		rpm max						
		salida		limpieza gabinete Inverter						
				limpieza cabina motor						

Presión de aceite primaria		Limpiera			
Entrada		Carcasa	<input checked="" type="checkbox"/>	Buñtr	<input checked="" type="checkbox"/>
Salida		Pte medicion	<input checked="" type="checkbox"/>	Piso del Ms	<input checked="" type="checkbox"/>

SURTIDORES	surtidor 1		surtidor 2		surtidor 3		surtidor 4	
	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4	cara 5	cara 6	cara 7	cara 8
Presión de despacho								

Observación del Surtidor:

Razon De La Asistencia Técnica: REVISION DE TERMOSTATO DEL ACEITE

Tareas:

- CAMBIO DE SENSOR TERMOSTATO DE ACEITE
- REVISION Y LIMPIEZA DE FILTROS DEL MURPHY NIVEL DE ACEITE
- REVISION DE DIENTE DE PIAON DE LA BOMBA SECUNDARIA DE ACEITE
- CAMBIO DE FILTRO PRINCIPAL DE ACEITE

Repuestas Usadas: FILTRO DE ACEITE SM

Recomendaciones o Pendientes: OBSERVAR LOS NIVELES DE ACEITE

COSTO \$ 150.00

D. ZUJIGA  
Técnico de Campo

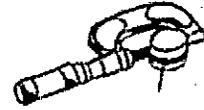
Cliente

Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000)

**FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC**

Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo  
de Compresores de GNV, GNC

Nº 000865



Reporte de Visitas técnica

Cliente	<u>LIMASOR</u>	Equipo	<u>185-3-20</u>
Fecha	<u>19.07.2016</u>	serie	<u>507</u>
Hora de llamada de cliente	<u>18:45</u>	Razón de llamado:	
Hora de llegada	<u>19:00</u>	<u>PARADA DE EMERGENCIA POR FALTA DE</u>	
Hora de salida	<u>22:00</u>	<u>ENERGIA ELECTRICA PUNTE CONTROL</u>	
Hrs Marcha Ms	<u>30957</u>	alarma 1	
Hrs Arranque		alarma 2	

Temperaturas		Presión		Pulsos de Lubricación										
1 etapa	<u>116</u>	0to Alta	<u>240</u>	10	9	8	7	6	5					
2 etapa	<u>122</u>	Salida	<u>25</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>11</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>12</u>					
3 etapa	<u>90</u>	Entrada	<u>6.2</u>	Tanque de Aceite										
4 etapa	<u>-</u>	Entrada	<u>10</u>	Nivel Máximo	<input checked="" type="checkbox"/>	Nivel Mínimo	<input checked="" type="checkbox"/>							
Salida aceite	<u>79</u>	1 etapa	<u>24</u>	Motor										
aire bunker		2 etapa	<u>31</u>	rpm max	/									
cable motor		3 etapa	<u>240</u>	limpieza gabinete Inverter										
entrada caldera		4 etapa	<u>-</u>	limpieza cabina motor										
		almacenamiento	<u>240</u>											
		salida	<u>240</u>											

Presión de aceite primaria		Umplera			
Entrada	/	Carcara	<input checked="" type="checkbox"/>	Bunker	<input checked="" type="checkbox"/>
Salida	/	Pte medicion	<input checked="" type="checkbox"/>	Piso del Mx	<input checked="" type="checkbox"/>

SURTIDORES	surtidor 1		surtidor 2		surtidor 3		surtidor 4	
	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4	cara 5	cara 6	cara 7	cara 8
Presión de despacho								

Observación Del Surtidor:

Razon De La Asistencia Técnica

Tareas - MANTENIMIENTO DEL TABLERO ELECTRICO DE MANDO Y FUERZA  
- REEMPLAZO DE CABLE DE ALIMENTACION DE LLAVE TERMOMAGNETICA A ALIMENTACION DEL MOTOR PRINCIPAL  
- REVISION DE RELEX DE TEMPERATURA

Repuestos Usados: 2 UNIDADES DE SWITCH DE PARADA DE EMERGENCIA 250 AMP

Recomendaciones o Pendientes REALIZAR LIMPIEZA PERIODICA DE TABLEROS DE MANDO Y FUERZA

Alex A.  
Técnico de Campo

COSTO \$ 280

Ciente

Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000)



**SOLUCIONES TECNICAS SAC**  
 Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo  
 de Compresores de GNV, CNG

Nº 000870



Reporte de Visitas técnica

Cliente	LIMA SOR	Equipo	185-3-20
Fecha	23/07/2016	serie	607
Hora de llamado de cliente	08:30	Razón de llamada:	
Hora de llegada	09:00	PARADA DE EMERGENCIA POR ROTURA	
Hora de salida	12:00	DEL PLATO DE VALVULA DE 1ERA ETAPA	
Hrs Marcha Mt	131123	alarma 1	
Hrs Arranque		alarma 2	

Temperaturas	
1 etapa	170
2 etapa	109
3 etapa	98
4 etapa	
válvula	27
aceite	
aire bunker	
cabina motor	
entrada cabina	

Presión	
Acc Alta	230
Succión	230
Entrada	11
Entrada	13
1 etapa	45
2 etapa	106
3 etapa	
4 etapa	
almacenamiento	230
válvula	230

Pulsos de Lubricación					
10	9	8	7	6	5
12	11	10	09	10	10

Tanque de Aceite	
Nivel Máximo	<input checked="" type="checkbox"/>
Nivel Mínimo	<input checked="" type="checkbox"/>

Motor	
rpm max	1700
limpieza gabinete inverter	
limpieza cabina motor	

Presión de aceite primaria	
Entrada	
Salida	

Limpieza			
Carcasa	<input checked="" type="checkbox"/>	Bunker	<input checked="" type="checkbox"/>
Pte. medición	<input checked="" type="checkbox"/>	Piso del Mt	<input checked="" type="checkbox"/>

SURTIDORES	surtidor 1		surtidor 2		surtidor 3		surtidor 4	
	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4	cara 5	cara 6	cara 7	cara 8
Presión de despacho								

Observación Del Surtidor:

Razón De La Asistencia Técnica

Tareas: SE REALIZO MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO DEL FILTRO CALEFENTE (CAMBIO) RENOVACION DEL ACEITE DE BOMBA LUBRICACION SECUNDA SE CAMBIO KIT DE REMEDIACION DE VALVULA DE RETENCION AL 1/2" AL PAPEL PRIORITARIO SE INSPECCIONO AROS DE 4TA ETAPA CAMBIO DEL PLATO DE LA VALVULA DE SUCCION DE 1ERA ETAPA.

Repuestos Usados: KIT DE VALVULA DE RETENCION DE 1/2" KIT DE VALVULA DE SUCCION 1ERA ETAPA

Recomendaciones o Pendientes: RECOMENDAMOS CONTROLAR LA VIBRACION Y TEMPERATURAS

COSTO \$ 4200

Alex. H.  
Técnico de Campo

Cliente

Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000)

**FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC**  
 Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo  
 de Compresores de GNV, GNC

Nº 000876



**Reporte de Visitas técnica**

Cliente	LIMASOR	Equipo	185-3-20
Fecha	07/08/2016	serie	507
Hora de llamado de cliente	11:20	Razón de llamado: <b>PARADA POR FALTA DE PULSO DE LUBRICACION.</b>	
Hora de llegada	12:00		
Hora de salida	16:00		
Hrs Marcha Mx	131353	alarma 1	
Hrs Arranque		alarma 2	

Temperaturas		Presión		Pulsos de Lubricación					
1 etapa	130	Bco Alta	230	10	9	8	7	6	5
2 etapa	109	Salida	230	75	32	85	33	35	32
3 etapa	98	Entrada	14	Tanque de Aceite: Nivel Máximo <input checked="" type="checkbox"/> Nivel Mínimo <input checked="" type="checkbox"/>					
4 etapa	-	Entrada	13						
Adición aceite	27	1 etapa	45						
aire bunter	-	2 etapa	106						
aire motor	-	3 etapa	-	Motor: rpm max <input checked="" type="checkbox"/> limpieza gabinete inverter <input checked="" type="checkbox"/> limpieza cabina motor <input checked="" type="checkbox"/>					
entrada caldera	-	4 etapa	-						
		almacenamiento	230						
		salida	230						

Presión de aceite primaria		Limpieza			
Entrada		Cartaza	<input checked="" type="checkbox"/>	Bunter	<input checked="" type="checkbox"/>
Salida		Pte medición	<input checked="" type="checkbox"/>	Piso del Mx	<input checked="" type="checkbox"/>

SURTIDORES	surtidor 1		surtidor 2		surtidor 3		surtidor 4	
	caro 1	caro 2	caro 3	caro 4	caro 5	caro 6	caro 7	caro 8
Presión de despacho								

Observación Del Surtidor: \_\_\_\_\_

Razon De La Asistenda Técnica

Tareas: **REPARACION DE BOMBAS DE ACEITE, SE REGRESO A LOS PULSOS NORMALES 75, 32, 35**  
**INSTRUCCION DE MANEJO Y TAREAS DEL EQUIPO**  
**SR. JEAN GALLEGOS**  
**TRABAJOS DE ABRIR UNA PUERTA EN EL EQUIPO PARA VERIFICAR FUGA DE GAS**  
**SE VERIFICO FUGA DE GAS EN SALIDA DEL PACKING.**

Repuestos Usados: **BOMBAS DE ACEITE**

Recomendaciones o Pendientes: **ADJUSTAR TEMPERATURAS Y PRESION DEL EQUIPO**

Alex. J.  
Técnico de Campo

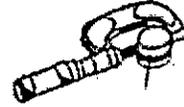
COSTO # 380

\_\_\_\_\_  
Cliente

Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000)

**FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC**  
 Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo  
 de Compresores de GNV, GNC

Nº 000882



Reporte de Visitas técnica											
Cliente: <b>LINA SUR</b>					Equipo: <b>VR3-3-20</b>						
Fecha: <b>04/09/2016</b>					Serie: <b>507</b>						
Hora de llamada de cliente: <b>18:00</b>		Razón de llamada: <b>PARADA DE EMERGENCIA POR CAMBIO DE PACKING Y VALVULAS</b>									
Hora de llegada: <b>18:10</b>											
Hora de salida: <b>2:00</b>											
Hrs Marcha Mx: <b>31777</b>		alarma 1									
Hrs Arranque		alarma 2									
<b>Temperaturas</b>			<b>Presión</b>				<b>Pulsos de Lubricación</b>				
1 etapa			PLC	Bca Alta		10	9	8	7	6	5
2 etapa				Solida							
3 etapa			MANOMETROS	Entrada		<b>Tanque de Aceite</b>					
4 etapa				Entrada							
solida aceite				1 etapa		Nivel Máximo	Nivel Mínimo				
aire bunker				2 etapa		<b>Motor</b>					
cabina motor			3 etapa		rpm max						
entrada solidida			4 etapa		limpieza gabinete Inverter						
			almacenamiento		limpieza cabina motor						
			solida								
<b>Presión de aceite primaria</b>		<b>Limpieza</b>									
Entrada		Cortara			Bunker		Pte medicion		Piso del Mtr		
Salida											
<b>SURTIDORES</b>		surtidor 1		surtidor 2		surtidor 3		surtidor 4			
		cara 1	cara 2	cara 3	cara 4	cara 5	cara 6	cara 7	cara 8		
Presión de despacho											
<b>Observación Del Surtidor:</b>											
<b>Razon De La Asistencia Técnica</b>											
Falta: <b>SE REALIZO MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE VALVULAS 10A, 2DA, 30A, 4TA CAMBIO Y RECONDICIONAMIENTO DE KIT DE PACKING DE 2DA CARRERA SE CAMBIO ELEMENTO FILTRANTE DEL GAS DE ENTRADA SE CAMBIO ORING DE FILTRO SOALECENTE SE INSPECCION DE VALVULA CONCENTRICA 4TA</b>											
<b>Repuestos Usados:</b>											
<b>Recomendaciones o Pendientes</b>											
KIT DE VALVULAS DE VARIAS ETAPAS KIT DE PACKING											

*Alv. F*  
 Técnico de Campo

**COSTO \$ 660**

Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000)

**FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC**

Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo de Compresores de GNV, GNC

Nº 000894



Reporte de Visitas técnica										
Cliente	LIMA SUR			Equipo	165-3-20					
Fecha	20/09/2016			serie	503					
Hora de llamada de cliente				Razón de llamada:						
Hora de llegada	7:00			MANTENIMIENTO CORRECTIVO						
Hora de salida	03:00			PROGRAMADO 8000 Horas						
Hrs Marcha Mx	32000			alarma 1						
Hrs Arranque	18000			alarma 2						
Temperaturas		Presión			Puntos de Lubricación					
1 etapa		PIC	Bco Alto		10	9	8	7	6	5
2 etapa			Salida		32	35	22	33	32	32
3 etapa		MANOMETROS	Entrada		Tanque de Aceite					
4 etapa			Entrada		Nivel Máximo		<input checked="" type="checkbox"/> Nivel Mínimo			
Salida aceite			1 etapa		Motor					
aire bucher			2 etapa		rpm max					
cabina motor		3 etapa		limpieza gabinete inverter						
entrada cabina		4 etapa		limpieza cabina motor						
		almacenamiento								
		salida								
Presión de aceite primaria		Limpieza								
Entrada		Carcasa	<input checked="" type="checkbox"/>	Buñer	<input checked="" type="checkbox"/>	Pre medicion	<input checked="" type="checkbox"/>	Piso del Mx	<input checked="" type="checkbox"/>	
Salida										
SURTIDORES		surtidor 1	surtidor 2	surtidor 3	surtidor 4					
		cara 1	cara 2	cara 3	cara 4	cara 5	cara 6	cara 7	cara 8	
Presión de escape										
Observación Del Surtidor:										
Razón De La Asistencia Técnica										
Torcas CHECKING FUGA DE GAS, PRESION DE ACEITE PRIMARIA Y SECUNDARIA CHECKING DE VALVULA DE RETENCION 1/1", LIMPIEZA DE MALLA DE FILTRO DEL REPOSITOR DE ACEITE, RECAMBIO DE FILTRO COALESCENTE, LIMPIEZA DE CHORRADOR ORDER, RECAMBIO DEL ACEITE DEL BU SECUNDARIO, CONTROL LIMPIEZA DE TABLERO DE CONTROL ELECTRICO DE POTENCIA, INSPECCION DE DIAMETROS DE CILINDROS, VALVULAS 1, 2, 3, 4 Y REPUESTOS USADOS: CONTROL DE BRUCETAS, CONTACTOS DE PIELA Y CIGUENAL, SENSORES DE PRESION Y TEMPERATURA CONTROL ANUNCIO MOTOR COMPRESOR, CHEQUEO DE VALVULAS ESFERICAS, BY PASS, CONTROL DE VASTAGO DE ISTRON Recomendaciones o Pendientes - P. BUEN BUENA OPERATIVO										
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block;">                     COSTO \$ 980                 </div>										

*[Signature]*  
Técnico de Campo

*[Signature]*  
Cliente

**Comentarios:**

La información de estas 7 unidades de Hoja Técnica: Fallas Reportadas Horas de Marcha (30000 a 32000) servirá para seleccionar y jerarquizar, procediendo a realizar la metodología planteada del concepto de criticidad del equipo.

Para la aplicación del concepto del Mejoramiento del Mantenimiento basado en la Criticidad de Equipos, la empresa FLF Soluciones Técnicas S.A. está aplicando este mejoramiento en las 13 unidades de equipos de las Estaciones de Servicios donde contamos con los servicios de mantenimiento.

Como ejemplo se tomará los mantenimientos de la Estación de Servicio Lima Sur, ubicado en el distrito de Lurín. Compresor MXS 185-3-1800-20

A continuación, se presentan de forma detalla, las expresiones utilizadas para jerarquizar los sistemas a partir del modelo: PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos. En: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Vol. 5. Sevilla, 2012

Evaluación de criterios y factores ponderados para el establecimiento de la criticidad de los Compresores Multietapicos. Basado en el método de PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo- 2012

**Cuadro N° 17- Frecuencia de fallas**

CRITERIO	VALOR
Excelente, menos de 6 fallas	1
Baja, entre 7 y 10 fallas	2
Medio, entre 11 y 15 fallas	3
Alta, mayor a 15 fallas	4

**Cuadro N° 18- Impacto Operacional**

CRITERIO	VALOR
Sumatoria de tiempos de parada mayor a 60 horas	10
Sumatoria de tiempos de parada entre 45,1 a 60 horas	7
Sumatoria de tiempos de parada entre 30,1 a 45 horas	5
Sumatoria de tiempos de parada entre 15,1 a 30 horas	3
Sumatoria de tiempos de parada menos a 15 horas	1

**Cuadro N° 19- Flexibilidad Operacional**

CRITERIO	VALOR
Tiempo promedio de reparación menor a 1 hora	1
Tiempo promedio de reparación entre 1 a 2 horas	2
Tiempo promedio de reparación entre 2 a 3 horas	3
Tiempo promedio de reparación mayor a 3 horas	4

**Cuadro N° 20- Costos de Mantenimiento**

CRITERIO	VALOR
Menor o igual a S/ 600.00	1
Mayor a S/ 2,000.00	2

**Cuadro N° 21- Impacto de Seguridad, Ambiente e Higiene**

Criterio	Valor
No provoca ningún tipo de daño a personas o ambiente	1
Provoca daños menores al ambiente y seguridad	3
Afecta al medio ambiente, las instalaciones y posiblemente al personal	6
Riesgo alto pérdida de vida, daños graves ambiente e instalaciones	8

**Matriz de Criticidad**

- No críticos (NC)
- Medianamente Críticos (MC)
- Críticos (C)

**Cuadro N° 22- Modelo de jerarquización**

FRECUENCIA	4	MC	MC	G	G	G
	3	MC	MC	MC	G	G
	2	NC	NC	MC	MC	G
	1	NC	NC	NC	MC	MC
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

**Fuente:** PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos. En: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Vol. 5. Sevilla, 2012

**Cuadro N° 23- Modelo calificación**

FRECUENCIA	4	40	80	120	160	200
	3	30	60	90	120	150
	2	20	40	60	80	100
	1	10	20	30	40	50
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

**Fuente:** PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos. En: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Vol. 5. Sevilla, 2012

**Cuadro N° 24- Matriz de Criticidad Compresores de las EDS de Lima y Provincia**

Equipo Microbóx	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Impacto (SAH)	Costo MTTO	Consecuencia	Total	Jerarquización
	FF	IO	FO	SAH	CM	C	CTR	
507 Lima sur	2	5	4	3	2	25	50	MC
413 Aba Singer	1	5	3	1	1	17	17	NC
471 korioto	2	5	4	1	1	22	44	NC
441 EyG vmt	1	1	4	1	1	6	6	NC
542 Gaspétrol PL	2	1	3	1	1	5	10	NC
552 Gazel Faucett	2	1	3	2	2	8	16	NC
378 Los Jardines	4	5	3	1	1	22	88	C
404 El Asesor	3	7	4	1	1	35	105	C
383 Ecotrading	3	5	4	2	2	25	75	MC
436 Lurin	4	10	3	1	1	34	136	C
Gaspétrol Ica	1	1	3	2	2	6	6	NC
El Ovalo Ica	2	1	3	1	1	5	10	NC
Gaspétrol Trujillo	3	7	4	1	1	35	105	C

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente cuadro especifica como ejemplo de aplicación del mejoramiento del plan de mantenimiento basado en la criticidad. Se extrae del cuadro (cuadro N° 24) y se toma la Estación de Servicio Lima Sur, Lurin.

**Cuadro N° 25 Valores tomados del cuadro N° 25, Estación de Servicio Lima Sur**

Equipo Microbox	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Impacto (SAH)	Costo MTTO	Consecuencia	CTR	Jerarquización
	FF	IO	FO	SHA	CM	C		
507 Lima sur	2	5	4	3	2	25	50	MC

Fuente: Elaboración propia

Luego se aplica la fórmula de Carlos parra, para obtener la consecuencia.

$$C = (IO \times FO) + CM + SAH \quad (2)$$

Donde se toman los datos del cuadro N° 26:

IO: 5  
FO: 4  
CM: 2  
SAH: 3

$$C = (5 \times 4) + 2 + 3 \quad C = 25$$

Después se aplica la fórmula de Carlos Parra para obtener la criticidad total por riesgo:

$$CTR=FF \times C \quad (3)$$

Donde:

CTR: criticidad total por riesgo

FF: 2

C: 25

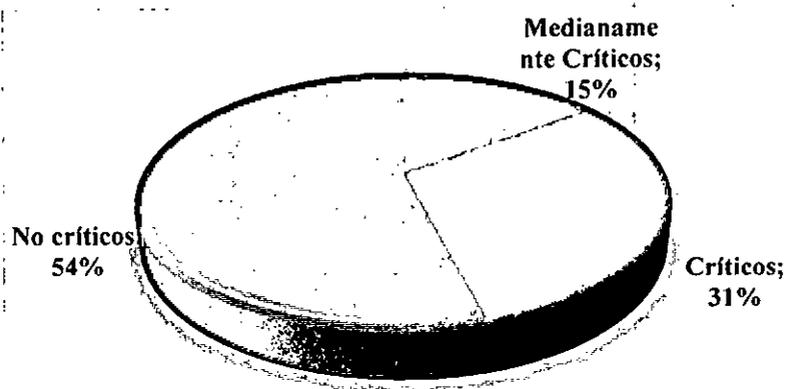
$$CTR=2 \times 25$$

$$CTR=50$$

Comentario:

Este valor de  $CTR=50$  En los cuadros N° 22 y 23 del modelo de jerarquización y modelos de calificación, corresponde a un valor de MC, significado que todo el dato obtenido podemos dar como resultado del diagnóstico general el equipo esta medianamente crítico.

**Figura N° 46 -Jerarquización de Compresores**



Fuente: Elaboracion propia

En la figura N° 44 de Jerararquizacion de compresores de las 13 estaciones de servicio se observa que el 54% se encuentran en n o críticos, 15 % medianamente críticos y el 31% estan críticos.

- **Brindar una atención de manera permanente al cliente que lo requiera**

Para la atención a nuestros clientes se reafirmó el compromiso de seguir asistiendo los trabajos de mantenimiento de los clientes sin distinción de un contrato laboral de por medio.

## V- EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICO

### 5.1- Evaluación Técnico.

La empresa FLF SOLUCIONES TECNICAS SAC, dentro de la visión se establece la constante inversión, preparación y capacitación de los técnicos, esto a la vez se complementa con la capacitación de fábrica (Grupo-Galileo S.A., Argentina). Por lo tanto, nos permite responder, evaluar y solucionar la falla. Además, por la experiencia de los técnicos en muchos de los casos el criterio de tener una falla se resuelva rápidamente, lo mismo sucede con las piezas que tiene la observación de permitir su tiempo de vida sea corta o larga solamente con el análisis visual del técnico esto permite ahorro y tiempo.

La organización y distribución de los trabajos son realizadas en coordinación con los administradores o dueños de las empresas de las Estaciones de Servicios GNV, el vínculo comercial o necesidad técnica, no implica un obstáculo para la atención al cliente.

**Plan de Trabajo:** Dentro del desempeño de la empresa FLF Soluciones Técnicas SAC, existen dos ofertas de plan de trabajo.

- Las EE.SS que tienen un vínculo comercial y
- Las EE.SS que no cuentan con el vínculo comercial

El vínculo comercial está definido por un contrato de servicios que tiene especificación puntual y contractual.

Las atenciones son las 24 horas del día 7 días de la semana y todo el año, por el mismo ritmo de trabajo continuo de cada EE. SS, tenemos una central de llamadas para cumplir con todas las emergencias, las herramientas de última generación, y un almacén de repuestos para la disponibilidad de alguna falla inesperada. Cuando se produce la llamada el personal inmediatamente su responsabilidad es la intervención y pronta solución.

Dentro de las empresas de EE. SS sin el vínculo comercial. No existe la negación a un requerimiento urgente. Los clientes, tienen el plan de mantenimiento por trabajos puntuales, es decir se produce una falla o parada de emergencia se atiende por la vía telefónica de persistir o llegar a la causal de parada por falla inesperada se atiende al cliente previo trato técnico y económico.

Al término de la visita se hace la entrega de un reporte técnico donde se especifica todo lo sucedido y las tareas a tomar en cuenta durante los días o esperar las horas cumplidas del mantenimiento, este tipo de atención demuestra el ahorro y ganancia en la producción de las EE.SS.

Finalmente se concluye que sí es conveniente en toda estación llevar un plan de mantenimiento correctivo programado con la criticidad de los equipos. La finalidad de este plan te permite ver estado de funcionamiento del equipo.

El tema de mayor significado al final está determinado por las decisiones de costo y ejecución de los mantenimientos están exclusivamente en los dueños o administradores de las EE.SS. Nuestra responsabilidad es cubrir las necesidades de un mercado con la rapidez y calidad, y por último los indicadores de años de trabajos nos respaldan, los ahorros y alta producción de las EE. SS es factible el desarrollo dado los resultados esperados de éste.

## **5.2- Evaluación Económica:**

Habiendo concluido este informe, el mejoramiento del plan de Mantenimiento Basado en la Criticidad de los Equipos de las Estaciones de Servicios de GNV en la Costa Peruana. Técnicamente se demuestra las mejoras, sobre todo involucrando la decisión de cada, dueño o gerente, personal y técnico de cada EE.SS. Y superar algunos límites que puede tener en su implementación.

Los costos estimados para este análisis son de acuerdo al mercado.

Tomar en cuenta la existencia de ciertos materiales, costos de transportes, costos indirectos y otros que influyen en el mantenimiento no se están determinando en este estudio, ya que estos forman parte del sistema total que toda estación lo distribuye.

Sin lugar a dudas estos gastos no hacen reflexionar sobre la conveniencia de controlar conceptos técnicos de cada pieza que se encuentra en la capacidad de continuar funcionando. De esta manera informar a la empresa tome sus respectivos presupuestos.

Ambos enfoques tienen sus ventajas e inconvenientes. Desde el punto de vista contable, la naturaleza de los gastos nos da una información muy adecuada (evolución de consumos de materiales, rotación de los mismos, costes propios de mano de obra directa e indirecta, etc.); sin embargo, el control económico solo por naturaleza de gastos nos aleja de la conflictividad real de cada equipo y máquina, pues podemos tener estadísticas de sus fiabilidades y disponibilidades.

Pero esto no asegura un costo exacto del mantenimiento mensual o anual. Esto debido a los tipos de mantenimiento imprevistos que puedan darse.

La suma de los costos para la implementación de los tipos de trabajos que van desde un mantenimiento completo y detallado, se da de acuerdo al requerimiento del plan de mantenimiento, la falla y las necesidades de la EE.SS.

Los tiempos estimados de retorno de la inversión en cada mantenimiento se refleja en el corto periodo de los tiempos muertos y los periodos largos sin fallas hasta las horas cumplidas para su nuevo mantenimiento.

## Cuadro N° 26- Costo de Repuestos para Mantenimiento Correctivo Programado



Av. Oscar R. Benavides 2110 - Lima  
RUC: 20503382742

Telef : 336-6700  
Fax : 336-8170  
Web : [www.lallave.com.pe](http://www.lallave.com.pe)  
e-mail : [ventas@lallave.com.pe](mailto:ventas@lallave.com.pe)

### Cotizacion N° 33526

**Sr(es) :** ABA SINGER & CIA. S.A.C.  
**Atencion:** Fidel castro  
**Telefono:** 471-8878  
**e-mail:**  
**Direccion:** AV. PETIT THOUARS N° 1148 LIMA

**Fecha:** 30/07/2009  
**Fax:** 471 9377  
**Referencia:**

LIMA  
PERU

N°	Cant.	UM	Descripción	P.Lista	Desc (%)	P.Uni.	Total
1	1	UNI	CXU000000Z008A/ FILTRO DE ACEITE MX CO, GALILEO	78.400 USD	8,00	72.128 US	72.13 USD
2	2	UNI	EN024 ELEF1U 10-CARTUCHO COALESC.PIGAS, GALILEO	267.480 USD	8,00	273.662 US	547.36 USD
3	1	UNI	EN016KRV3006-15A / KIT DE REPARACION DE VALV. 3 VIAS DE W° BY PASS 90°, GALILEO	265.000 USD	8,00	243.800 US	243.80 USD
4	1	UNI	EN031KRVE025/ KIT REP. VALV. ESF. M44 1", GALILEO	146.080 USD	8,00	134.394 US	134.39 USD
5	1	UNI	EN031KRVE015/ KIT REP. VALV. ESF. M44 1/2", GALILEO	116.150 USD	8,00	106.858 US	106.86 USD
6	1	UNI	EN031KRV015/ KIT DE REPARACION DE VALV. RETENCION DE 1/2" ASIENTOS TEFLON, GALILEO	94.000 USD	8,00	86.480 US	86.48 USD
7	1	UNI	EN031KMAC025/ KIT DE REPARACION DE VALV. RETENCION DE 1" ASIENTOS DE TEFLON, GALILEO	88.350 USD	8,00	81.282 US	81.28 USD
8	2	UNI	EN018H0KR38/KIT DE REPARACION DE VALVULA ESFERICA DE W° DE CARGA, 3 VIAS, GALILEO	182.080 USD	8,00	167.514 US	335.03 USD
9	2	UNI	EN025TAPBLR1/ MICROSWITCH NEWMANN BLR-1, GALILEO	26.450 USD	8,00	26.174 US	52.35 USD
10	2	UNI	CXRBIEL000J0001A / COJINETE DE BIELA, GALILEO	57.000 USD	8,00	52.440 US	104.88 USD
11	1	UNI	CXRBIEL000H001A/ BIJE DE BIELA, GALILEO	165.880 USD	8,00	170.826 US	170.83 USD
12	2	UNI	CXR0000000H001A/ BIJE DE CRUCETA, GALILEO	105.550 USD	8,00	97.106 US	194.21 USD
13	3	UNI	CXU000000CIGJ003A / COJINETE DE BANCADA, GALILEO	79.280 USD	8,00	72.838 US	218.81 USD
14	1	UNI	CXU000000CIGJ004A / COJINETE DE BANCADA AXIAL, GALILEO	409.950 USD	8,00	377.154 US	377.15 USD
15	1	UNI	KB-3395-P-G / KIT VALV.SUCC. 78RX, GALILEO	475.480 USD	8,00	437.442 US	437.44 USD
16	1	UNI	CXIB10000V001AK/ KIT VLV. 78RX, PK, GALILEO	310.380 USD	8,00	285.550 US	285.55 USD
17	1	UNI	CXIM00000V001AK/ KIT DIS VLV. 52RX, PK, GALILEO	237.500 USD	8,00	218.500 US	218.50 USD
18	1	UNI	CXIM00000VS1AK/ KIT SUC VLV. 52RX, MT, GALILEO	247.780 USD	8,00	227.958 US	227.96 USD
19	1	UNI	CXIA05T04V001AK/KIT CONCENTRIC VALVE 62/30 1-39114, GALILEO	169.850 USD	8,00	174.662 US	174.66 USD
20	5	UNI	CXIA05T04A001A / ARO PISTON RING A05T DIAM 40 PEEK GALILEO	262.800 USD	8,00	241.776 US	1,208.88 USD
21	1	UNI	CXIA05T04A002A / ARO GUIA WEAR BAND A05T DIAM 40 FIBRA GALILEO	169.150 USD	8,00	155.618 US	155.62 USD
22	3	UNI	CXIB140110A001A / ARO RIDER RING B140 DIAM 110 GALILEO	328.350 USD	8,00	302.082 US	906.25 USD
23	1	UNI	EN0085M1006H-10-VA.AG.BL.180° 1/4" NPTM X H, GALILEO	44.430 USD	8,00	40.876 US	40.88 USD
24	1	UNI	EN020SME02 / 10-SENSOR Y EMISOR MAG.PTA.CER. GALILEO	27.600 USD	8,00	25.392 US	25.39 USD
25	1	UNI	EP004DHD602 / 10-DET. TERMOVELOCIMETRO HD 602 GALILEO	84.080 USD	8,00	77.354 US	77.35 USD
26	1	UNI	EN020P00005 / 10-PRESOSTATO BULBO 33PSI NA GALILEO	44.400 USD	8,00	40.848 US	40.85 USD

Nuestros Precios no Incluyen el I.G.V.

#### CONDICIONES GENERALES DE VENTAS

Forma de Pago:	FACTURA 15 DIAS	Validez:	30/08/2009
Plazo de Entrega:	Item 13, 17, 22, 27 entrega a 15 días luego de emitida la O.C, el resto inmediato salvo previa venta		

Esta cotización se sujeta a los términos y condiciones generales de LA LLAVE S.A. Para mayor información, véase [http://www.lallave.com.pe/co\\_descargas.php](http://www.lallave.com.pe/co_descargas.php).

Girar Cheque a nombre de LA LLAVE S.A. - RUC. 20503382742

Atentamente:  
LA LLAVE S.A.

FERNANDO CASTRO CAVERO

Celular:

E-Mail:

**Cuadro N° 27-** Costo de Mantenimientos Correctivo Programado de algunos trabajos Realizados Puntualmente

<b>N</b>	<b>DESCRIPCION DEL SERVICIO</b>	<b>EE.SS</b>	<b>FECHA</b>	<b>COSTO US\$</b>
1	Servicio de Cambio de Posición de Actuador Neumático	ETISSA	06/09/2012	50.00
2	Visita Técnica	ETISSA	19/09/2012	108.00
3	Visita Técnica	RAMI	20/09/2012	135.00
4	Visita Técnica	SALDECO	20/09/2012	135.00
5	Visita Técnica	ETISSA	26/09/2012	108.00
6	Servicio de Emergencia en Rami Cambio de Kit de Retención de 1"	RAMI	23/09/2012	50.00
7	02 Kit de Retención de 1"	RAMI	23/09/2012	180.00
8	Trabajos de Emergencia en RAMI (Diagnóstico, apoyo personal e Instalación Super Barrera)	RAMI	13/09/2012	530.00
9	Trabajos de Emergencia en SALDECO Falla del Estabilizador de Corriente 220V	SALDECO	06/10/2012	80.00
10	Trabajos de Emergencia en ETISSA ajuste de prisionero de Cilindro de la Etapa 2A	ETISSA	06/10/2012	80.00

**Cuadro N° 28** -Costos de visitas semanal, mensual y costo de mantenimiento estipulados por contratos con cada una de las EE.SS

<b>Servicios</b>	<b>Costo Por Mantenimiento en Soles</b>
EE.SS con contrato	2, 500
EE.SS contrato	2, 500

**Cuadro N° 29** - Costo de Mantenimiento Correctivo Programado por Horas

<b>Servicios</b>	<b>Costo por Asistencia Promedio Por Hora De Trabajo S/</b>
Fallas Puntuales	60

### **Cálculos del ahorro en Mantenimiento**

Planteamos el costo de mantenimientos de un antes y después de la aplicación de la criticidad de los equipos.

#### **Antes**

Mediante el plan de mantenimiento básico y las capacitaciones de fábrica, los mantenimientos se realizan en muchos de los casos cuando el equipo está gravemente crítico. Esto se manifiesta cuando el equipo estuvo funcionamiento sin control de visitas o dejando pasar horas de mantenimientos.

Ejemplo:

Determinado equipo de una EE. SS, le corresponde realizar mantenimiento en sus 4000 horas, su próximo mantenimiento le corresponde en sus 6000 horas. Sin embargo, el cliente permite realizar en sus 10000 horas. Muchas posibilidades pueden suceder frente a estas decisiones de riesgo. El mayor de ellos el costo de mantenimiento será elevado.

Costos:

Costo de mantenimiento de 4000 horas de marcha... ..	S/ 2, 500.00
Costo durante el tiempo de funcionamiento	
17 fallas imprevista con cambios de repuestos..... ..	S/ 19, 250.00
<b>Total de costo.....</b>	<b>S/ 21, 750.00</b>

#### **Después**

Los mantenimientos con la información de la criticidad de los equipos, para su ejecución y resultados estará sujetado por las decisiones del dueño o administrador de la EE. SS, ellos deciden en base a la información proporcionada donde se indica el rango de criticidad de su equipo. En este caso críticos (C), medianamente crítico (MC) y no crítico (NC). Con esta información técnica proporcionada en la mayoría de las Estaciones, se logró concientizar la importancia de realizar los mantenimientos en sus horas de marcha respectivas. De esta manera evitamos mayores consecuencias en los equipos.

Costos:

Costo de mantenimiento de 4000 horas de marcha..... S/ 2, 500.00

Costo durante el tiempo de funcionamiento

7 fallas imprevista con cambios de repuestos..... S/ 10, 625.00

**Total de Costo.....S/ 13, 125.00**

**Cuadro N° 30 Costos de GNV en Lima**

		<b>Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular</b>				
		Número de visitante		2918000		
Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular		Fecha y Hora de Actualización : 08/03/2017 - 11:00				
LIMA	LIMA	-Seleccione Distrito-	Gas Natural Vehicular			
VILLA EL SALVADOR	INVERSIONES MICE S.A.C.	AV. MARIA REYNOLDE Y SEPARADORA INDUSTRIAL IV ETAPA, URB. PACHACAYAC	4475211 / 4475052	0.00	1.54	23/05/2013
ATE	INVERSIONES LUMARCO S.A.	AV. NICOLAS AYLLON N° 8710-8726 CARRETERA LIMA - CHOSICA, ALT. KM. 11.20 (ANTES CARRETERA CENTRAL KM. 11.5)	2563347 / 96176196	1.54	1.54	09/08/2016
SAN JUAN DE LURIGANCHO	ESTACION LOS JARDINES E.T.R.L.	AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA N° 1015 (MZ. G LOTES 11 AL 19)	458-4558 / 455-5177	1.55	1.54	05/11/2014
LA MOLINA	ORGANIZACION FUTURO S.A.C.	AV. J. RAER PRADO ESTE N° 6651 URB. SANTA PATRICIA - III ETAPA	7175707	1.53	1.54	16/11/2016
SAN JUAN DE LURIGANCHO	GAZEL PERU S.A.C.	JR. CHINCHAYSUYO N° 710	471-8278 / 471-5845	1.53	1.54	04/12/2015
ARETEA	CORPORACION LUMAR S.A.C.	JR. HUARAZ N° 1454 - 1454 ESQUINA CON JR. RESTAURACION	7158331 / 7158331	1.57	1.54	16/01/2017
LIMA	CORPORACION DE SERVICIOS S.A.C.	OSCAR BENAVENDES N° 630	5720667 / 5720612	1.51	1.54	22/07/2015

Fuente: OSINERGMIN

**Costos de Inversión en Mantenimiento Correctivo Programado mediante la Criticidad de los Equipos en las EE. SS**

Costo del gas por m3.....S/ 1, 55.00

Volumen de venta diaria Grifo lima sur 4000 m3/d

Por lo tanto:

Venta diaria en volúmen..... 4000 m3

Venta diaria en soles a S/ 1.55 .....S/ 6, 200.00

Venta mensual.....S/ 186, 000.00

Venta en 3 meses.....S/ 558, 000.00

Existen razones justificadas, mediante el análisis de criticidad para recuperar el costo de un mantenimiento correctivo programado para compresores alternativos multietapicos de la Marca Microbox. Galileo.

Comentario:

El tiempo aproximado de funcionamiento de un equipo a esos volúmenes de ventas, es de 3 meses, sabiendo que el parámetro de marcha para un próximo mantenimiento es la suma de 2000 horas.

## **VI- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1- Conclusiones**

1. Se mejoró el plan de mantenimiento basado en la criticidad de los equipos en las Estaciones de Servicios de GNV en la costa peruana, mediante la introducción de los criterios y jerarquización de (Parra y Crespo Sevilla 2012), logrando optimizar recursos materiales y humanos en base a la capacidad y confianza entre la empresa de servicio y la Estación de Servicio. Produciendo disminución en los costos hasta en 60 %.
2. Se realizó la inspección general de los equipos en las Estaciones de Servicios GNV en la costa peruana, mediante la capacitación del personal administrativo y operarios designados por la Estación de Servicios, incrementando el conocimiento de las fallas predictivas y preventivas.
3. Se compiló y verificó la información del PLC y del equipo en las Estaciones de Servicios GNV en la costa peruana, a través de una lista de chequeo logrando acumular la información básica de datos mediante un software y archivos clasificados que me permitieron identificar: Fallas preventivas y solucionar in situ o por la comunicación telefónica.
4. Se realizó y analizó el historial de las visitas técnicas en las Estaciones de Servicios GNV en la costa peruana, mediante reuniones de trabajos en equipo, logrando diagnósticos de fallas con mayor precisión y funcionamientos óptimos e informar a las Estaciones de Servicios.
5. Se ejecutó el mantenimiento correctivo de los compresores alternativos multietapicos en base a la aplicación de criticidad de los equipos, minimizando los tiempos y paradas, básicamente a través de la toma de decisiones adecuadas.

## **6.2- Recomendaciones**

1. Los compresores Microbox Galileo, son equipos de fácil transporte y adecuación al diseño de una estación de servicio, por lo tanto, el uso adecuado con todas las normas y plan de mantenimiento obtendrá una productividad rentable a corto plazo
2. Se debe efectuar los mantenimientos correctivos de acuerdo a las exigencias técnicas y manuales de fábrica.
3. Se debe remitir al cliente todo el informe de criticidad del equipo, y organizar sus planes de mantenimientos de acuerdo a las decisiones de empresa de EE. SS
4. Se recomienda tener un stock de repuestos en su respectivo almacén para facilitar labores de contingencias.
5. Las capacitaciones deben ser permanentes e involucran a todo el personal destinado para operar el equipo, sobre todo si es personal nuevo en la Institución.
6. Se debe mantener una limpieza del área y los letreros con pintura adecuada por ser es de principal prioridad.

## VII- REFERENCIALES

1. Alvares Lavado Jesús Marcos, Informe Profesional, “Implementación De Un Programa De Mantenimiento Para La Mejora Del Proceso De Chancado En La Planta Paragshca, Compañía Minera Volcán”, Universidad Nacional del Callao, 2013. Lima Perú.
2. Cortijo Lázaro Milciades, “Evaluación De La Factibilidad Técnica Y Económica De La Instalación De Un Gasocentro Virtual De Gas Natural Vehicular En La Ciudad De Huacho” Universidad Nacional de Ingeniería 2011, Lima Perú.
3. Liviac Calderón Jhon Moisés, “Instalación, Pruebas Y Puesta En Marcha De Compresor Aspro Modelo IODM 115/3/19 Para Gas Natural Vehicular En Una Estación De Servicio” Universidad Nacional De Ingeniería , 2012, Lima-Perú
4. Gasca Barrios Camilo Andrés y Veloza Acosta Cesar Hernando, “Optimización Al Mantenimiento De Las Estaciones De Servicio De La Empresa Surpetroil S.A.S”. Fundación Universidad De América Bogotá D.C 2,016.
5. Carlos Parra Márquez y Adolfo Crespo Márquez, “Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos”, editado por: Asociación para el desarrollo de la Ingeniería del Mantenimiento. Universidad de Sevilla, España 2012.
6. Huata Meza Oscar “Mantenimiento. Centrado En La Confiabilidad Para Talleres De Máquinas Herramientas De Los Institutos Tecnológicos De La Región Junín”, Universidad Nacional Del Centro-Perú 2013.
7. [http://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Motores Eléctricos/c/EU\\_MT](http://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Motores%20El%C3%A9ctricos/c/EU_MT), revisado el Noviembre del 2016.
8. [http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Anexo1.4B\\_261513-1\\_CECU](http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Anexo1.4B_261513-1_CECU). revisado el Noviembre del 2016.
9. <https://mecanicaarmando.wordpress.com/2014/02/18/david-burghardt/M>. ingeniería termodinámica. ii edición pág. 347.

10. <https://es.slideshare.net/MauricioEduardoLopez/organizacion-y-gestion-integral-de-mantenimiento-santiago-g-garrido-2003>.
11. <https://es.slideshare.net/PAQC1990/curso-diseño-y-calculo-de-compresores>  
Pedro A Gómez Rivas
12. <https://es.scribd.com/doc/208532835/Mx-324-Manual-Compresor-Ariel-Pdf>
13. Manual De Mantenimiento Básico Del Microbox – Galileo
14. Manual De Seguridad Mxs Galileo
15. <https://studylib.es/doc/6006560/protocolos-de-mantenimiento---liceo-industrial--vicente-p>. Protocolo De Mantenimientos Liceo: Vicente Pérez Rosales
16. [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/195/FIM-14\\_416.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/195/FIM-14_416.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
17. <http://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/preciosgnavaction.do>
18. <http://www.dspace.espol.edu.ec> Compresión Y Tratamiento Del Gas Natural
19. Jimson Dávila Ordoñez, Cesar Gamboa Balbín. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales DAR marzo 2010
20. Raúl García Carpio, Arturo Vásquez Cordado, La industria del Gas Natural en el Perú, oficina de Estudios Económicos Agosto 2004

## **VIII- ANEXOS Y PLANOS**

8.1.- Compressor Datasheet,

8.2.- Catalogo de partes (11 páginas).

8.3.- Imágenes de capacitación.

8.4.- Diseño Esquemático Del Módulo del pistón

8.5.- Diseño Esquemático Del Sistema de Lubricación a Presión-Típico

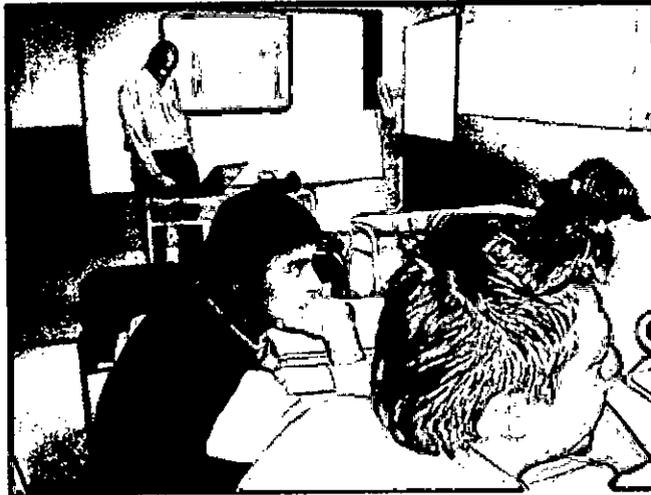
8.6.- Planilla de componentes P&ID MICROBOX 3 STAGE

8.7.- MX 373-ENERSAVE.

## **8.1.- Compressor Datasheet**

## **8.2.- Catálogo de partes MICROBOX**

### **8.3- Capacitación al personal Para Estaciones de Servicios sobre los Compresores GNV**



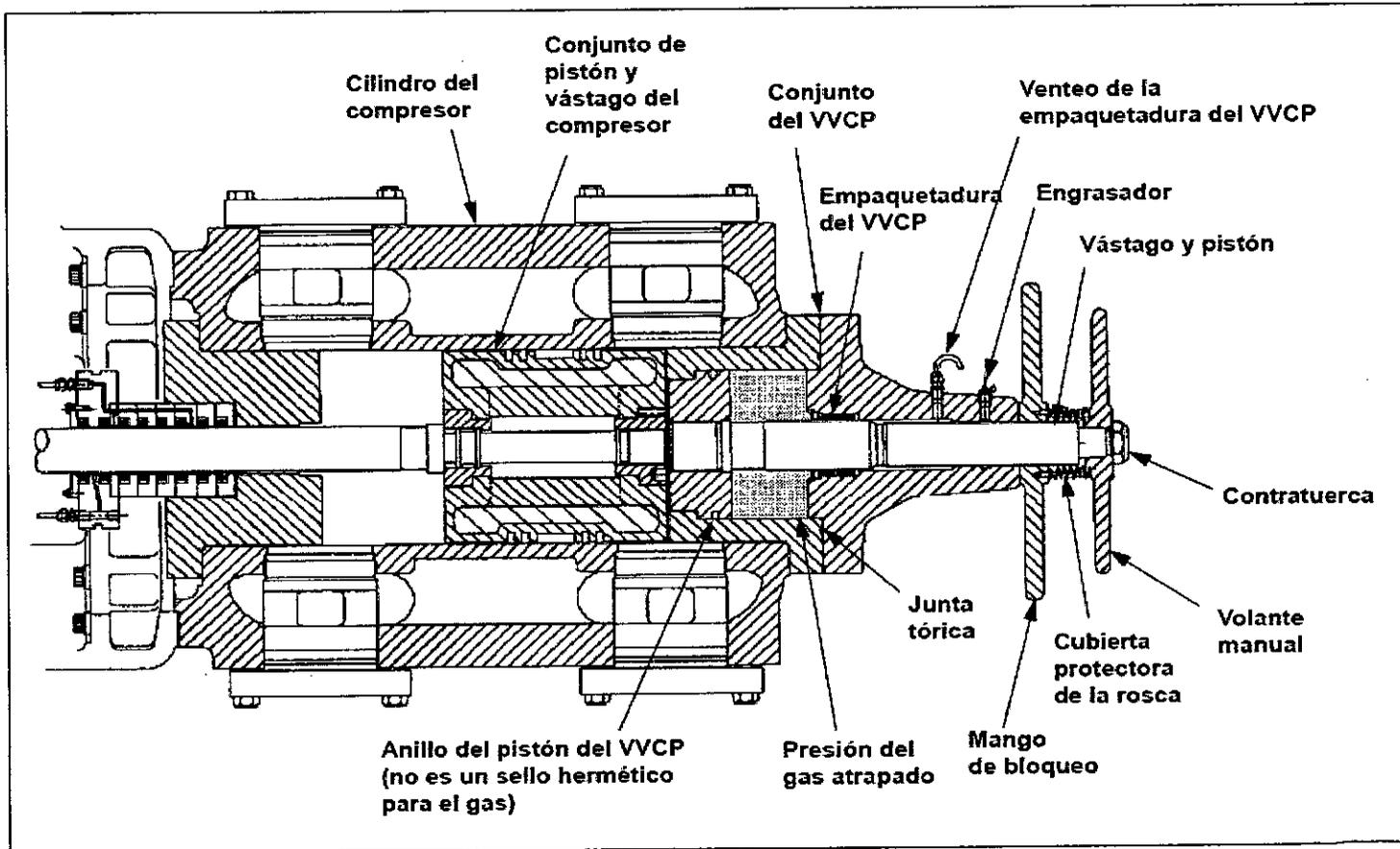
Fuente: Imagen tomadas en la Estación de Servicio

### **Capacitación y práctica contra incendio, manejo de extintores**



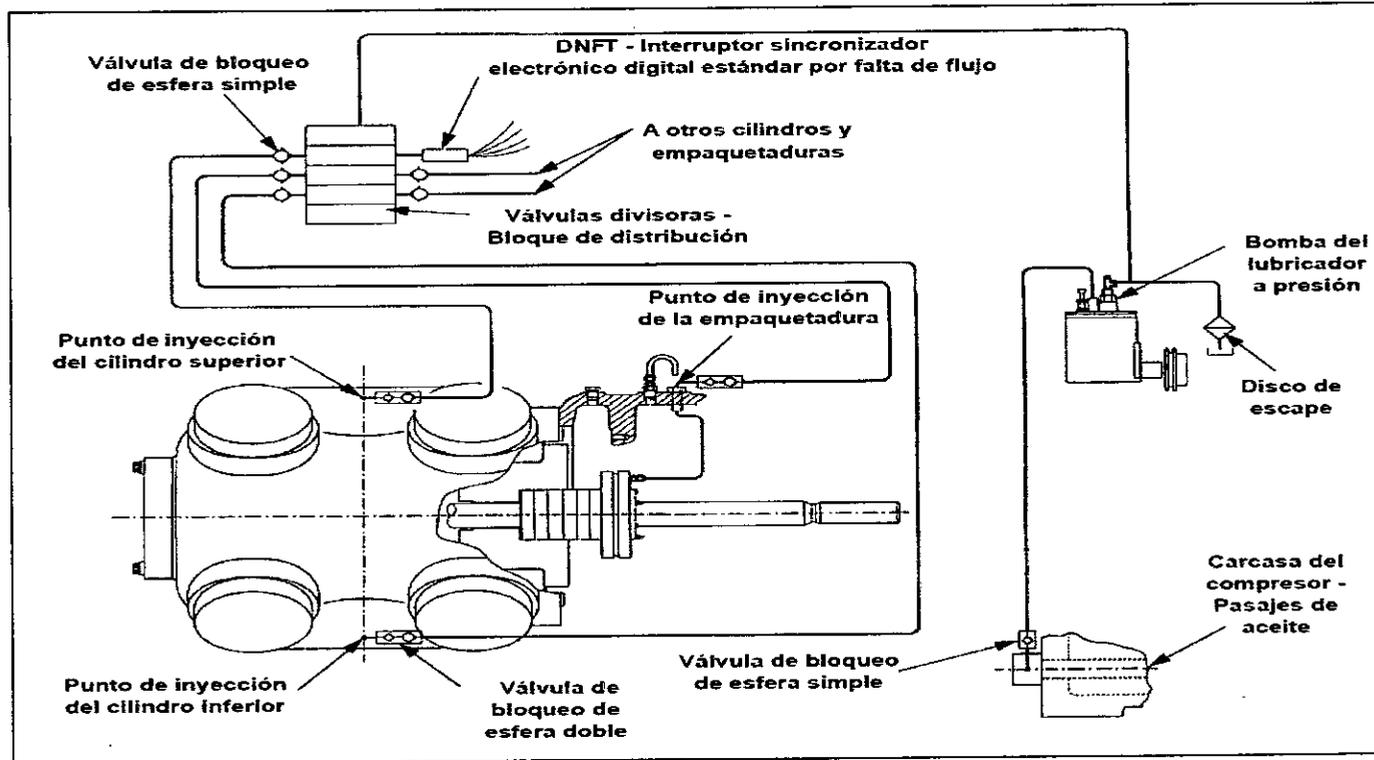
Fuente: Imagen tomadas en la Estación de Servicio

### 8.4- Diseño Esquemático Del Módulo del pistón



Fuente: Ariel Compresor

### 8.5- Diseño Esquemático Del Sistema de Lubricación a Presion-Tipico



Fuente: Ariel Compresor

**8.6- Planilla de componentes**

**P&ID MICROBOX MXS**

**4 ETAPAS- 1 VIA**

**8.7- MX 373-ENERSAVE.**